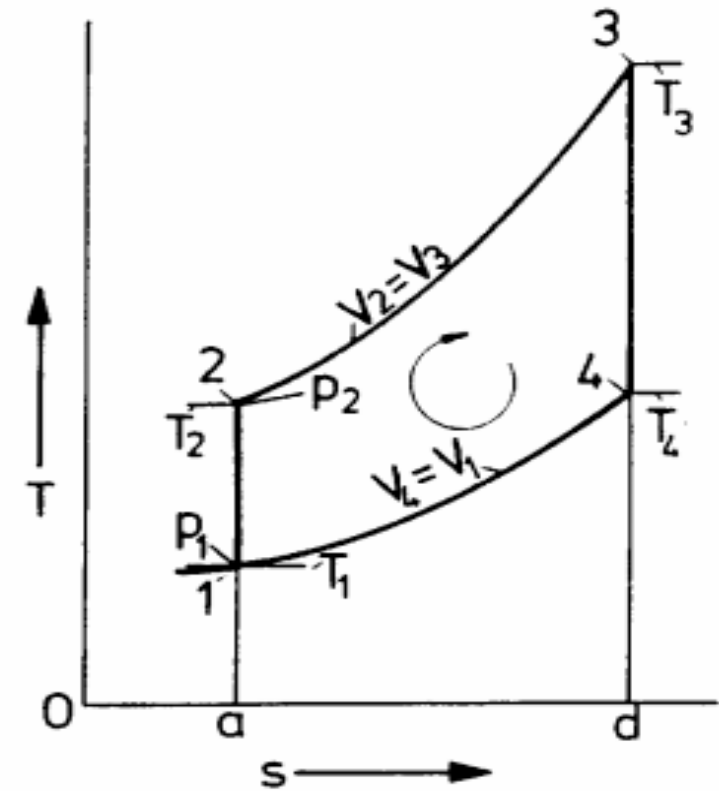
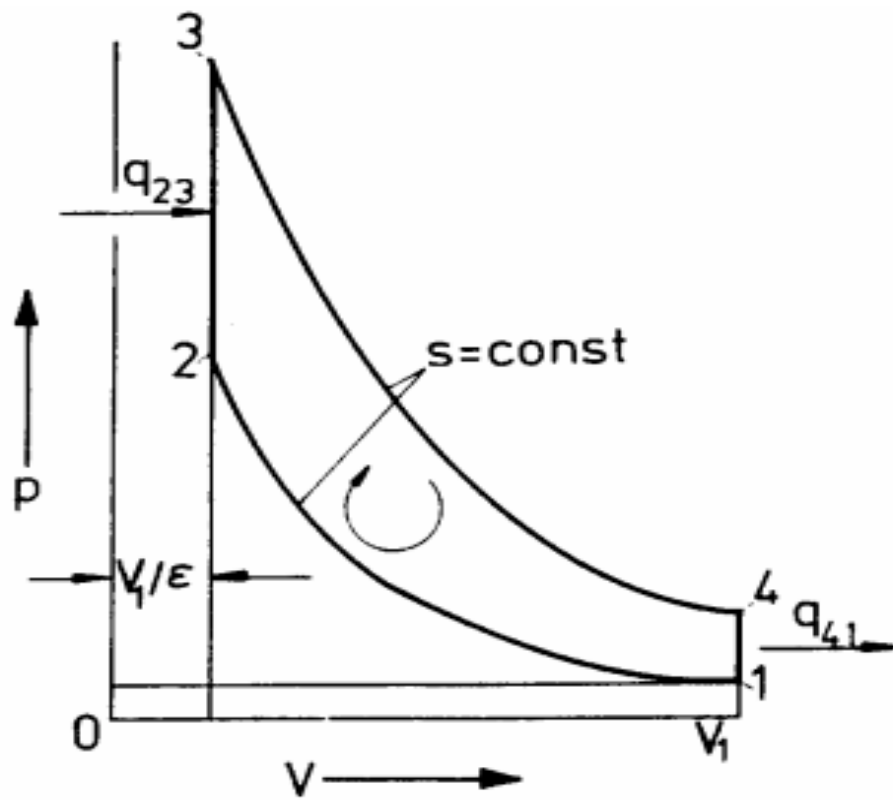


4-Takt-Dieselmotor für LKW-Antrieb

Mercedes-Benz OM 442 LA

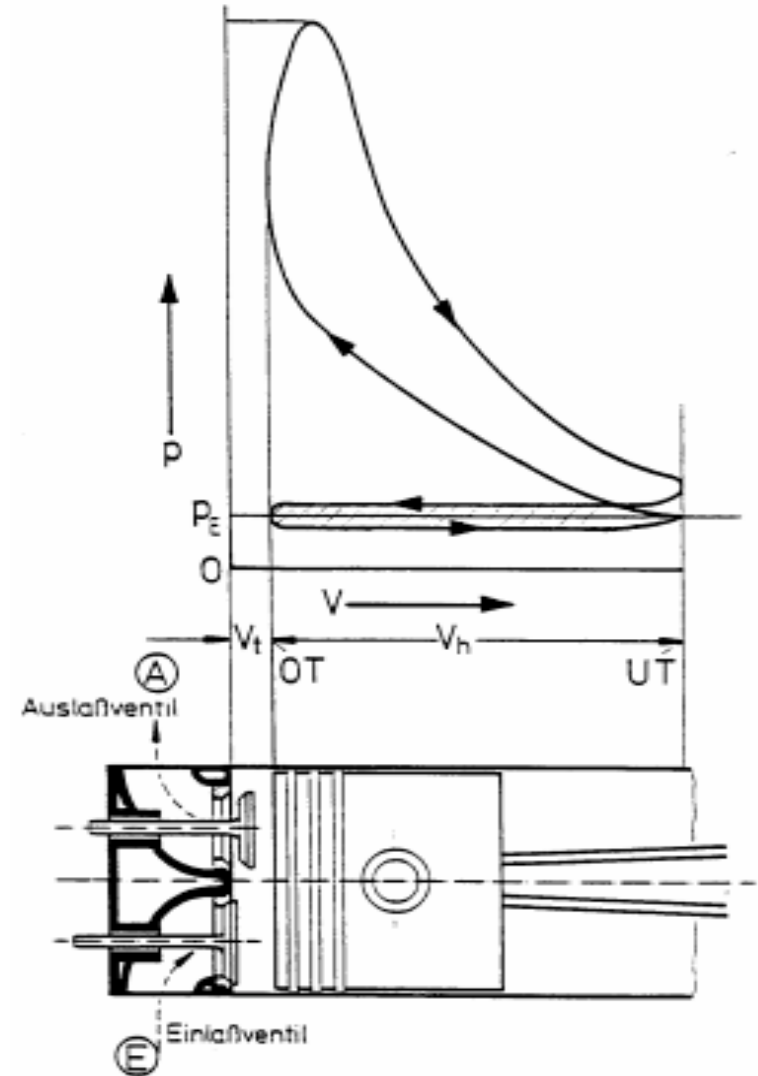
$D = 128 \text{ mm}$, $s = 142 \text{ mm}$, $P_e = 320 \text{ kW}$ (435 PS)
bei $n = 2100 \text{ min}^{-1}$, $z = 8$



Arbeitsspiele von Verbrennungsmotoren:
(4-Takt; 1 Arbeitsspiel / 2 Umdrehungen)

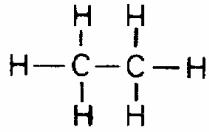
1. Ansaugen	0	→180°KW
2. Kompression	180°	→360°KW
3. Arbeitshub	360°	→540°KW
4. Ausschieben	540°	→720°KW

Im Zylinder verbleibt ebenfalls eine Restmasse.
Zum Ladungswechsel sind zwangsgesteuerte Ventile erforderlich

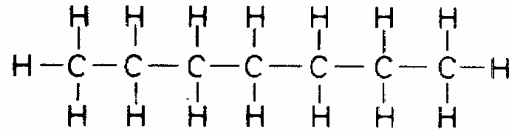


Arbeitsdiagramm	Bezeichnung	Randbedingungen	Definition	Wirkungsgrade
	theoretischer Vergleichs-„Gleichraumprozess“	ideales Gas, konstante spezifische Wärme, unendlich schnelle Wärmezufuhr- und -abfuhr usw.	$\eta_{thv} = 1 - \epsilon^{1-\kappa}$ theoretischer oder thermischer Wirkungsgrad	η_{thv}
	realer Hochdruck-Arbeitsprozess	Wandwärmeverluste, reales Gas, endliche Wärmezufuhr- und -abfuhr-geschwindigkeiten, veränderliche spezifische Wärmen	η_{GHP} Gütegrad des Hochdruckprozesses	η_i
	realer Ladungswechsel (4-Takt)	Strömungsverluste, Aufheizung des Gemisches oder der Luft usw.	η_{GLW} Ladungswechselwirkungsgrad	η_G
mechanische Verluste	Verluste wegen Reibung, Kühlung, Nebenaggregate	realer Motor	η_m	η_m
				η_c

Paraffine

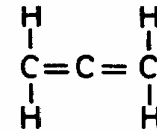


Äthan

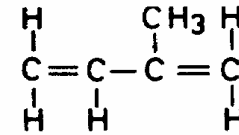


n-Heptan

Di-Olefine

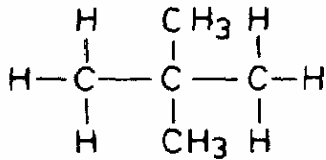


Propadien
(Allen)



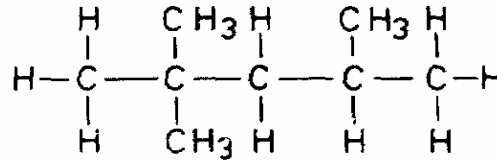
3-Methylbutadien 1,3
(Isopren)

Iso-Paraffine



2,2 Dimethylpropan

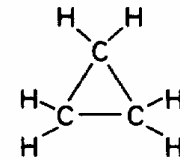
(iso-Pentan)



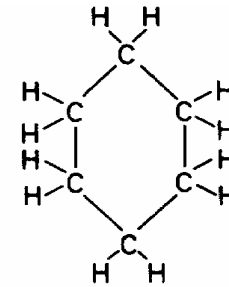
2,2,4 Trimethylpentan

(iso - Oktan)

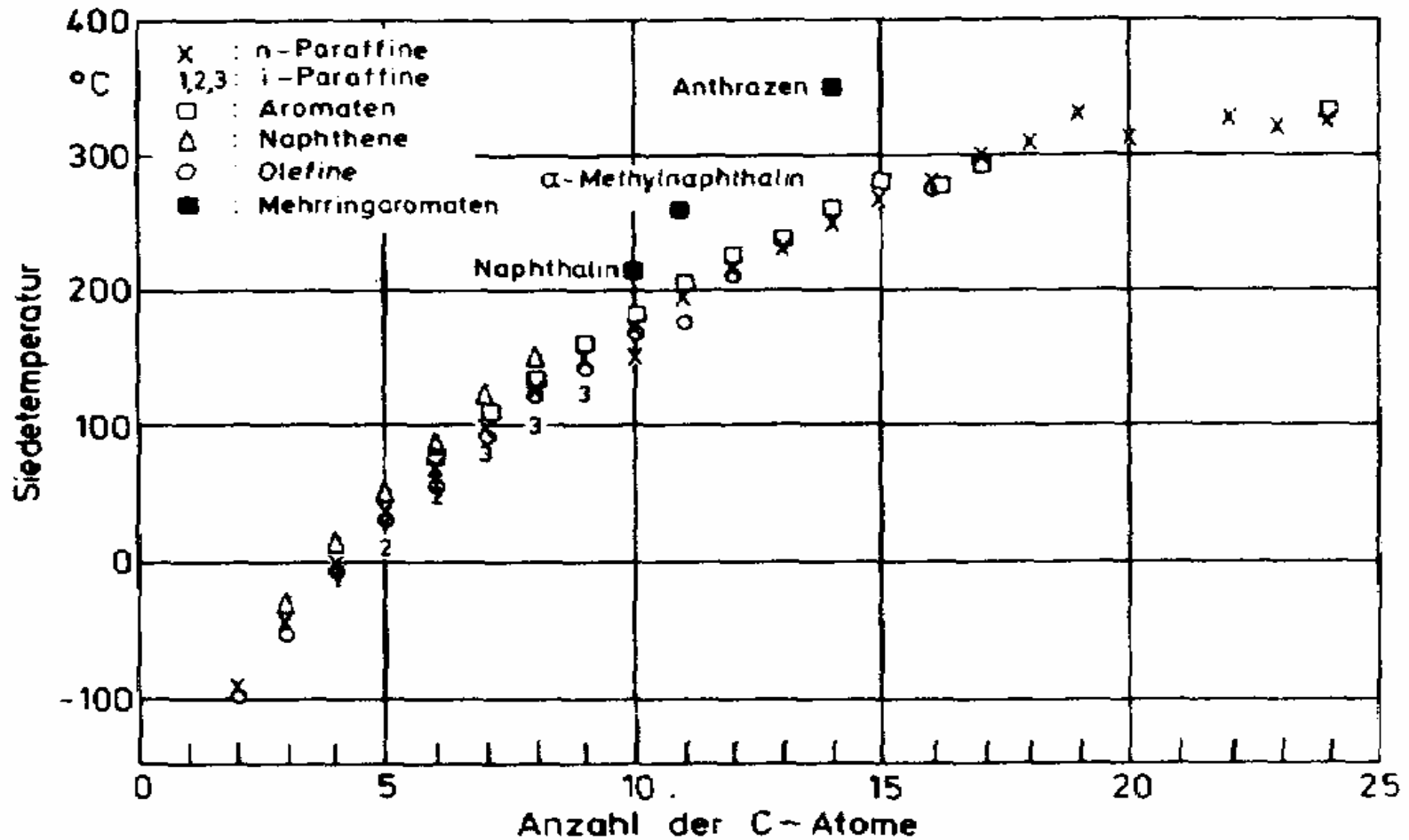
Naphtene



Zyklopropan

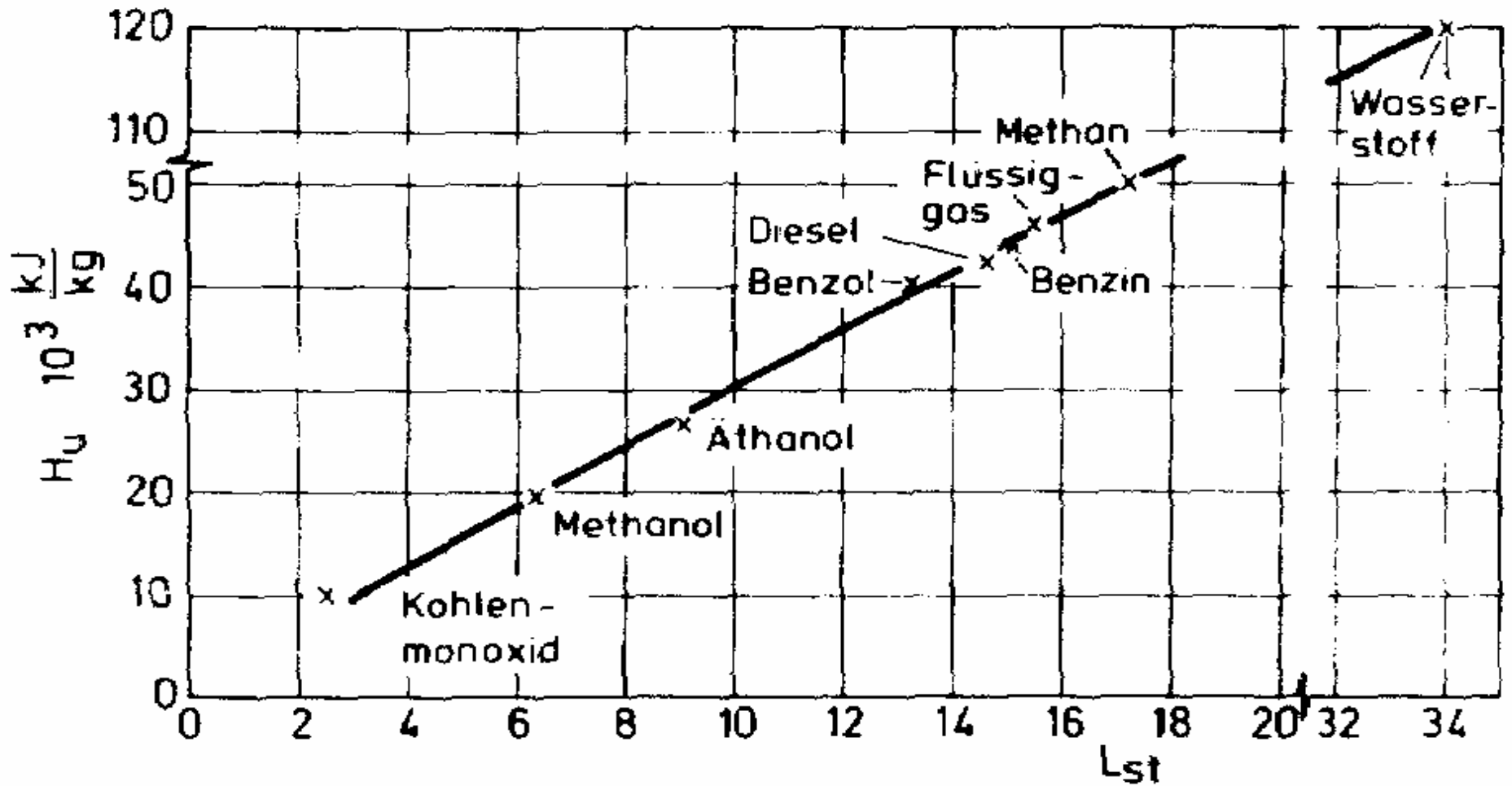


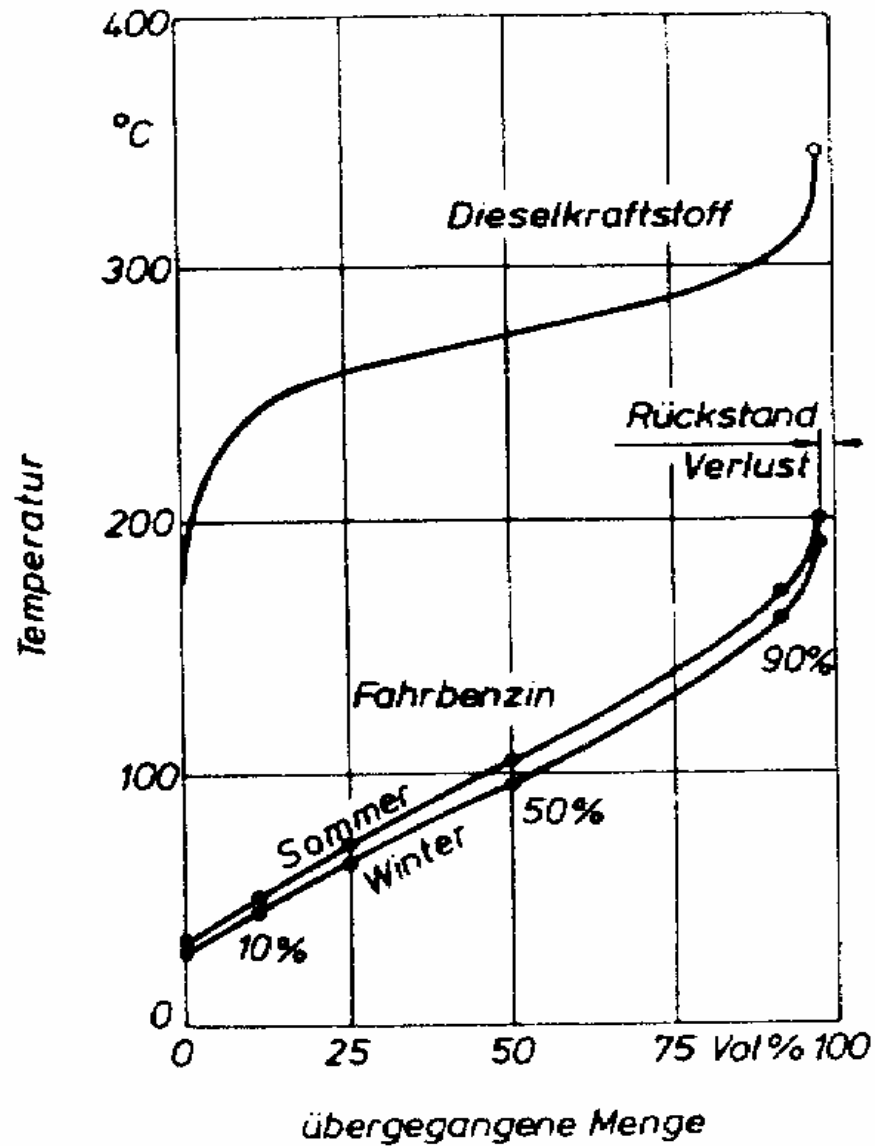
Zyklohexan



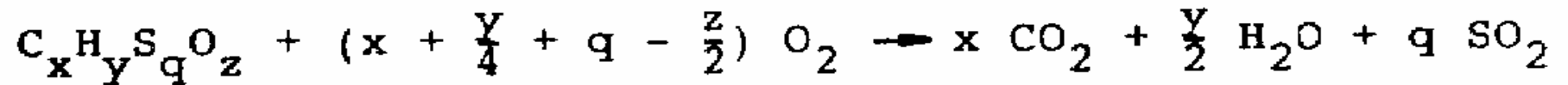
Siedetemperatur von HC-Verbindungen







$$L_{st} = m_{Lst} / m_B$$



$$x = \frac{M_B}{M_C} c, \quad y = \frac{M_B}{M_H} h, \quad q = \frac{M_B}{M_S} s, \quad z = \frac{M_B}{M_O} o$$

$$L_{st} = \frac{1}{\xi_{O_2,L}} \frac{m_{O_2,st}}{m_B} = \frac{1}{\xi_{O_2,L}} \frac{M_{O_2}}{M_B} \frac{n_{O_2,st}}{n_B}$$

$$n_{O_2,st} = x + \frac{y}{4} + q - \frac{z}{2} \quad \text{und} \quad n_B = 1$$



$$H_{u,p} = \frac{H' - H''}{m_B} = \frac{-\Delta H}{m_B}$$

H' **Enthalpie des
Brennstoff-Luft-Gemisches bei 25°C**

H'' **Enthalpie des
Verbrennungsproduktes bei 25°C**

ΔH **Reaktionsenthalpie**

m_B **Brennstoffmasse**

$$H_{u,v} = \frac{U' - U''}{m_B} = \frac{-\Delta U}{m_B}$$

U' **Innere Energie des
Brennstoff-Luft-Gemisches bei 25°C**

U'' **Innere Energie des
Verbrennungsproduktes bei 25°C**

ΔU **Reaktionsenergie**

m_B **Brennstoffmasse**

$$H_{u,v} \approx H_{u,p} = H_u$$

Otto

$$H_G = \frac{m_B H_U}{V_G}$$

$$V_G = \frac{m_G}{\rho_G} = \frac{m_L + m_B}{\rho_G}$$

$$V_G = \frac{m_G}{\rho_G} (L_{ST} \lambda + 1)$$

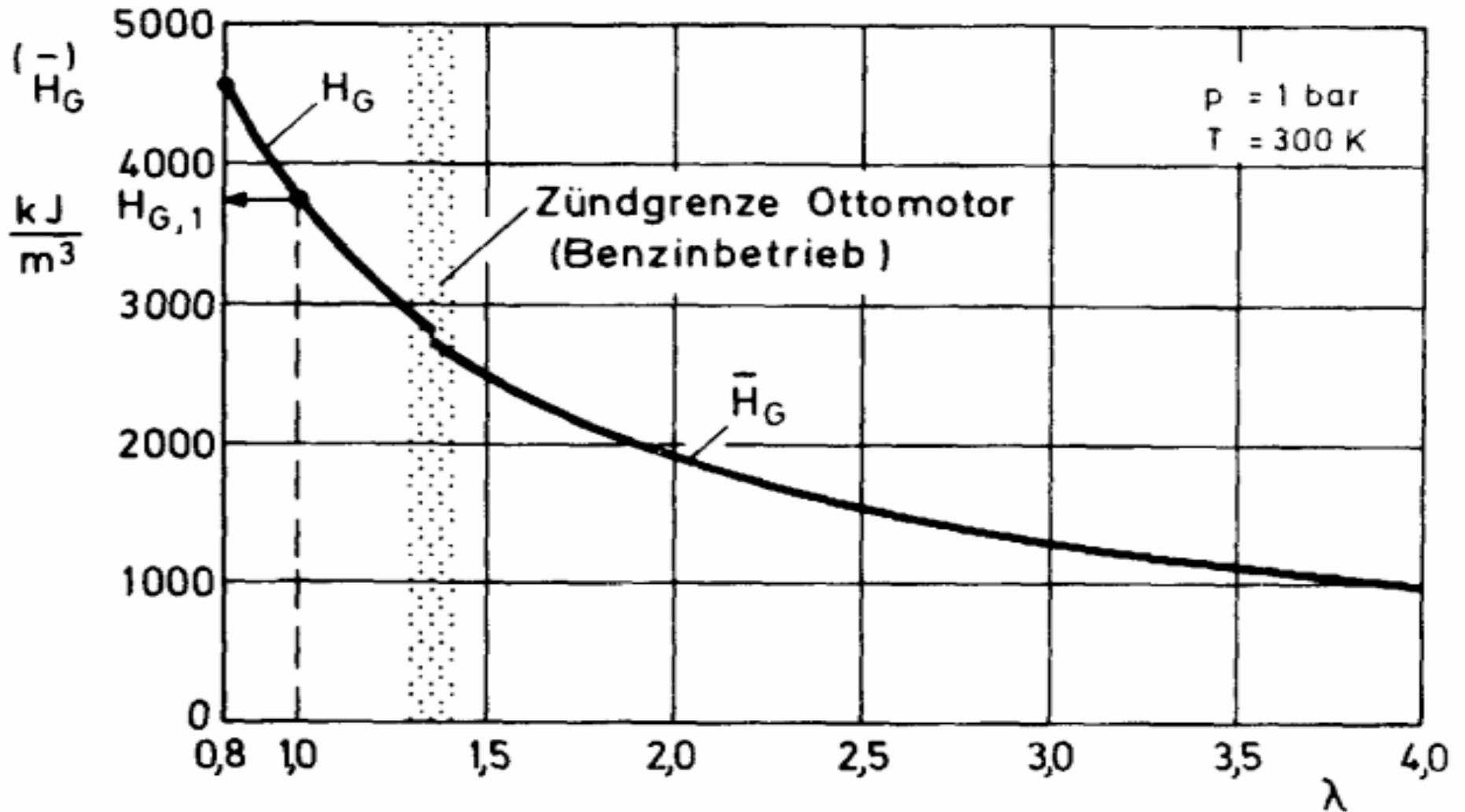
$$H_G = \frac{H_u \rho_G}{L_{ST} \lambda + 1}$$

Diesel

$$\bar{H}_G = \frac{m_B H_U}{V_L}$$

$$\bar{H}_G = \frac{H_u \rho_L}{L_{ST} \lambda}$$





Gasart	Chem. Zeichen	Methanzahl
Wasserstoff	H ₂	0
Butan	C ₄ H ₁₀	10
Butadien	C ₄ H ₆	12
Ethylen	C ₂ H ₄	15
β-Butylen	C ₄ H ₈	20
Propylen	C ₃ H ₆	18,6
Isobutylen	C ₄ H ₈	26
Stadtgas (Berlin-W. bis '94)		52
Propan	C ₃ H ₈	33,5
Äthan	C ₂ H ₆	43,7
Kohlenoxyd	CO	75
Erdgas ^{b)}		77
Erdgas ^{c)}		78,5
Methan	CH ₄	100
Klär gas ^{d)}		133,8

	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CO ₂	N ₂	CO	H ₂
a)	26%				17,8%		14,8%	53,4%
b)	84%	5,6%	1,7%	0,7%	1,6%	6,4%		
c)	81,9%	3,4%	0,7%	0,6%	1,2%	12,2%		
d)	65%				35%			



Stoffwerte flüssiger Kraftstoffe und Kohlenwasserstoffe

Stoff	Dichte kg/l	Haupt- bestandteile Gewichts-%	Siede- temperatur °C	Spezif. Verdamp- fungswärme kJ/kg ¹)	Spezif. Heizwert MJ/kg ¹)	Zünd- tempe- ratur °C	Luft- bedarf, theoretisch kg/kg	Zündgrenze	
								untere Vol.-%	obere Gas in Luft
Ottokraftstoff, Normal	0,715...0,765	86 C, 14 H	25...215	380...500	42,7	= 300	14,8	= 0,6	= 8
Super	0,730...0,780	86 C, 14 H	25...215	–	43,5	= 400	14,7	–	–
Flugbenzin	0,720	85 C, 15 H	40...180	–	43,5	= 500	–	= 0,7	= 8
Kerosin	0,77...0,83	87 C, 13 H	170...260	–	43	= 250	14,5	= 0,6	= 7,5
Dieselmotorkraftstoff	0,815...0,855	86 C, 13 H	180...360	= 250	42,5	= 250	14,5	= 0,6	= 7,5
Erdöl (Rohöl)	0,70...1,0	80...83 C, 10...14 H	25...360	222...352	39,8...46,1	= 220	–	= 0,6	= 6,5
Braunkohlenteeröl	0,850...0,90	84 C, 11 H	200...360	–	40,2...41,9	–	13,5	–	–
Steinkohlenteeröl	1,0...1,10	89 C, 7 H	170...330	–	36,4...38,5	–	–	–	–
Pentan C ₅ H ₁₂	0,63	83 C, 17 H	36	352	45,4	285	15,4	1,4	7,8
Hexan C ₆ H ₁₄	0,66	84 C, 16 H	69	331	44,7	240	15,2	1,2	7,4
n-Heptan C ₇ H ₁₆	0,68	84 C, 16 H	98	310	44,4	220	15,2	1,1	6,7
iso-Oktan C ₈ H ₁₈	0,69	84 C, 16 H	99	297	44,6	410	15,2	1	6
Benzol C ₆ H ₆	0,88	92 C, 8 H	80	394	40,2	550	13,3	1,2	8
Toluol C ₇ H ₈	0,87	91 C, 9 H	110	364	40,6	530	13,4	1,2	7
Xylol C ₈ H ₁₀	0,88	91 C, 9 H	144	339	40,6	460	13,7	1	7,6
Ether (C ₂ H ₅) ₂ O	0,72	64 C, 14 H, 22 O	35	377	34,3	170	7,7	1,7	36
Aceton (CH ₃) ₂ CO	0,79	62 C, 10 C, 28 O	56	523	28,5	540	9,4	2,5	13
Ethanol C ₂ H ₅ OH	0,79	52 C, 13 H, 35 O	78	904	26,8	420	9	3,5	15
Methanol CH ₃ OH	0,79	38 C, 12 H, 50 O	65	1110	19,7	450	6,4	5,5	26

Viskosität bei 20 °C in mm²/s (= cSt, S. 27): Benzine = 0,6; Dieselmotorkraftstoff = 4; Ethanol = 1,5; Methanol = 0,75.



Stoffwerte gasförmiger Kraftstoffe und Kohlenwasserstoffe

Stoff	Dichte bei 0 °C und 1013 mbar kg/m ³	Haupt- bestandteile Gewichts-%	Siede- temp. bei 1013 mbar °C	Spezifischer Heizwert Kraftstoff MJ/kg ¹⁾	Kraftstoff- Luft- Gemisch MJ/m ³ ¹⁾	Zünd- tempe- ratur °C	Luft- bedarf, theoretisch kg/kg	Zündgrenze	
								untere	obere
								Vol.-% Gas in Luft	
Flüssiggas (Autogas) Stadtgas Erdgas	2,25 ²⁾ 0,56...0,61 = 0,83	C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ 50 H, 8 CO, 30 CH ₄ 76 C, 24 H	-30 -210 -162	46,1 = 30 47,7	3,39 = 3,25 -	= 400 = 560 -	15,5 10 -	1,5 4 -	15 40 -
Wassergas Hochofengichtgas Klär gas (Faulgas) ³⁾	0,71 1,28 -	50 H, 38 CO 28 CO, 59 N, 12 CO ₂ 46 CH ₄ , 54 CO ₂	- -170 -	15,1 3,20 27,2 ³⁾	3,10 1,88 3,22	= 600 = 600 -	4,3 0,75 -	6 = 30 -	72 = 75 -
Wasserstoff H ₂ Kohlenoxid CO Methan CH ₄	0,090 1,25 0,72	100 H 100 CO 75 C, 25 H	-253 -191 -162	120,0 10,05 50,0	2,97 3,48 3,22	560 605 650	34 2,5 17,2	4 12,5 5	77 75 15
Acetylen C ₂ H ₂ Ethan C ₂ H ₆ Ethen C ₂ H ₄	1,17 1,36 1,26	93 C, 7 H 80 C, 20 H 86 C, 14 H	-81 -88 -102	48,1 47,5 14,1	4,38 - -	305 515 425	13,25 17,3 14,7	1,5 3 2,75	80 14 34
Propan C ₃ H ₈ Propen C ₃ H ₆ Butan C ₄ H ₁₀ Buten C ₄ H ₈ Dimethyl- ether C ₂ H ₆ O	2,0 ²⁾ 1,92 2,7 ²⁾ 2,5 2,05 ⁵⁾	82 C, 18 H 86 C, 14 H 83 C, 17 H 86 C, 14 H 52 C, 13 H, 35 O	-43 -47 -10; +1 ⁴⁾ -5; +1 ⁴⁾ -25	46,3 45,8 45,6 45,2 28,8	3,35 - 3,39 - 3,43	470 450 365 - 235	15,6 14,7 15,4 14,8 9,0	1,9 2 1,5 1,7 3,4	9,5 11 8,5 9 18,6

¹⁾ Werte je m³ = Werte je kg x Dichte in kg/m³. Umrechnungen S. 25.

²⁾ Dichte für flüssiges Flüssiggas 0,54 kg/l, Dichte für flüssiges Propan 0,51 kg/l, Dichte für flüssiges Butan 0,58 kg/l.

³⁾ Gereinigtes Klär gas enthält 95% CH₄ (Methan) und hat einen Heizwert von 37,7 MJ/kg.

⁴⁾ Erster Wert für iso-, zweiter für n-Butan bzw. -Buten.

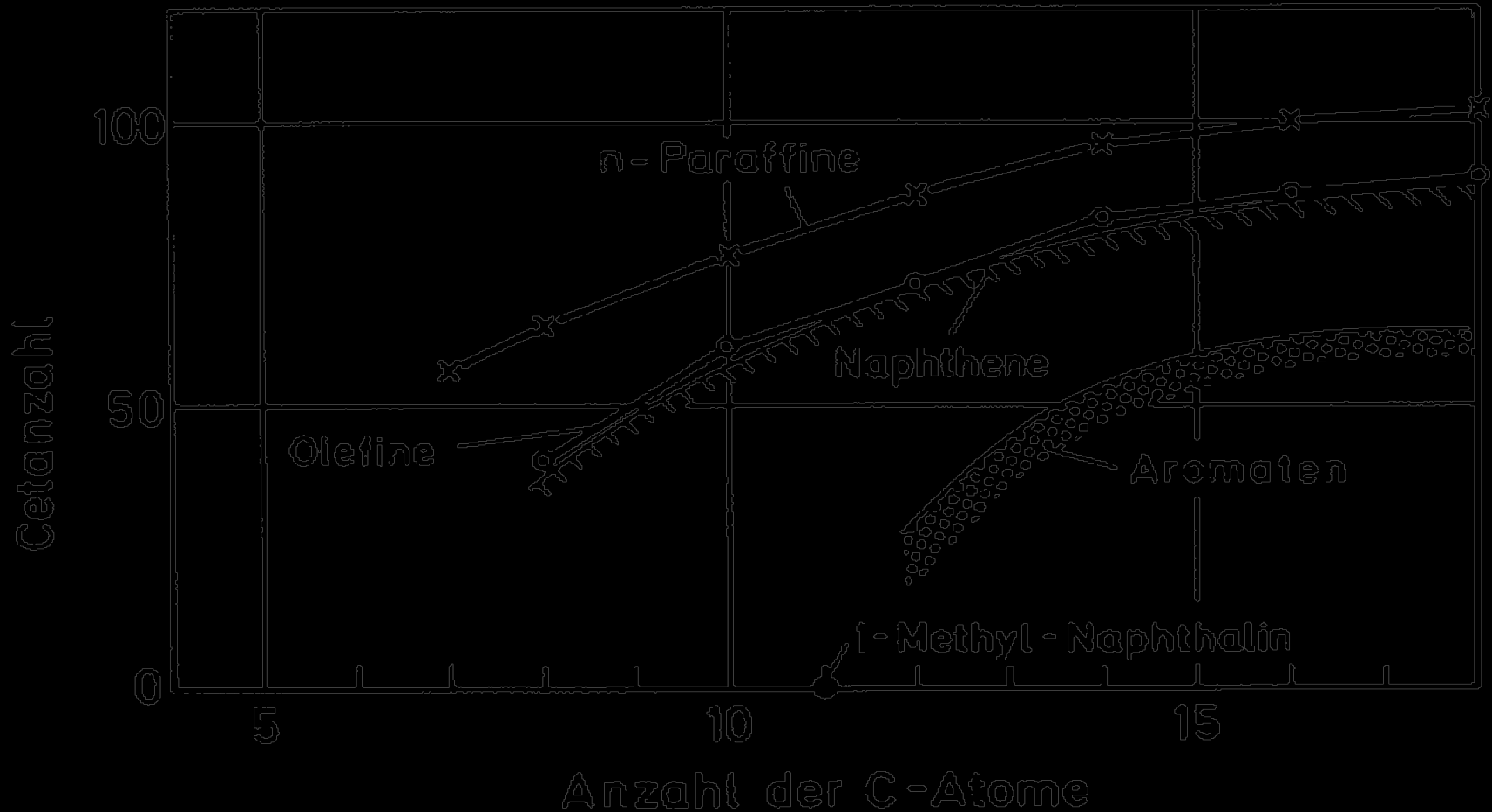
⁵⁾ Dichte des verflüssigten Dimethylethers.

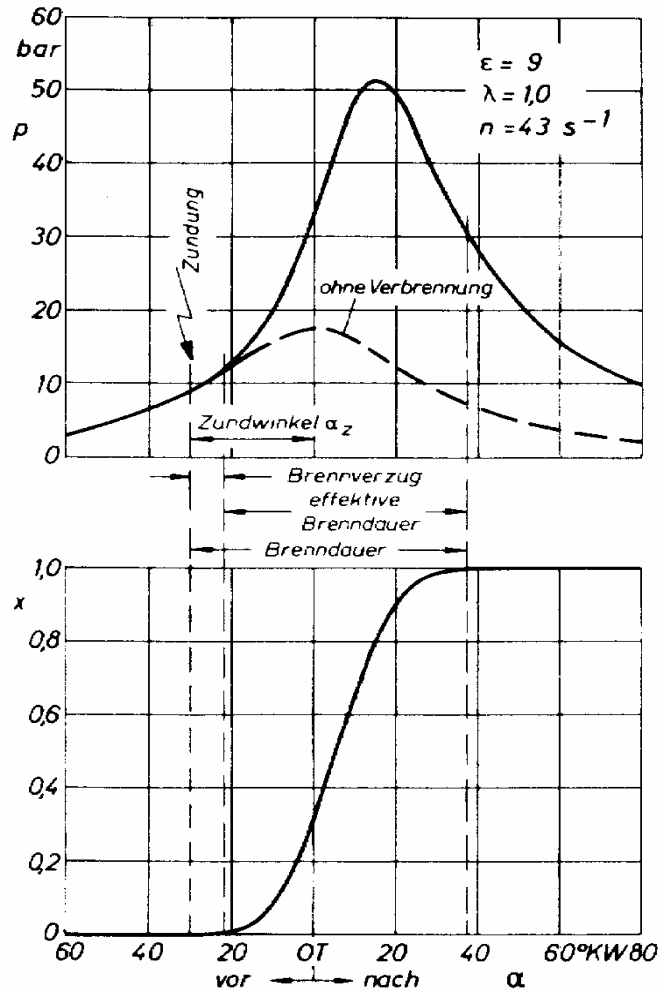
Tabelle 1. Wichtige Eigenschaften von Ottokraftstoffen, unverbleit, EN 228 (gültig ab 1.1.2000).

Anforderungen	Einheit	KenngroÙe
Klopffestigkeit		
Super, min.	ROZ/MOZ	95/85
Normal, min. ¹⁾	ROZ/MOZ	91/82,5
Super Plus ¹⁾	ROZ/MOZ	98/88
Dichte	kg/m ³	720 ... 775
Schwefel, max.	mg/kg	150
Benzol, max.	Vol.-%	1
Blei, max.	mg/l	5
Flüchtigkeit		
Dampfdruck im Sommer, min./max.	kPa	45/60
Dampfdruck im Winter, min./max.	kPa	60/90 ¹⁾
verdampfte Menge bei 70 °C im Sommer, min./max.	Vol.-%	20/48
verdampfte Menge bei 70 °C im Winter, min./max.	Vol.-%	22/50
verdampfte Menge bei 100 °C, min./max.	Vol.-%	46/71
verdampfte Menge bei 150 °C, min./max.	Vol.-%	75/-
Siedeende, max.	°C	210
VLI Übergangszeit ³⁾, max. ²⁾		1150 ¹⁾

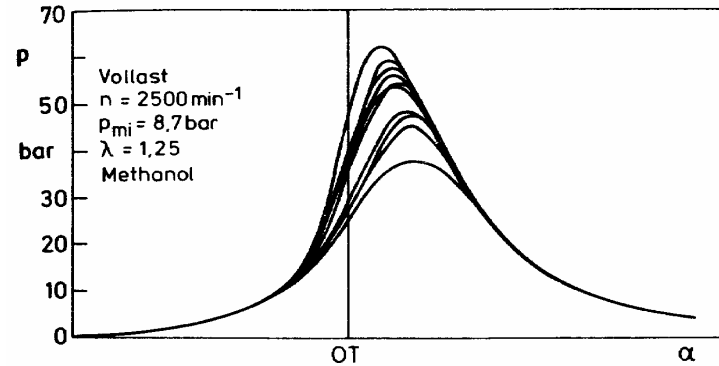
¹⁾ Nationale Werte für Deutschland, ²⁾ VLI = Vapour Lock Index, ³⁾ Frühjahr und Herbst.

Cetanzahl von HC-Verbindungen

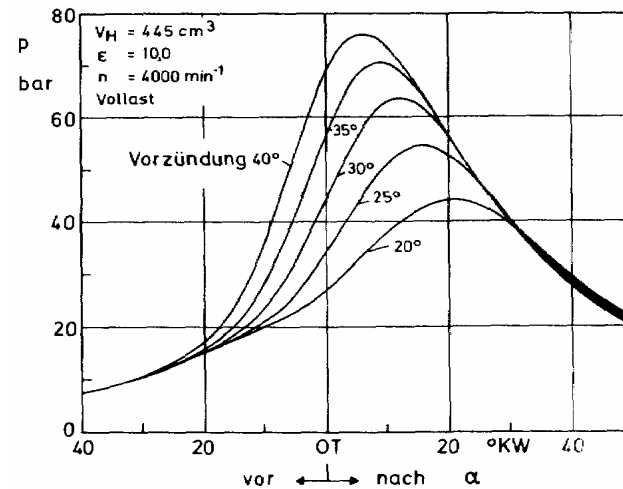




Druckverlauf und Brennfunktion im Ottomotor

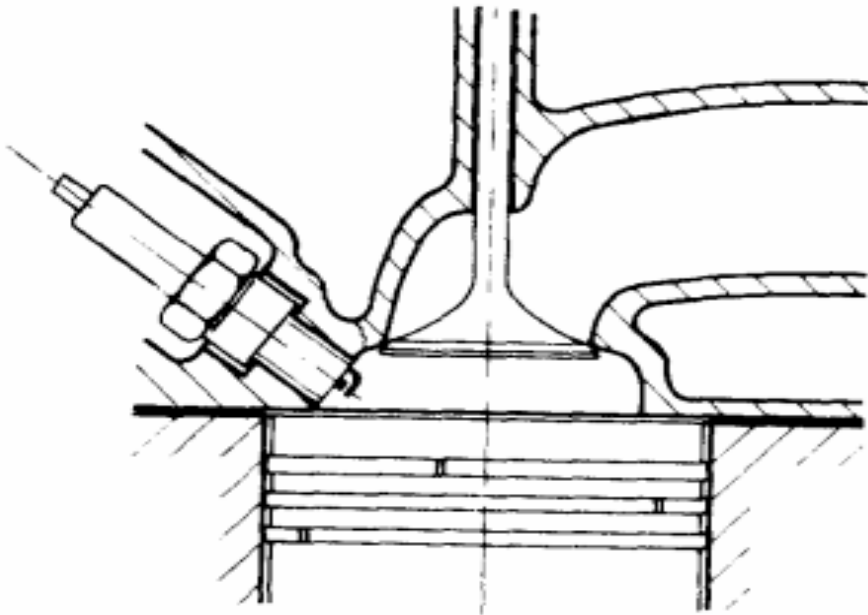


Zyklische Schwankungen beim Ottomotor

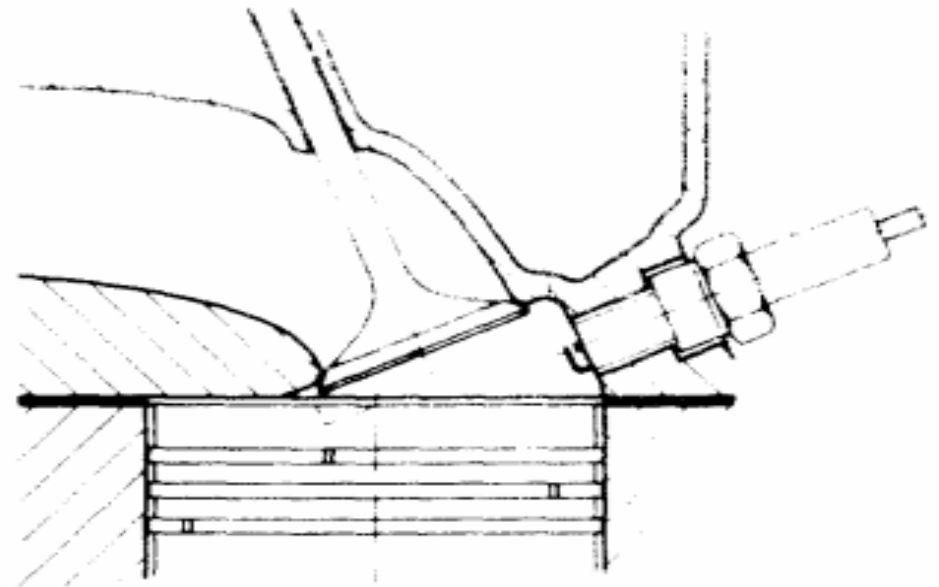


Einfluß des Zündwinkels auf den mittleren Druckverlauf

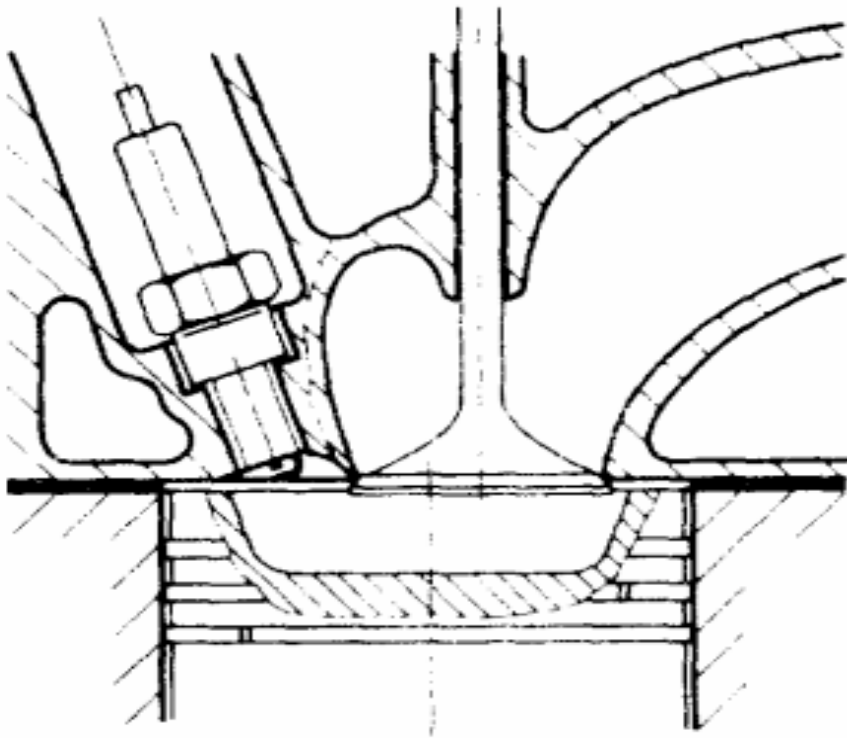




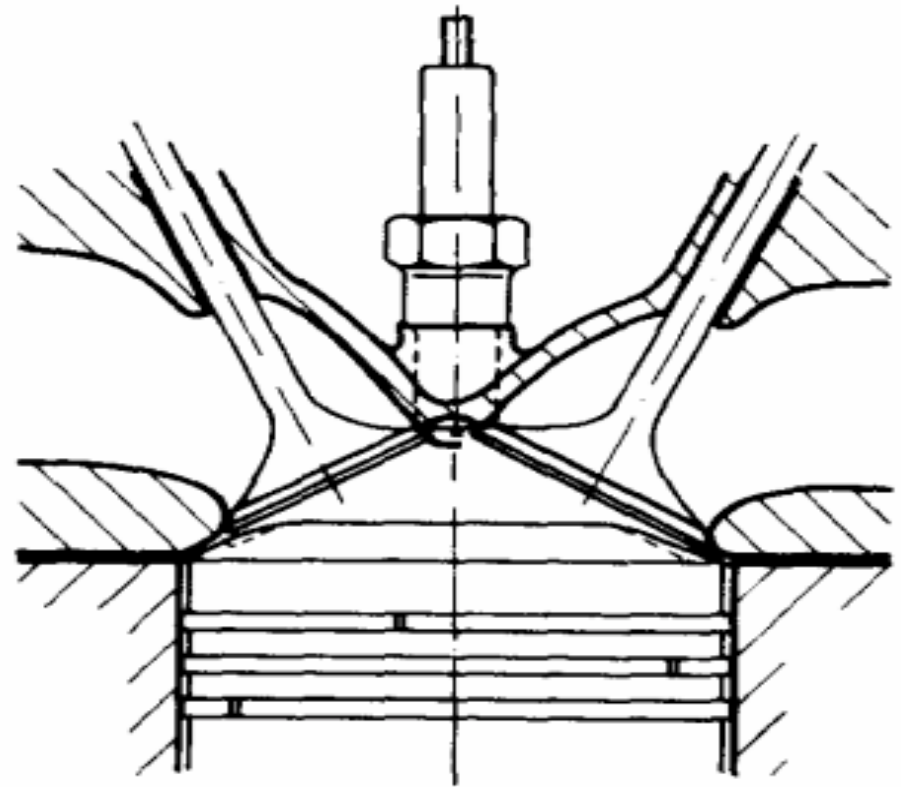
Wannenförmiger Brennraum



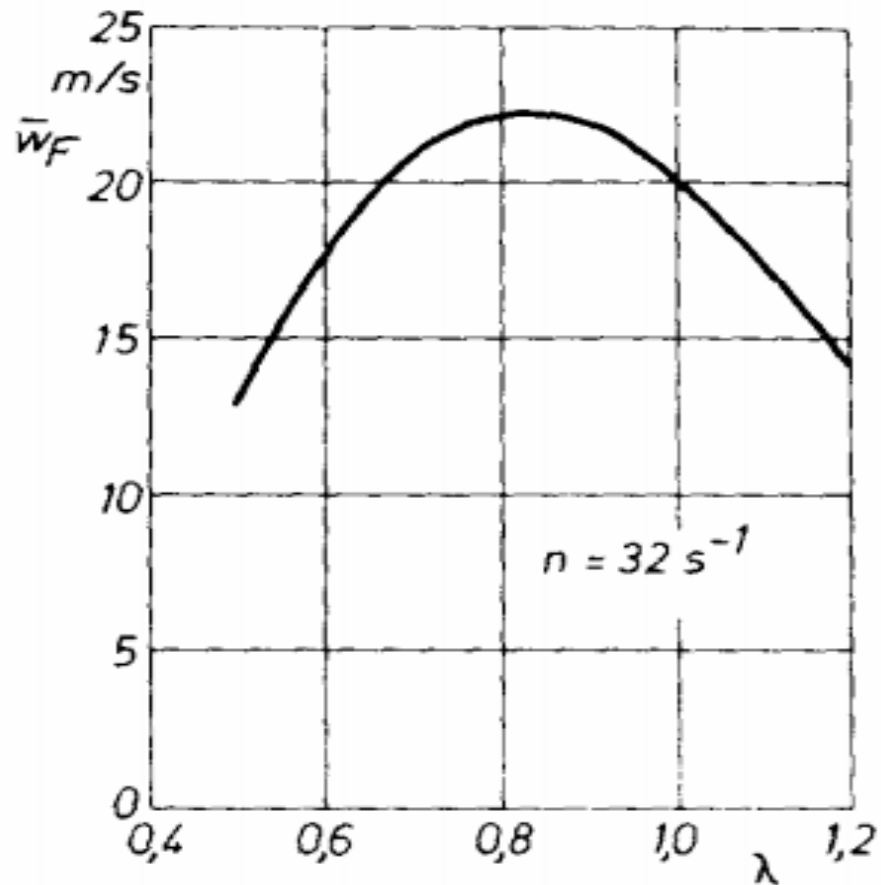
Keilförmiger Brennraum

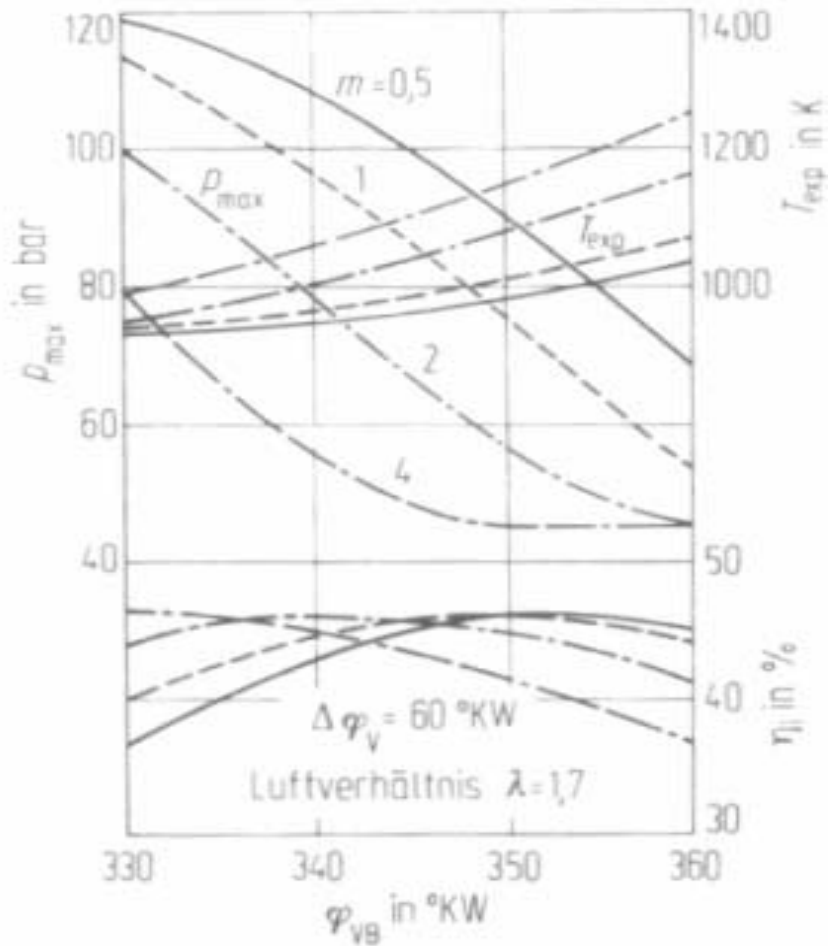


Muldenbrennraum im Kolben

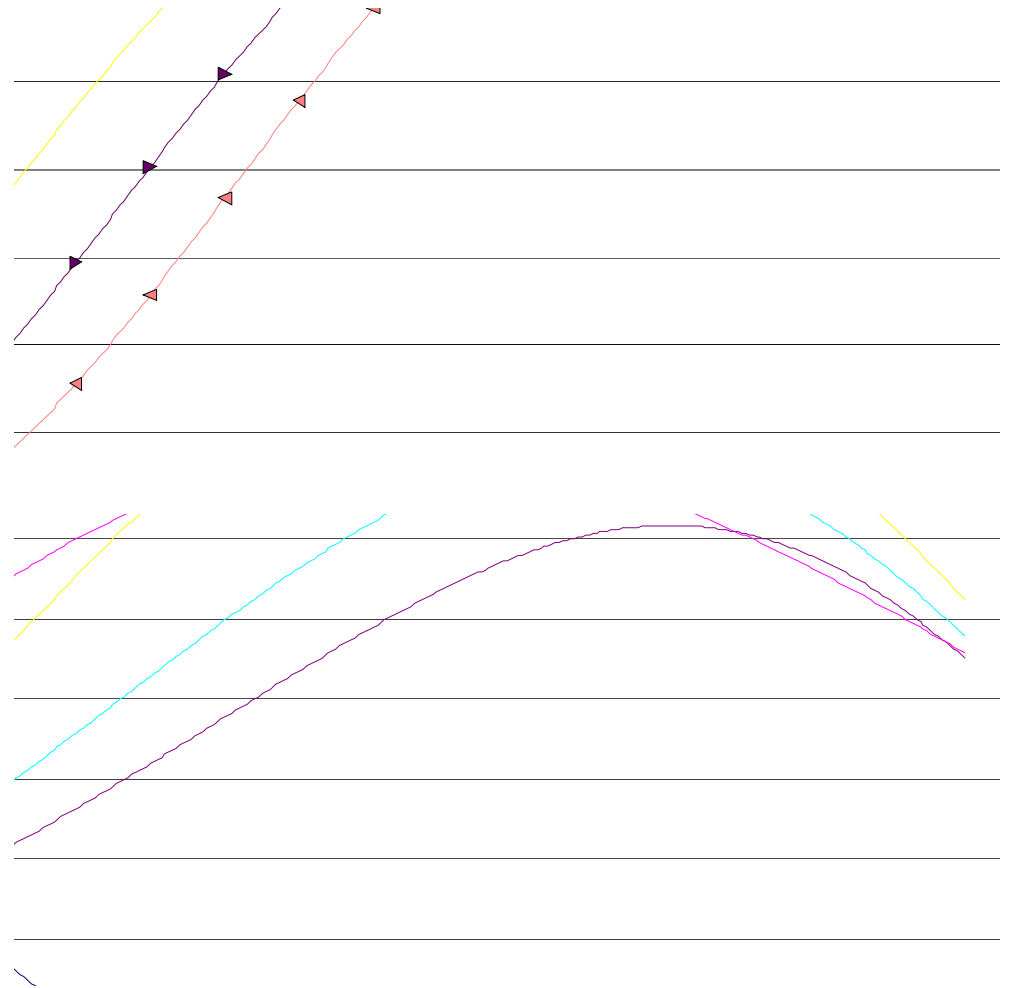


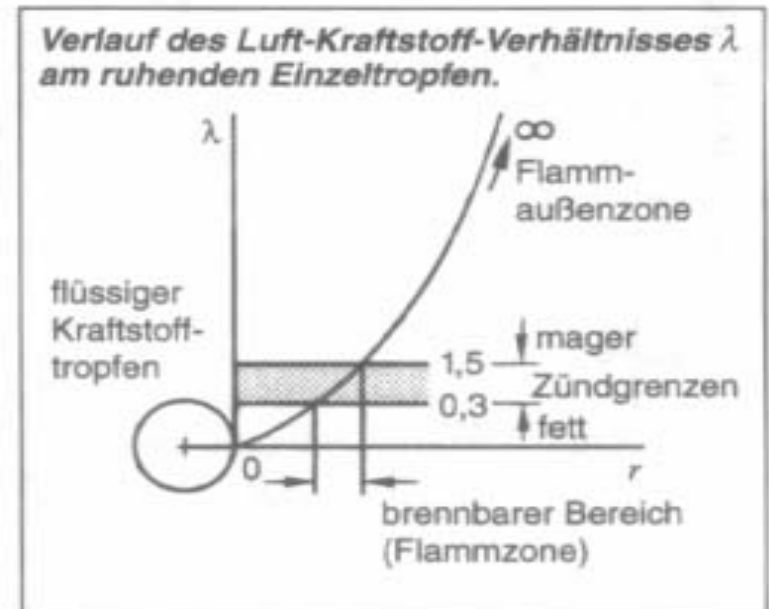
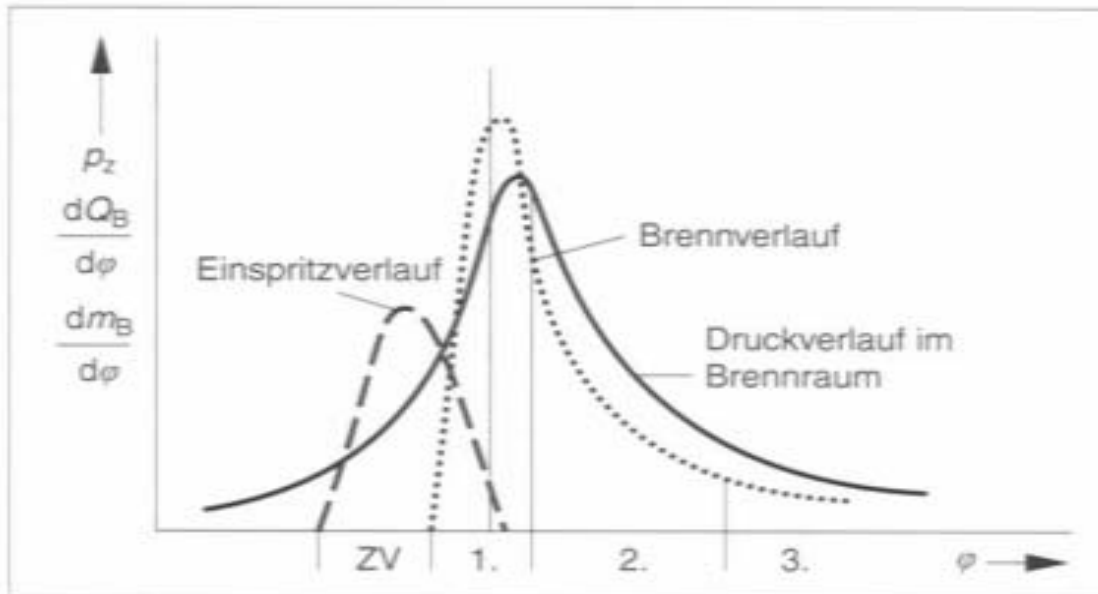
Halbkugel-Brennraum

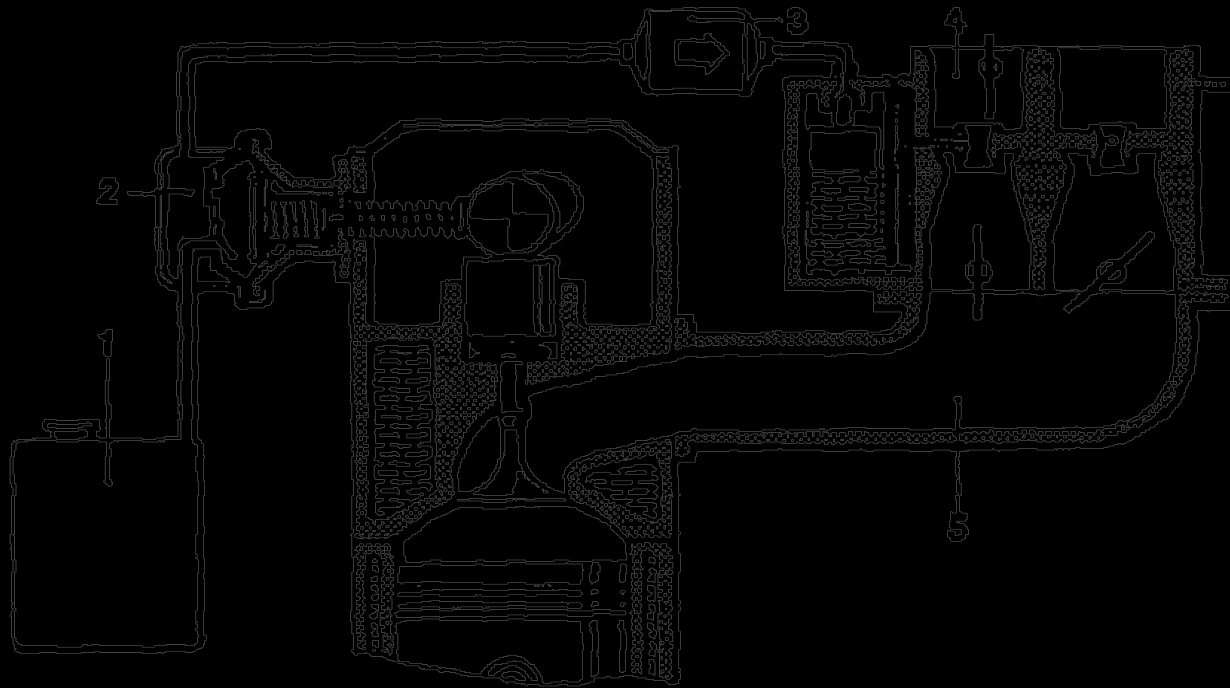




Durchbrennfunktion nach Vibe



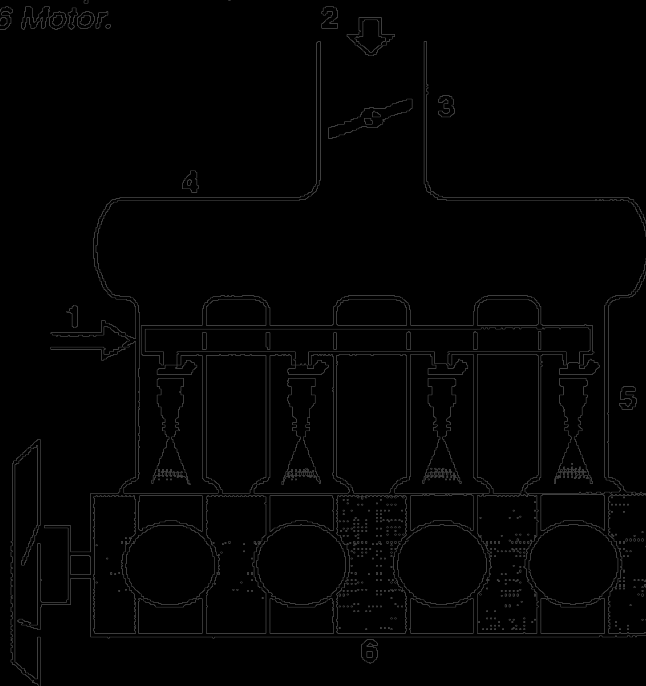




1 Kraftstoffbehälter, 2 Kraftstoff-Förderpumpe, 3 Kraftstoff-Feinfilter, 4 Vergaser, 5 Saugrohr.

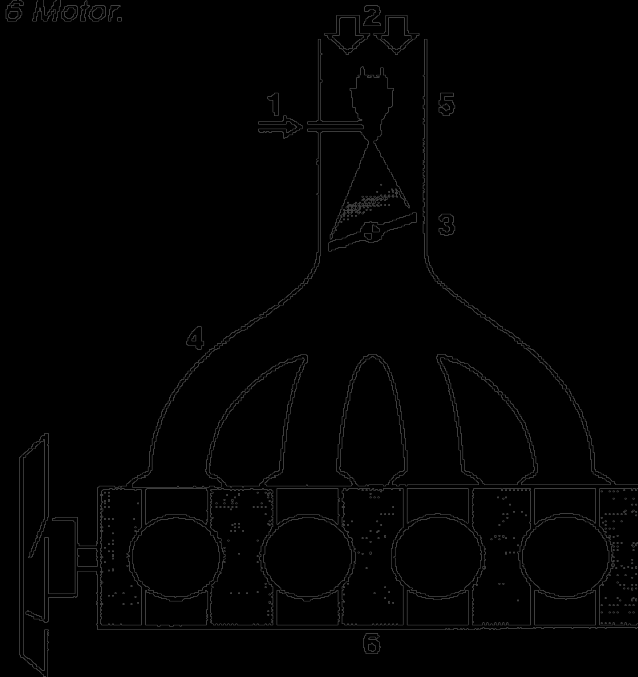
Einzelinspritzung.

- 1 Kraftstoff,
- 2 Luft,
- 3 Drosselklappe,
- 4 Saugrohr,
- 5 Einspritzventil,
- 6 Motor.



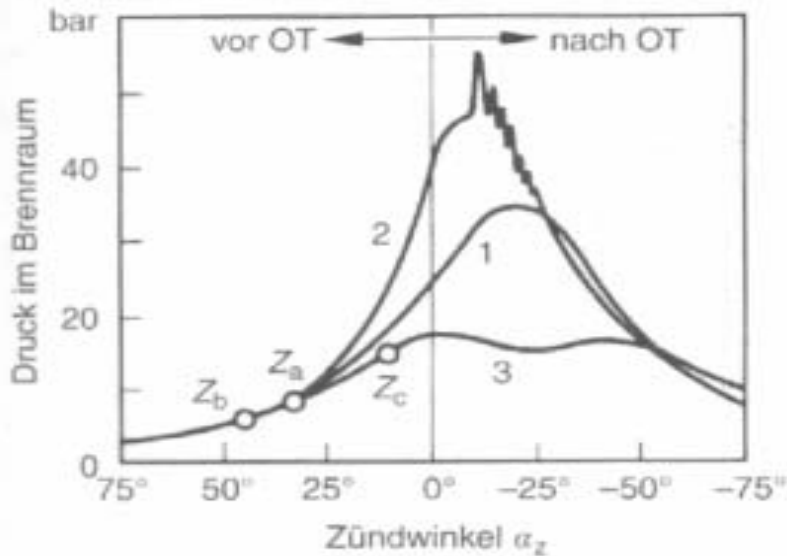
Zentralinspritzung.

- 1 Kraftstoff,
- 2 Luft,
- 3 Drosselklappe,
- 4 Saugrohr,
- 5 Einspritzventile,
- 6 Motor.



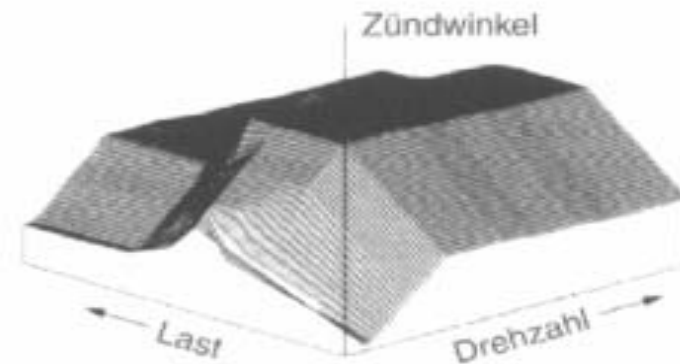
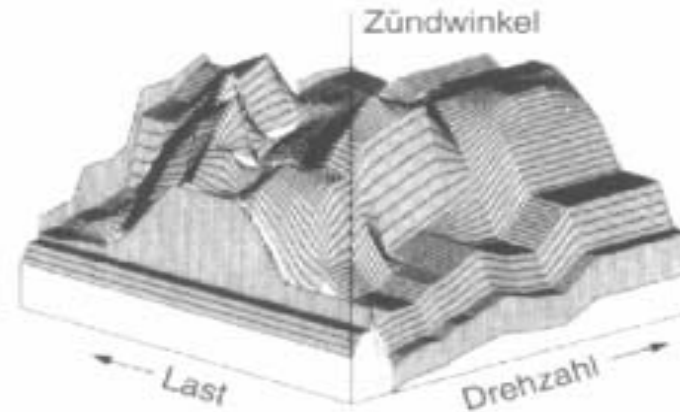
Druckverlauf im Brennraum bei verschiedenen Zündzeitpunkten.

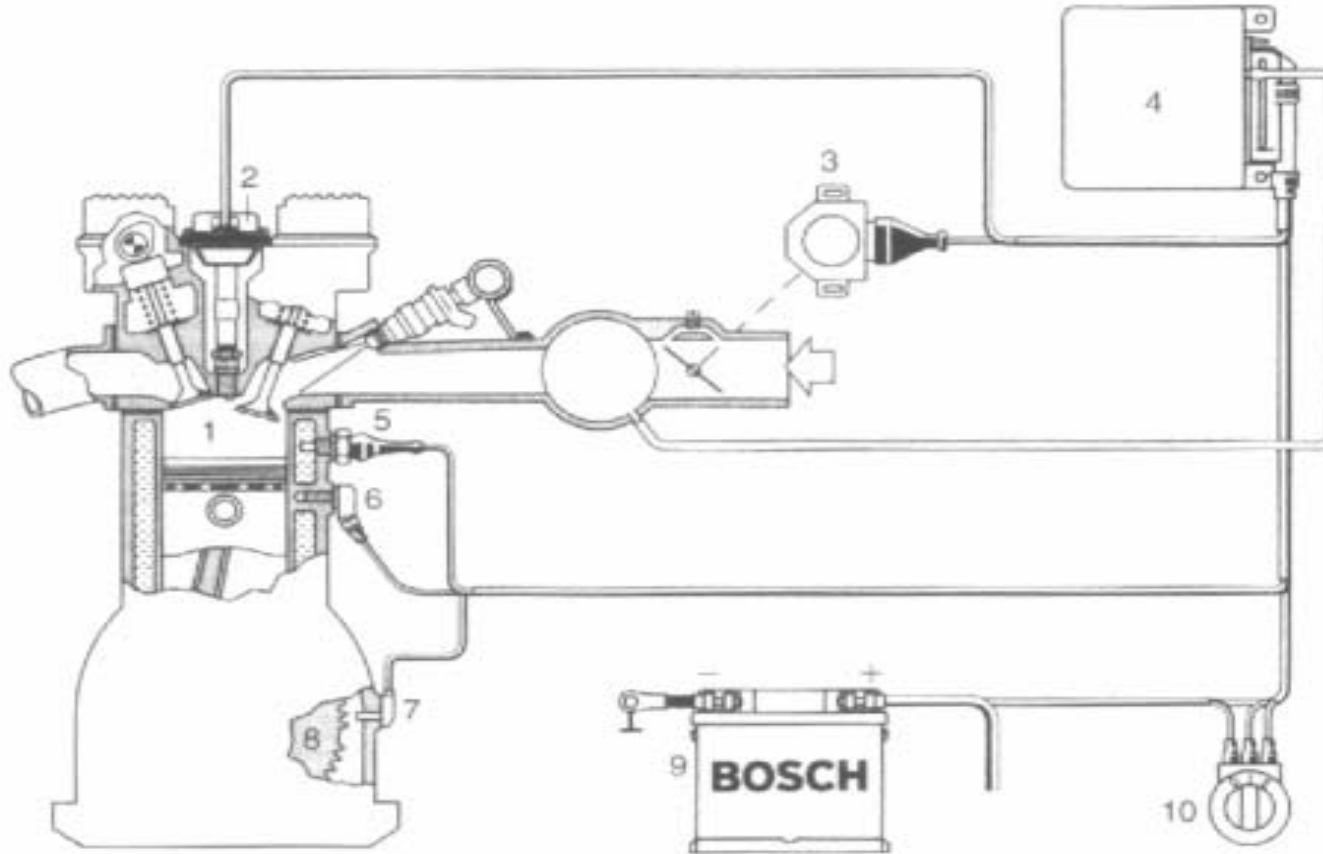
- 1 Zündung (Z_a) im richtigen Zeitpunkt
- 2 Zündung (Z_b) zu früh
- 3 Zündung (Z_c) zu spät



Zündkennfelder

oben: elektronisch optimiert
unten: mechanisches Verstellsystem

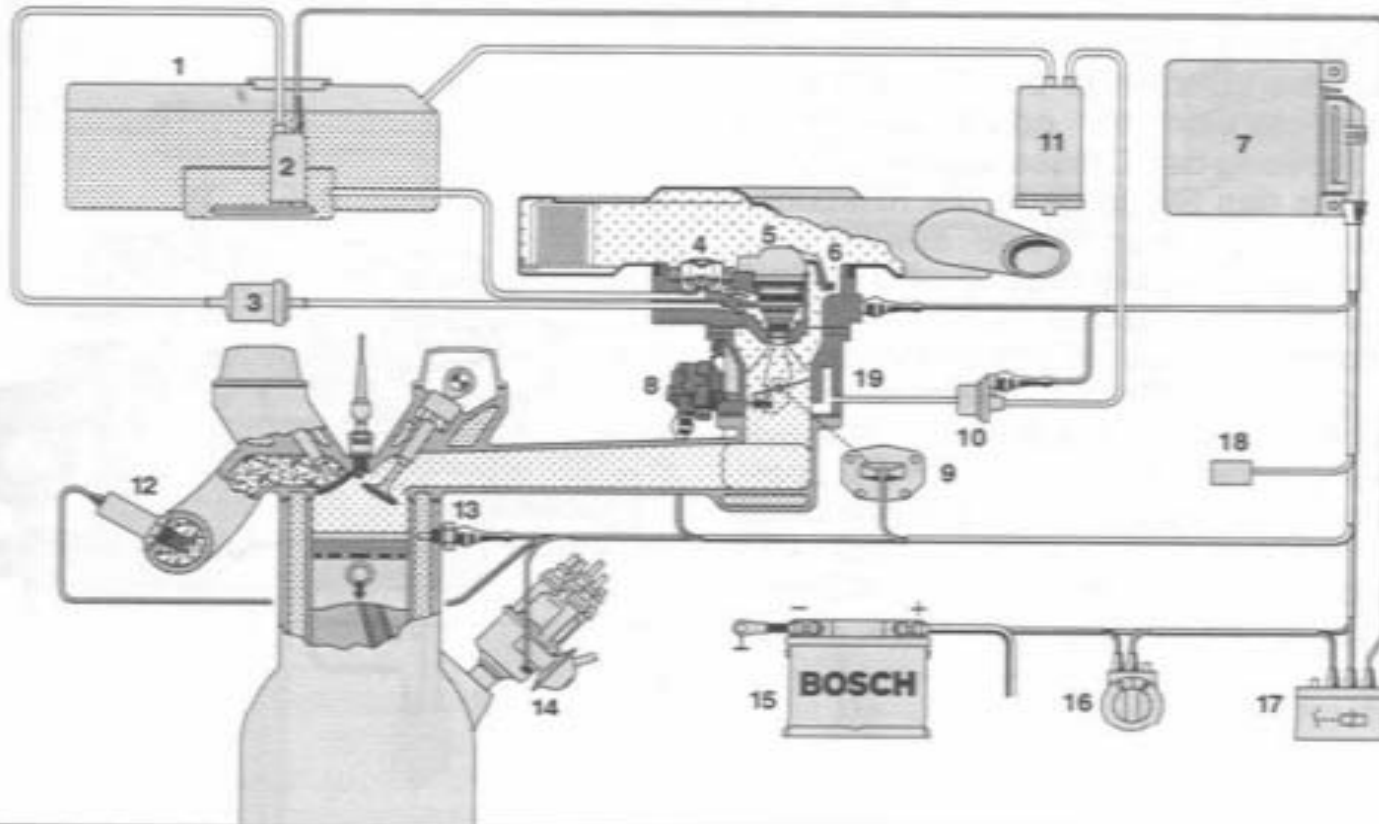




1 Zündkerze, 2 Einzelfunken-Zündspule, 3 Drosselklappenschalter, 4 Steuergerät, 5 Motortempersensoren, 6 Klopfsensor, 7 Drehzahl- und Bezugsmarkensensor, 8 Geberzahnrad, 9 Batterie, 10 Zünd-Start-Schalter

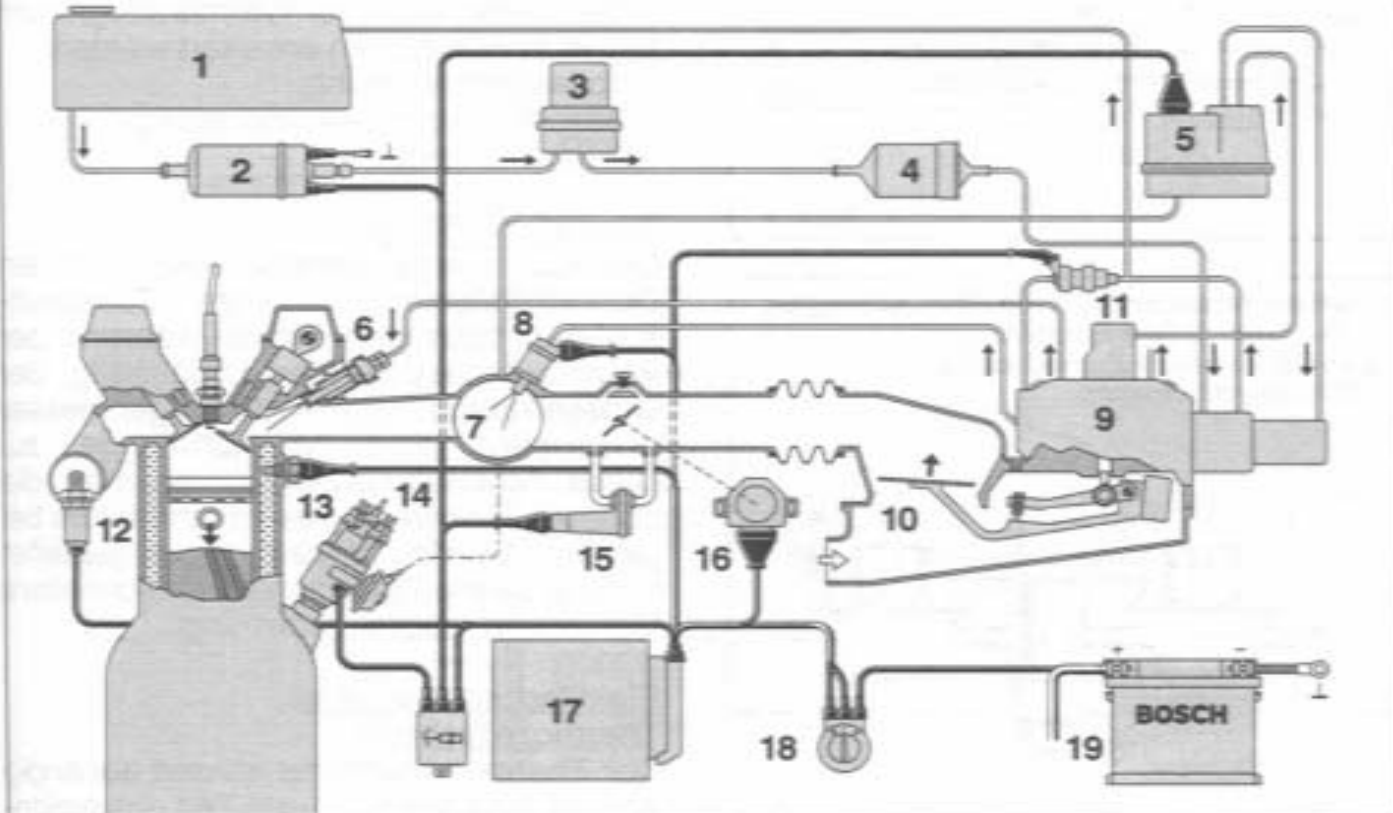
Schema einer Mono-Jetronic-Anlage.

1 Kraftstoffbehälter, 2 Elektrokraftstoffpumpe, 3 Kraftstofffilter, 4 Druckregler, 5 Einspritzventil, 6 Lufttemperatursensor, 7 Steuergerät, 8 Drosselklappenansteller, 9 Drosselklappenpotentiometer, 10 Regenerierventil, 11 Aktivkohlebehälter, 12 Lambda-Sonde, 13 Motortemperatursensor, 14 Zündverteiler, 15 Batterie, 16 Zünd-Start-Schalter, 17 Relais, 18 Diagnoseanschluß, 19 Einspritzaggregat.



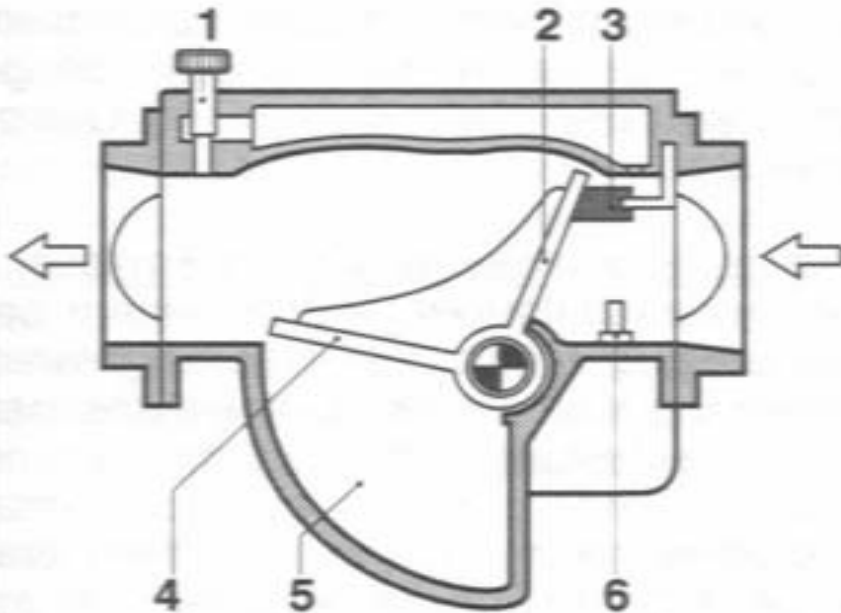
Schema einer K-Jetronic-Anlage.

1 Kraftstoffbehälter, 2 Elektrokraftstoffpumpe, 3 Kraftstoffspeicher, 4 Kraftstofffilter, 5 Warmlaufregler, 6 Einspritzventil, 7 Sammelsaugrohr, 8 elektrisches Startventil, 9 Kraftstoffmengenteiler, 10 Luftmengenmesser, 11 Taktventil, 12 Lambda-Sonde, 13 Thermozeitschalter, 14 Zündverteiler, 15 Zusatzluftschieber, 16 Drosselklappenschalter, 17 Steuergerät, 18 Zünd-Start-Schalter, 19 Batterie.



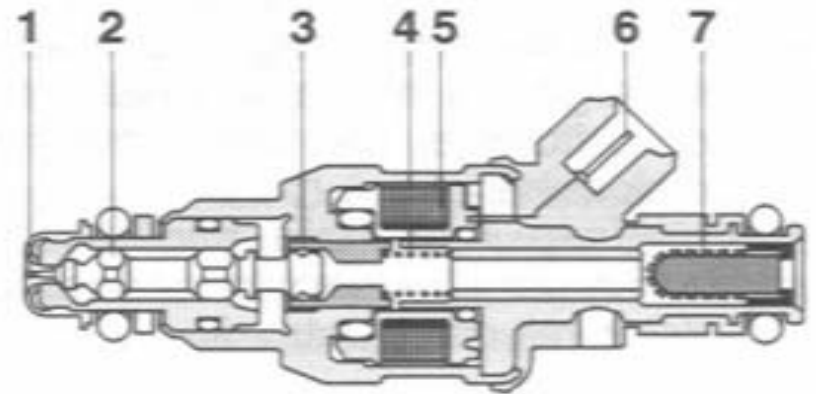
Luftmengenmesser.

1 Gemischeinstellschraube für Leerlaufbereich, 2 Stauklappe, 3 Anschlag, 4 Kompensationsklappe, 5 Dämpfungskammer, 6 Lufttemperatursensor.



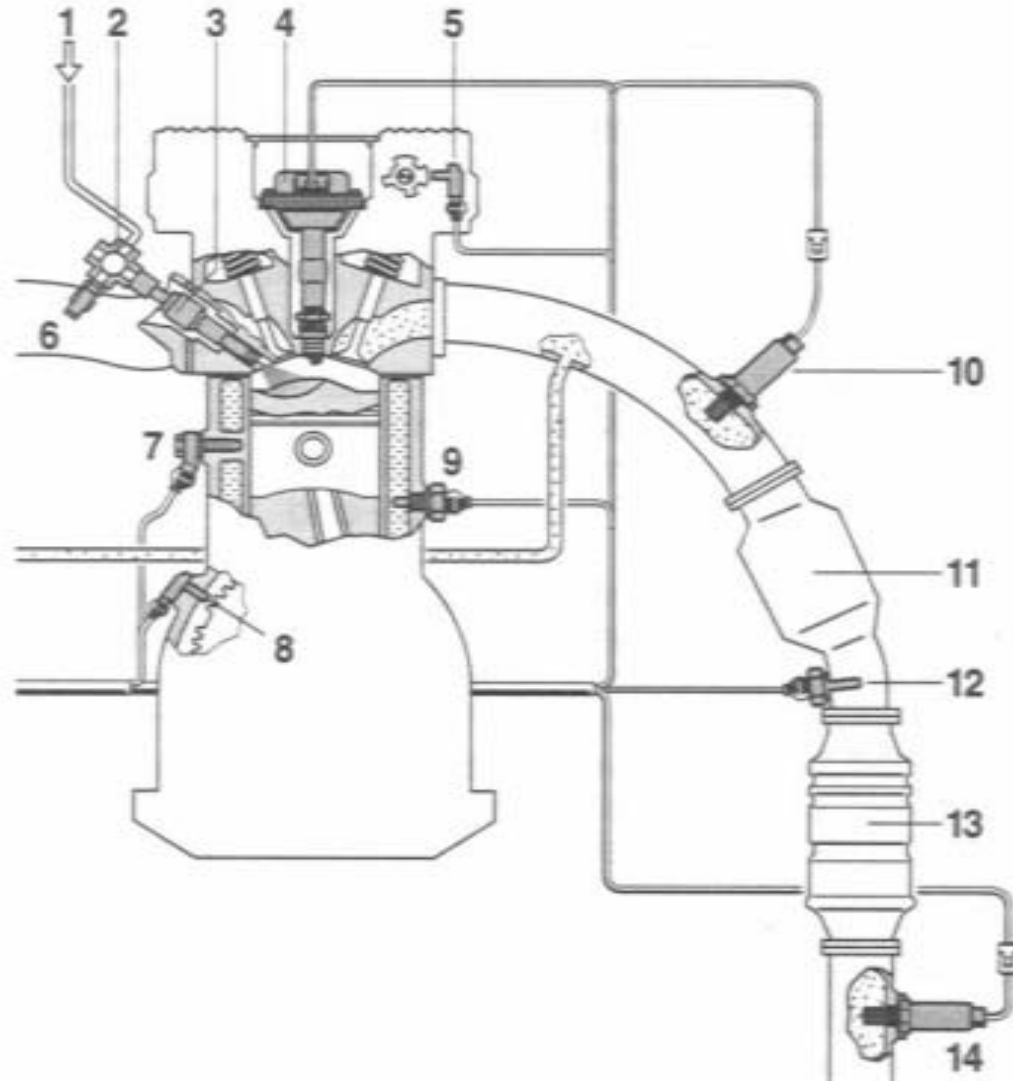
Einspritzventil.

1 Spritzzapfen, 2 Ventilmadel, 3 Magnetanker, 4 Schließfeder, 5 Magnetwicklung, 6 elektrischer Anschluß, 7 Kraftstoffsieb.

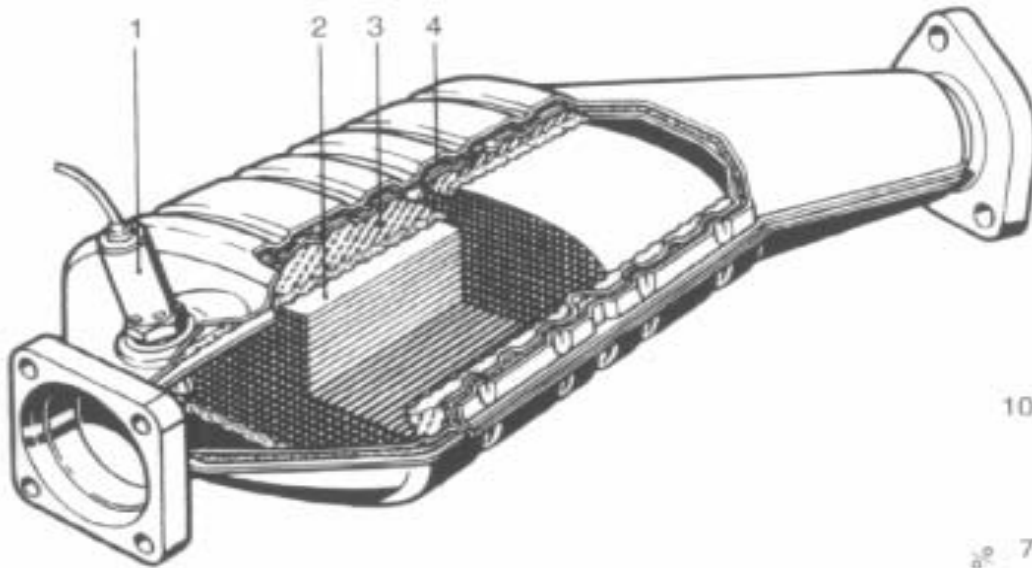


Direkteinspritzmotor mit Komponenten der MED-Motronic.

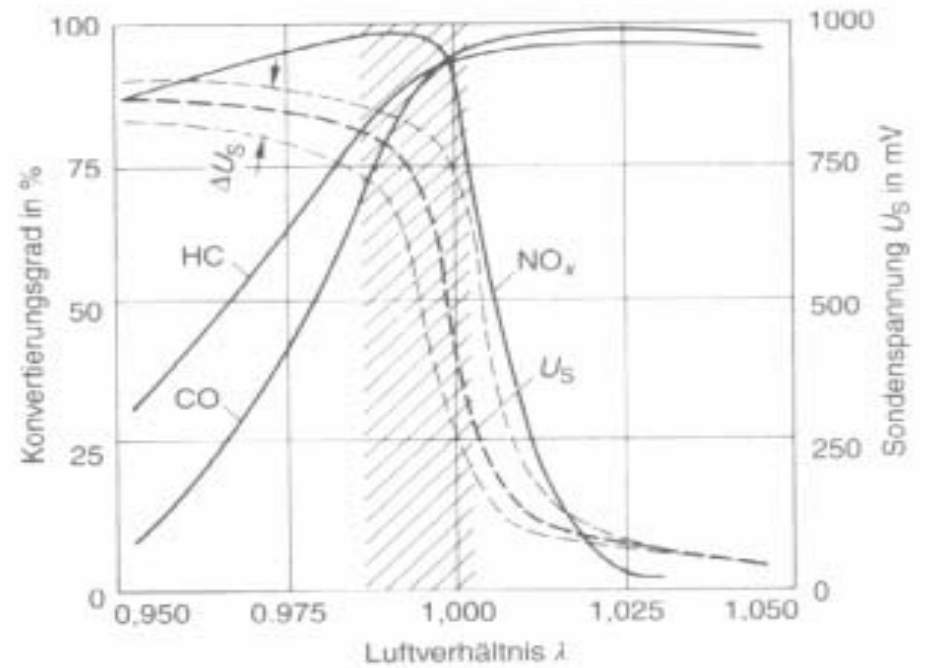
- 1 Kraftstoffzulauf (Hochdruck),
- 2 Speicher (Rail),
- 3 Einspritzventil,
- 4 Zündspule mit Zündkerze,
- 5 Phasensensor,
- 6 Drucksensor,
- 7 Klopfsensor,
- 8 Drehzahlsensor,
- 9 Motortemperatursensor,
- 10 Lambda-Sonde (LSU),
- 11 Dreiwege-Katalysator,
- 12 Abgastemperatursensor,
- 13 NO_x-Katalysator,
- 14 Lambda-Sonde (LSF).

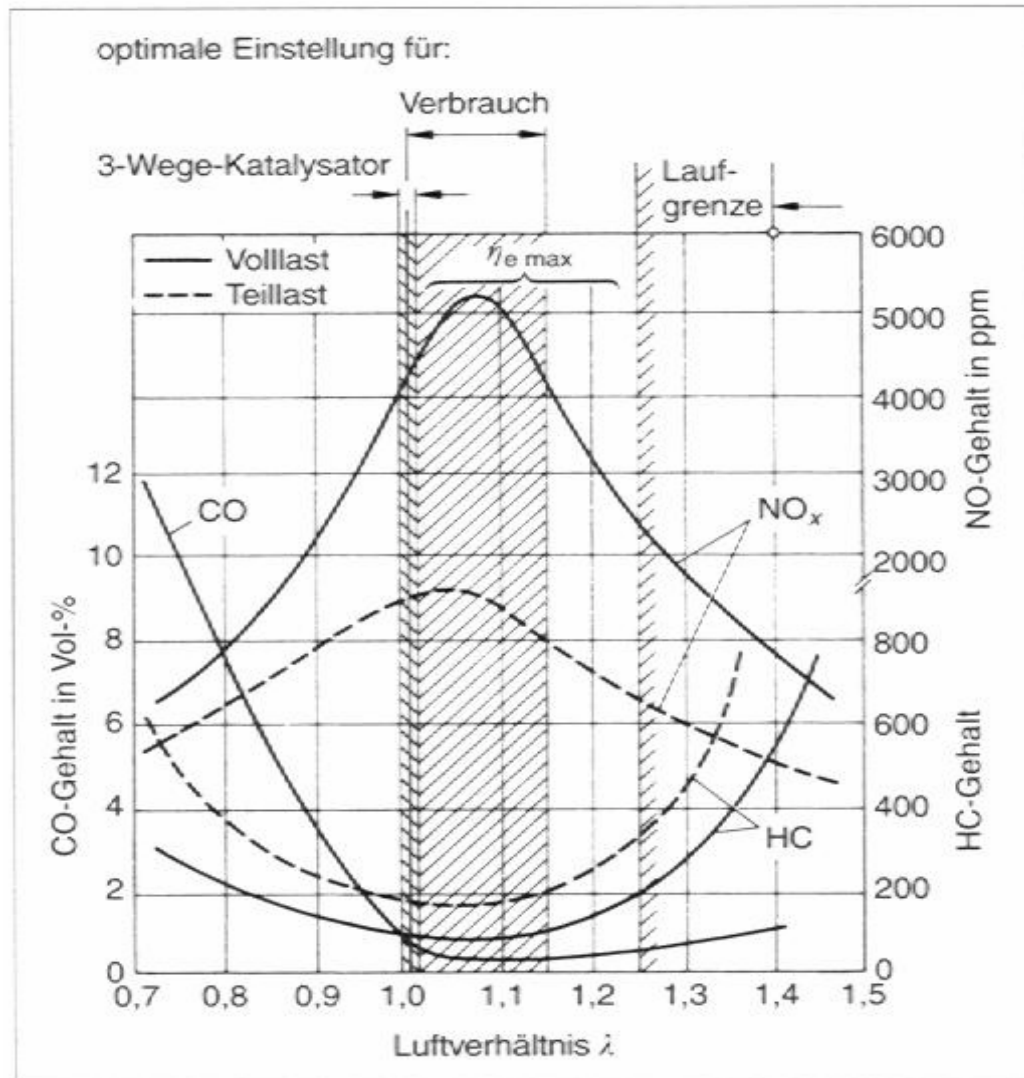


1 Lambda-Sonde, 2 Monolith, 3 Drahtgestricklagerung, 4 wärmeisolierte Doppelschale



Metall-Katalysatorträger

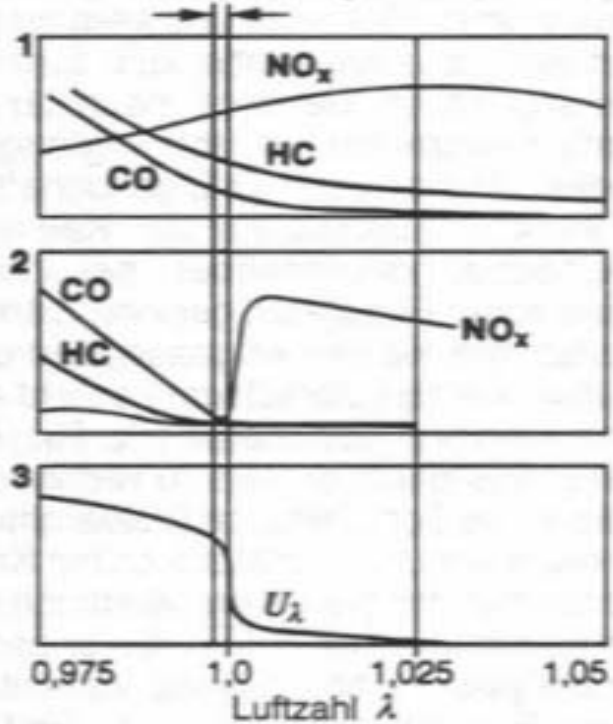




Katalysatorwirkung in Abhängigkeit von der Luftzahl λ .

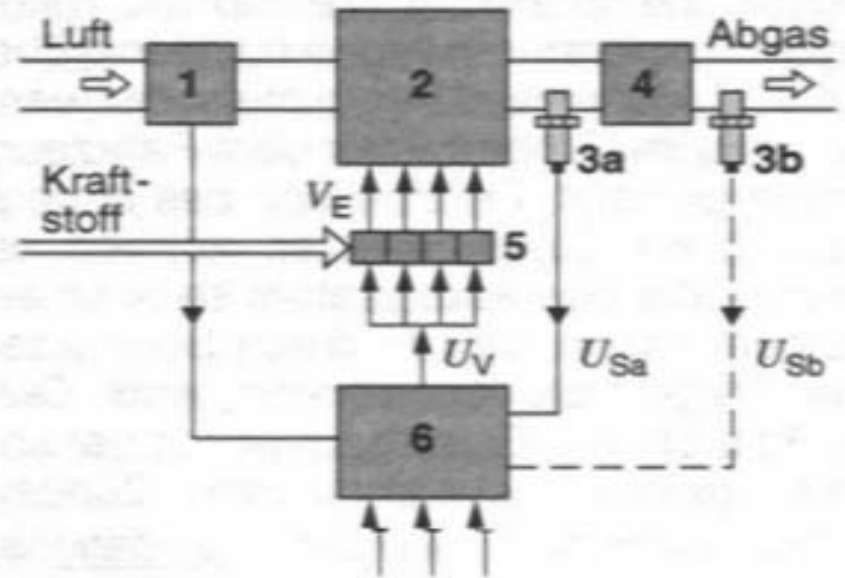
1 Abgasemission vor Dreiwegekatalysator,
 2 Abgasemission nach Dreiwegekatalysator,
 3 elektrisches Signal der Lambda-Sonde.
 U_λ Sondenspannung.

λ -Bereich des Katalysators (Fenster)



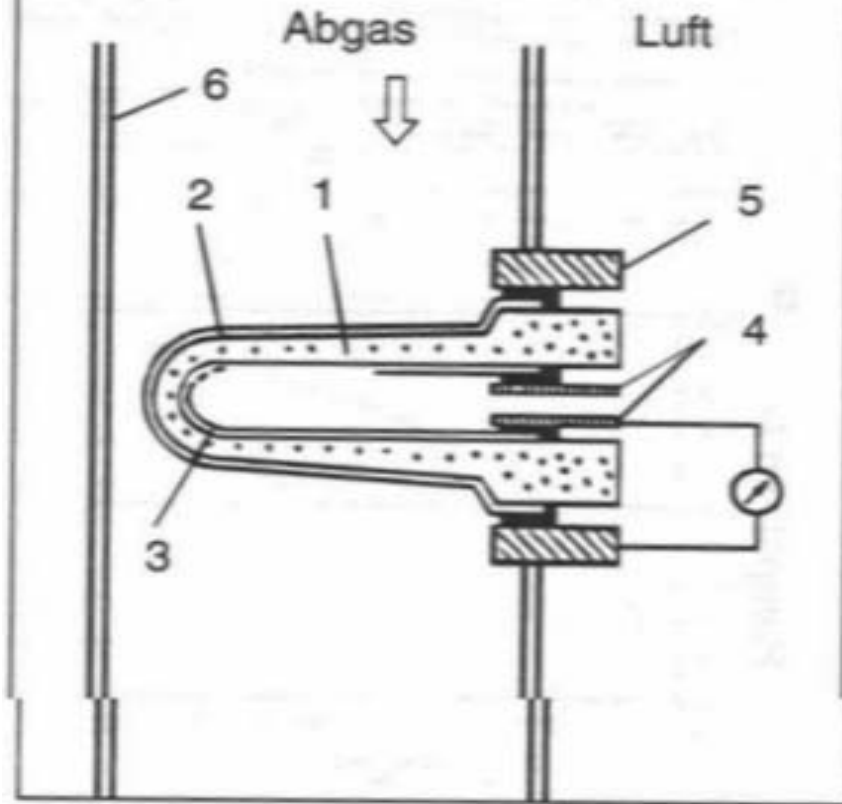
Funktionsschema der Lambda-Regelung.

1 Luftmassenmesser, 2 Motor, 3a Lambda-Sonde 1, 3b Lambda-Sonde 2 (nur bei Bedarf), 4 Katalysator, 5 Einspritzventile, 6 Steuergerät.
 U_S Sondenspannung, U_V Ventilsteuer-
 spannung, V_E Einspritzmenge.

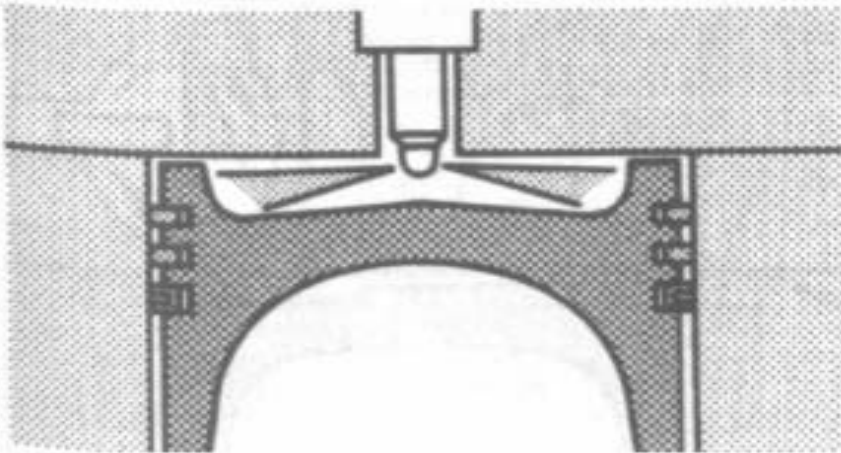


Zirkon-Dioxid-Sonde.

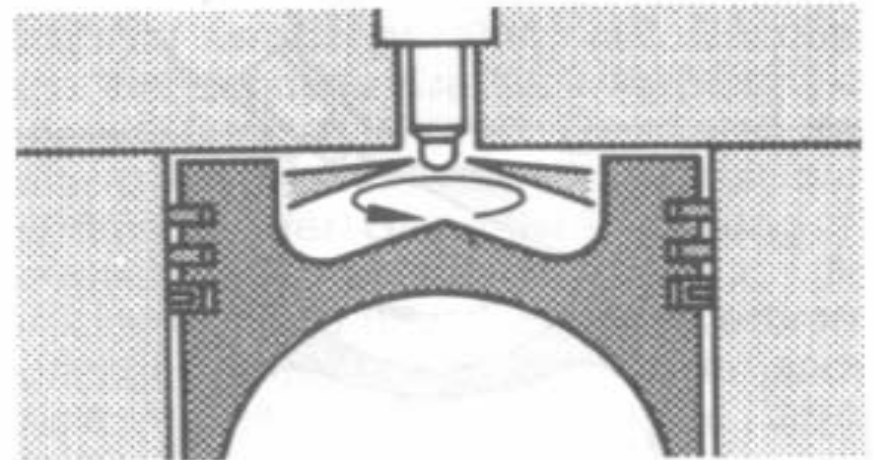
1 ZrO_2 -Festelektrolyt, 2 Pt-Außenelektrode,
3 Pt-Innenelektrode, 4 Kontakte, 5 Gehäuse-
kontaktierung, 6 Abgasrohr.

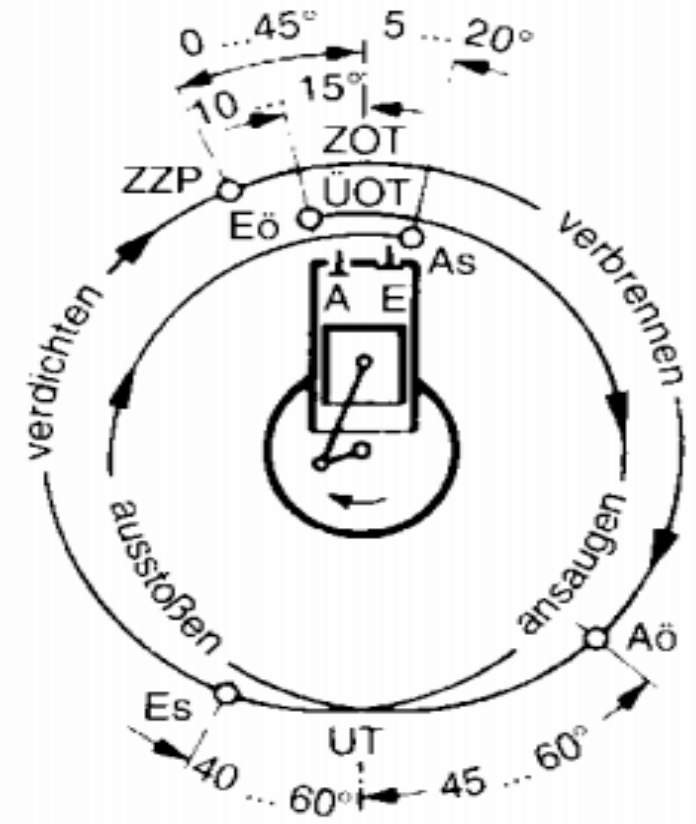
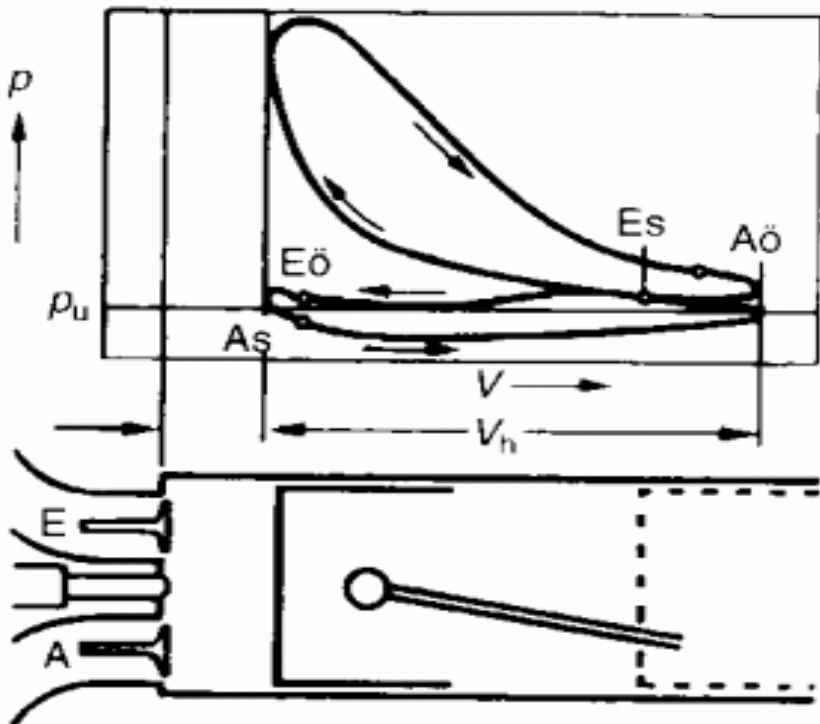


Brennraumform und Düsenanordnung für Strahleinspritzverfahren ohne Luftdrall.



Brennraumform und Düsenanordnung für Mehrlochdüsenverfahren mit Luftdrall.

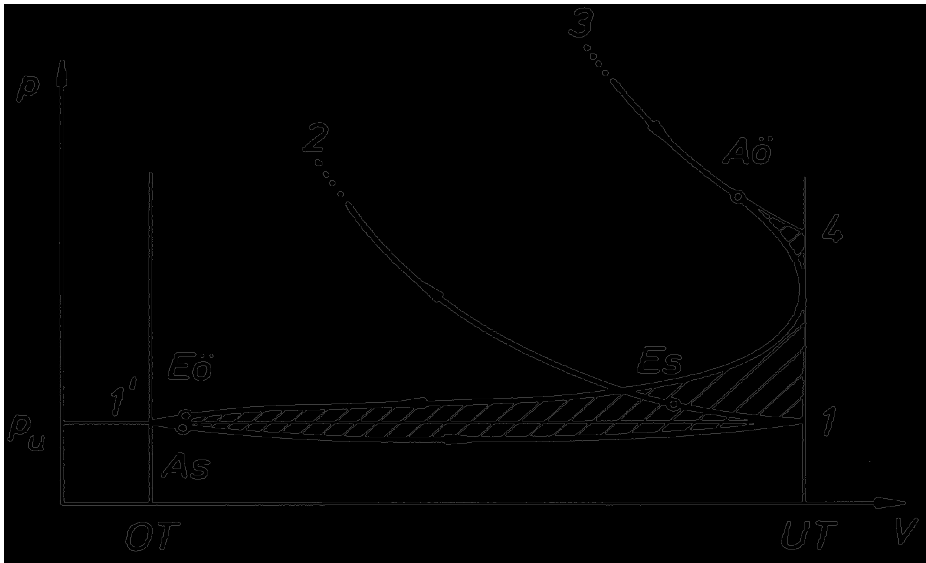




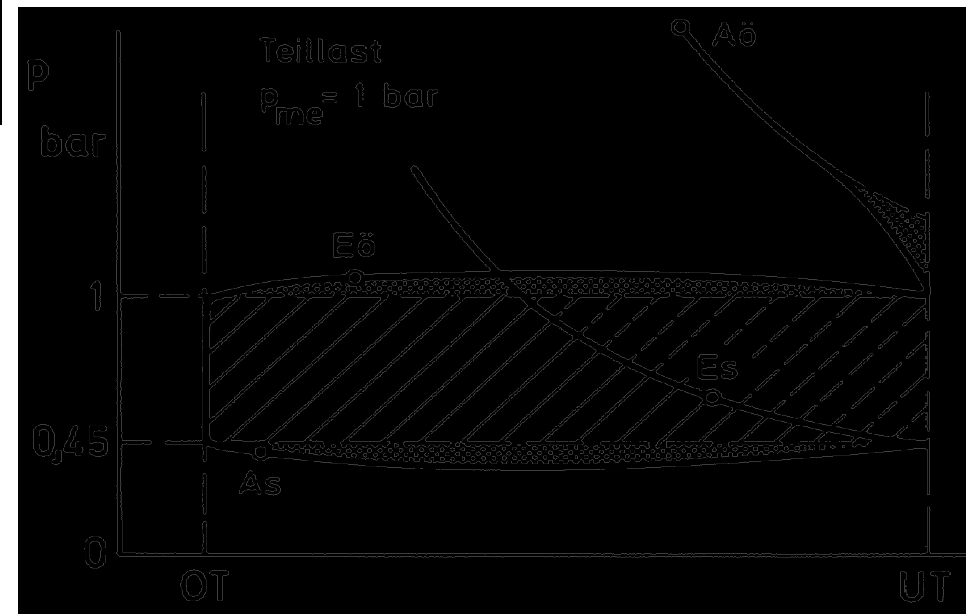
A Auslass
 Aö Auslass öffnet
 As Auslass schließt
 E Einlass

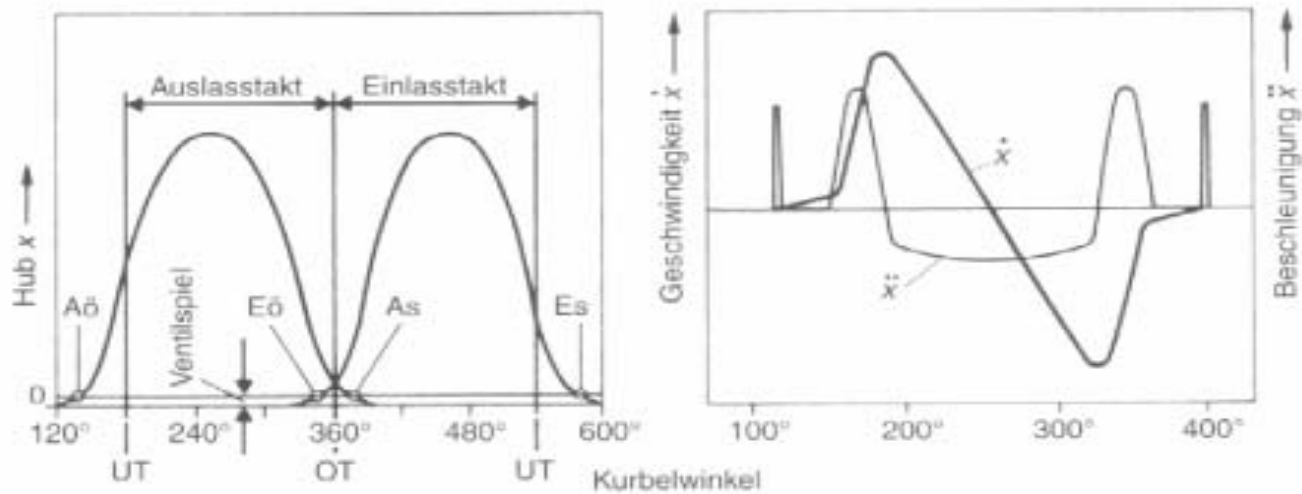
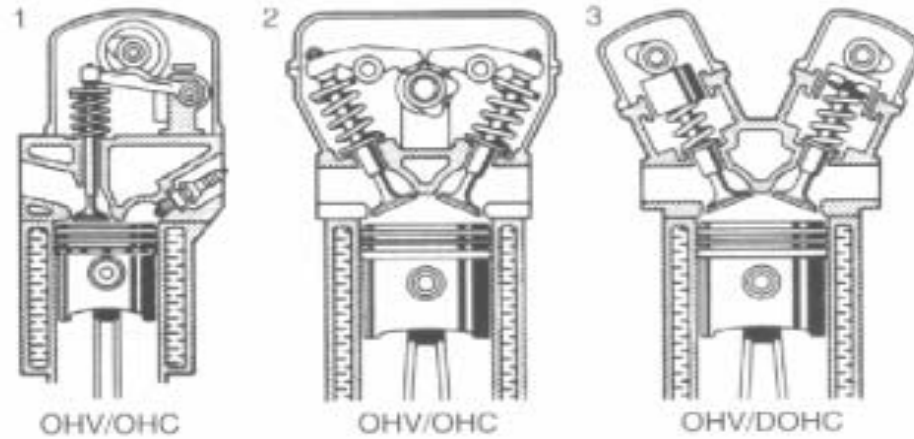
Eö Einlass öffnet
 Es Einlass schließt
 OT oberer Totpunkt
 ÜOT Überschneidungs-OT

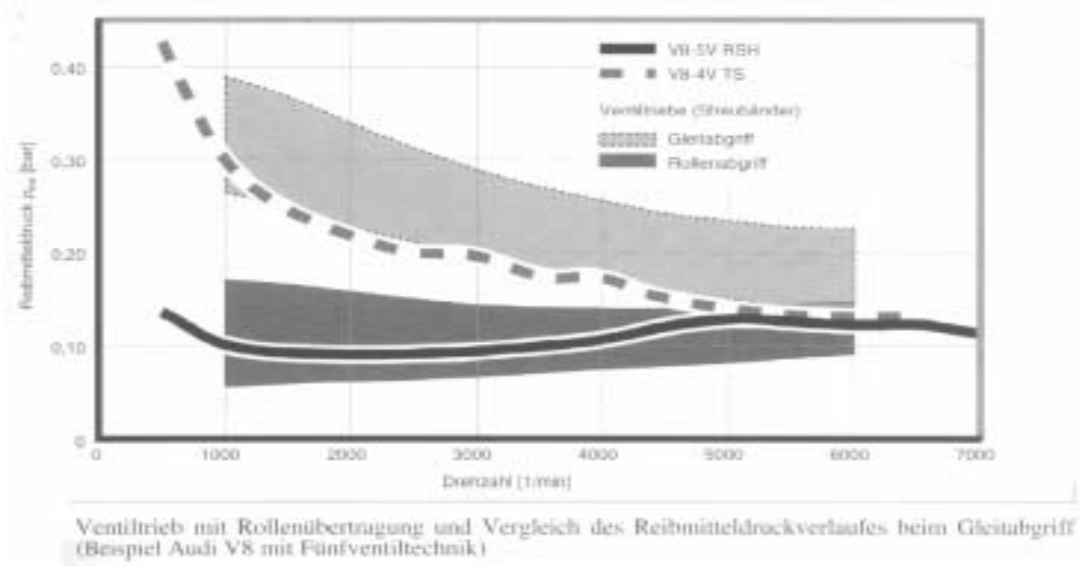
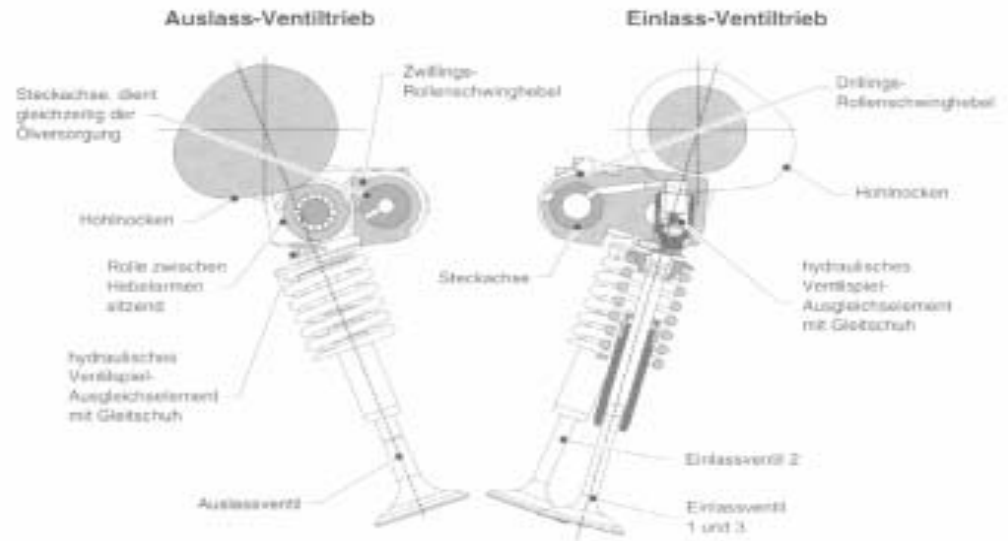
ZOT Zünd OT
 UT unterer Totpunkt
 ZZP Zündzeitpunkt

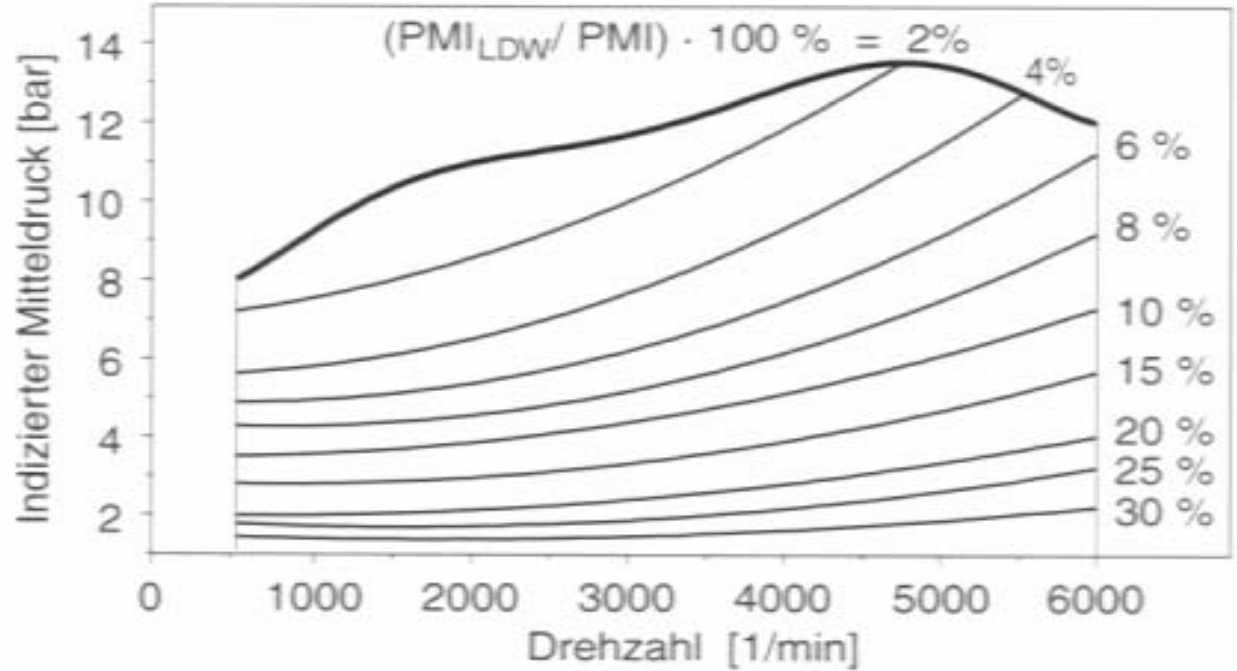
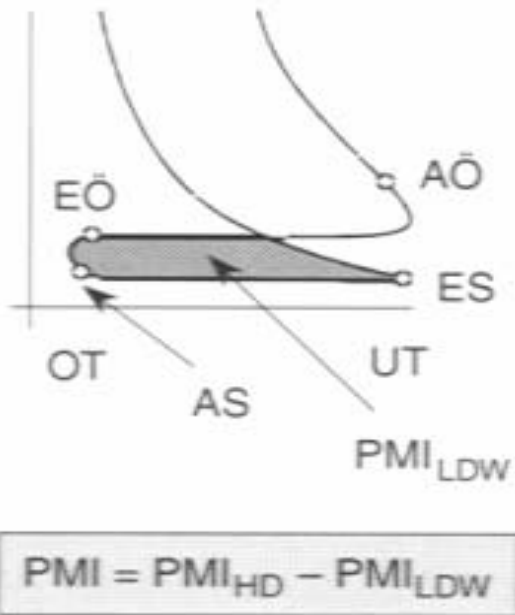


Drosselgesteuerter Motor



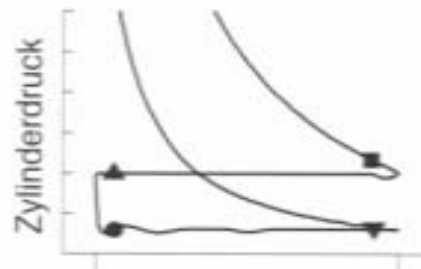
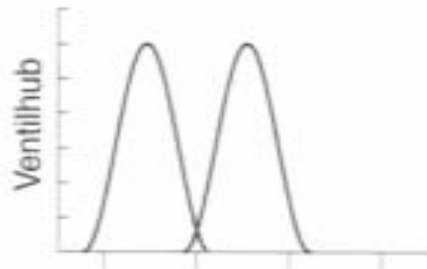






- Auslass Öffnet
- Auslass Schließt

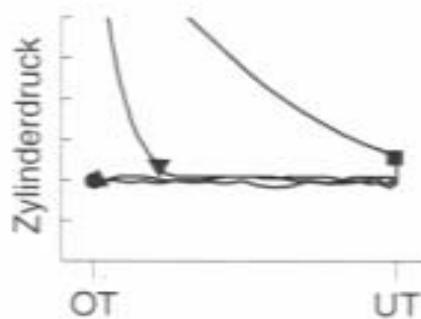
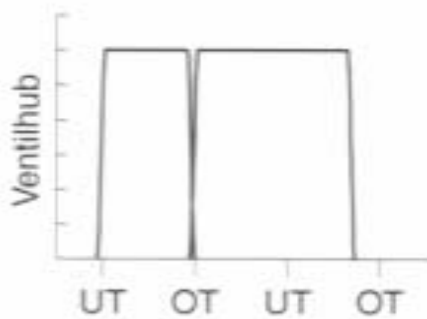
- ▲ Einlass Öffnet
- ▼ Einlass Schließt



Konventioneller Ventiltrieb / Drosselsteuerung



Frühes Einlass Schließt

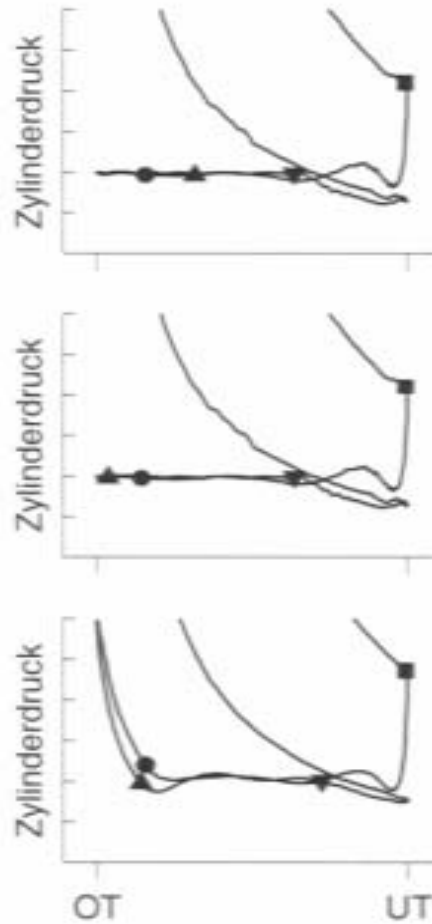
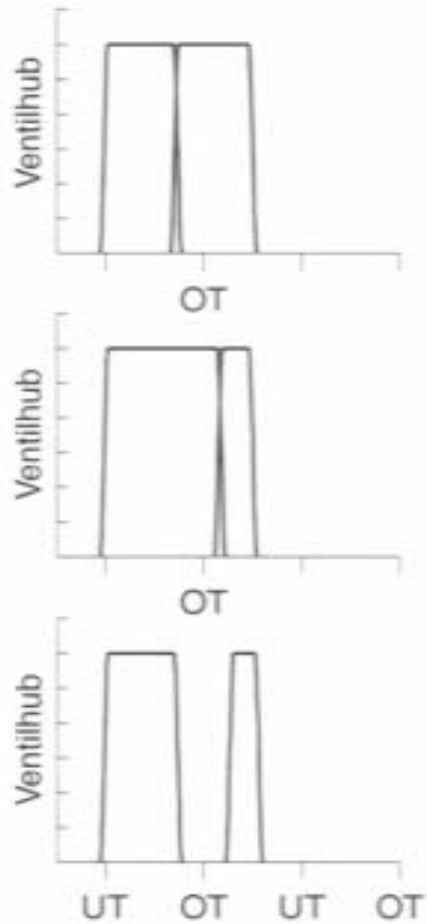


Spätes Einlass Schließt



- Auslass Öffnet
- Auslass Schließt

- ▲ Einlass Öffnet
- ▼ Einlass Schließt



Einlasskanal-rückführung

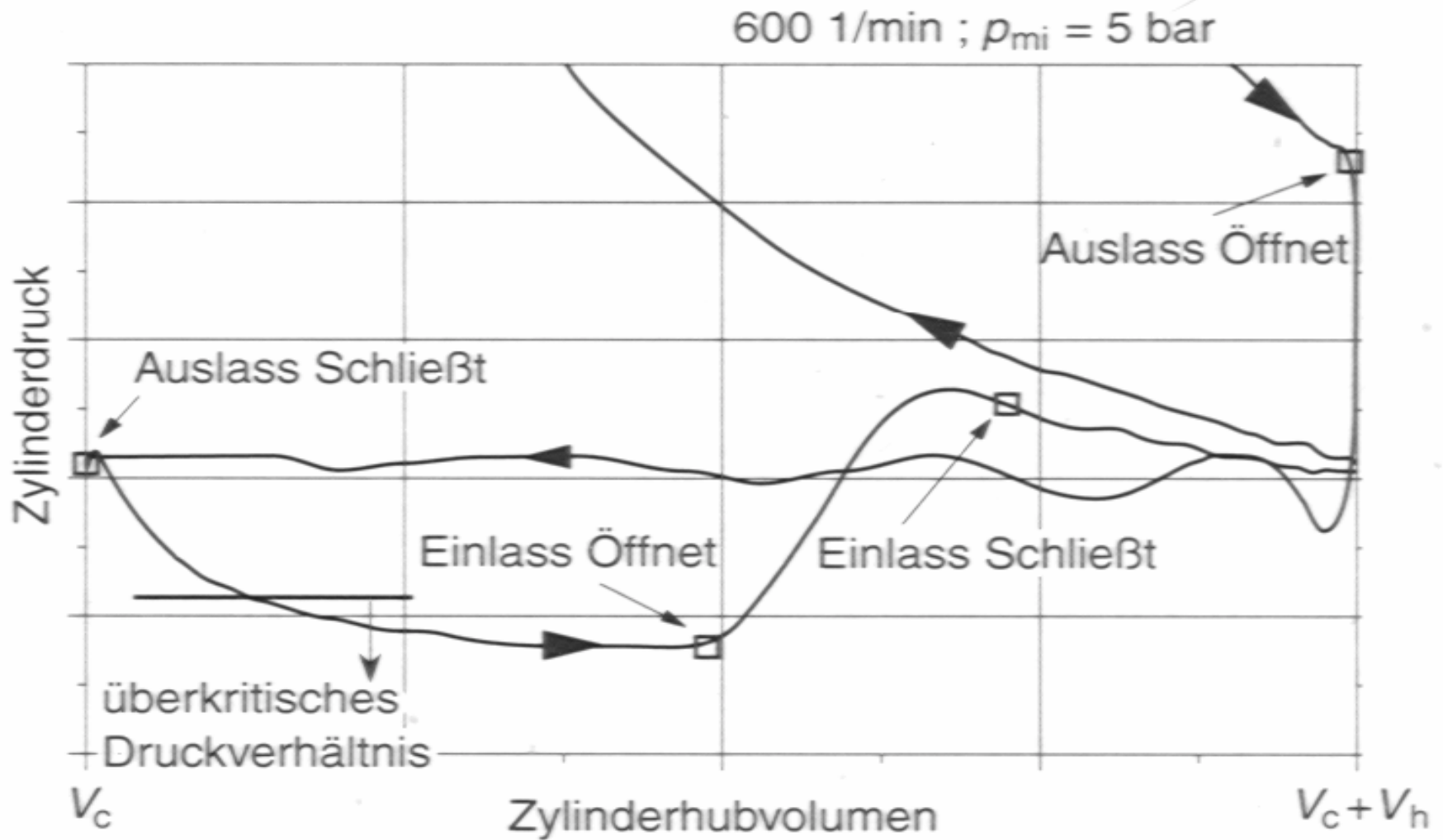
Positive Ventilüberschneidung vor OT

Auslasskanal-rückführung

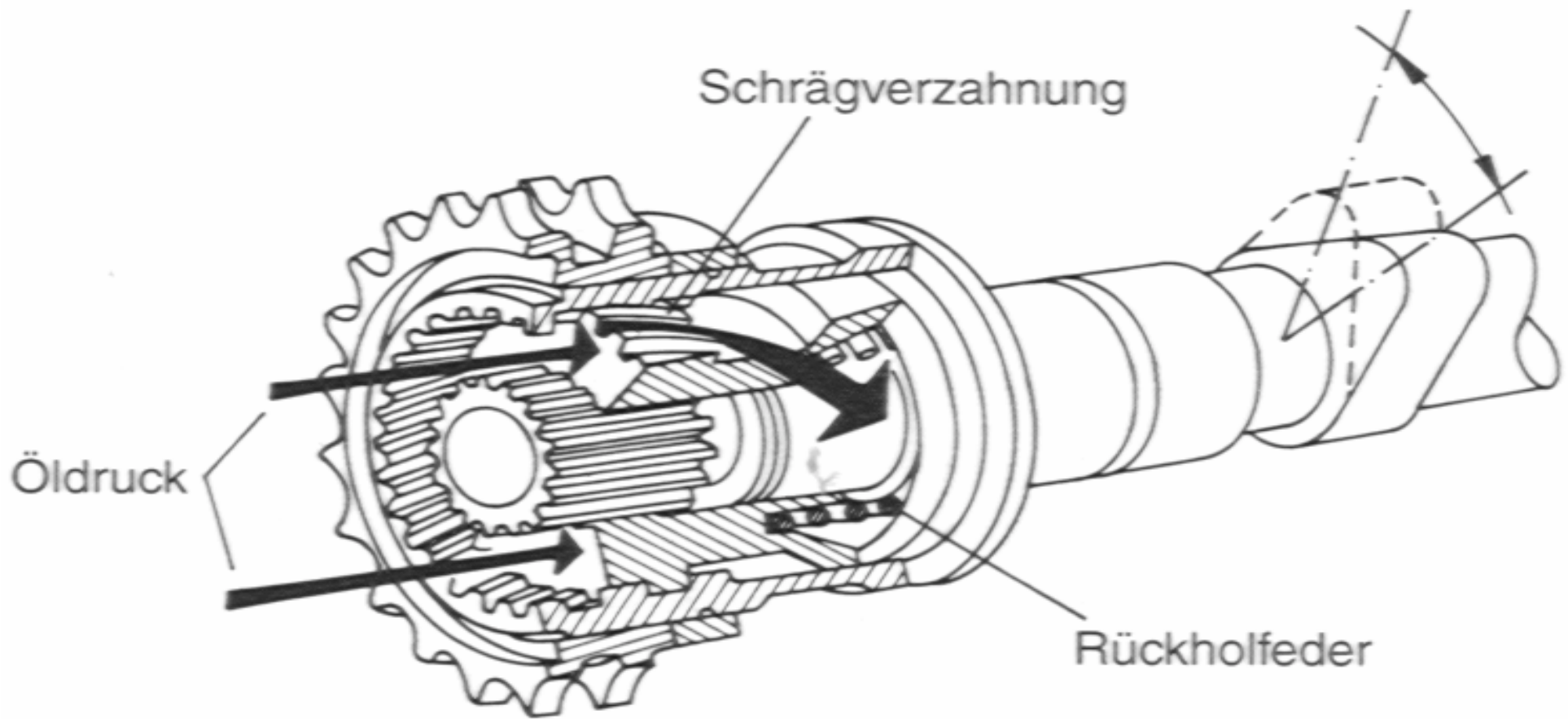
Positive Ventilüberschneidung nach OT

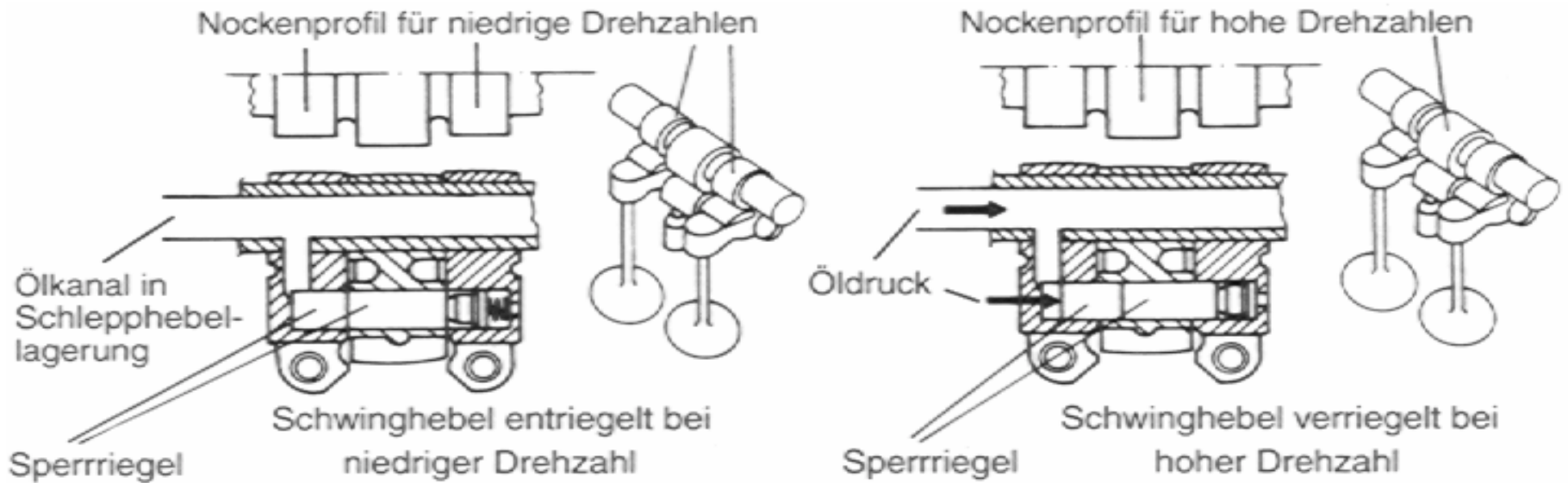
Brennraum-rückführung

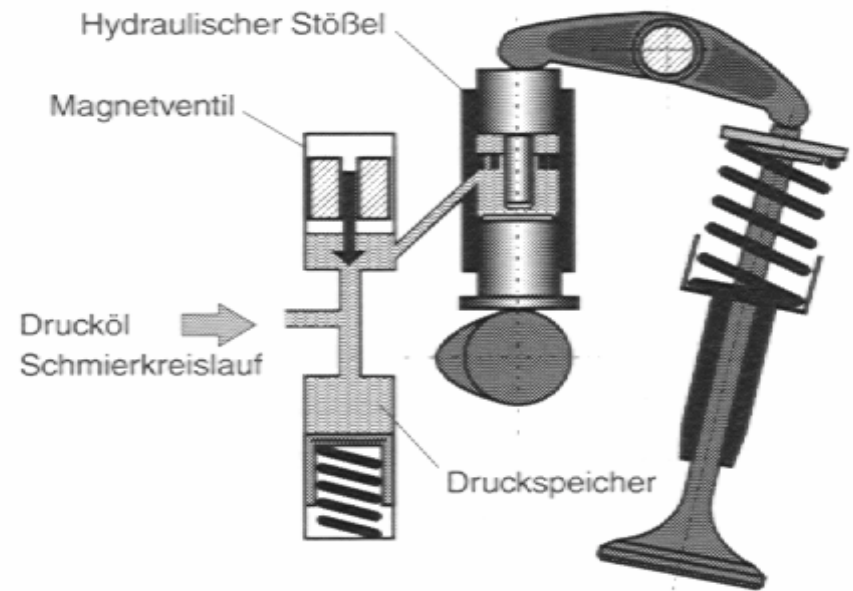
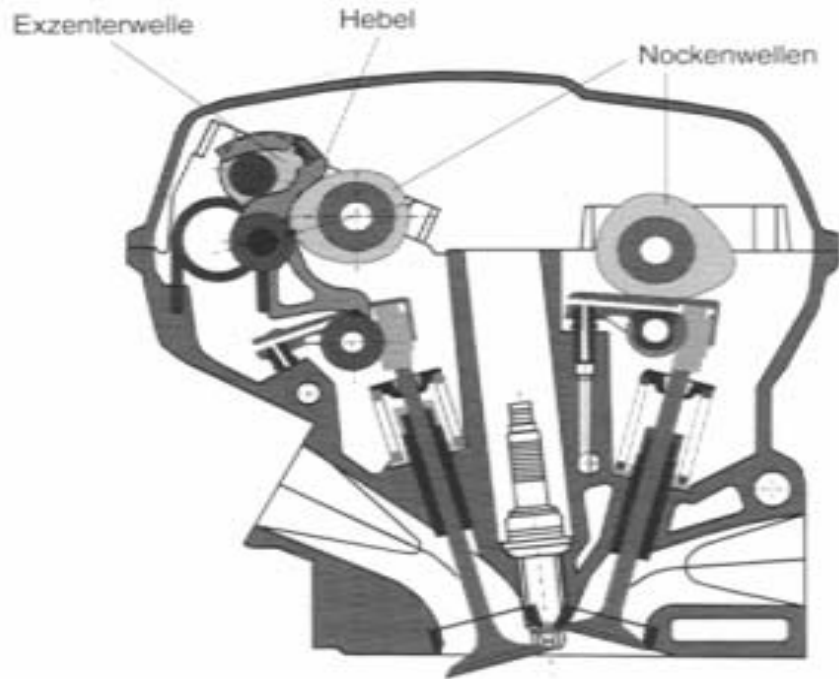
Negative Ventilüberschneidung im Bereich OT



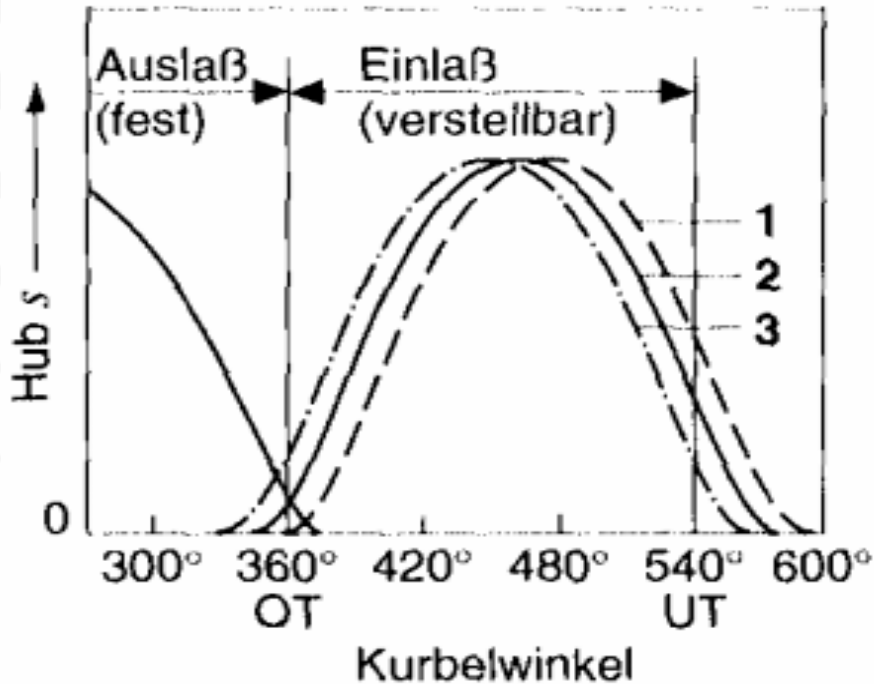
p-V-Diagramm bei „Spätem Einlass Öffnet“



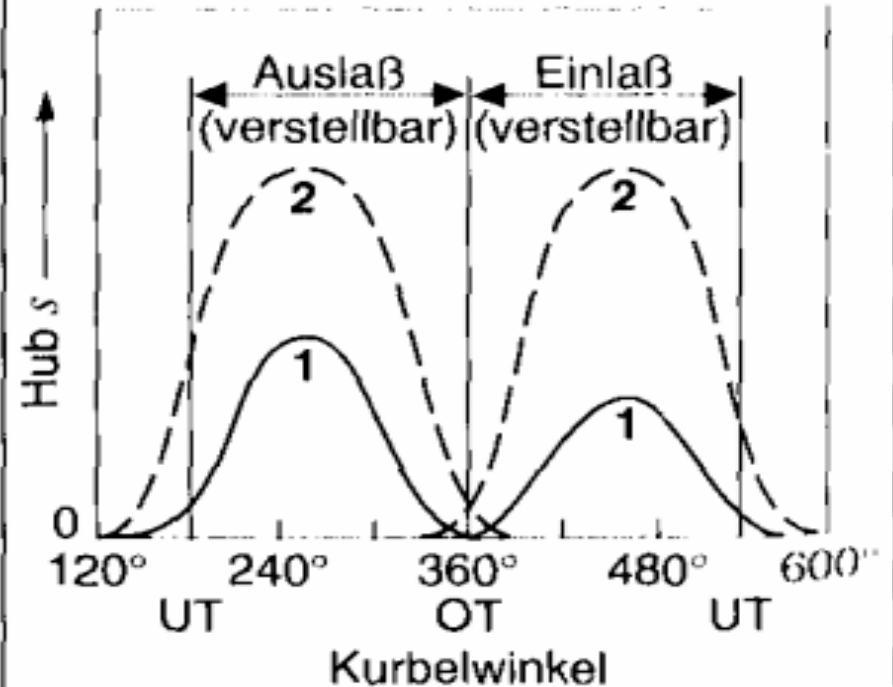




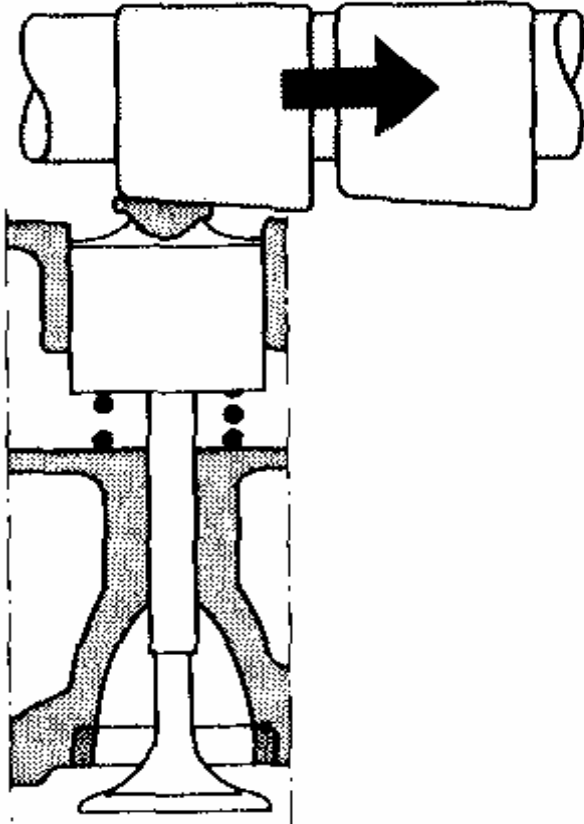
Verdrehung der Einlaßnockenwelle.
1 Spät, 2 normal, 3 früh.



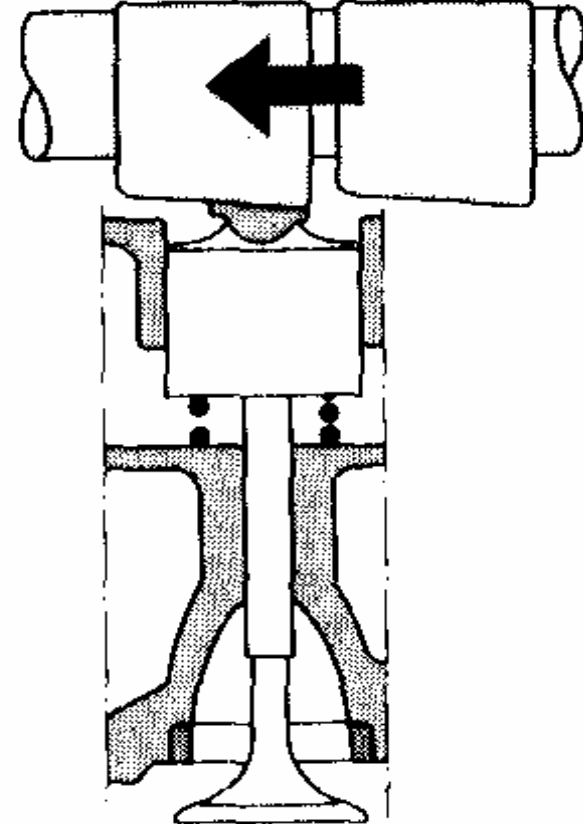
Umschaltung der Nockenwelle.
1 Standardnocken, 2 Zusatznocken.



a



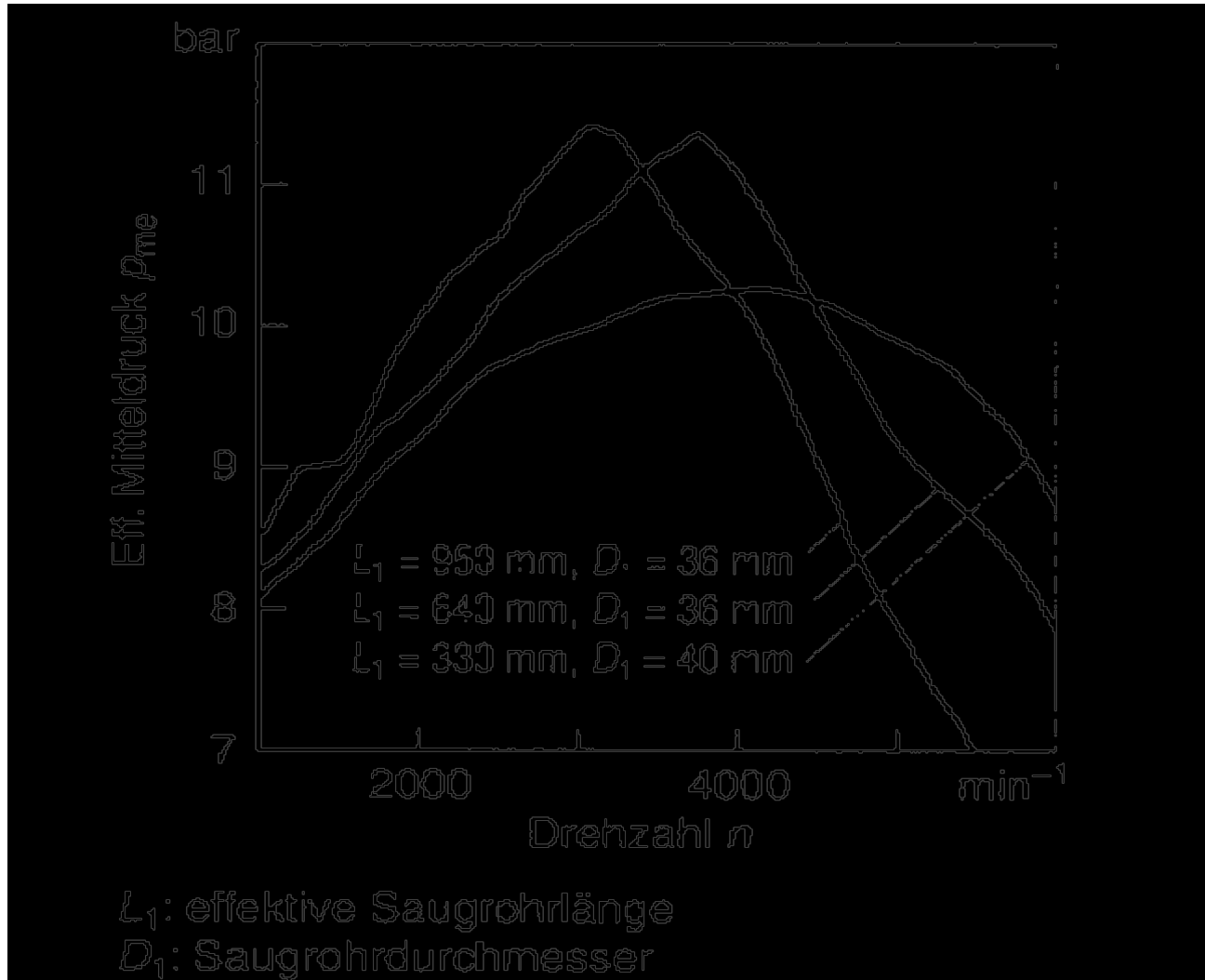
b

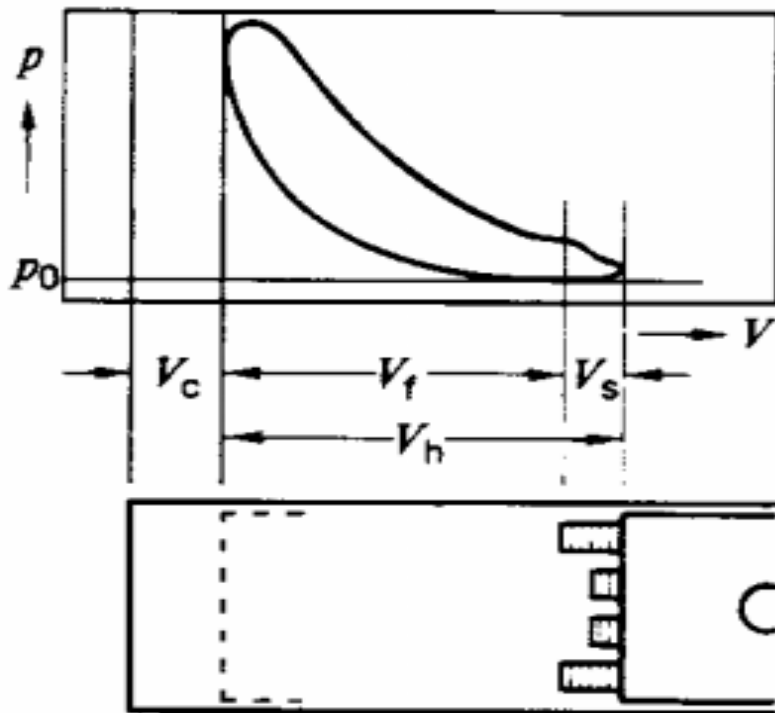


**Stufenlose Steuerzeit- und Ventilhub-
änderung.**

a) Minimaler Hub, b) maximaler Hub.

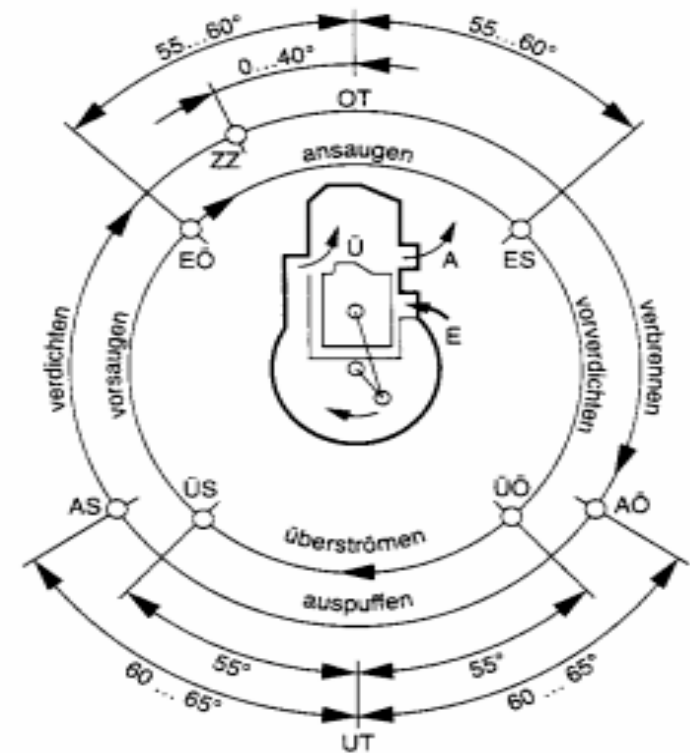






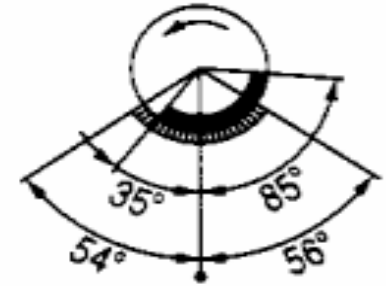
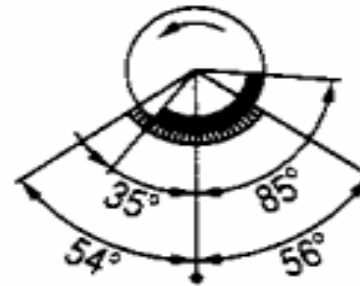
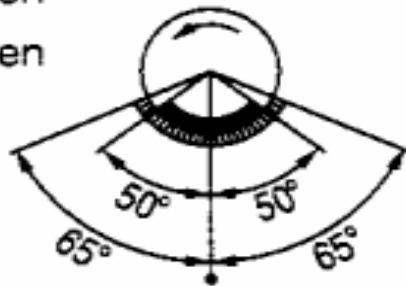
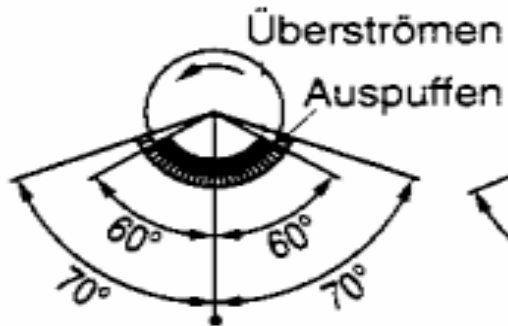
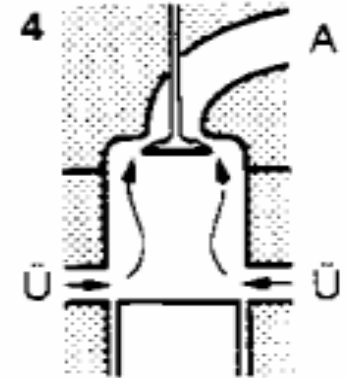
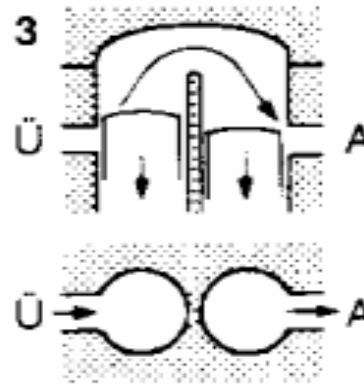
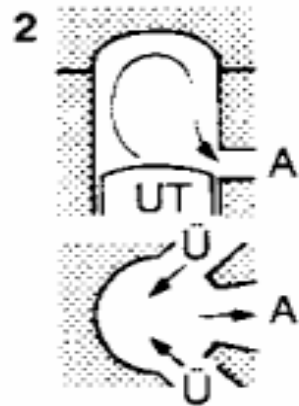
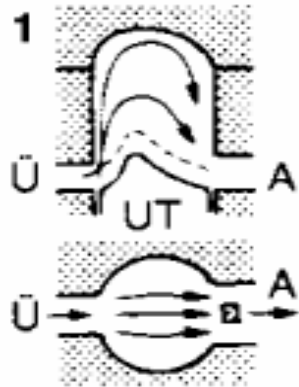
2-Takt-Gaswechselverfahren mit einer Vorverdichtung in der Kurbelkammer.

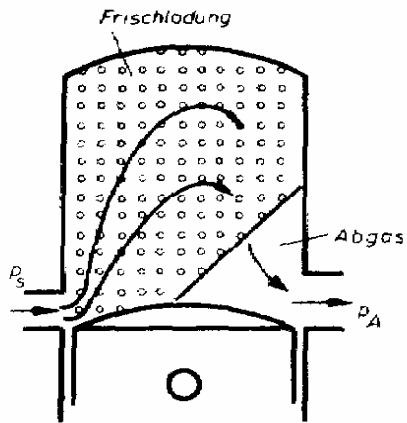
- A Auslaß,
- AÖ Auslaß öffnet,
- AS Auslaß schließt,
- E Einlaß,
- EÖ Einlaß öffnet,
- ES Einlaß schließt,
- Ü Überströmkanal,
- schließt,
- ÜÖ Überströmkanal
- öffnet,
- US Überströmkanal
- schließt,
- OT oberer Totpunkt,
- UT unterer Totpunkt,
- ZZ Zündzeitpunkt.



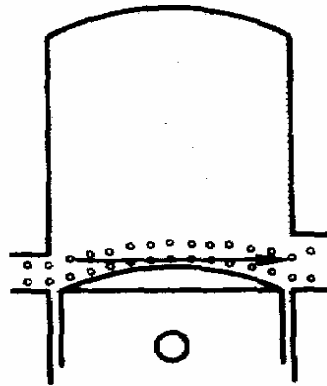
2-Takt-Spülverfahren.

1 Querspülung, 2 Umkehrspülung, 3 und 4 Gleichstromspülung.

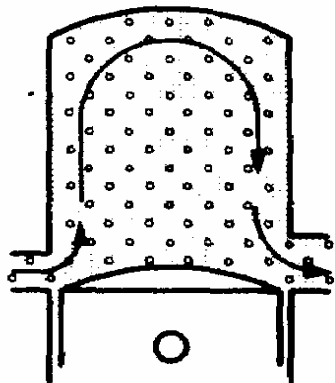




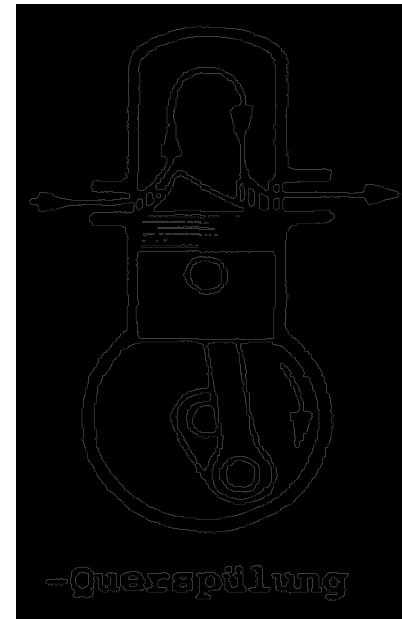
-Verdrängungsspülung



-Kurzschlußspülung

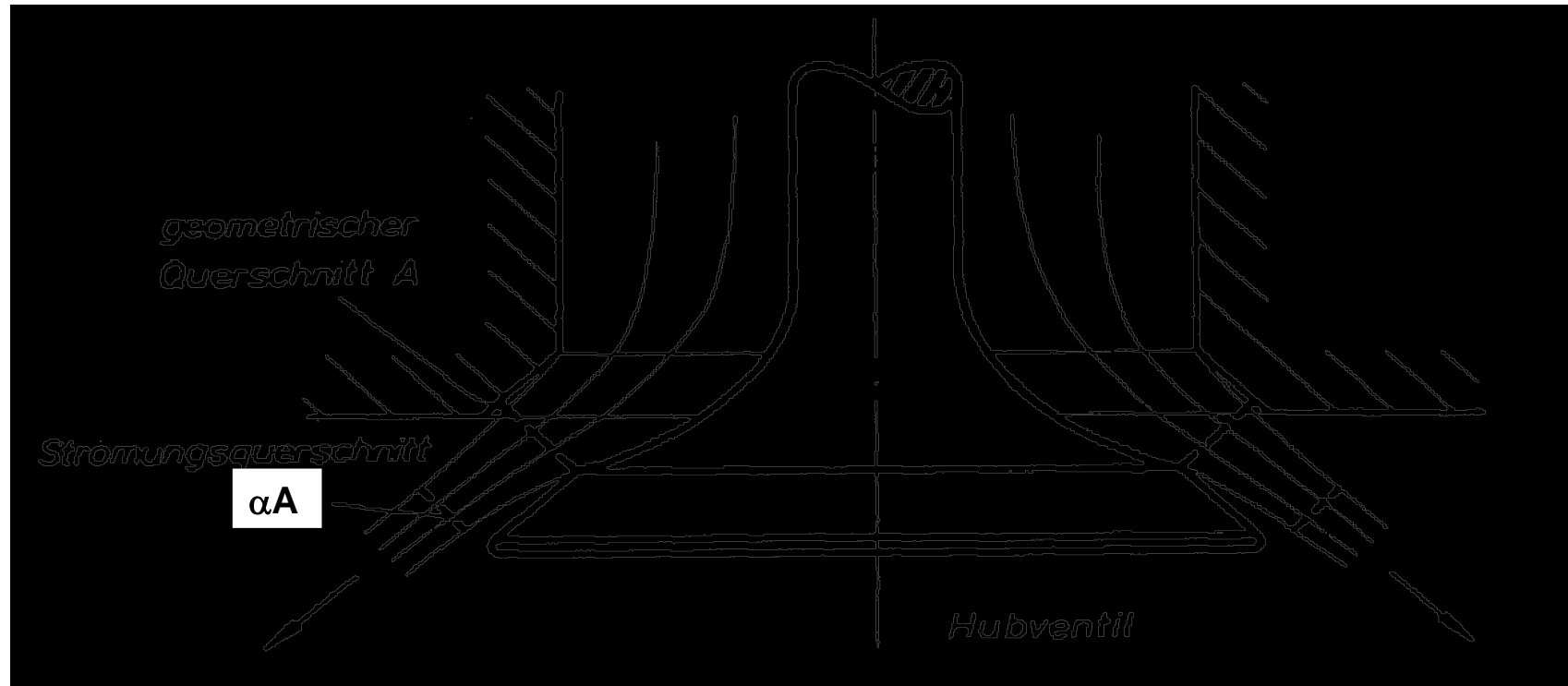


-Verdünnungsspülung



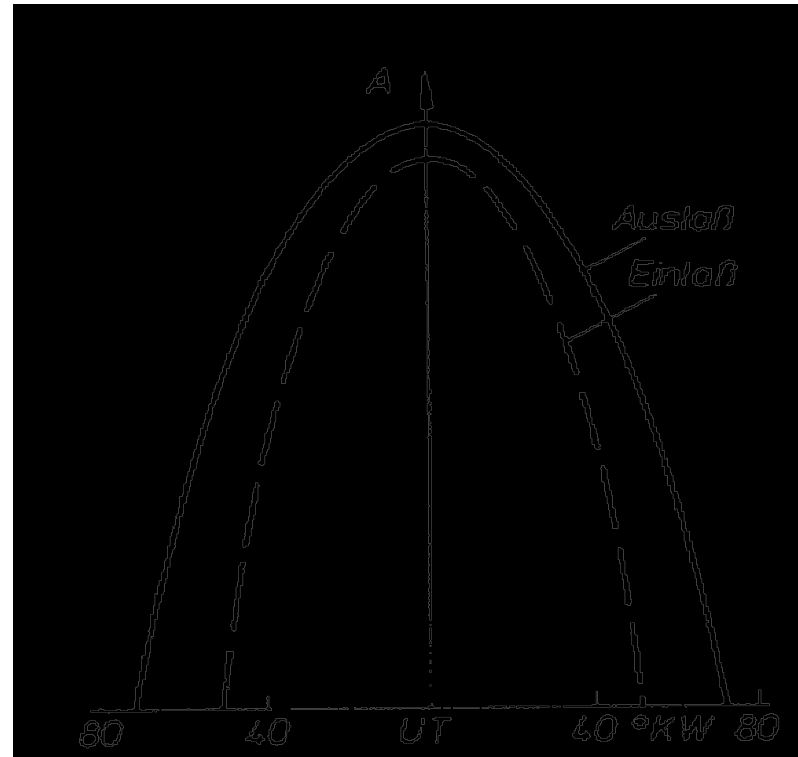
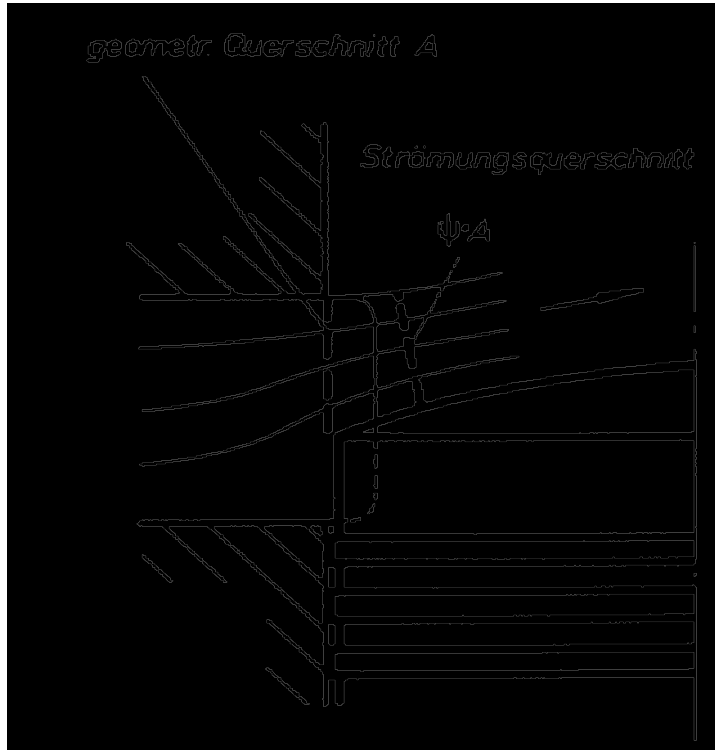
-Querspülung

Eintritt E: 1



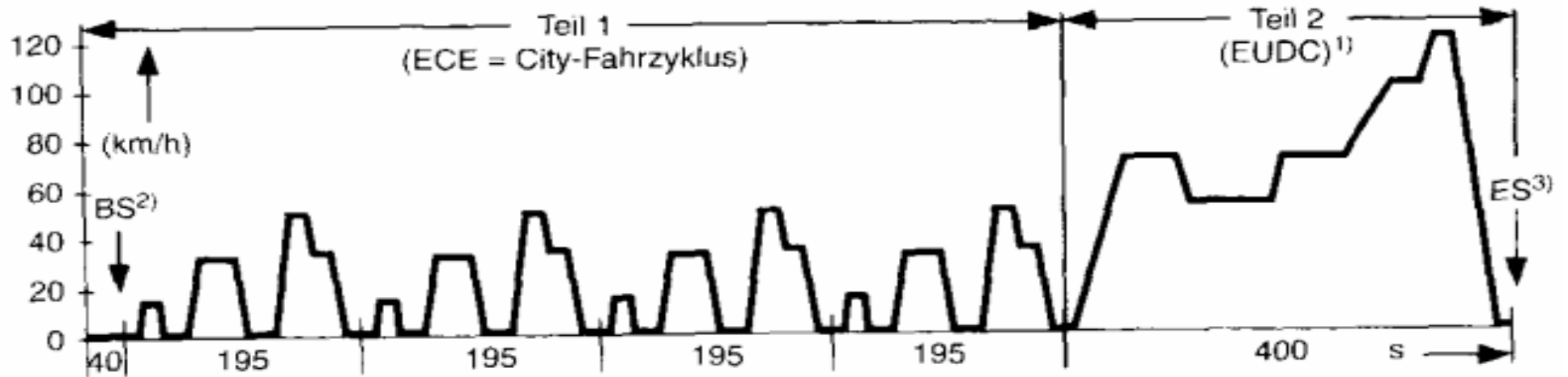
Austritt A: 2

$$m_p := \alpha A \sqrt{2 \frac{p_1 - p_2}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right]}$$





Europäischer Fahrzyklus MVEG A



- 1) EUDC = Extra Urban Driving Cycle = Außerorts-Fahrzyklus
- 2) Beginn der Probenahme (nach 40 s), ab 1.1.2000 (neue Typen) Probenahme ab Motorstart
- 3) Ende der Probenahme (1220 s)
- 4) ohne LL-Phasen (LL-Anteil = 26,2 %)

Zyklusdauer:	1220 s
Zykluslänge:	11,007 km
Zyklenzahl/Test:	4 + 1
mittlere Zyklusgeschw.:	33,6 km/h (44,0 km/h) ⁴⁾
max. Geschw.:	120 km/h

EUROPA
MVEG A-Test

Emissionsgrenzwerte für Personenkraftwagen ($\leq 2,5$ t, ≤ 6 Personen)
mit Ottomotoren

		Stufe II	Stufe III	Stufe IV
Typzulassung ab		1.1.1996	1.1.2000	1.1.2005
Erstzulassung ab		1.1.1997	1.1.2001	1.1.2006
g/km	CO	2,2	2,3	1,0
	HC	–	0,2	0,1
	NO _x	–	0,15	0,08
	HC + NO _x	0,5	–	–
g/Test	Evap.	2,0	2,0	

ab Stufe III:
– MVEG A Messung einschl. der ersten 40 s
– OBD

USA 49 Staaten
+ Kanada

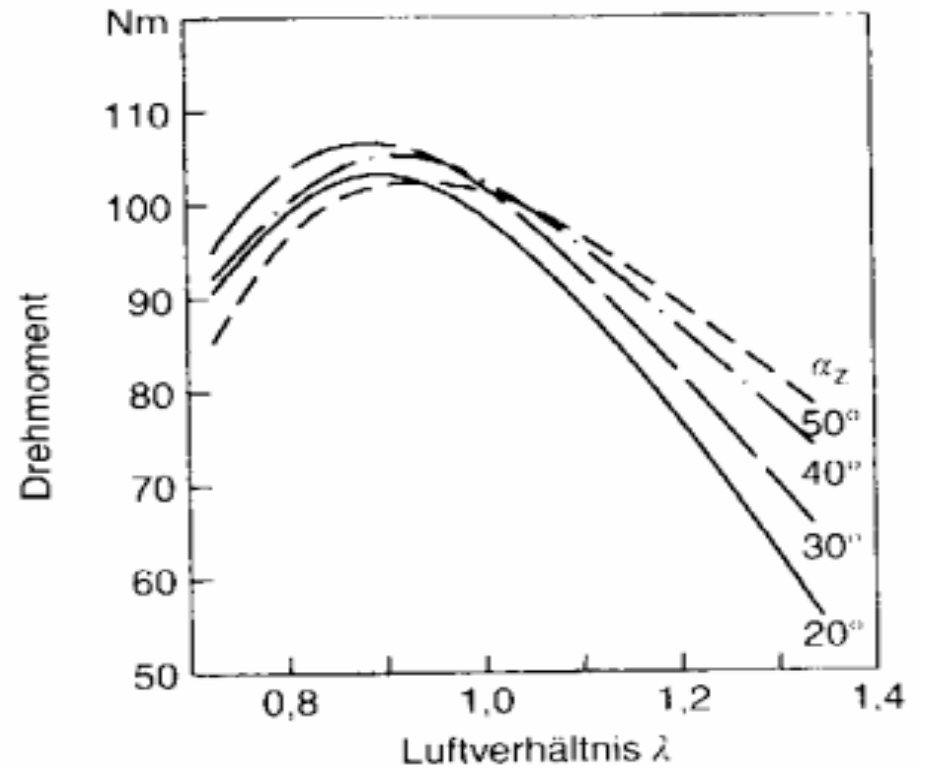
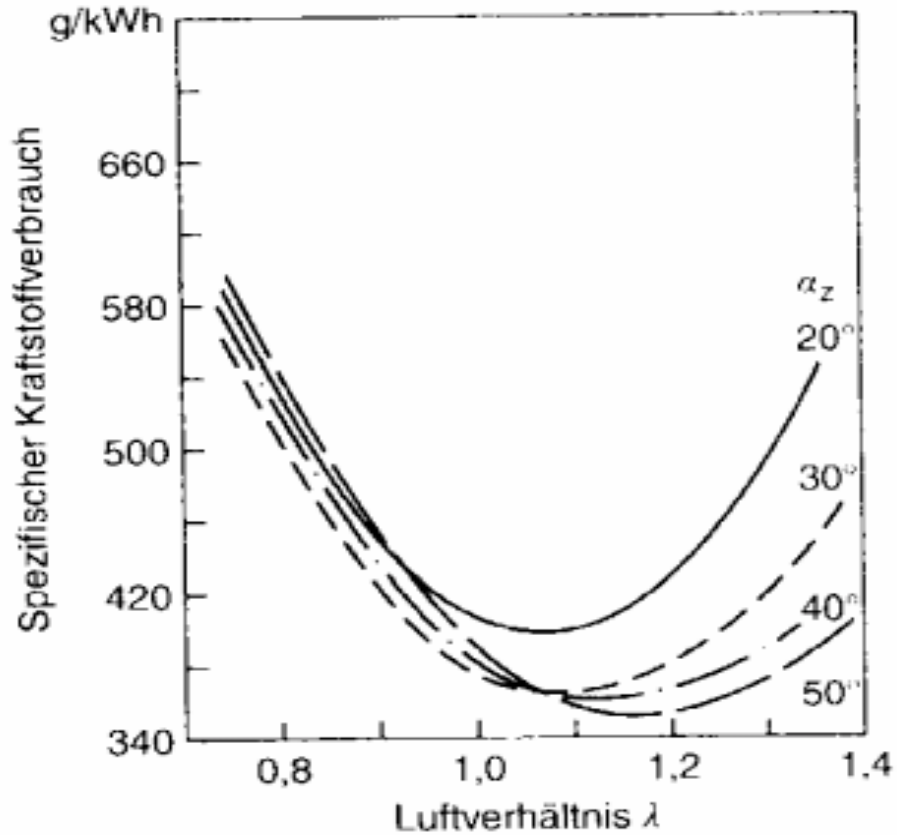
Emissionsgrenzwerte für Personenkraftwagen (≤ 12 Personen)
mit Ottomotoren (Benzinbetrieb)

FTP75-Test Modelljahr 1996–2002

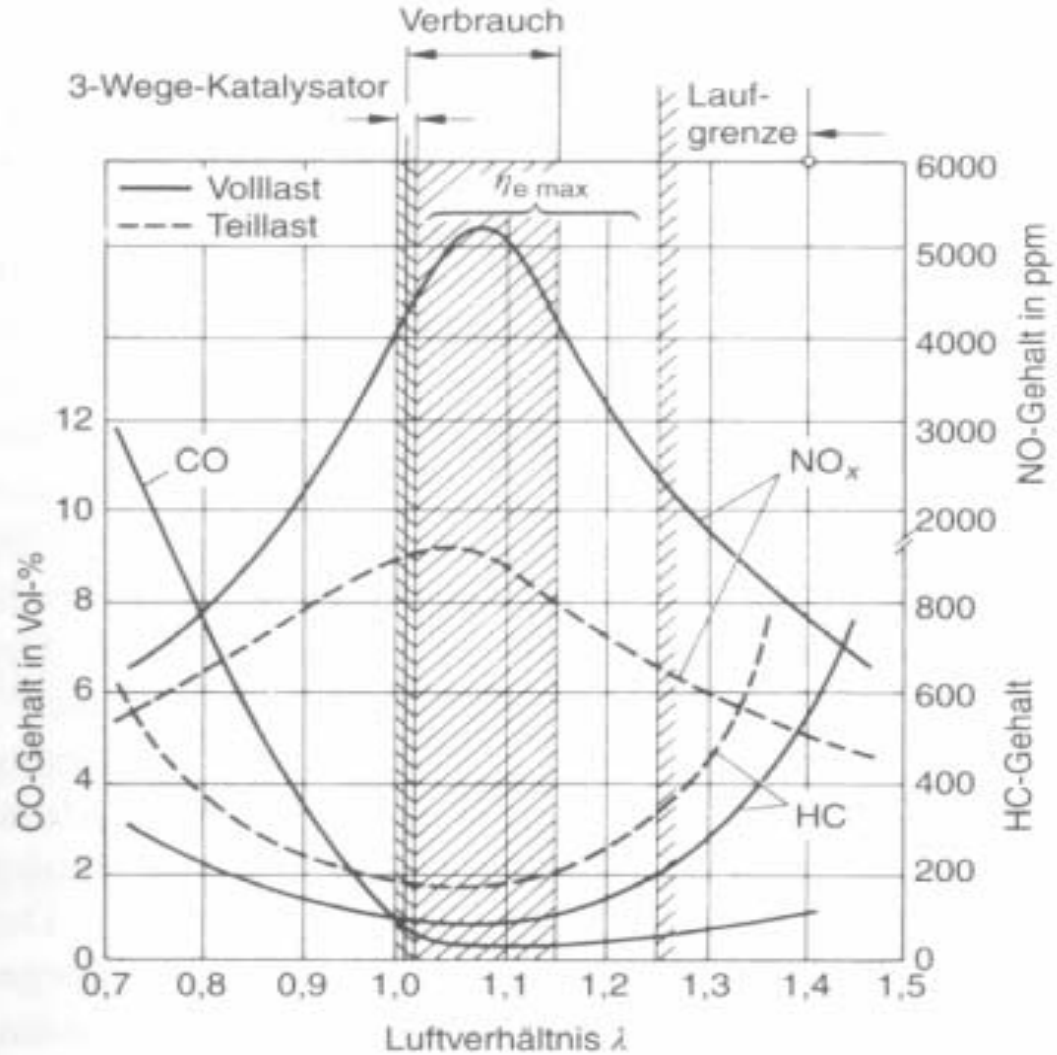
		Standard	Clean Fuel	
g/mi	THC	0,41	–	Total Hydrocarbon
	NMHC	0,25	–	Non-Methane-Hydrocarbon
	NMOG	–	0,125	Non-Methane-Organic-Gases
	HCHO	–	0,015	Formaldehyd
	CO	3,4	3,4	
	NO _x	0,4	0,4	
	Partikel	0,08	–	
g/Test	Evap.	2,0	2,0	

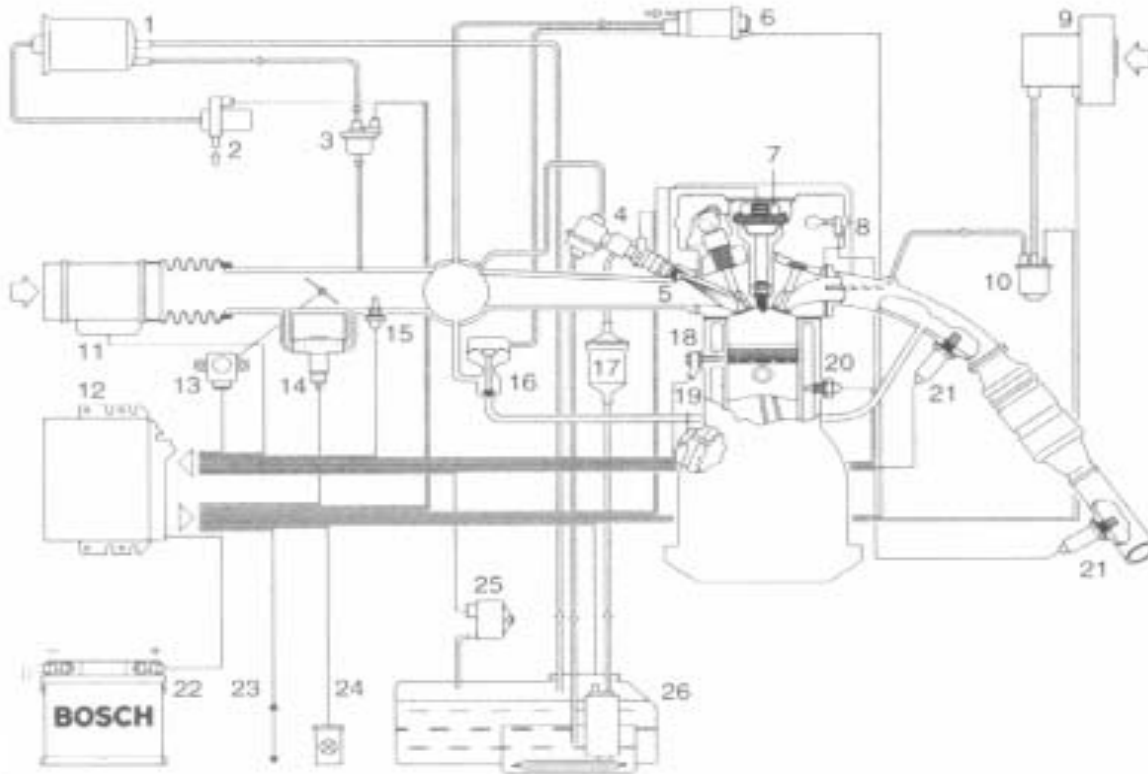
Neue Grenzwerte nach MJ 2003 sind noch in der Diskussion,
evtl. Halbierung von CO und NO_x zu Clean Fuel Werten





optimale Einstellung für:





Motormanagementsystem Motronic.

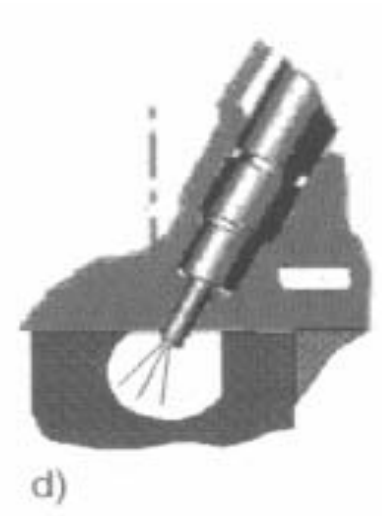
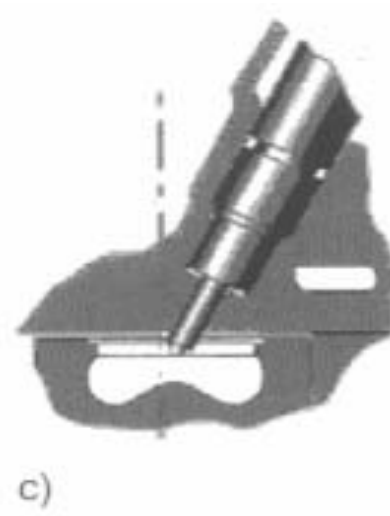
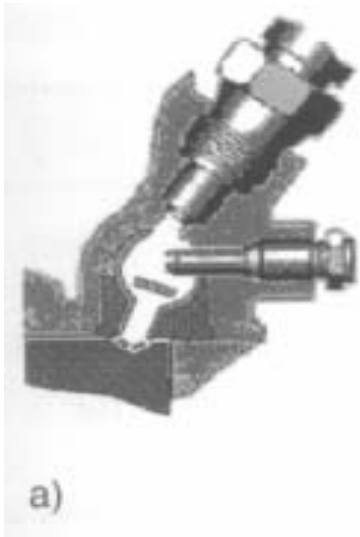
1 Aktivkohlebehälter, 2 Lufteinlassventil, 3 Regenerierventil, 4 Kraftstoffdruckregler, 5 Einspritzventil, 6 Drucksteller, 7 Zündspule, 8 Phasensensor, 9 Sekundärluftpumpe, 10 Sekundärluftventil, 11 Luftmassenmesser, 12 Steuergerät, 13 Drosselklappengeber, 14 Leerlaufsteller, 15 Lufttemperatursensor, 16 Abgasrückführventil, 17 Kraftstofffilter, 18 Klopfsensor, 19 Drehzahlsensor, 20 Motortempertursensor, 21 Lambda-Sonde, 22 Batterie, 23 Diagnoseschnittstelle, 24 Diagnoselampe, 25 Differenzdrucksensor, 26 Elektrokraftstoffpumpe

System Motronic.



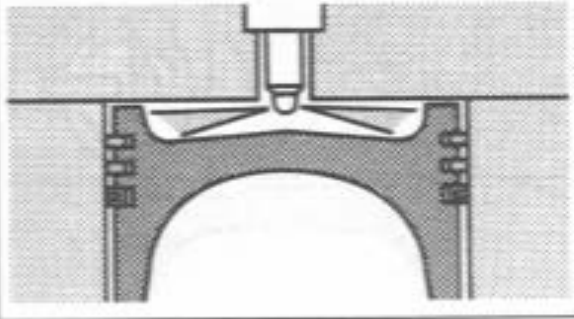
Merkmale	Dieselmotor	klassischer Ottomotor
Gemischbildung	innerhalb des Zylinders	außerhalb des Zylinders
Gemisch	heterogen	homogen
Zündung	Selbstzündung bei Luftüberschuss	Fremdzündung innerhalb der Zündgrenzen
Luftverhältnis	$\lambda_V \geq \lambda_{\min} > 1$	$0,6 < \lambda_V < 1,3$
Verbrennung	Diffusionsflamme	Vormischflamme
Drehmoment-Änderung durch	Änderungen von λ_V (Qualitätsänderung)	Gemischdrosselung (Quantitätsänderung)
Kraftstoff	zündwillig	zündunwillig



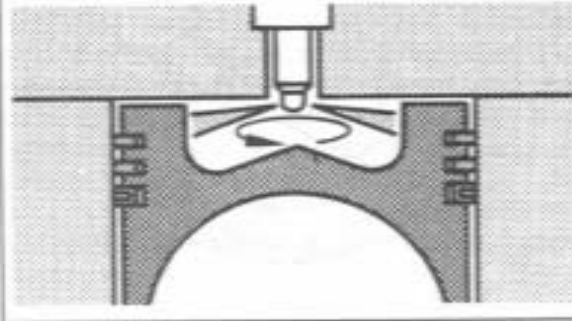


- a Vorkammer
- b Wirbelkammer
- c Direkteinspritzer
- d MAN-M-Verfahren

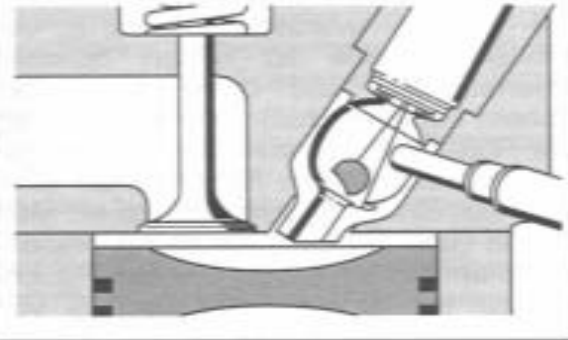
Brennraumform und Düsenanordnung für Strahleinspritzverfahren ohne Luftdrall.



Brennraumform und Düsenanordnung für Mehrlochdüsenverfahren mit Luftdrall.



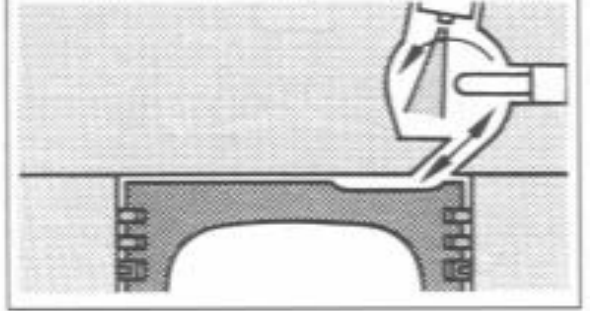
Brennraumform und Düsenanordnung für das Vorkammervverfahren.

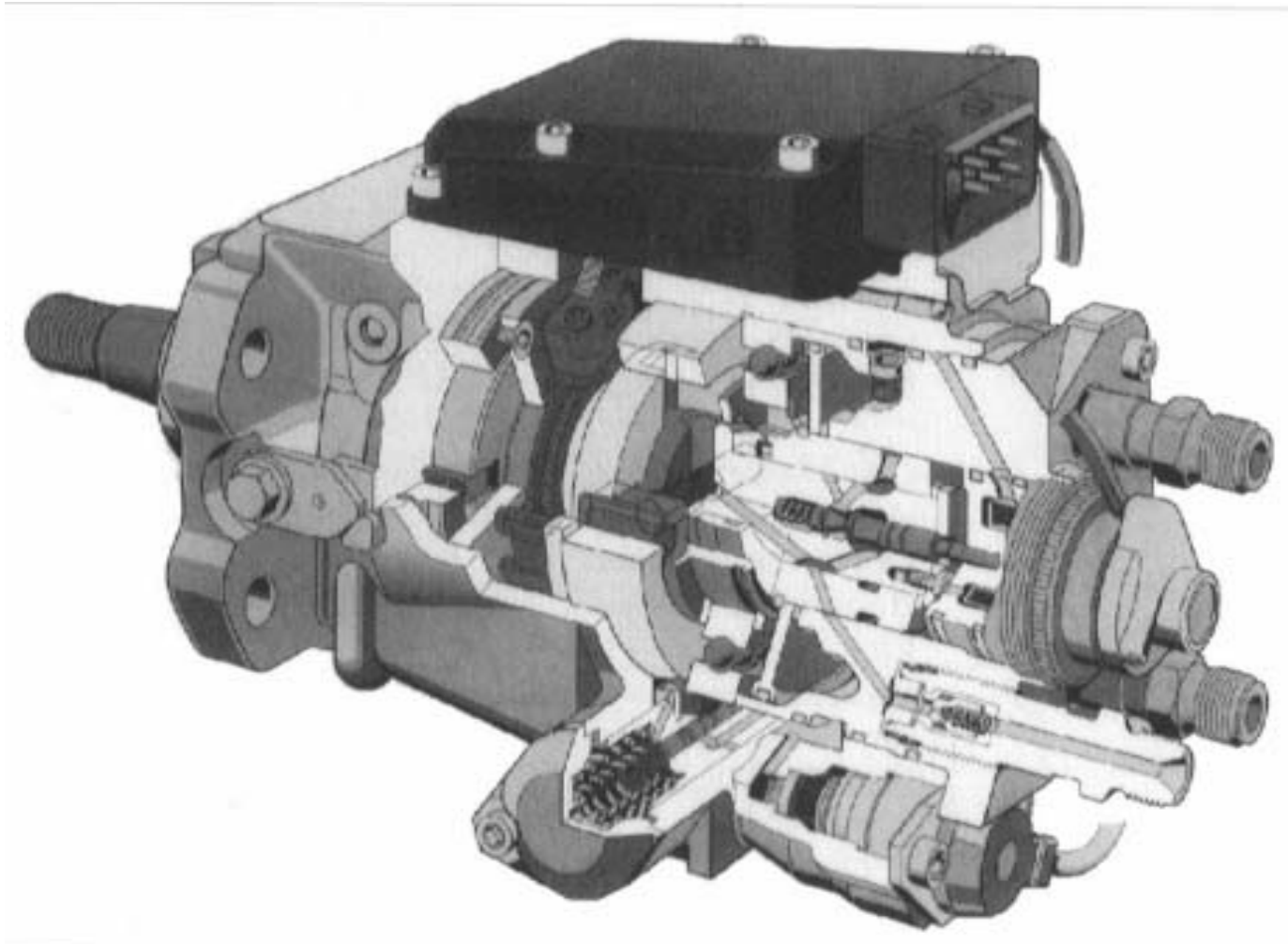


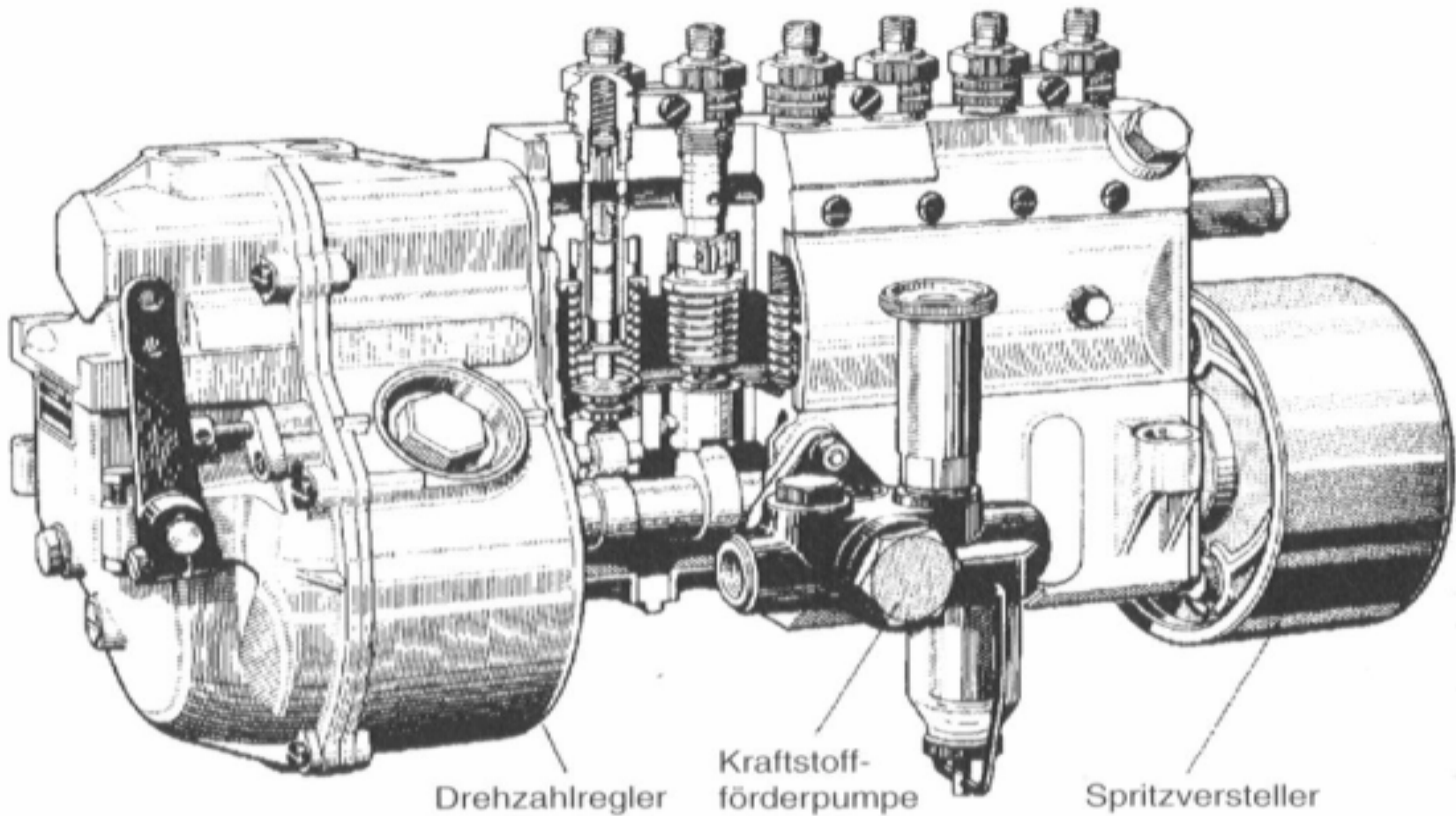
Brennraumform und Düsenanordnung für das MAN-M-Verfahren.

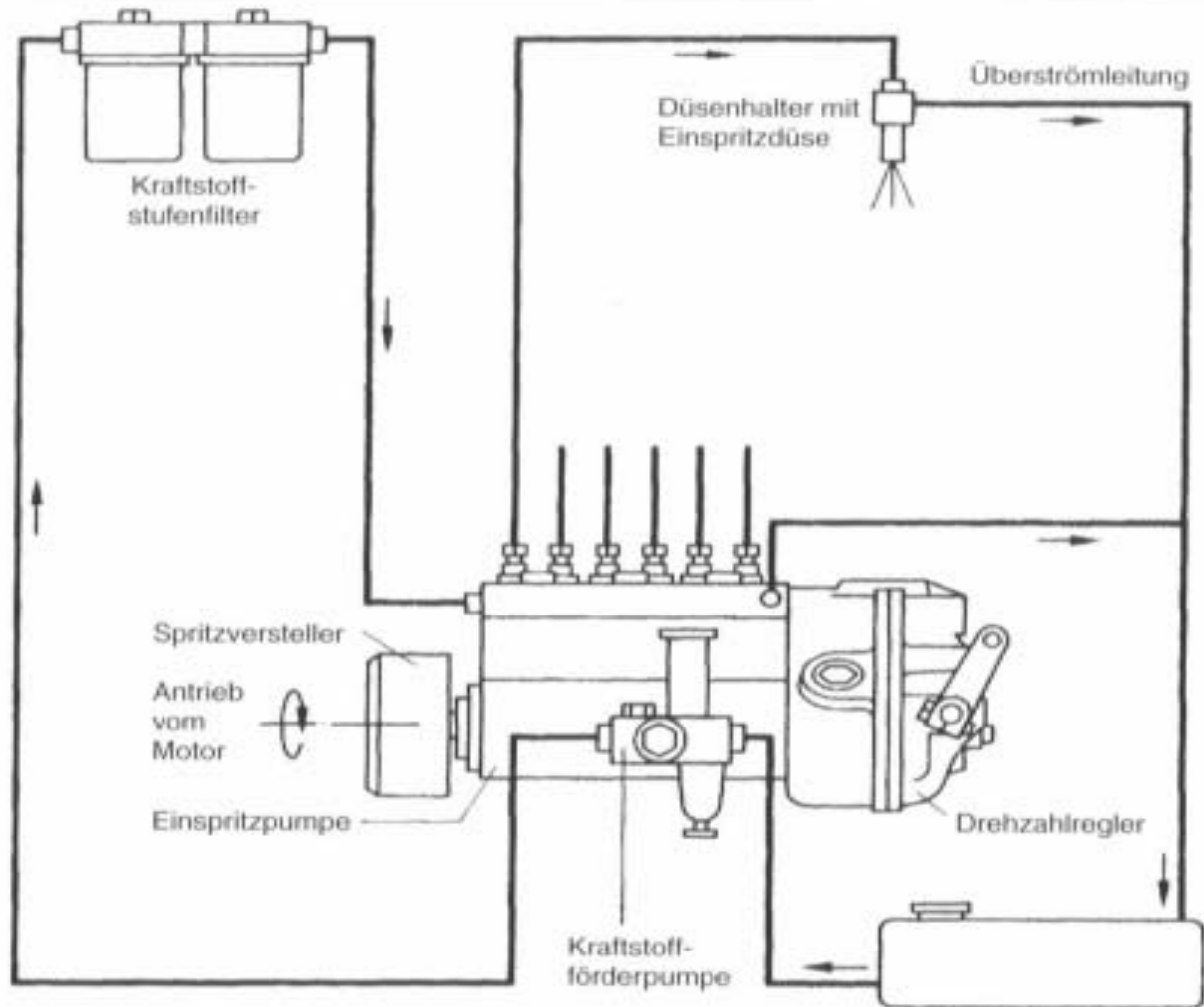


Brennraumform und Düsenanordnung für das Wirbelkammervverfahren.

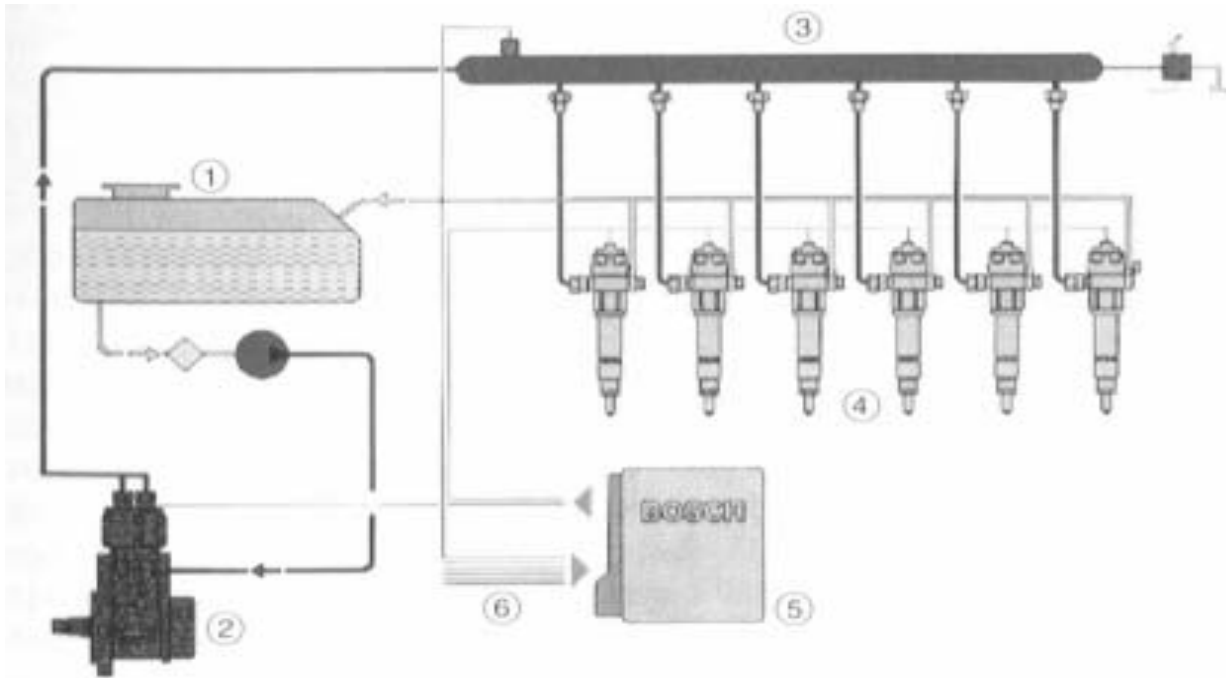






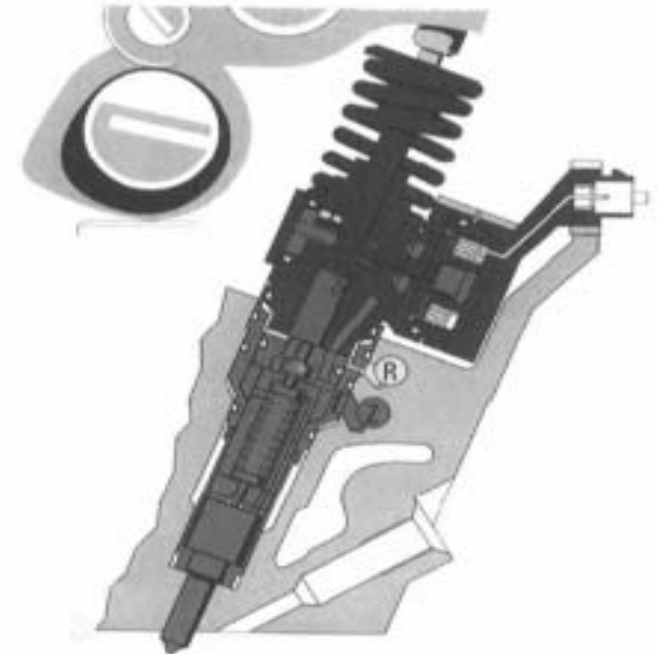


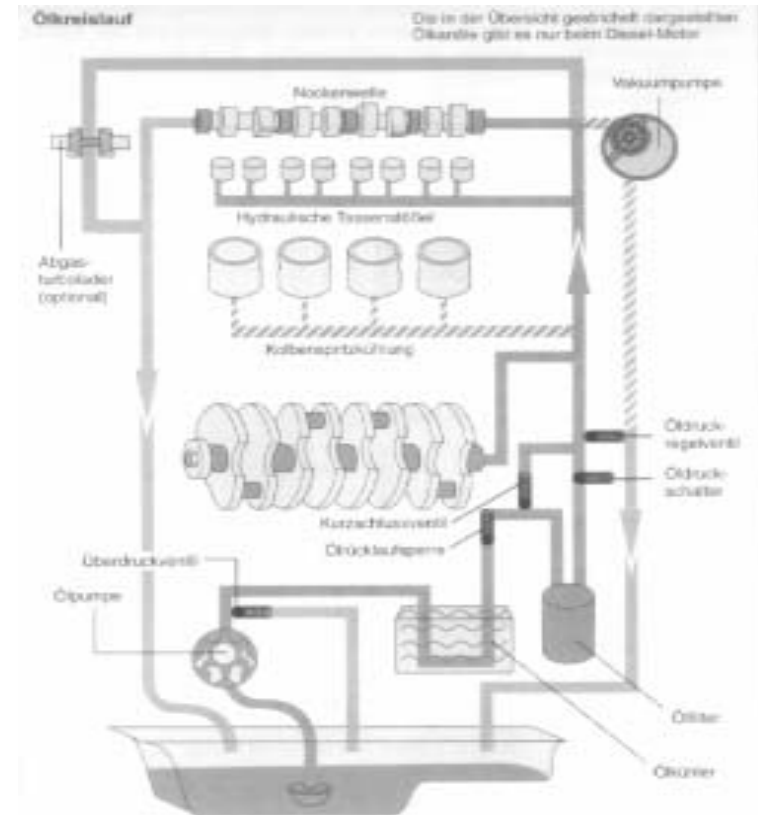
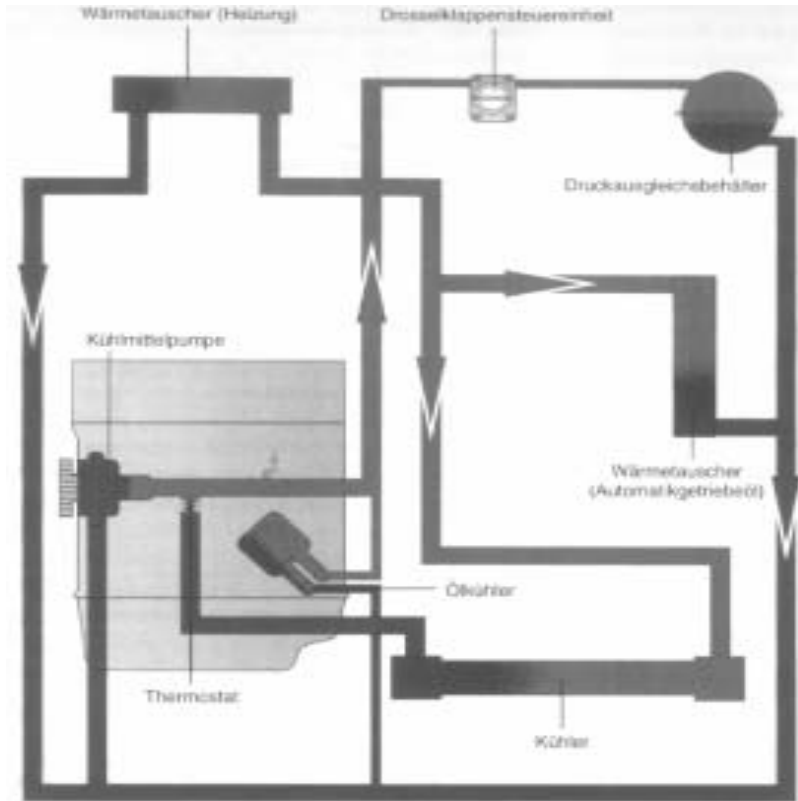
Common-Rail

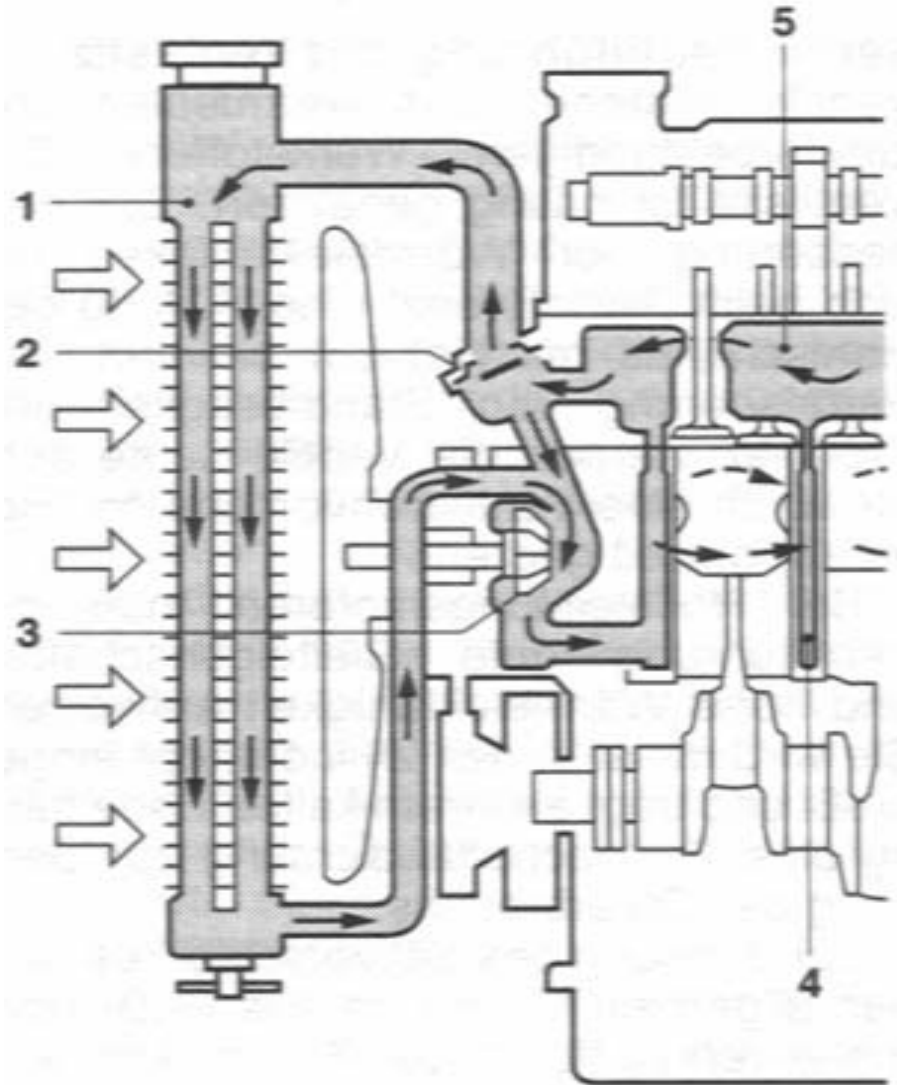


- 1: Tank
- 2: HD-Pumpe
- 3: Rail
- 4: Düse
- 5: Steuergerät
- 6: Sensoren

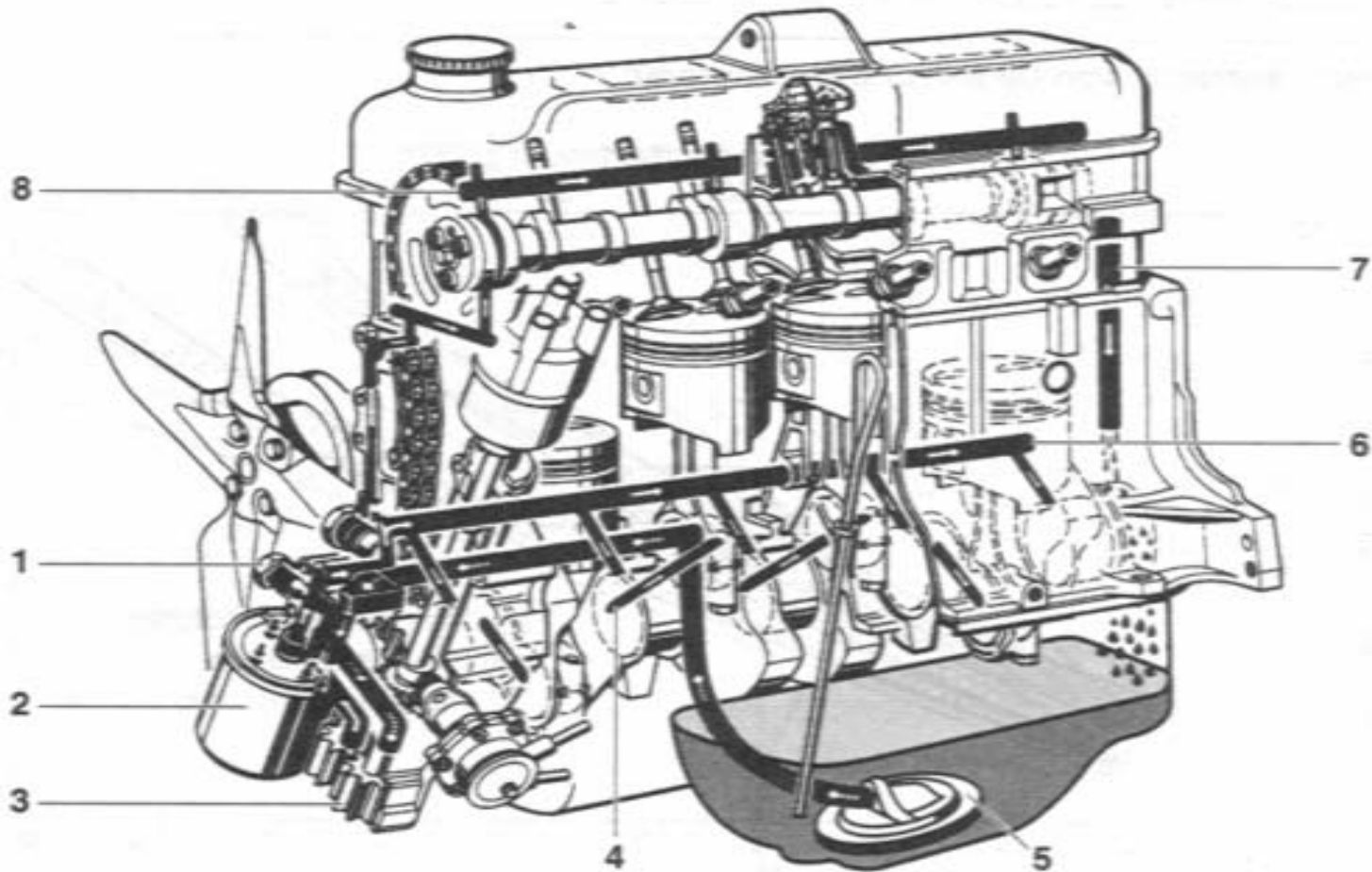
Pumpe-Düse-Einheit (UIS: Unit Injector-System)







Wasserkühlsystem mit Kühlwasserkreislauf.
 1 Kühler, 2 Thermostat, 3 Wasserpumpe,
 4 Wasserkanäle im Zylinderblock,
 5 Kühlwasserdurchgänge im Zylinderkopf.

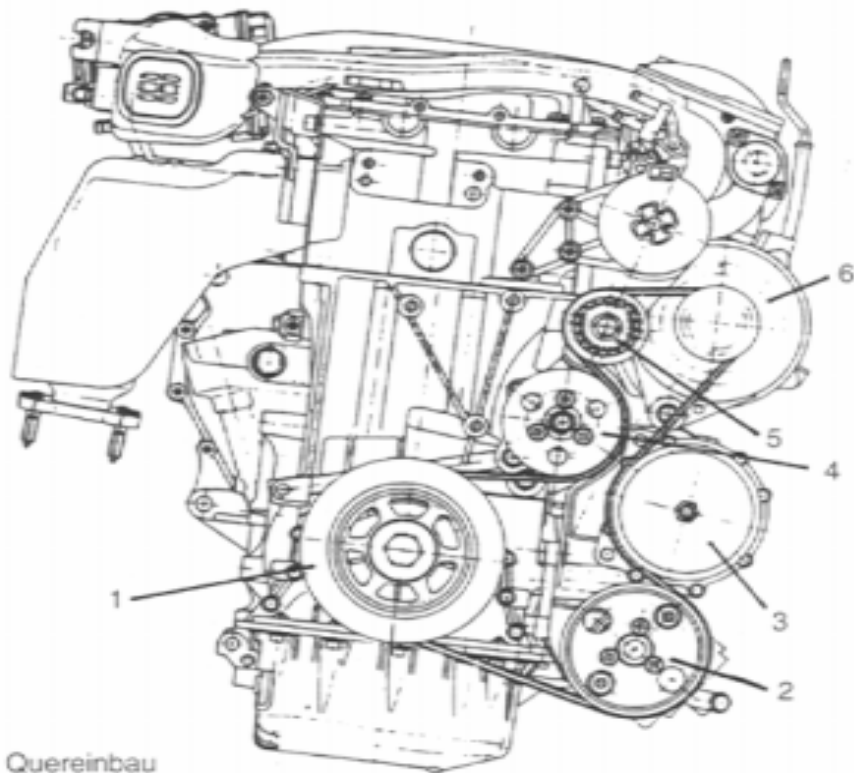


Druckumlaufschmierung.

1 Überdruckventil, 2 Ölfilter, 3 Zahnradpumpe, 4 vom Hauptlager zum Pleuellager, 5 Ansaugglocke mit Sieb, 6 Hauptdruckölleitung zu den Kurbelwellenlagern, 7 Rückfluß vom Steuer- ins Kurbelgehäuse, 8 zu den Nockenwellenlagern.

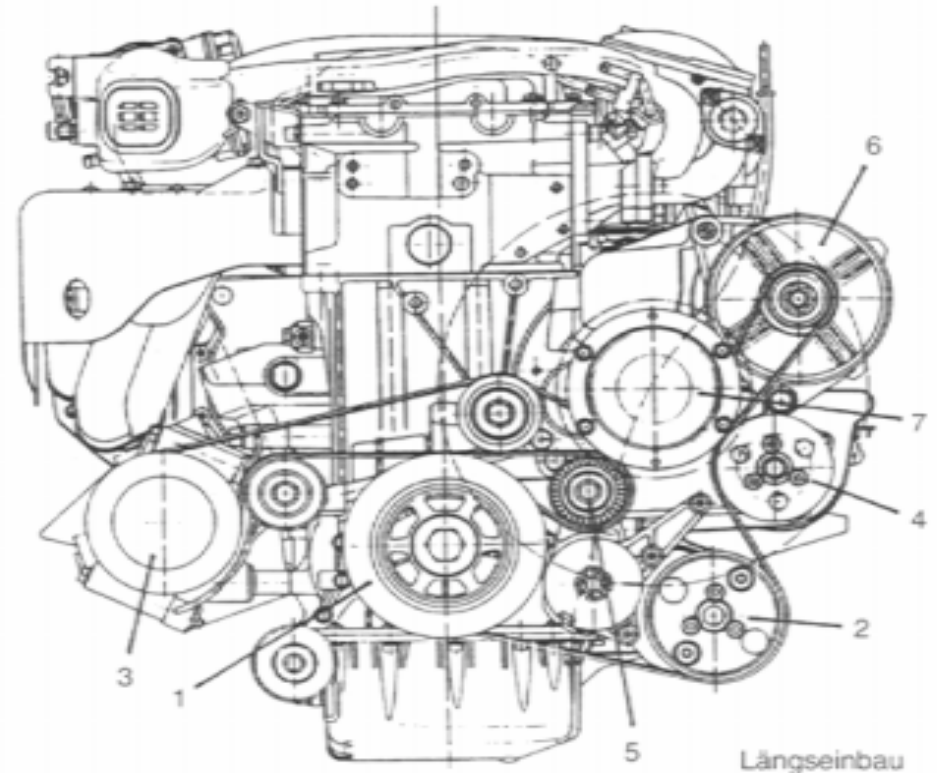






Quereinbau

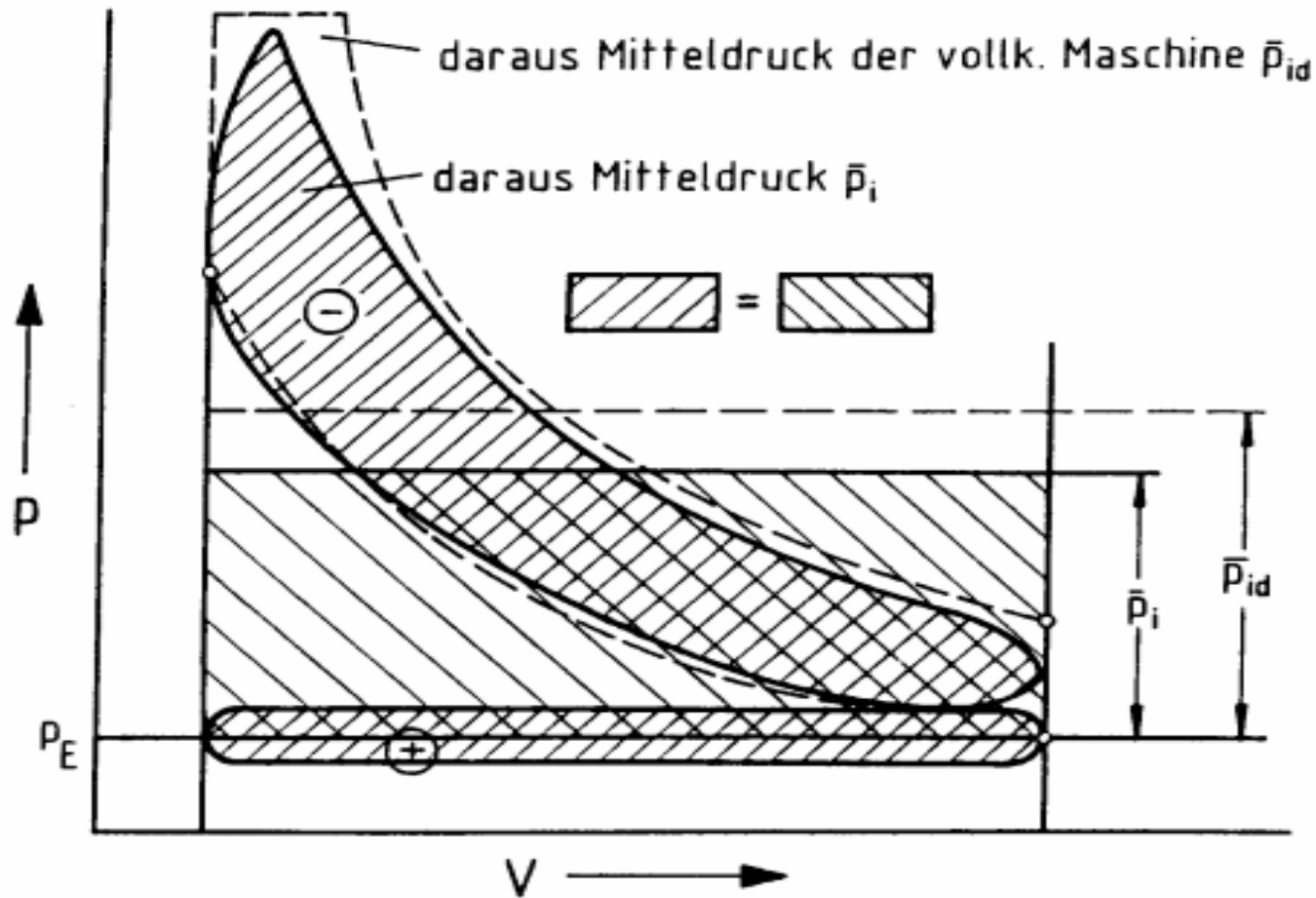
- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1 Antrieb Kurbelwelle | 3 Klimakompressor |
| 2 Lenkservopumpe | 4 Wasserpumpe |



Längseinbau

- | | |
|-----------------------|---------------|
| 5 Spann-/Umlenkrolle | 7 Viscolüfter |
| 6 Drehstrom-Generator | |

Poly-V-Riementrieb für Nebenaggregate, Längs- bzw. Quereinbau des Motors (Beispiel Volkswagen Fünfzylindermotor VR5)



Arbeitsspiele von Verbrennungsmotoren:

(2-Takt; 1 Arbeitsspiel / Umdrehung)

1. 0 → 180°KW

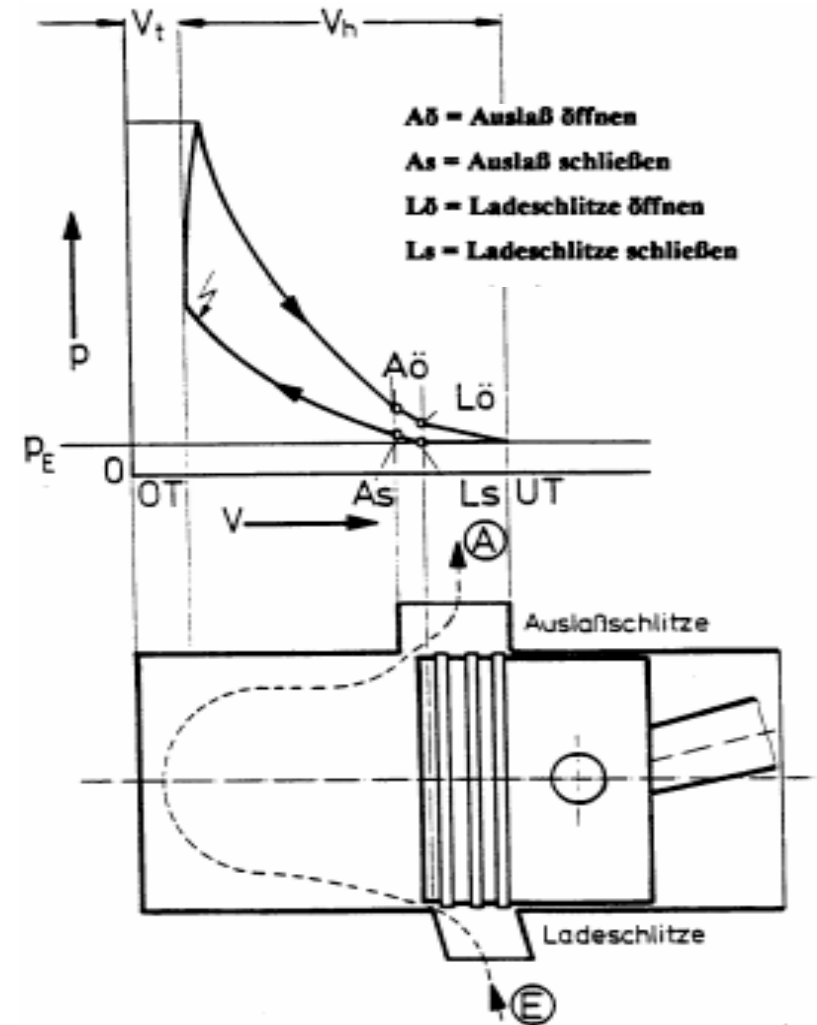
Bis AÖ: Ladungswechsel; Restgase werden von Frischmasse verdrängt. Kompression und Zündung (kurz vor OT)

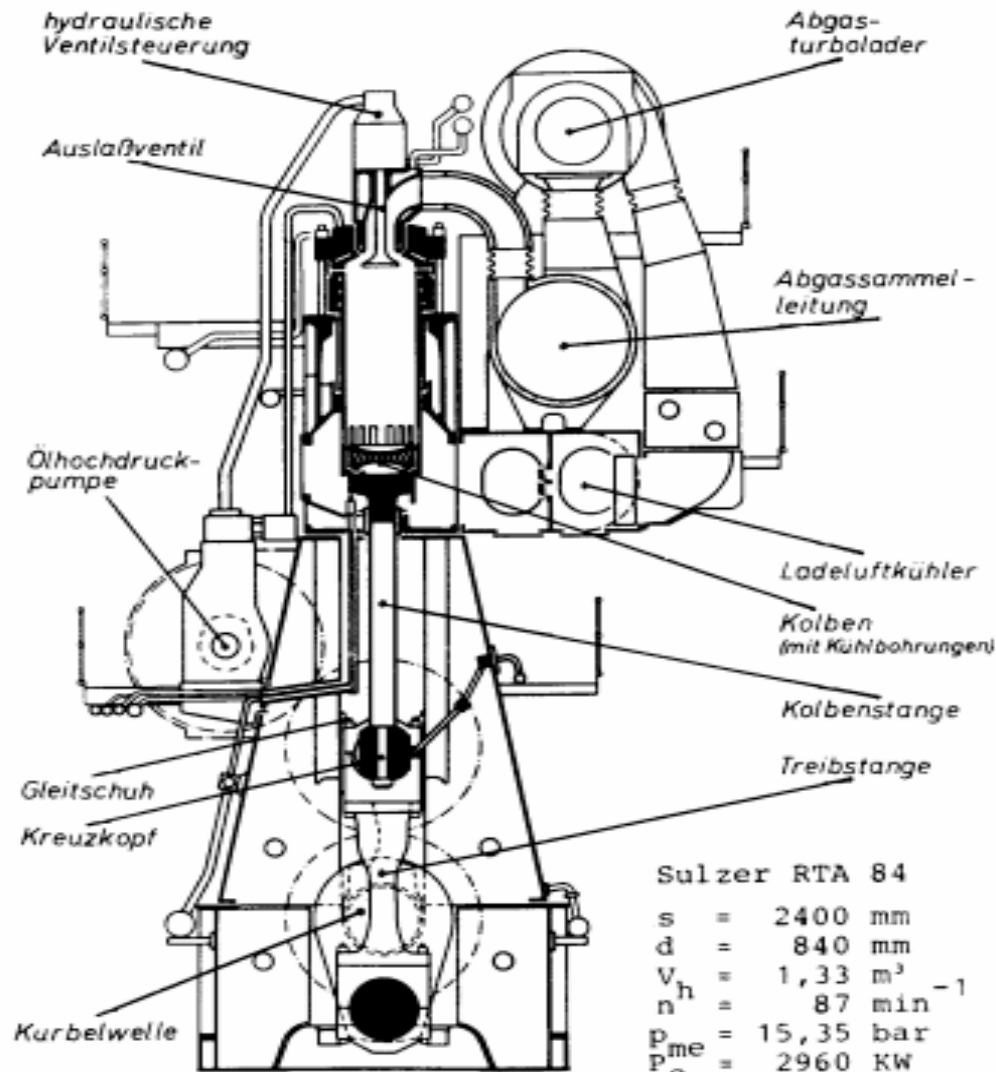
2. 180° → 360°KW

Expansionsarbeit, bis AÖ
Verbrennungsgase entweichen zur Atmosphäre
ab LÖ: Beginn Ladungswechsel

Eine „Spülpumpe“ muß den Ladungswechsel unterstützen

Zum Ladungswechsel sind keine Ventile erforderlich





Sulzer RTA 84

$s = 2400 \text{ mm}$
 $d = 840 \text{ mm}$
 $V_h = 1,33 \text{ m}^3$
 $n^h = 87 \text{ min}^{-1}$
 $p_{me} = 15,35 \text{ bar}$
 $P_{ez} = 2960 \text{ kW}$

2-Takt-Großdieselmotor für Schiffsantrieb

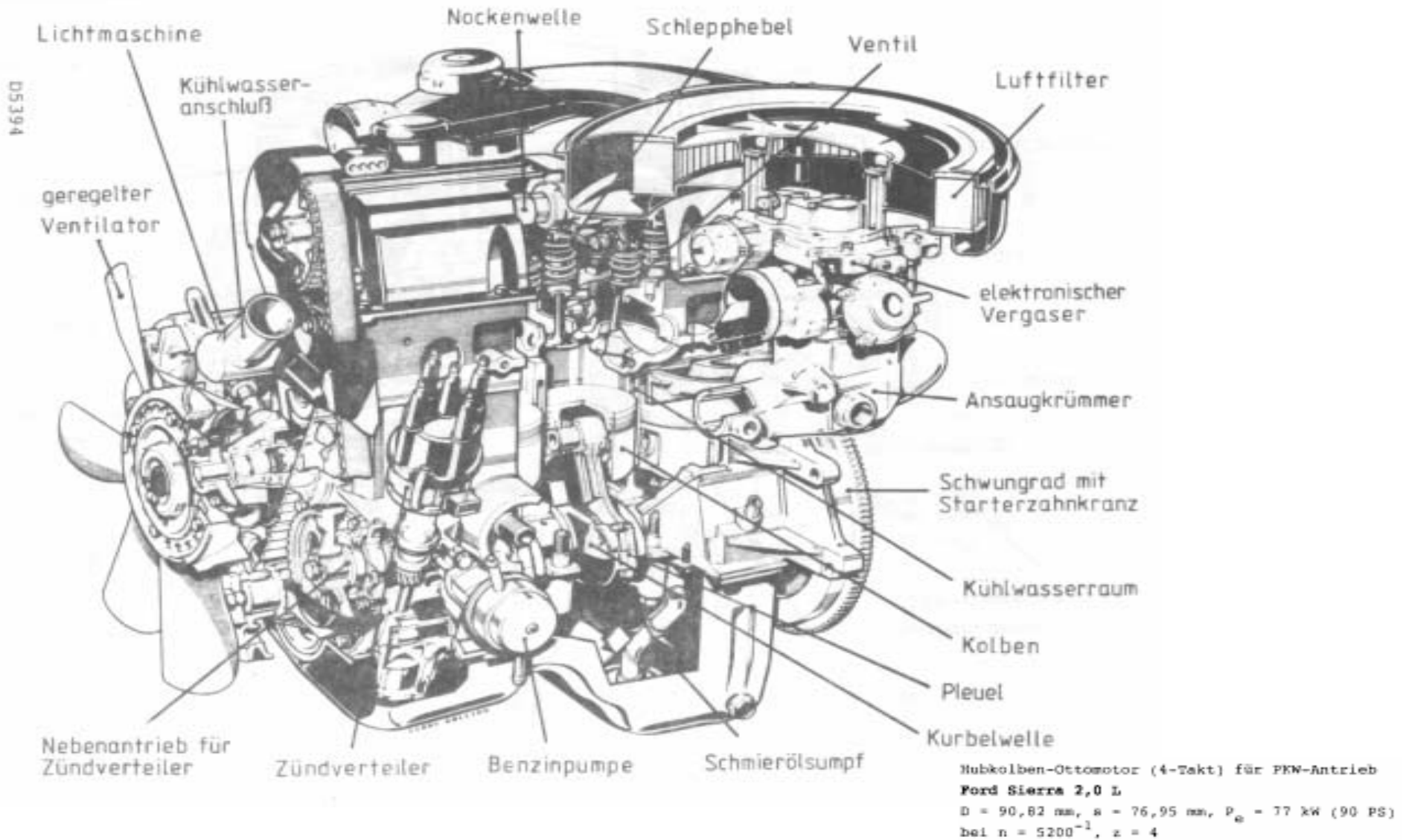
SULZER RTA 84

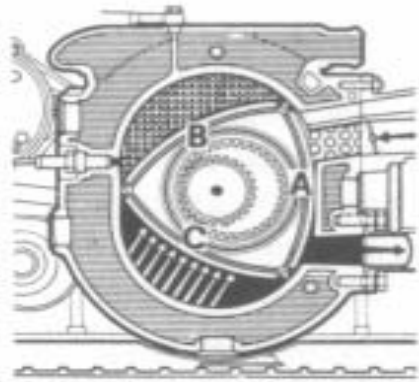
$D = 840 \text{ mm}$, $s = 2400 \text{ mm}$


$P_{ez} = 2960 \text{ kW}$ (4028 PS) bei $n = 87 \text{ min}^{-1}$

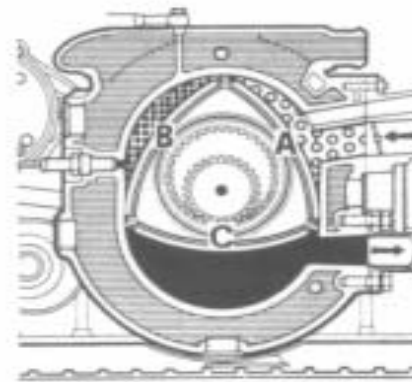
Gleichstromspülung, Abgasturboaufladung



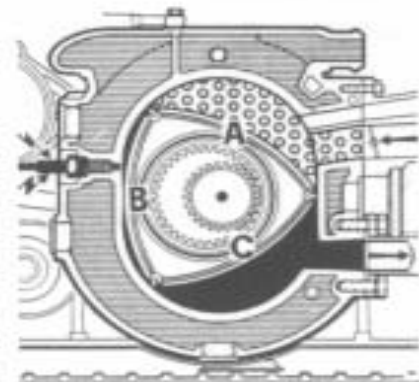




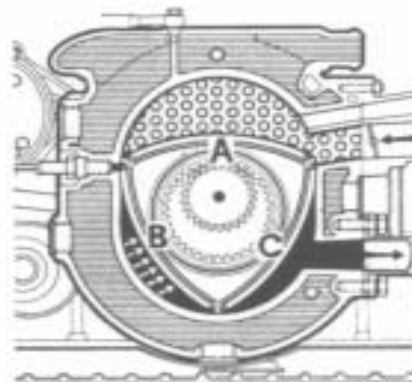
Phase 1 
Ansaugen



Phase 2 
Verdichten

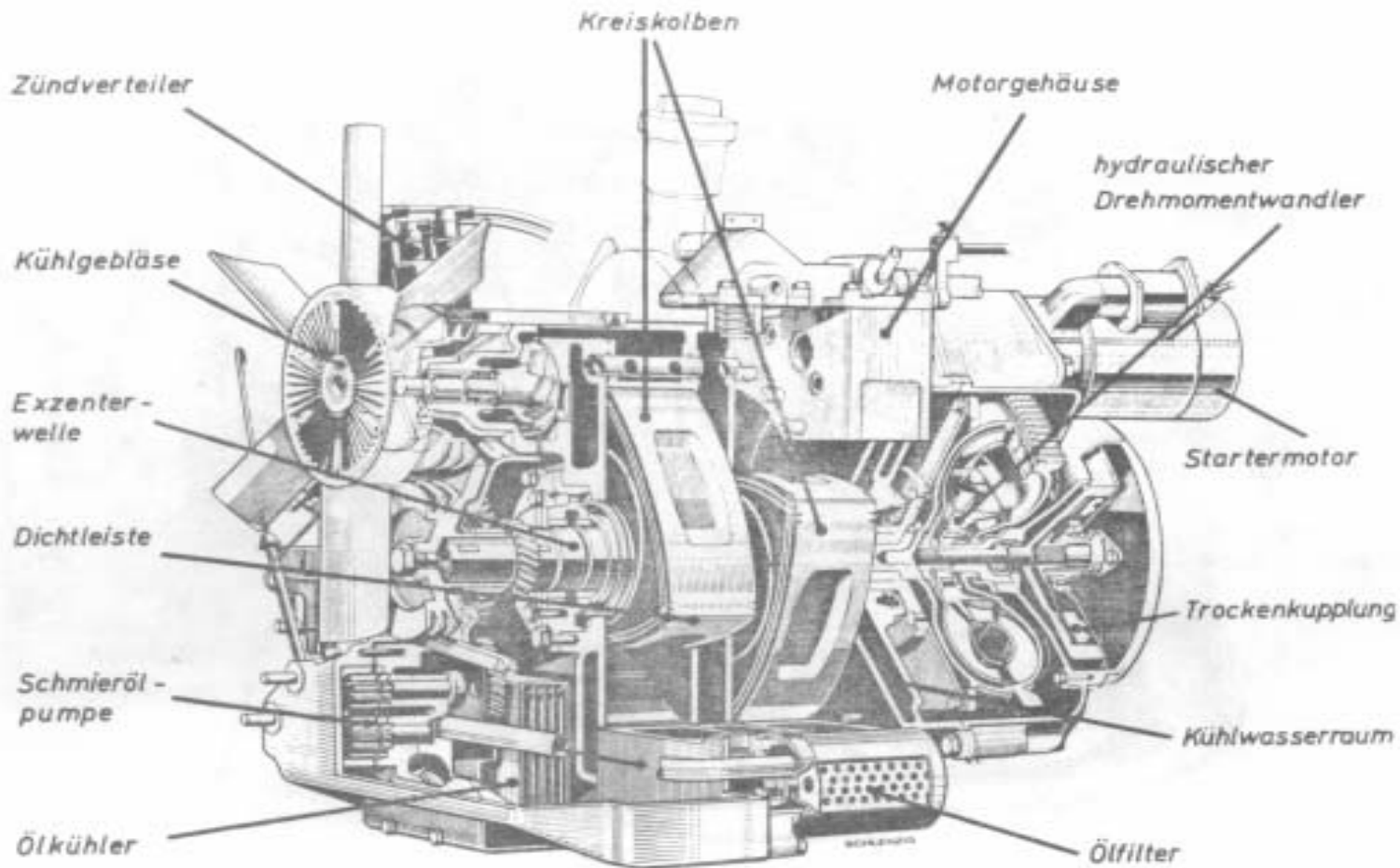


Phase 3 
Arbeiten



Phase 4 
Auspuffen





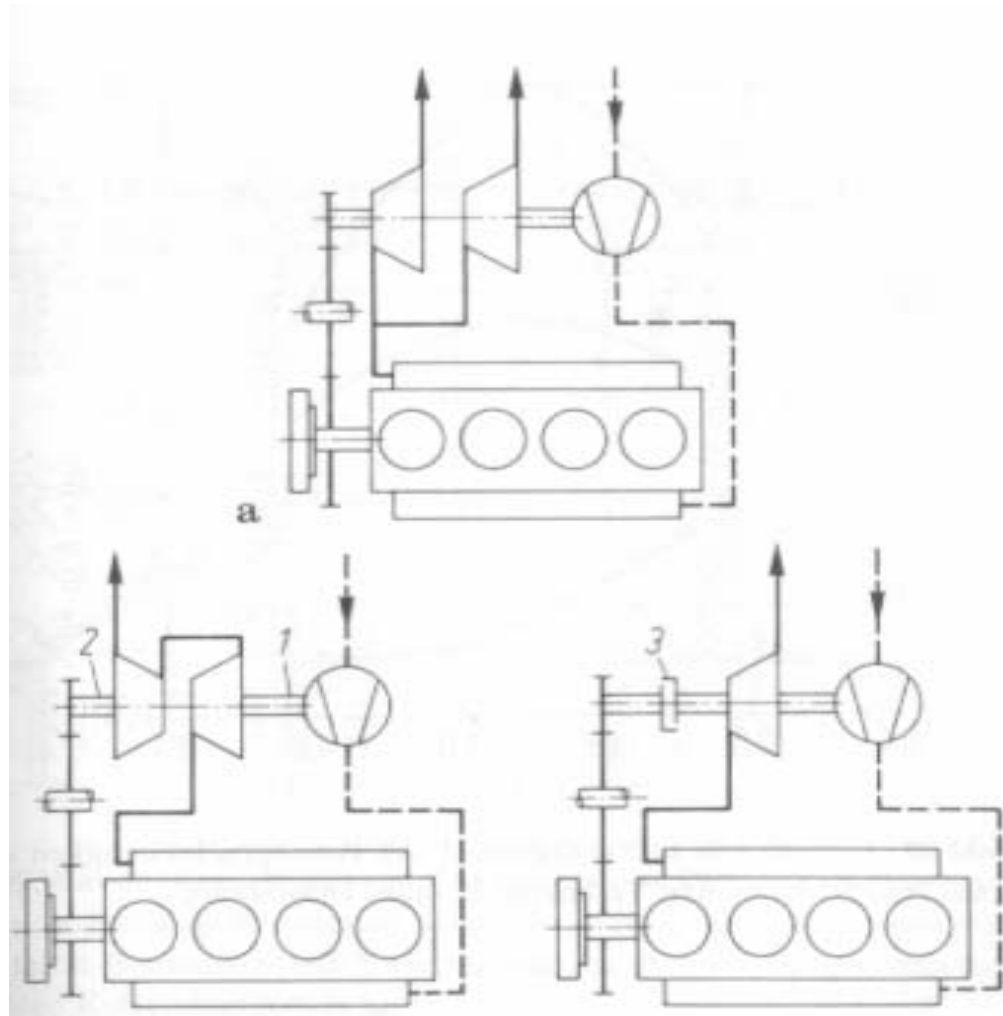
Wankelmotor für PKW-Antrieb

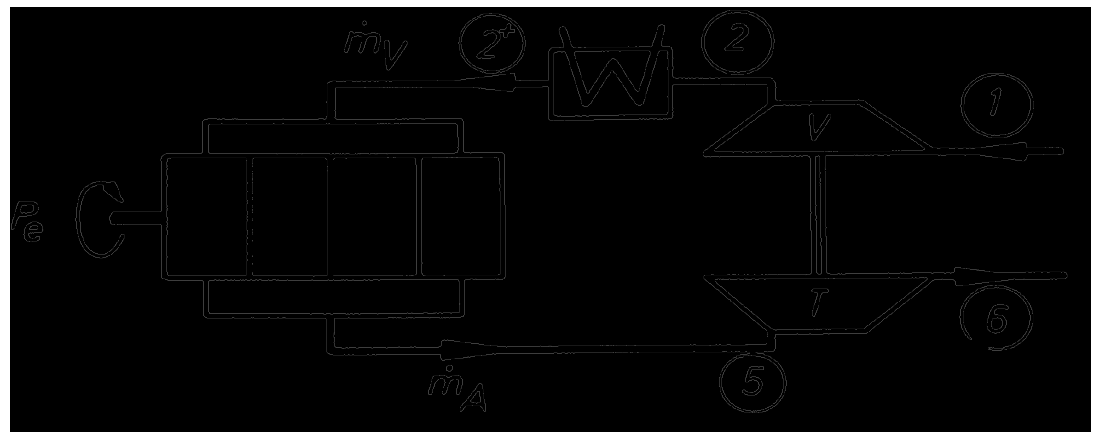
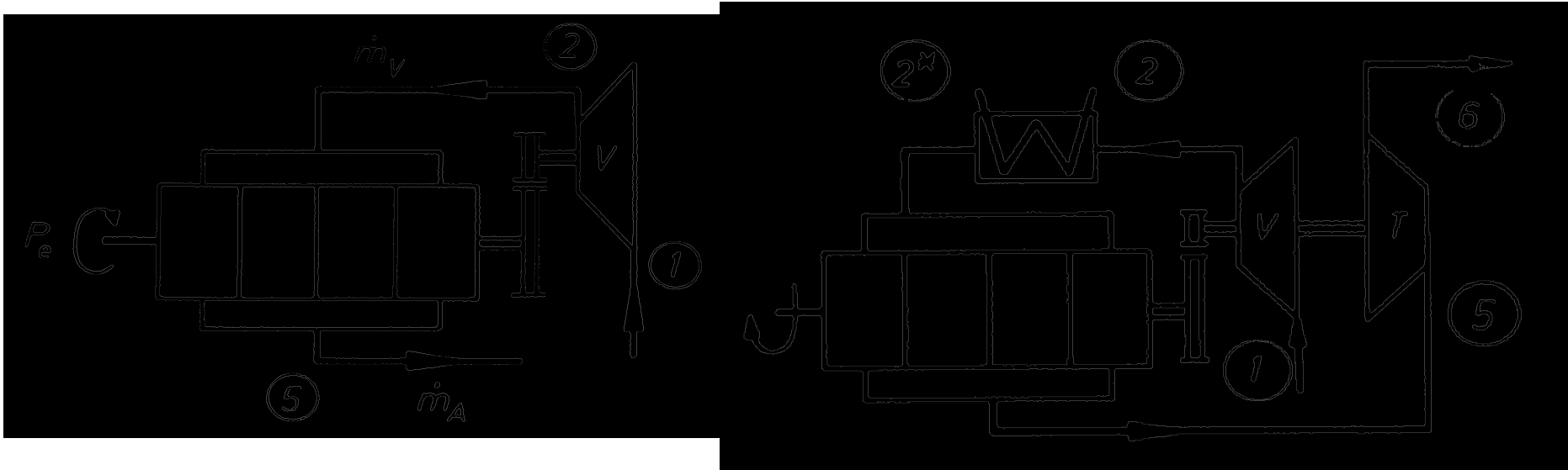
NSU Ro 80

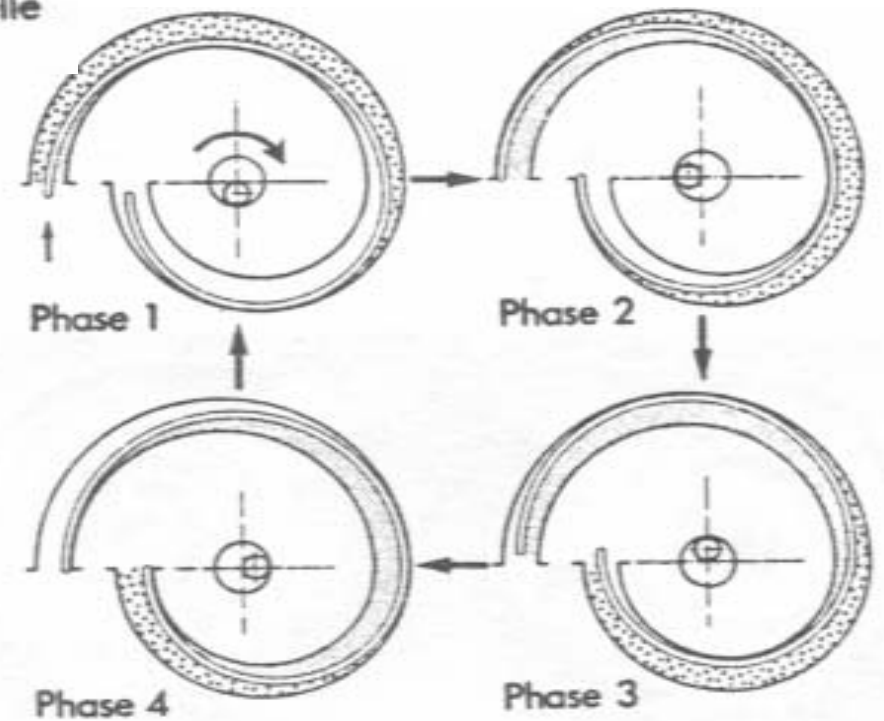
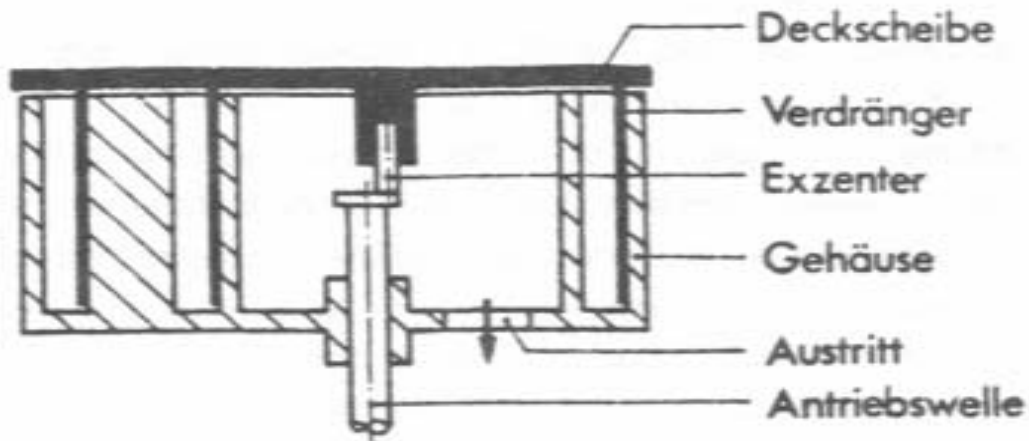
$R = 100 \text{ mm}$, $e = 14 \text{ mm}$, $s = 42 \text{ mm}$, $z = 2$

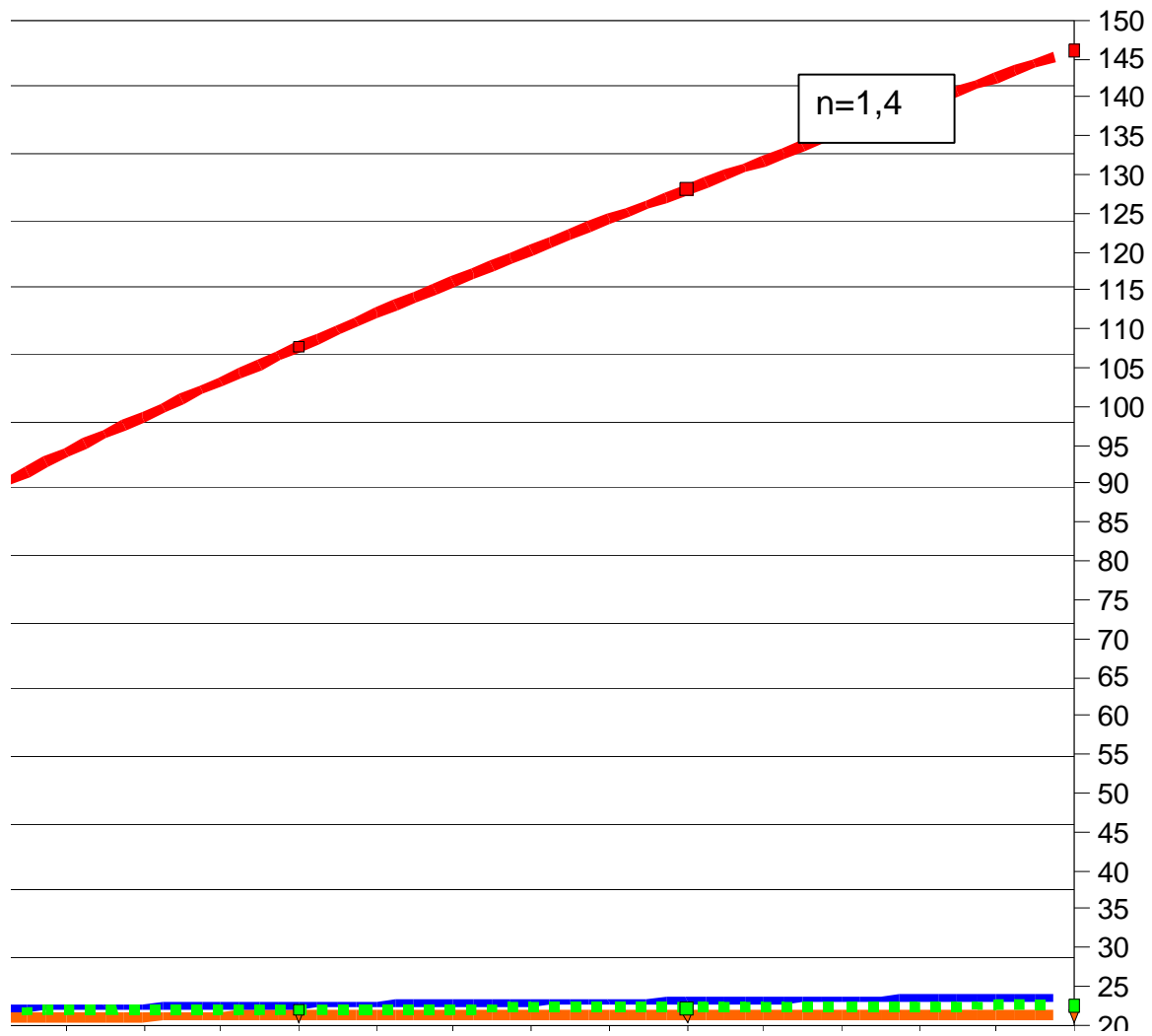
$P_e = 84,5 \text{ kW}$ (115 PS) bei $n = 5500 \text{ min}^{-1}$







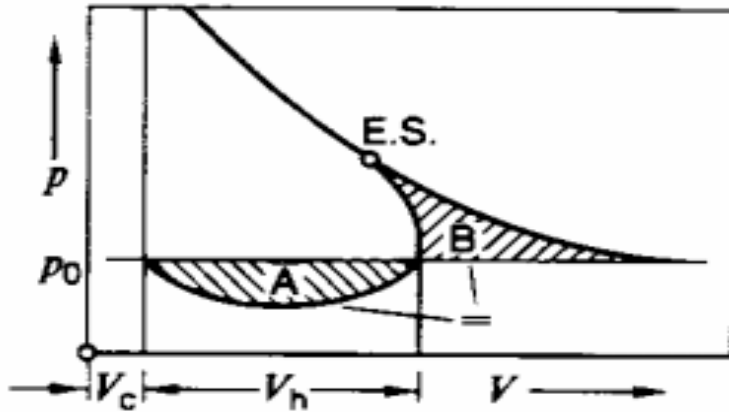
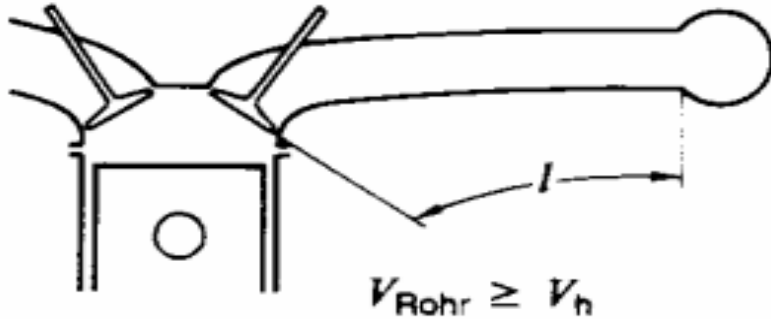




Schwingsaugrohraufladung.

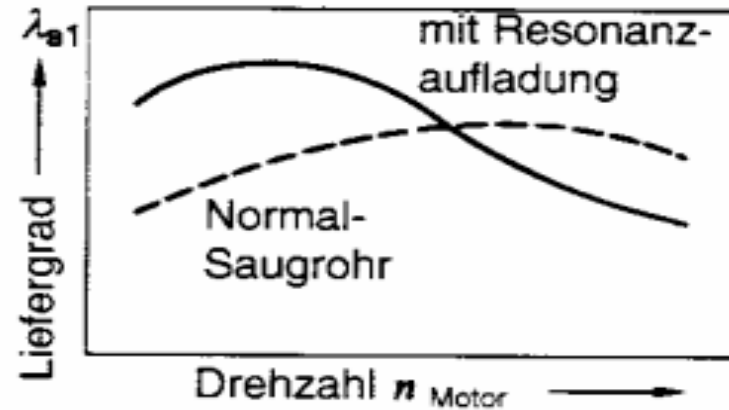
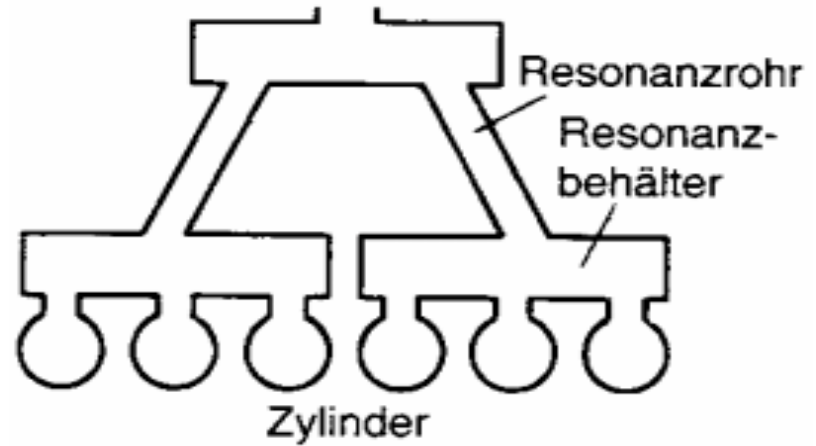
Anordnung und Energiebilanz.

Saugarbeit A des Kolbens entspricht der Verdichtungsarbeit B .



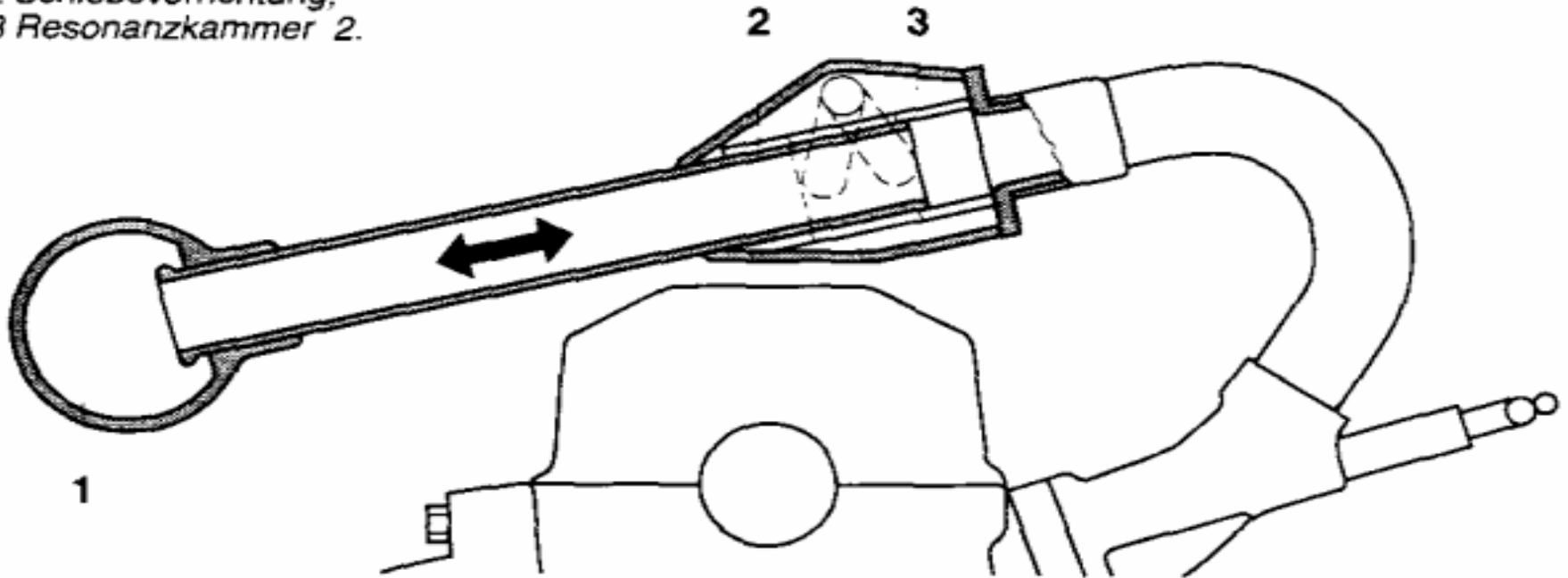
Resonanzaufladung.

Anordnung und Verlauf des Liefergrades.



Regelbare Ansaugrohrlänge.

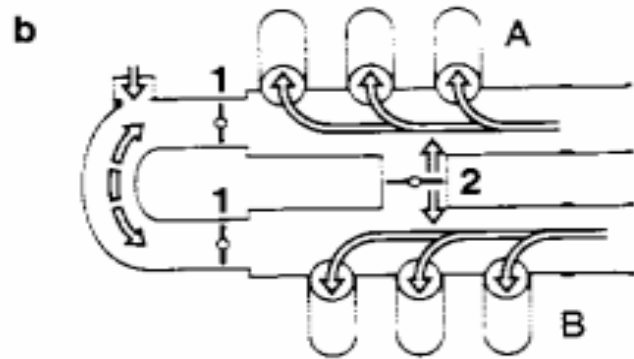
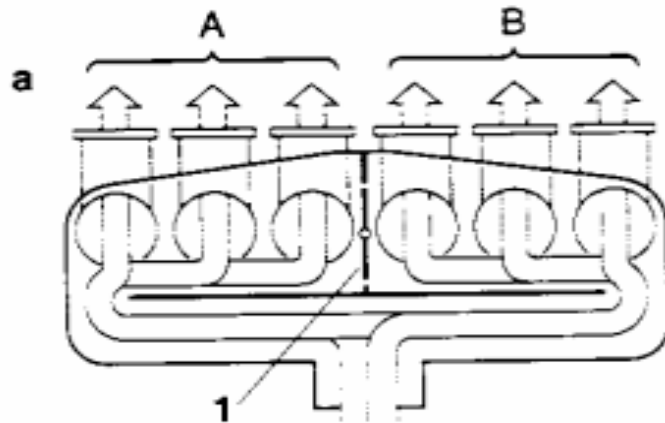
- 1 Resonanzkammer 1,
- 2 Schiebevorrichtung,
- 3 Resonanzkammer 2.

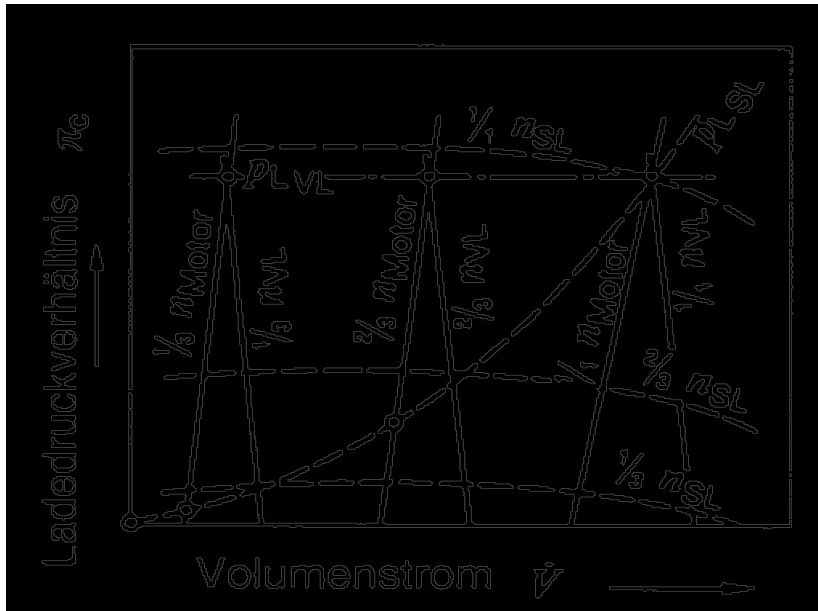


Schaltansaugsysteme.

a) Zwei-, b) dreistufig schaltbar.

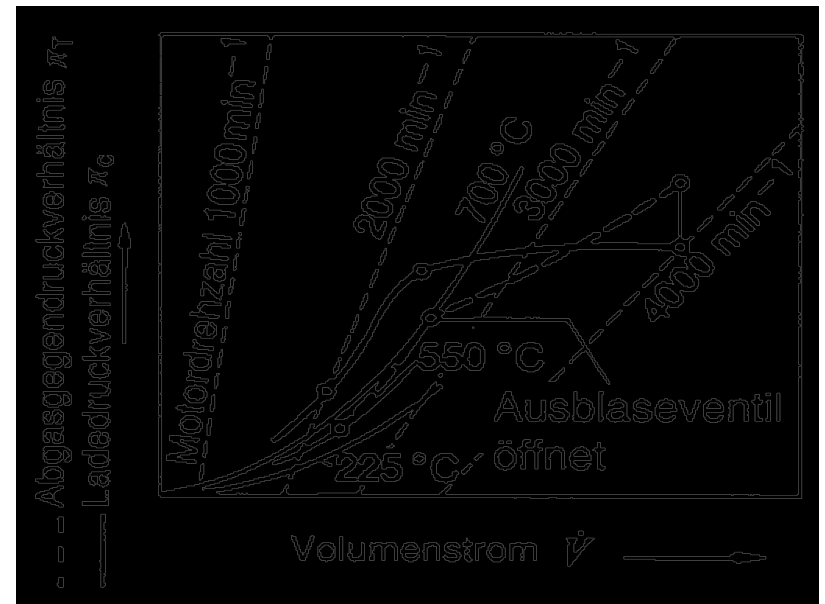
A, B Zylindergruppen. 1, 2 Klappen
(öffnen drehzahlabhängig).



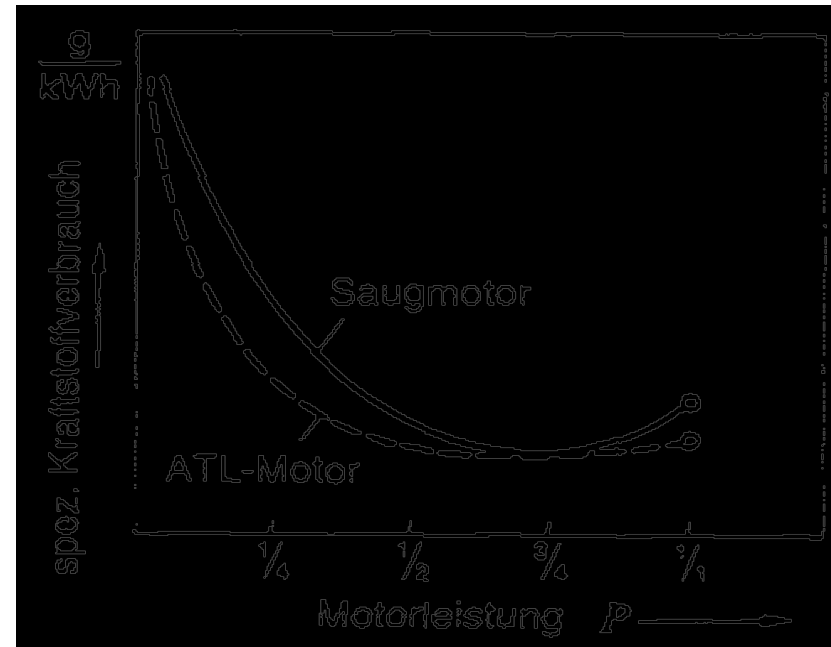
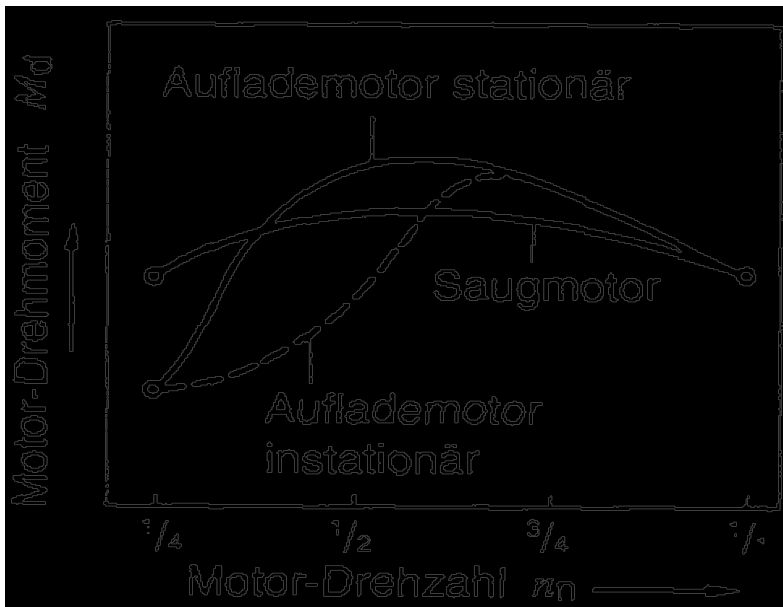


Druck-Volumenstrom-Kennfeld von mechanisch angetriebenen Verdränger- und Strömungsladern. VL Verdrängerlader, SL Strömungslader.

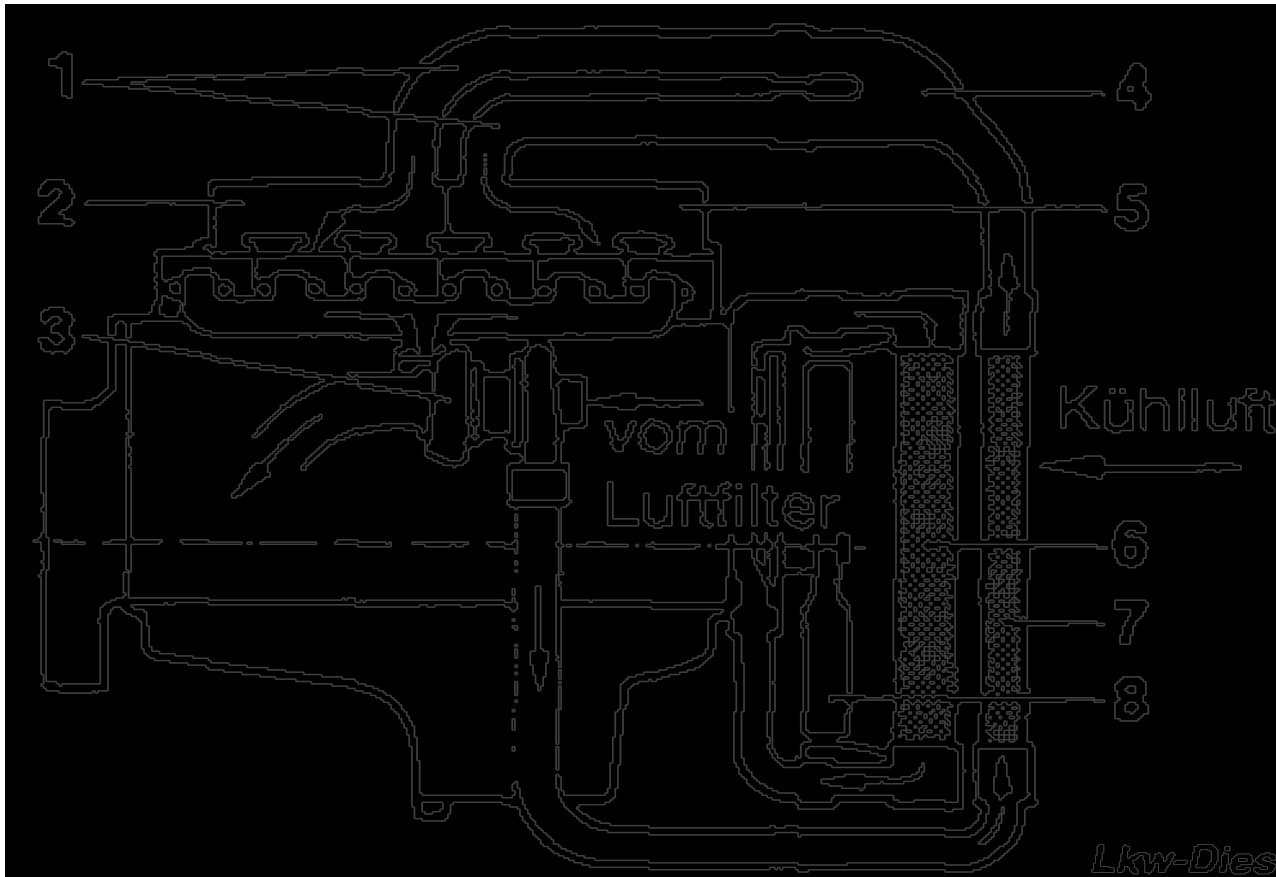
Druck-Volumenstrom-Kennfeld eines Abgasturboladers mit Ladedruck- und Abgasgegendruckverlauf.



Drehmomentverlauf stationär und instationär für Motoren mit Abgasturbo-lader im Vergleich zum Saugmotor.



Spezifischer Kraftstoffverbrauch leistungsgleicher Saug- und Auflademotoren bei Teillast.



Lkw-Dieselmotor mit Abgasturbo-, Resonanzaufladung und Ladeluftkühlung.

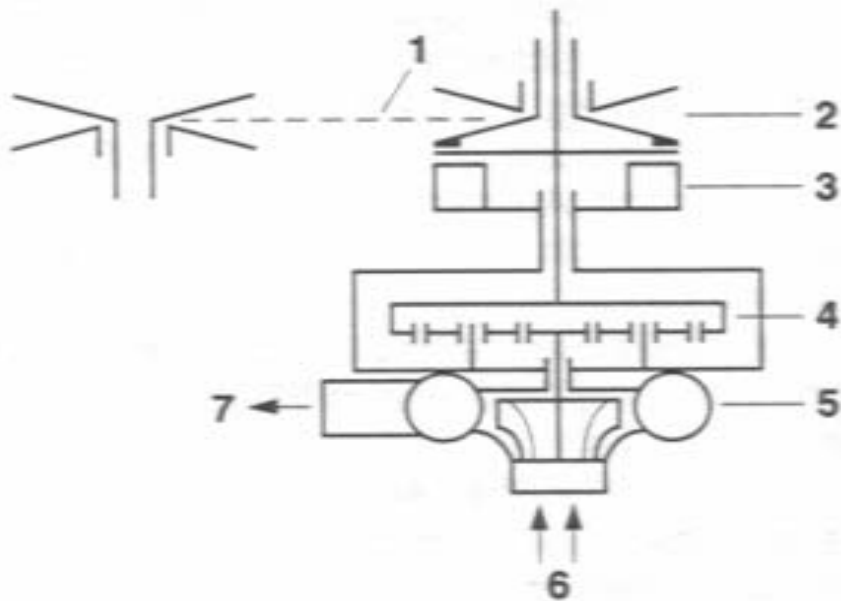
1 Resonanzrohre, 2 Resonanzbehälter für Zylinder 4–5–6, 3 Aufladergruppe, 4 Ausgleichsbehälter, 5 Resonanzbehälter für Zylinder 1–2–3, 6 Wasserkühler, 7 Ladeluftkühler, 8 Lüfter.



Mechanischer Kreisellader MKL

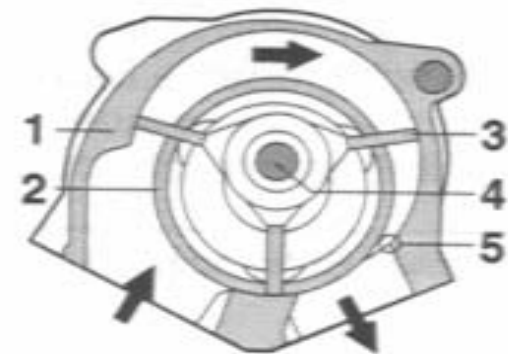
(Schema).

1 Variator-Primärscheibe, 2 Variator-Sekundärscheibe, 3 Elektro-Kupplung, 4 Hochtreiber-Planetenge triebe, 5 Verdichter, 6 Lufteintritt, 7 Luftaustritt.

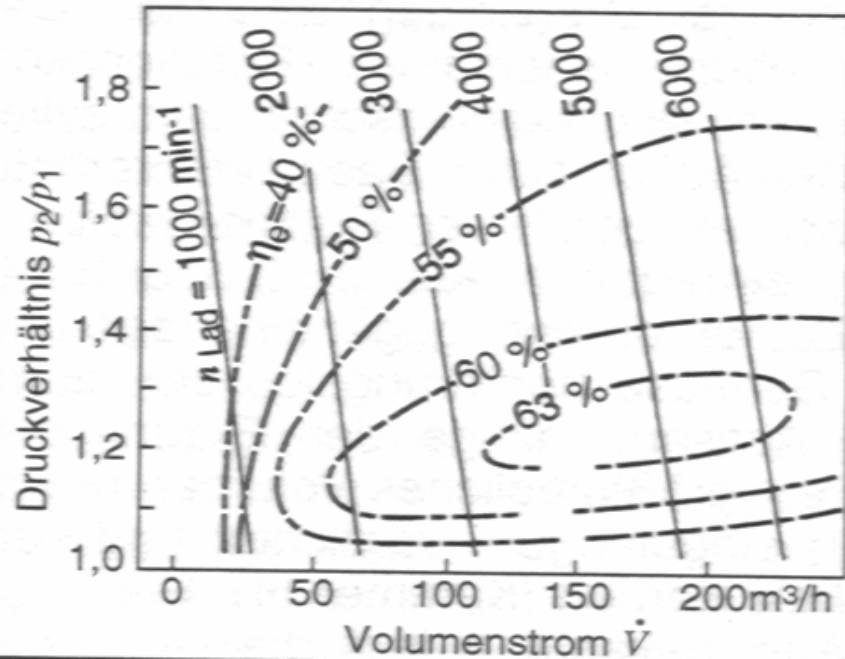


Querschnitt eines Flügelzellenladers.

1 Gehäuse, 2 Rotor, 3 Flügel, 4 Bolzen, 5 Austrittskante A.

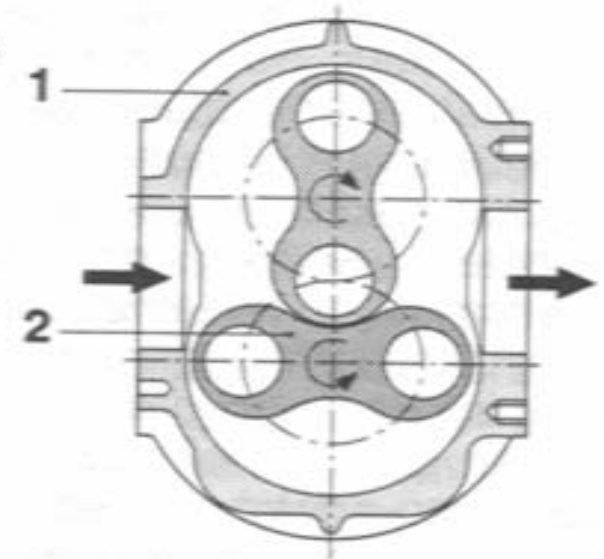


Kennfeld eines Roots-Laders.



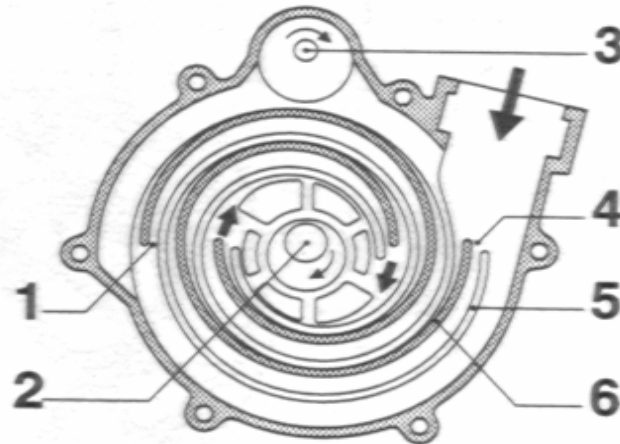
Querschnitt eines Roots-Laders.

1 Gehäuse,
2 Drehkolben.



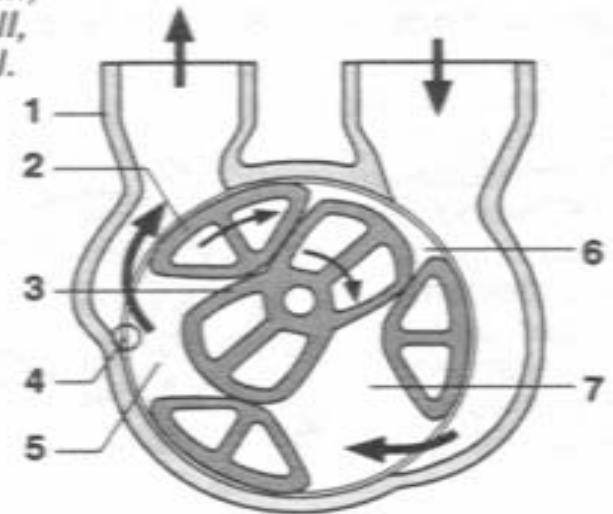
Querschnitt eines Spiralladers.

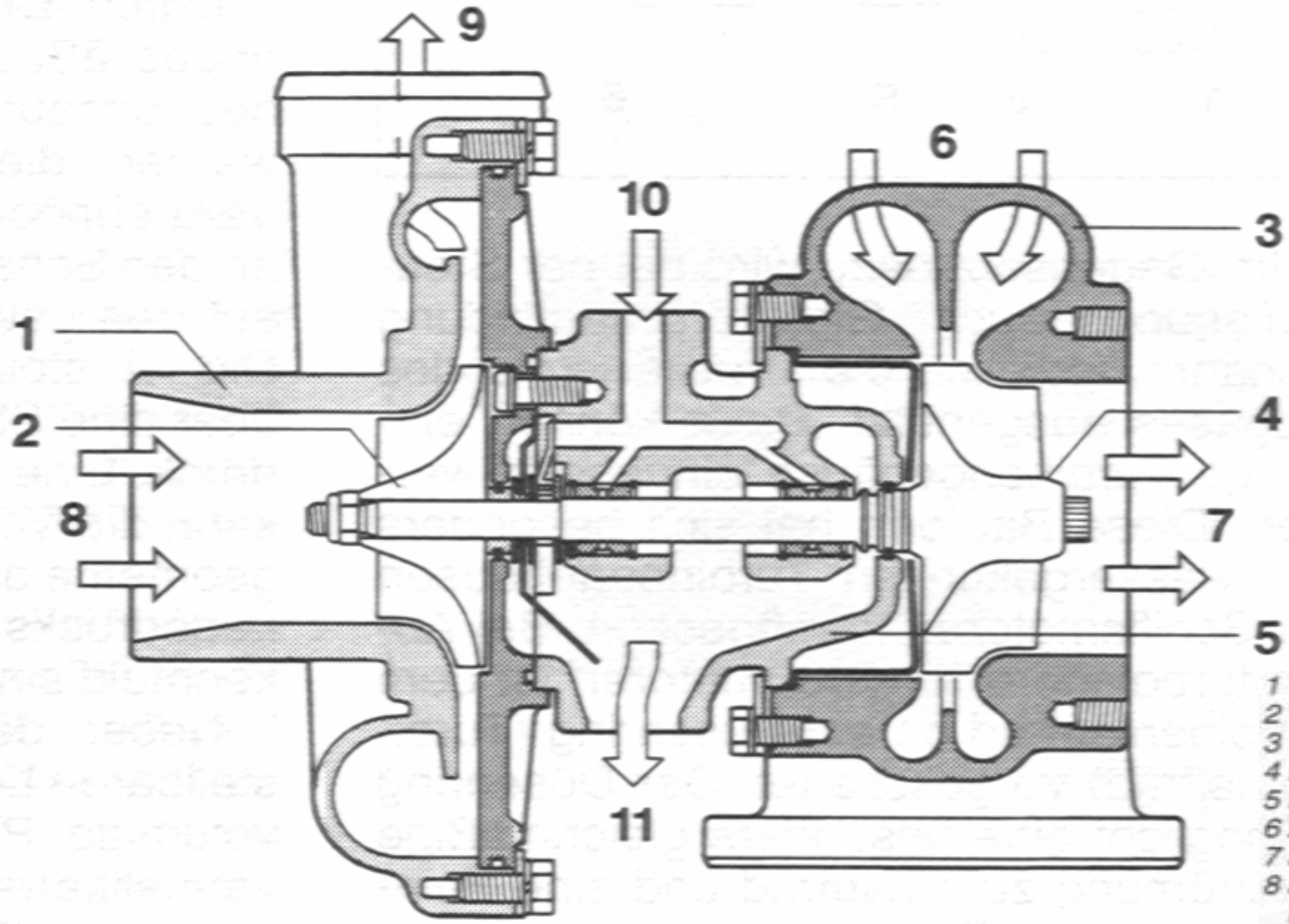
1 Lufteintritt
in den zweiten
Arbeitsraum,
2 Antriebswelle,
3 Führung des
Verdrängers,
4 Lufteintritt
in den ersten
Arbeitsraum,
5 Gehäuse,
6 Verdränger.



Querschnitt eines Rotationskolbenladers.

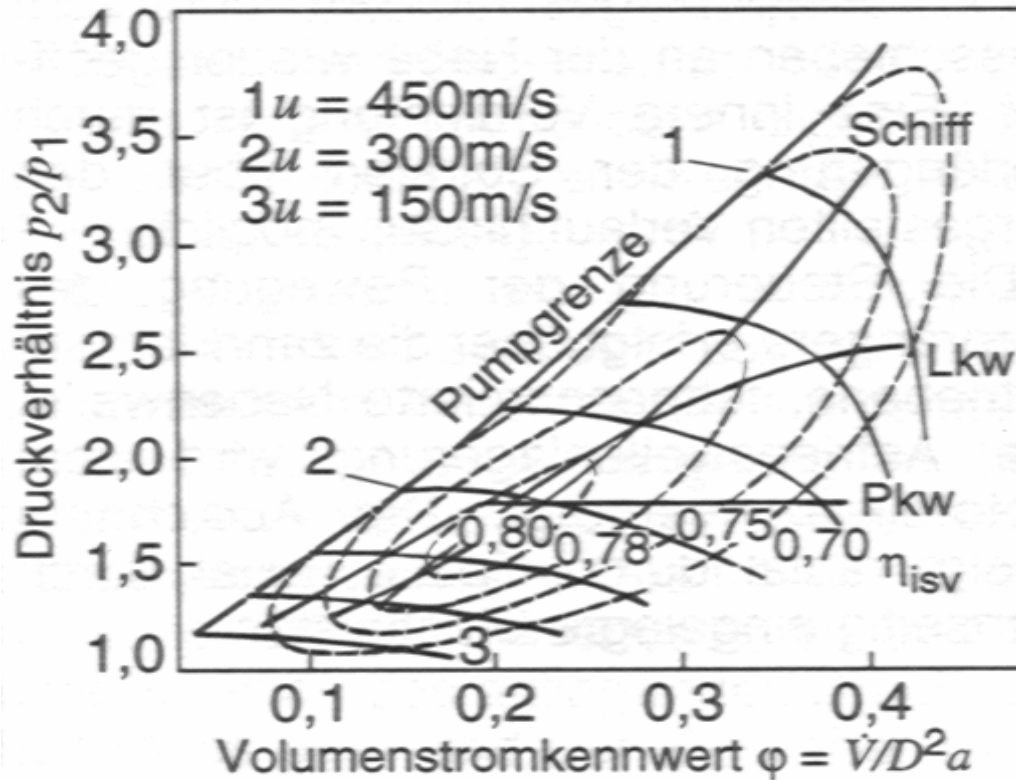
1 Gehäuse,
2 Außenläufer,
3 Innenläufer,
4 Austrittskante A,
5 Kammer III,
6 Kammer II,
7 Kammer I.



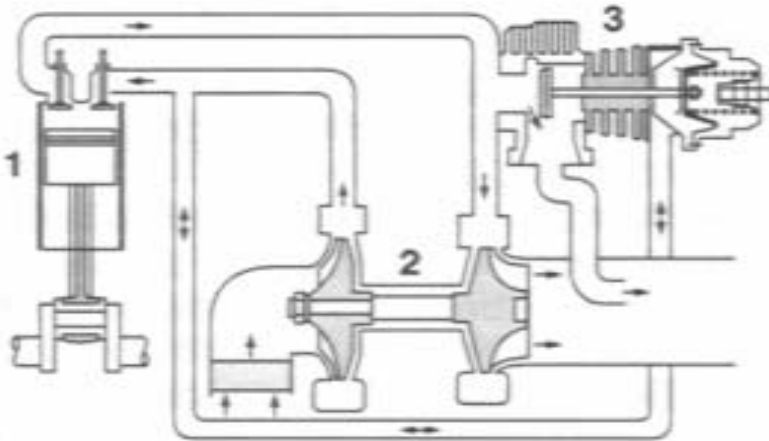


- 1 Verdichtergehäuse,
- 2 Verdichterrad,
- 3 Turbinengehäuse,
- 4 Läufer,
- 5 Lagergehäuse,
- 6 zuströmendes Abgas,
- 7 abströmendes Abgas,
- 8 atmosphärische Frischluft,
- 9 vorverdichtete Frischluft,
- 10 Ötzulauf,
- 11 Ölrücklauf.

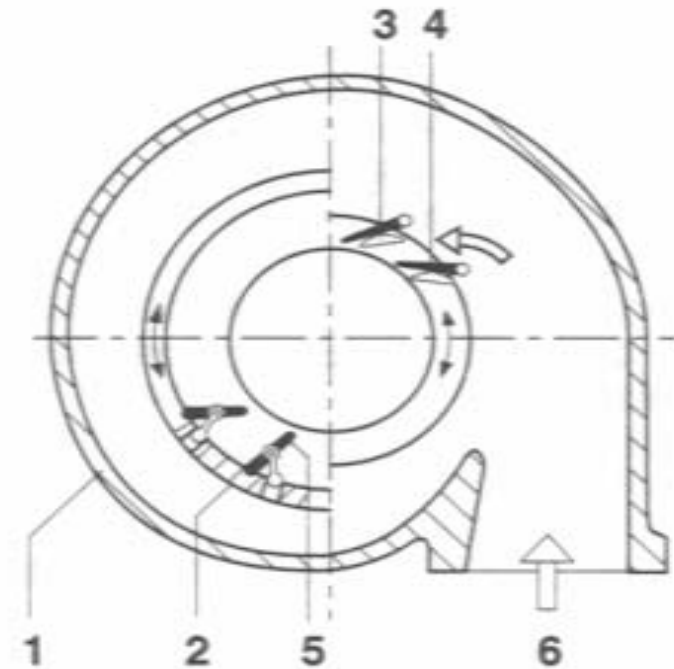
**Größenunabhängiges Verdichter kennfeld
mit typischen Motorbetriebslinien.**

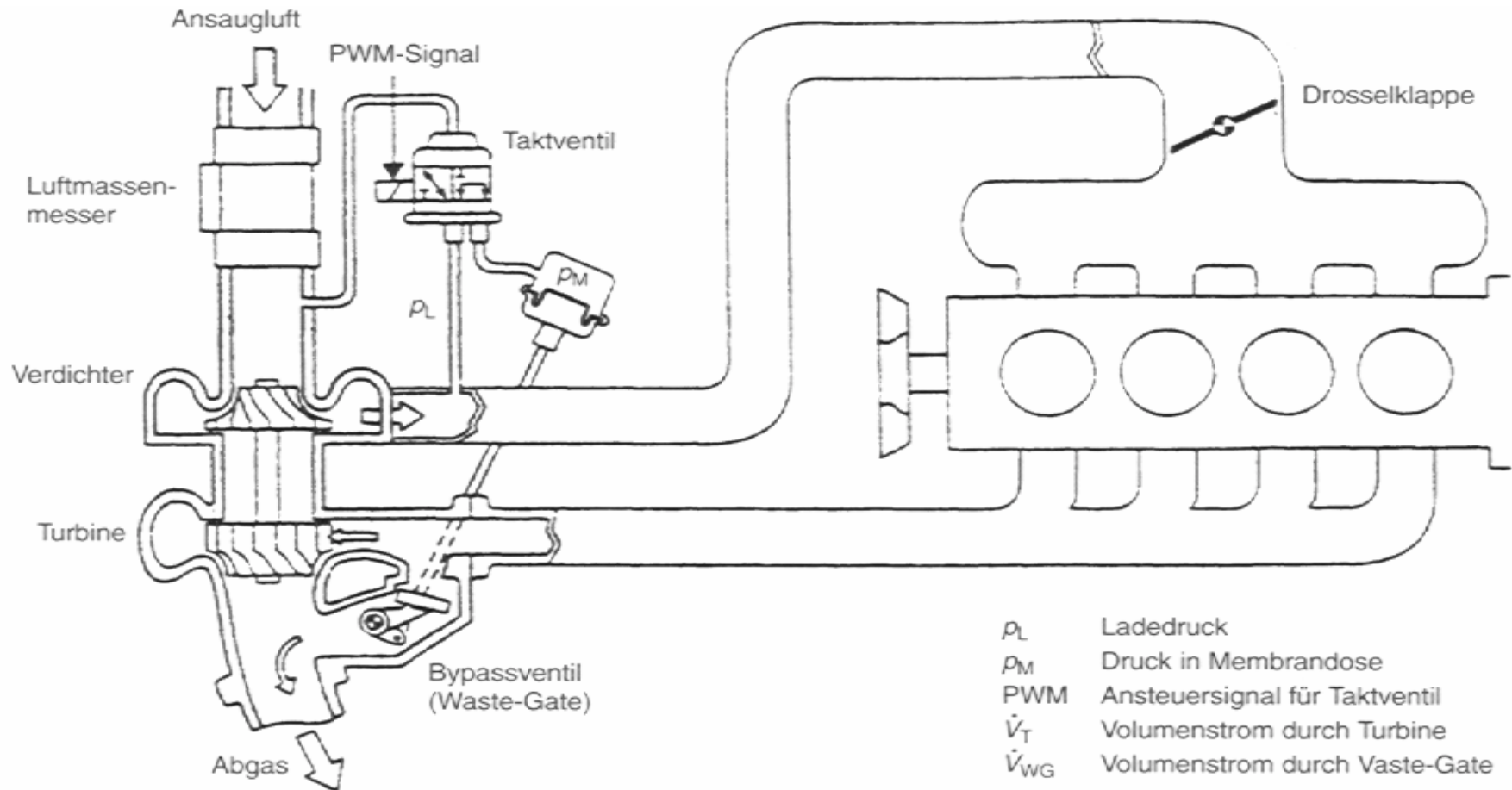


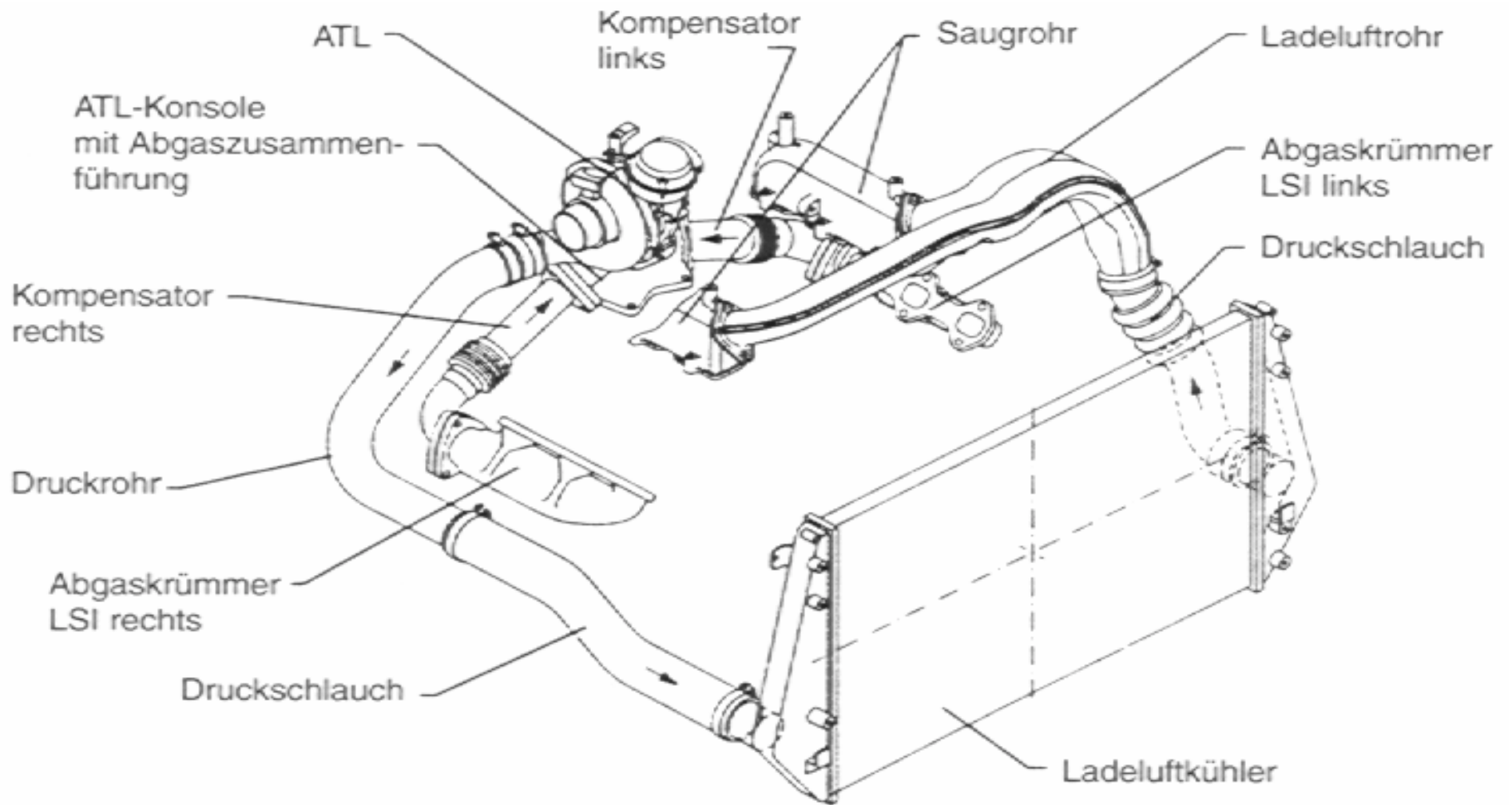
Ladedruckregelung mit abgasseitig angeordnetem Ladedruckregelventil.
 1 Motor, 2 Abgasturbolader, 3 Ladedruckregelventil.

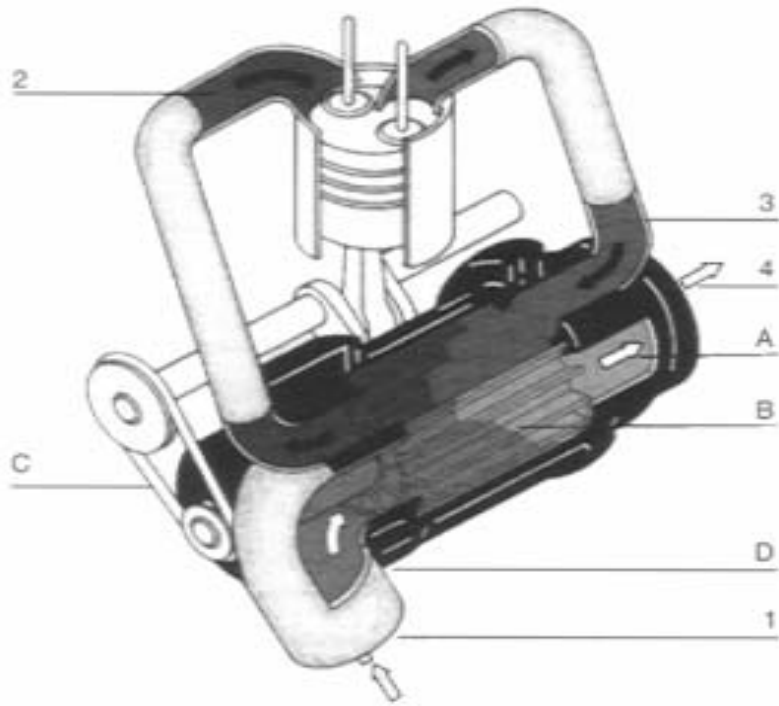


Variable Turbinengeometrie (Schema).
 1 Turbinengehäuse, 2 Verstellring, 3 Verstellnocken, 4 Drehschaufeln, 5 Drehschaufeln mit Verstellhebel, 6 Lufteintritt.

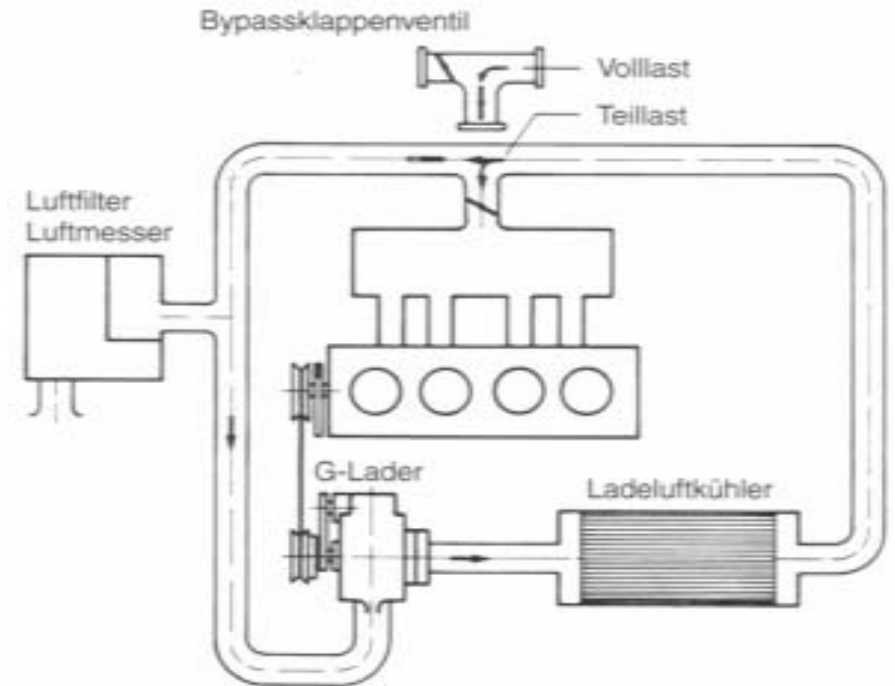


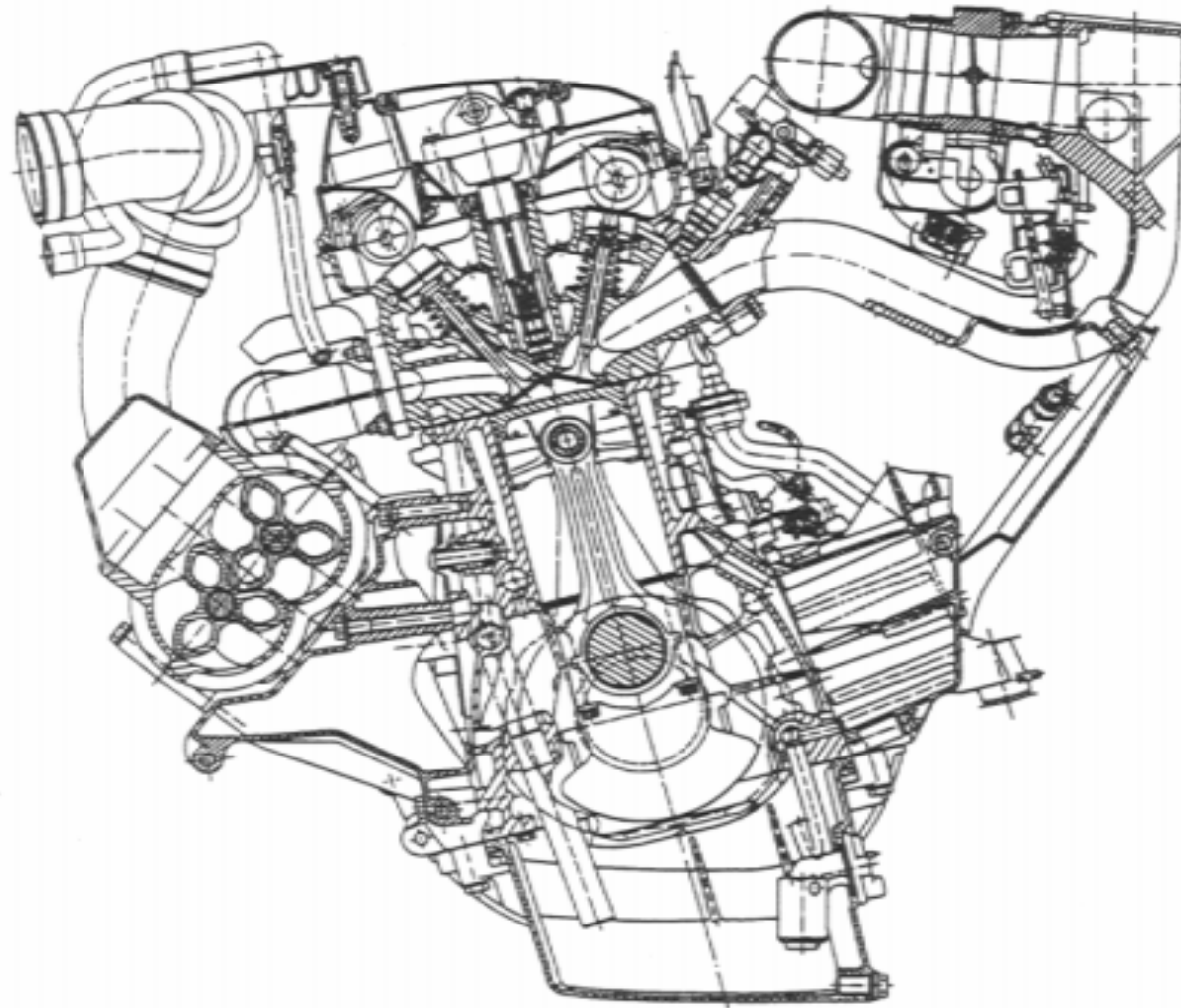


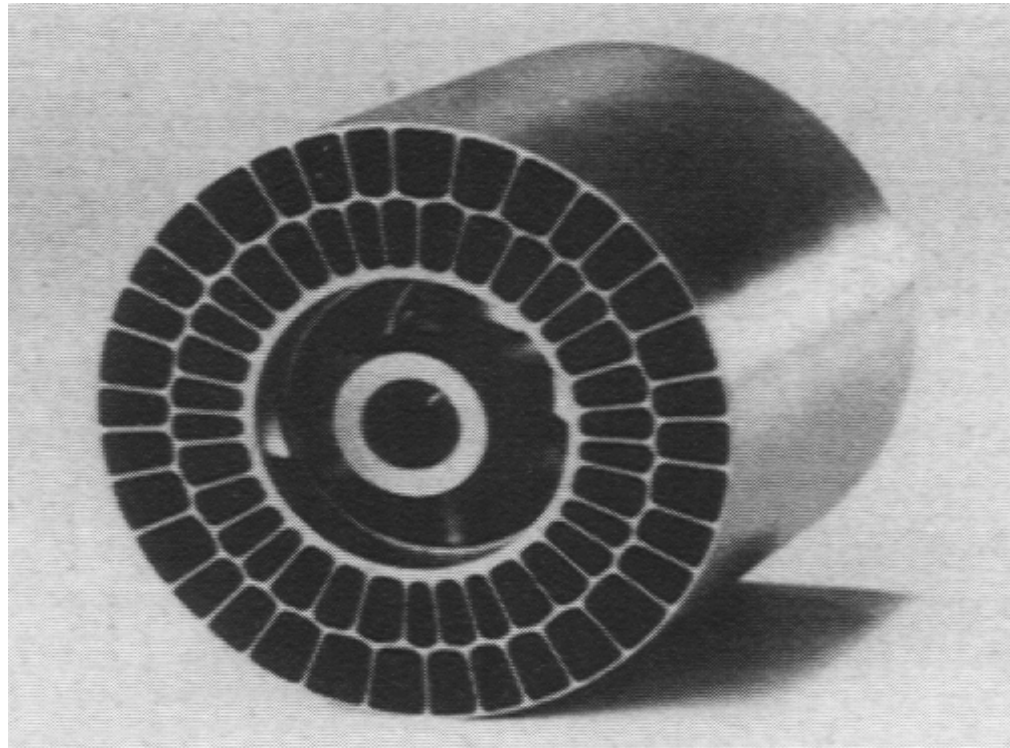


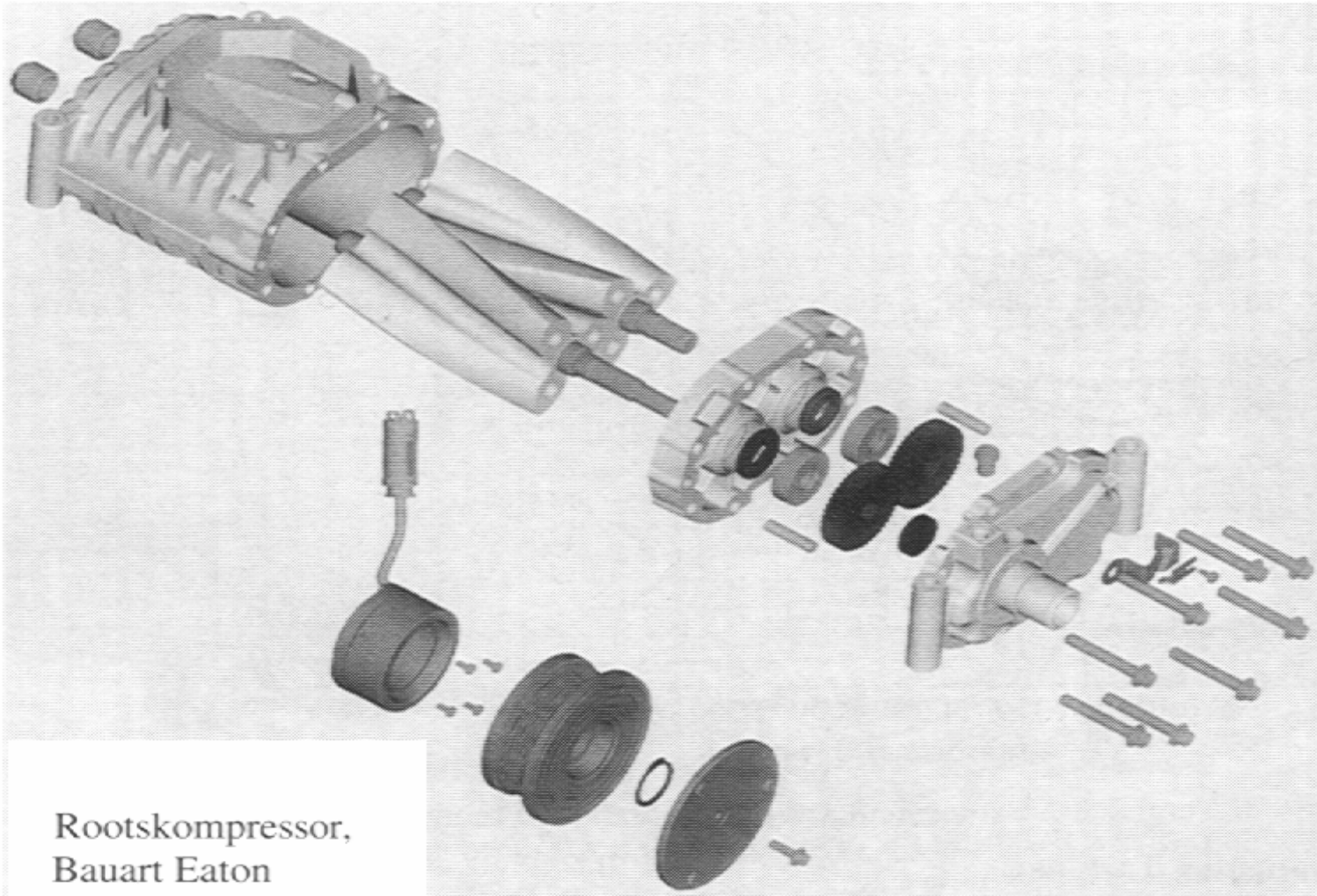


- A Gasgehäuse
- B Rotor
- C Keilriemen
- D Luftgehäuse
- 1 Ansaugluft
- 2 Ladeluft
- 3 Abgas vom Motor
- 4 Auspuff

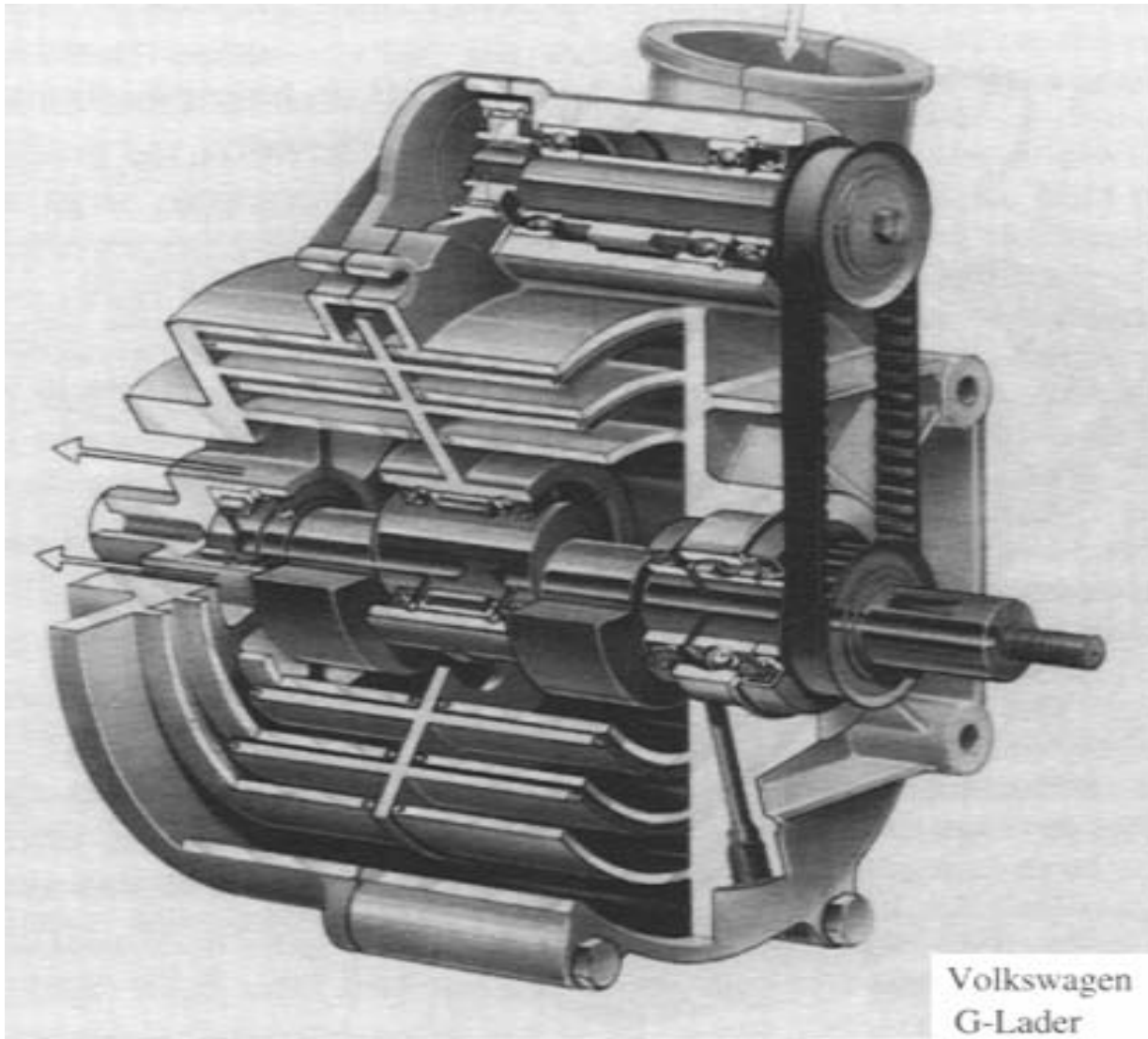






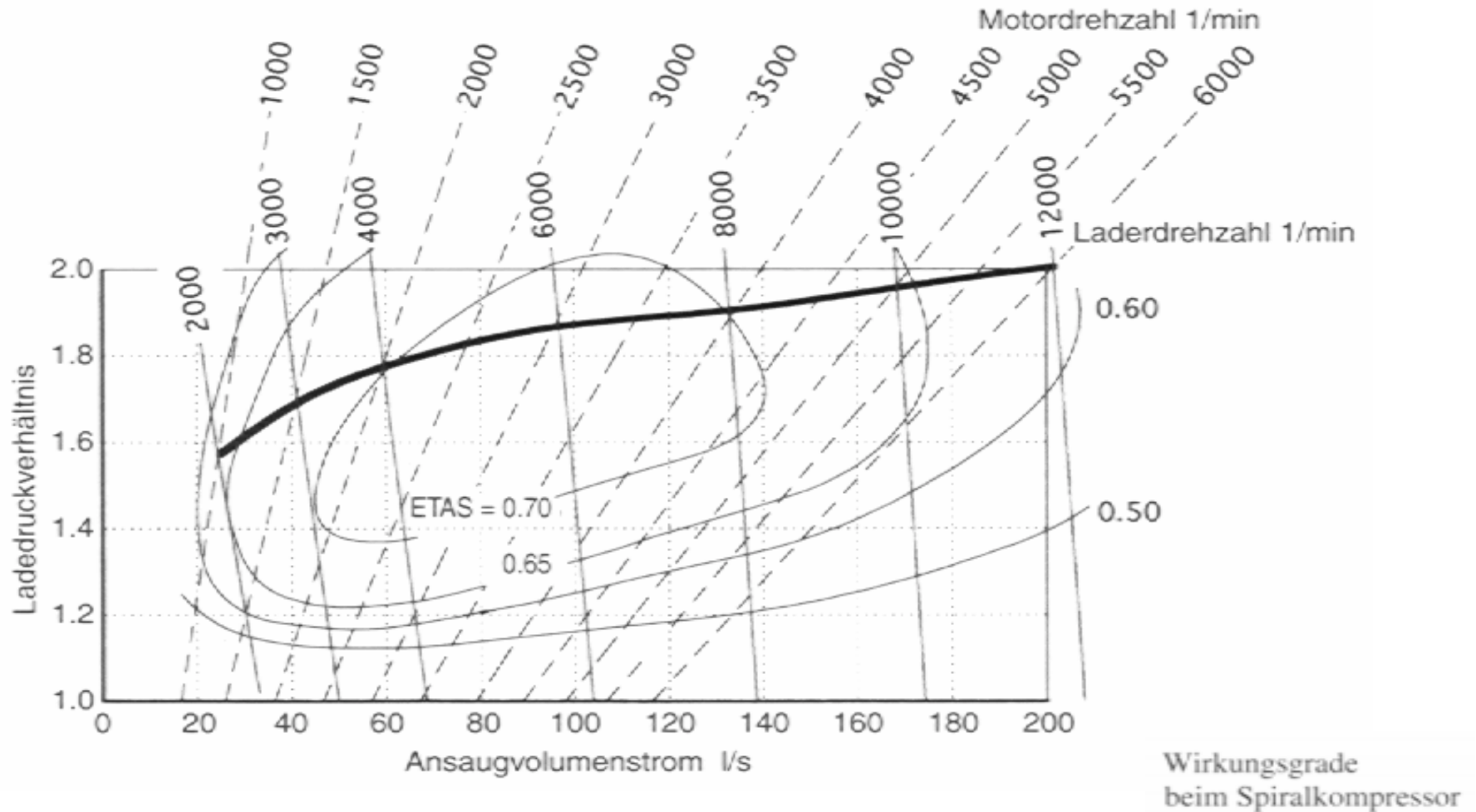


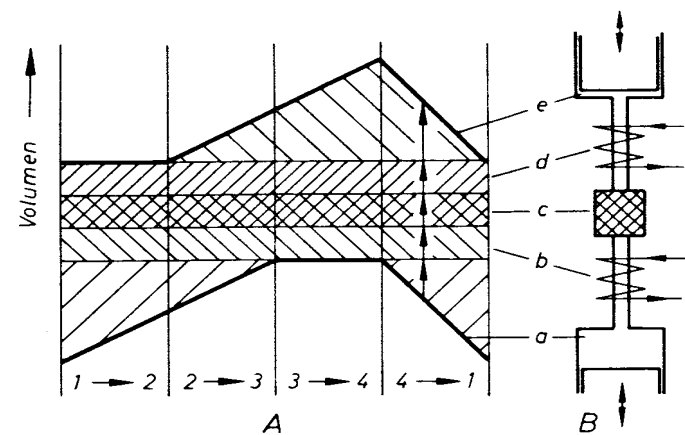
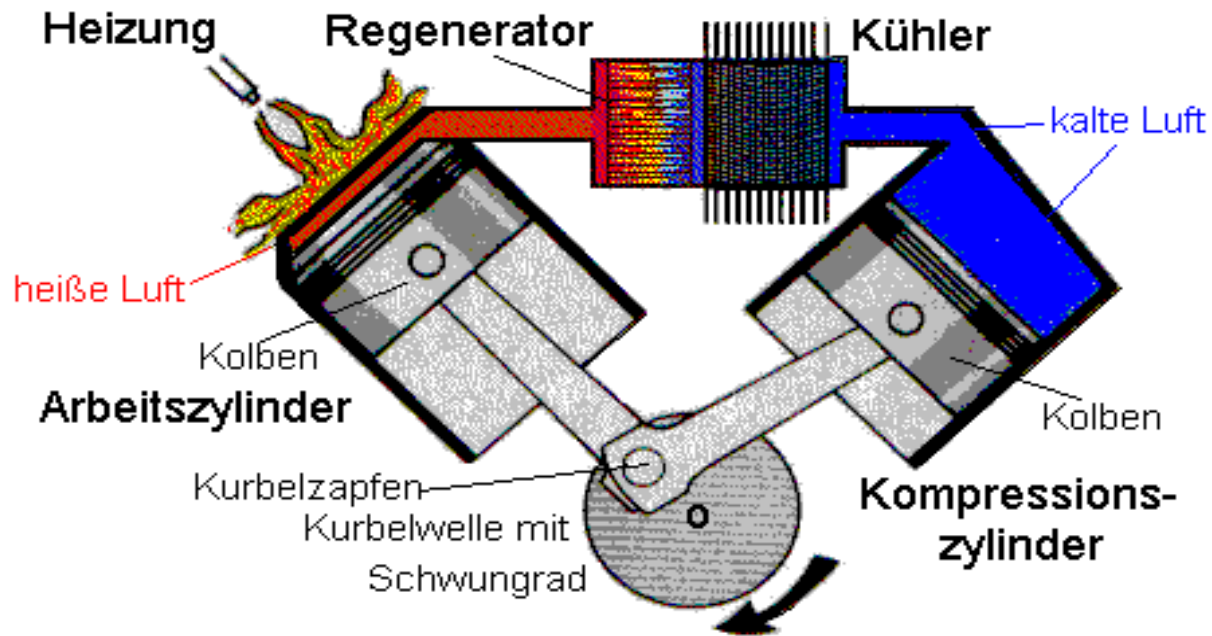
Rootskompressor,
Bauart Eaton

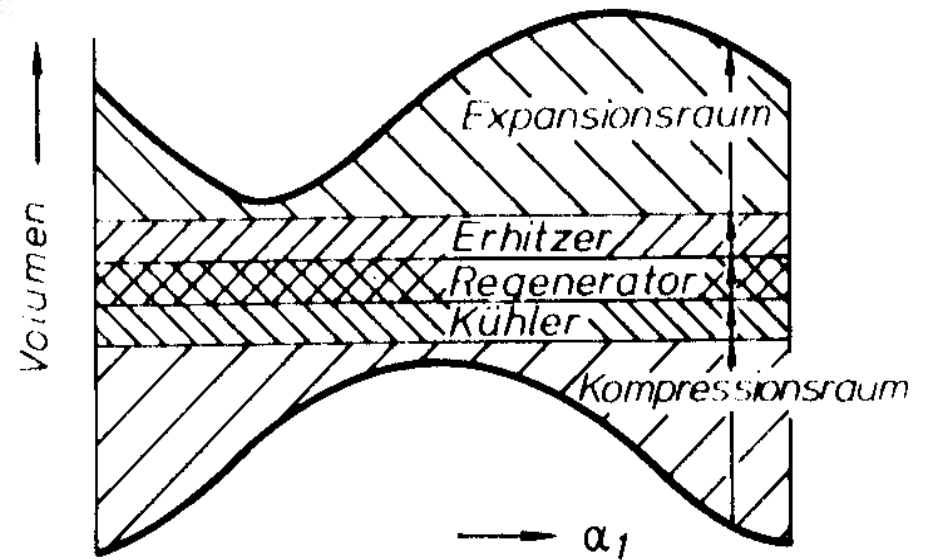
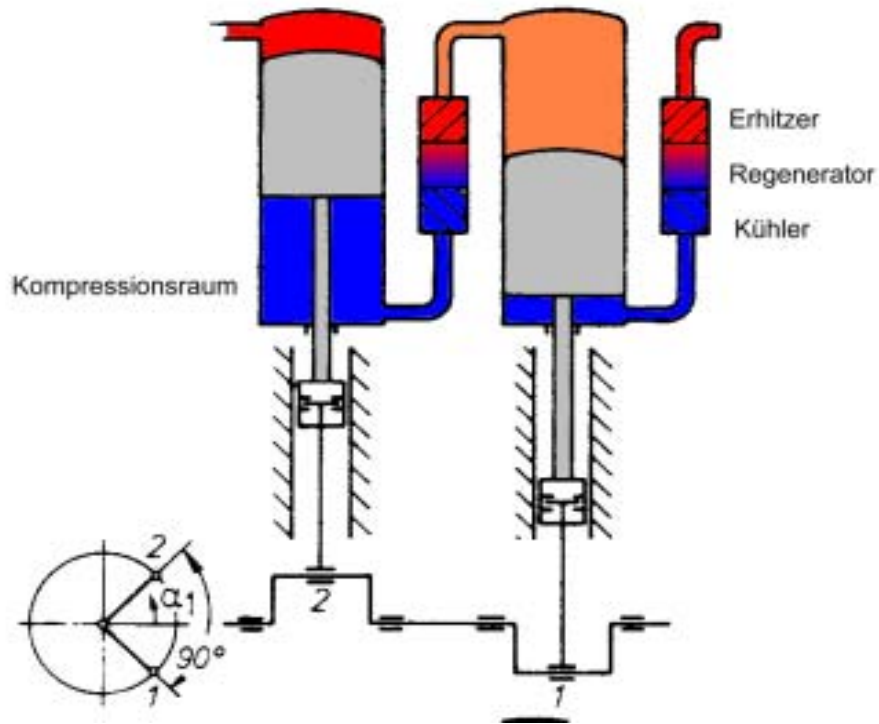


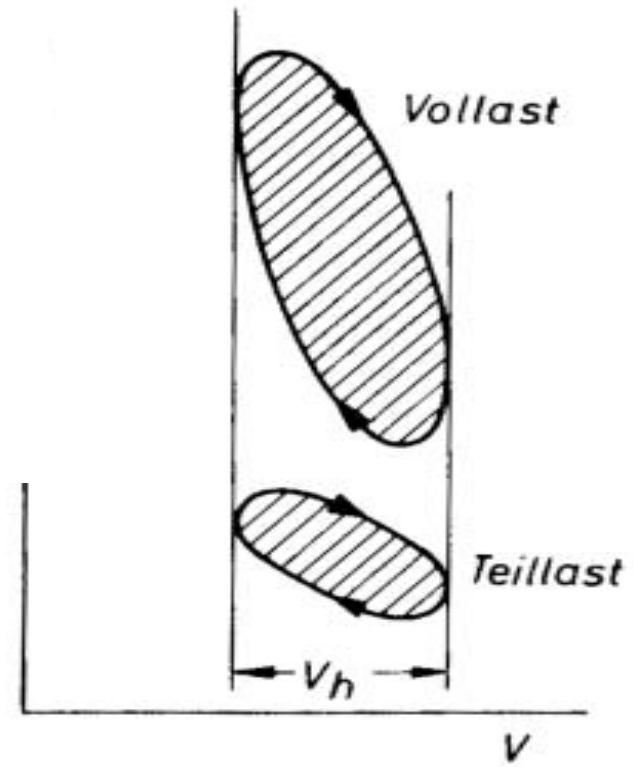
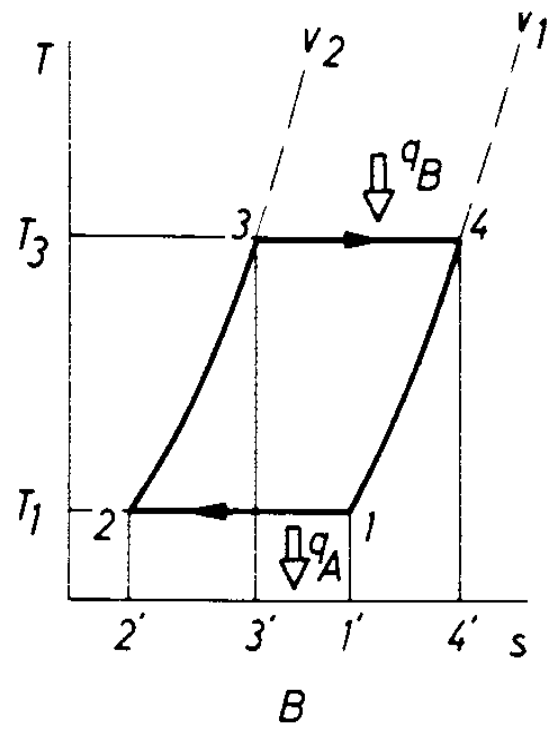
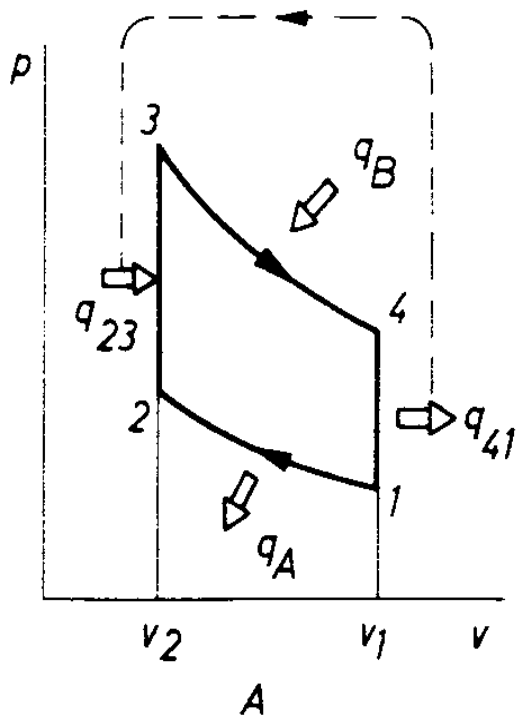
Volkswagen
G-Lader

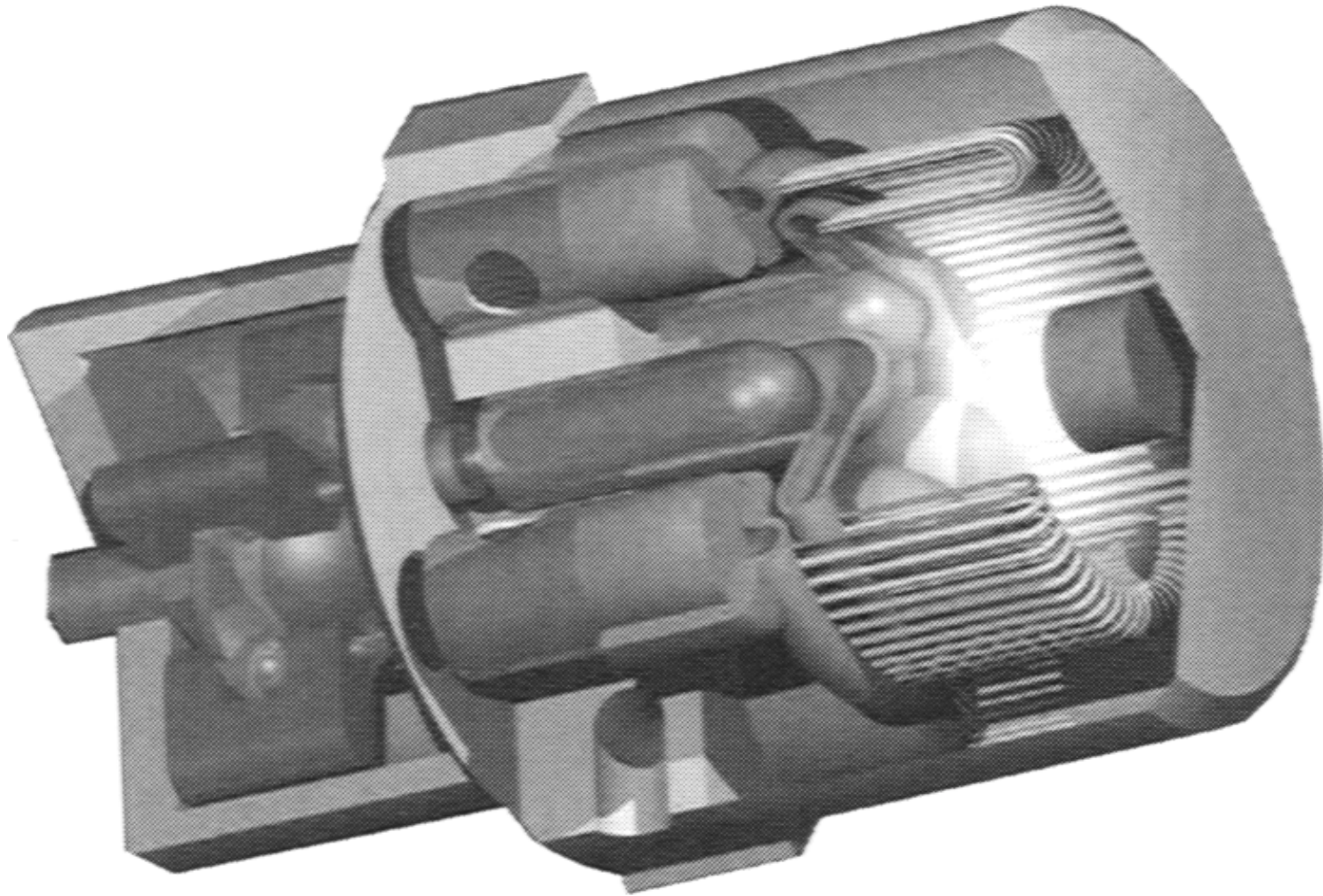


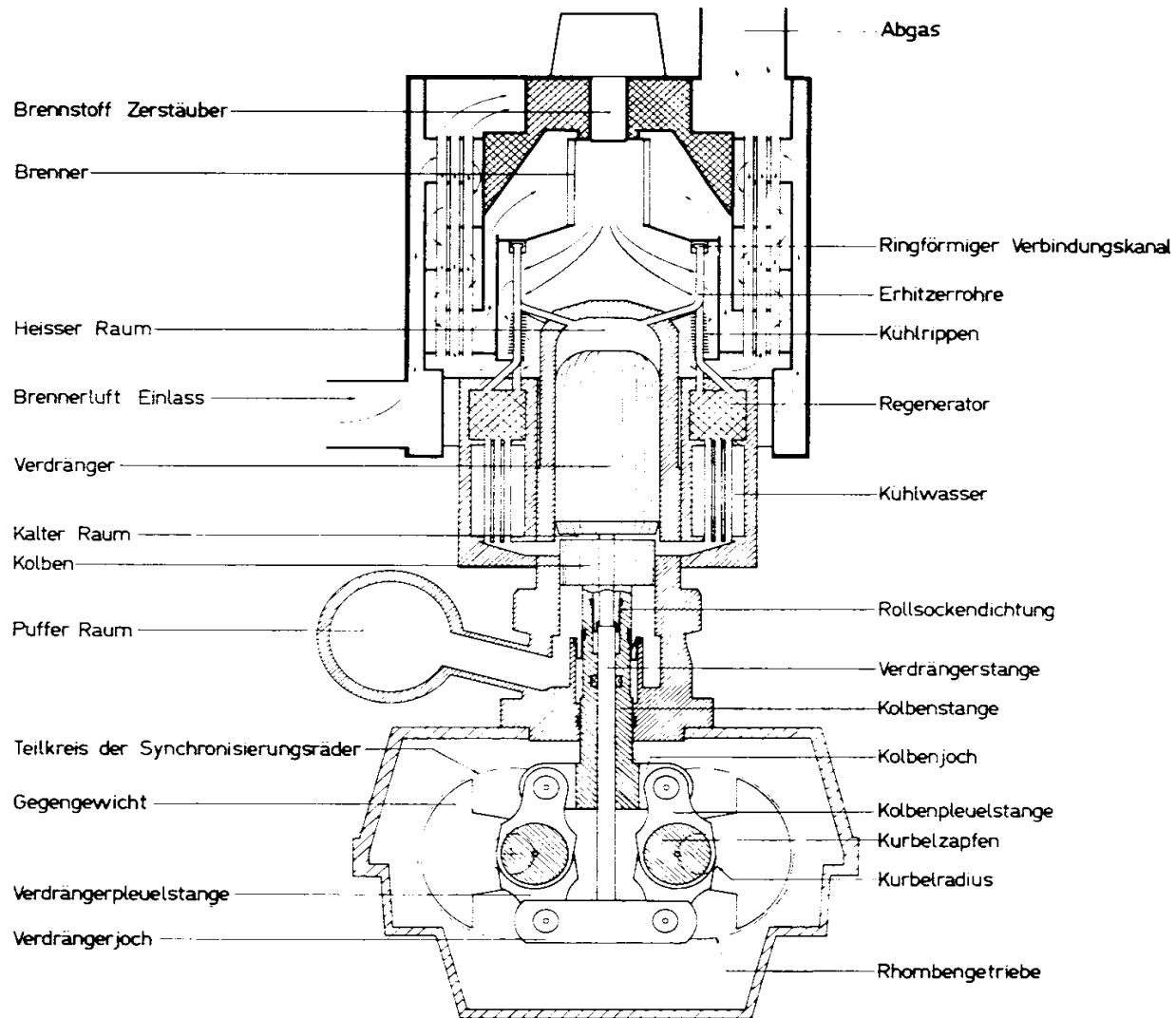


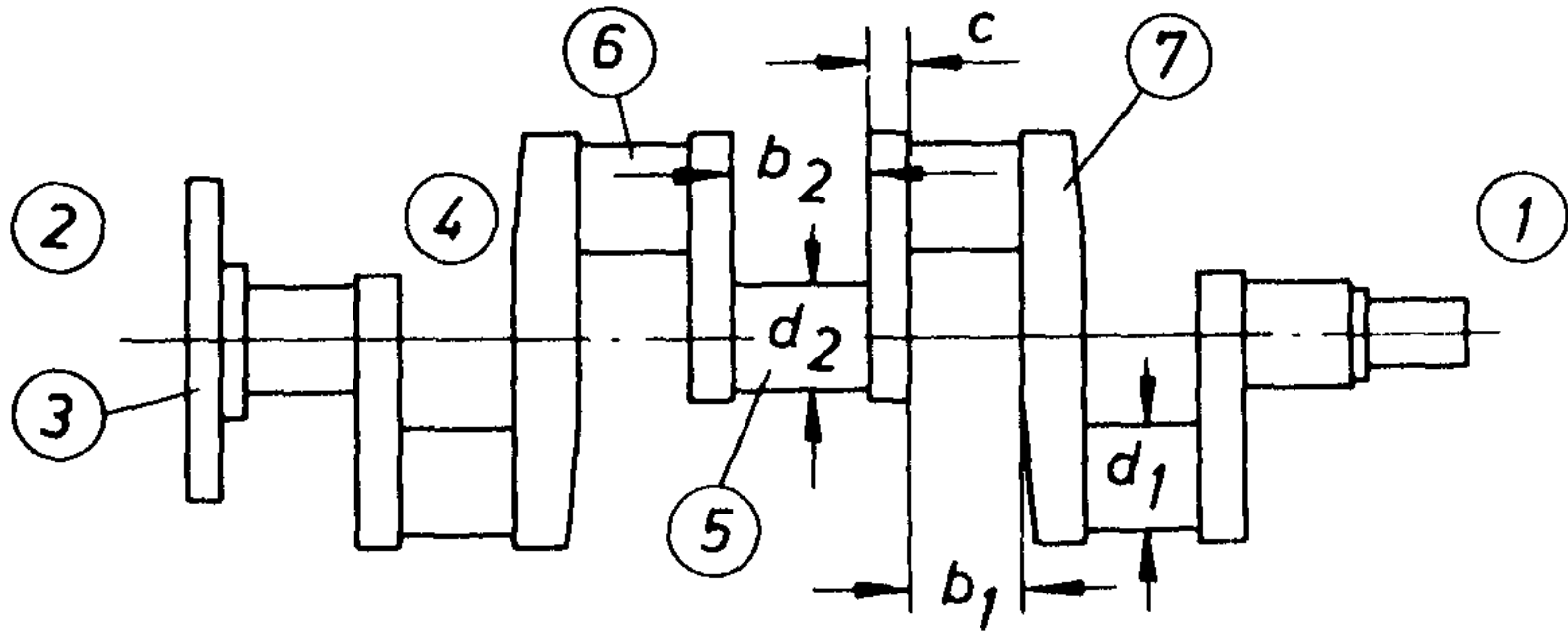












- | | |
|----------------------------|-----------------|
| 1) Freies Kurbelwellenende | 4) Kröpfung |
| 2) Abtriebsende | 5) Wellenzapfen |
| 3) Schwungradflansch | 6) Kurbelzapfen |
| | 7) Kurbelwange |

	Wellenzapfen		Kurbelzapfen		Kurbel-	c	Zylinder-
	d_2	b_2	d_1	b_1	wangen-		abstand
					breite		
Otto-Reihen-Motor	0,7	0,6	0,55	0,6	0,9	0,5	1,1

	0,8	0,3	0,7	0,45	1,2	0,2	1,5
Otto-V-Motor	0,75	0,6	0,6	0,55	0,9	0,45	1,2

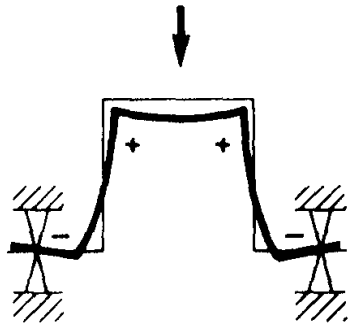
	0,85	0,3	0,75	0,4	1,2	0,2	1,6
Diesel-Reihen-Motor	0,7	0,65	0,65	0,6	1,0	0,4	1,25

	0,8	0,55	0,7	0,45	1,3	0,25	1,6
Diesel-V-Motor	0,7	0,6	0,7	0,6	1,0	0,35	1,4

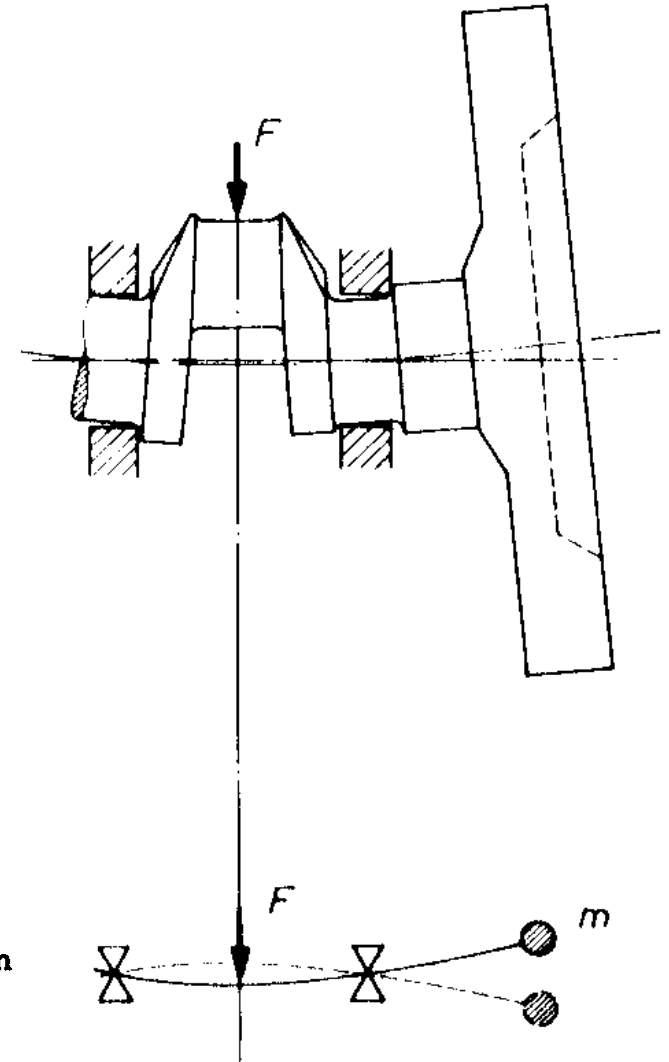
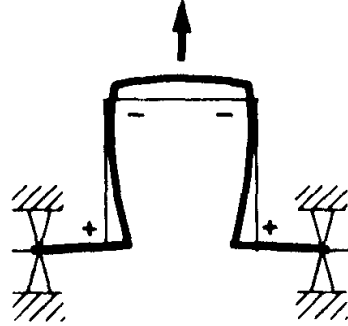
	0,85	0,5	0,75	0,4	1,35	0,2	2,0

Übliche Hauptabmessungen, bezogen auf den Zylinderdurchmesser

Gaskraft

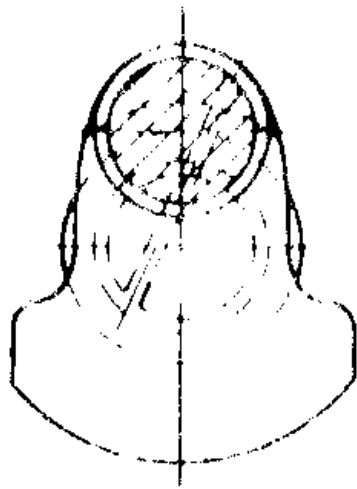


Massenkraft

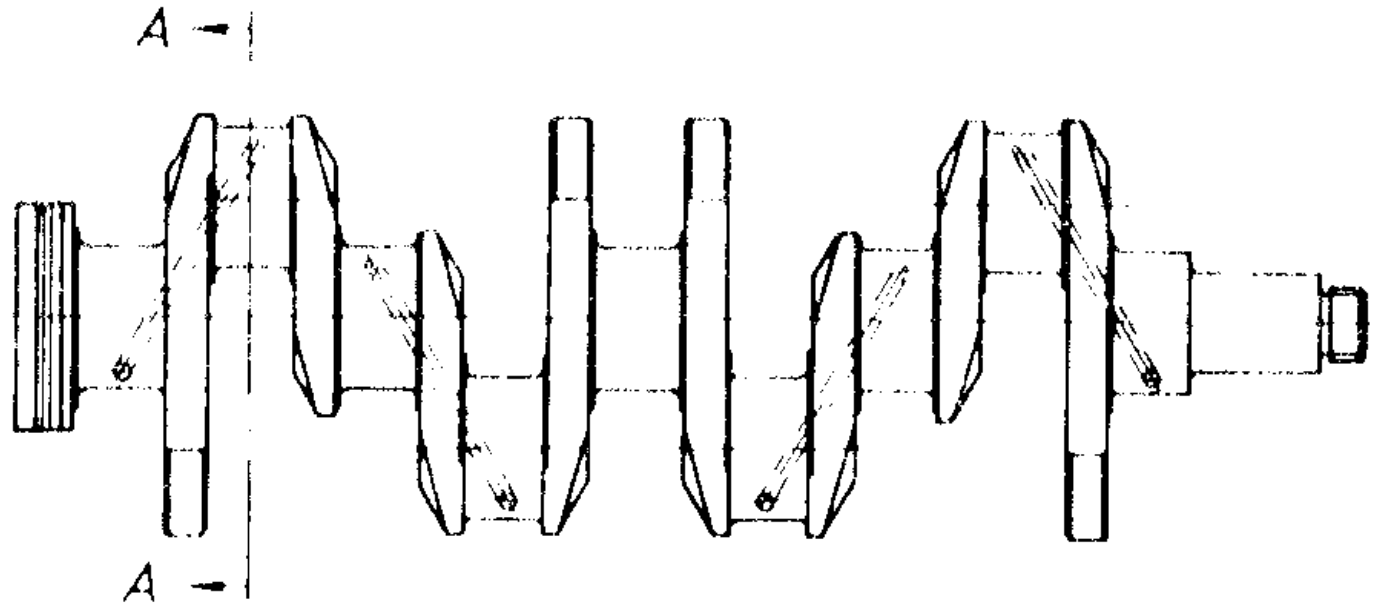


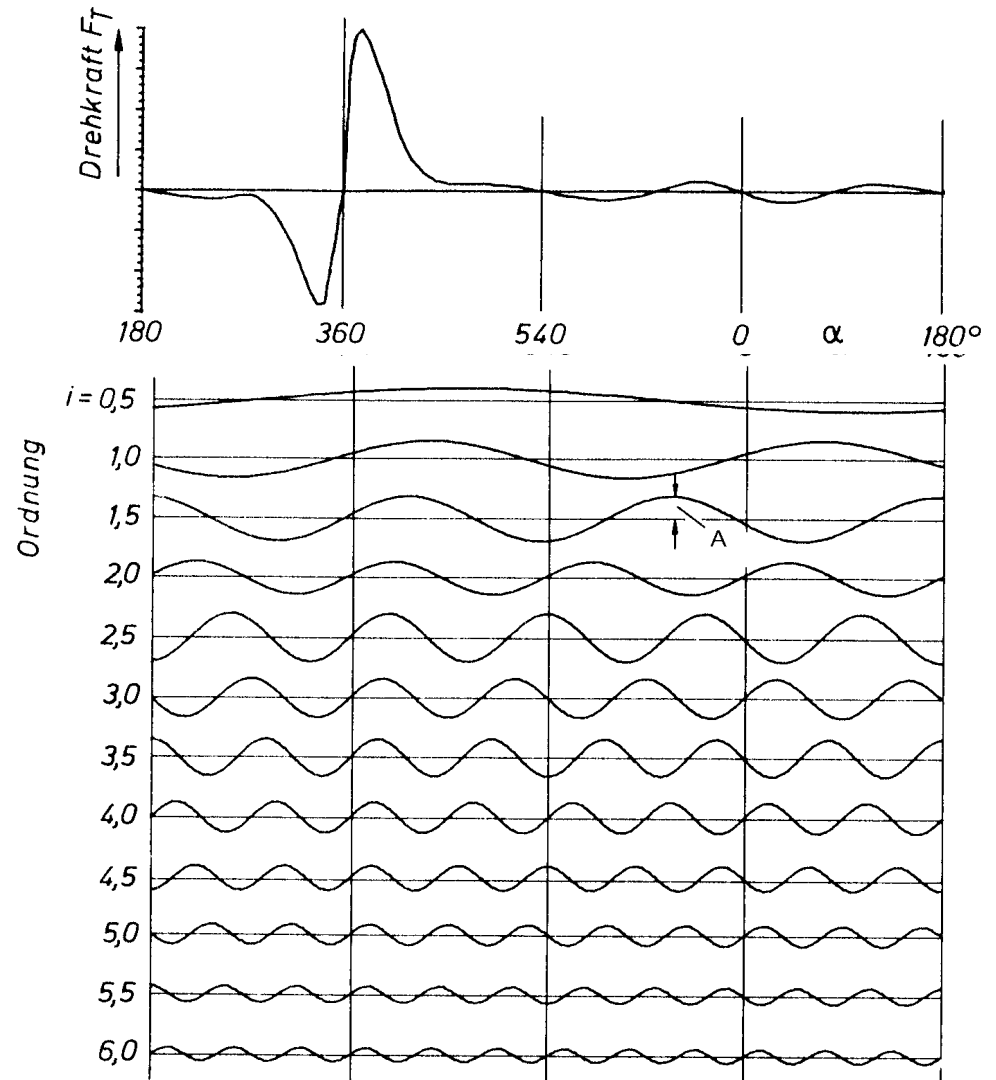
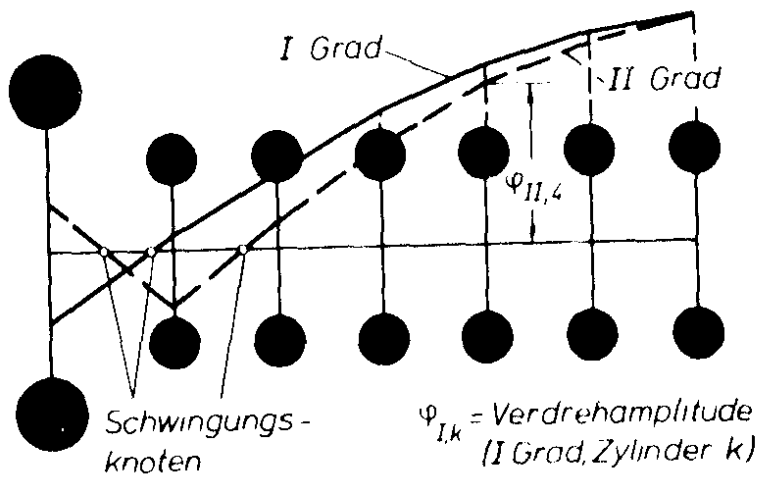
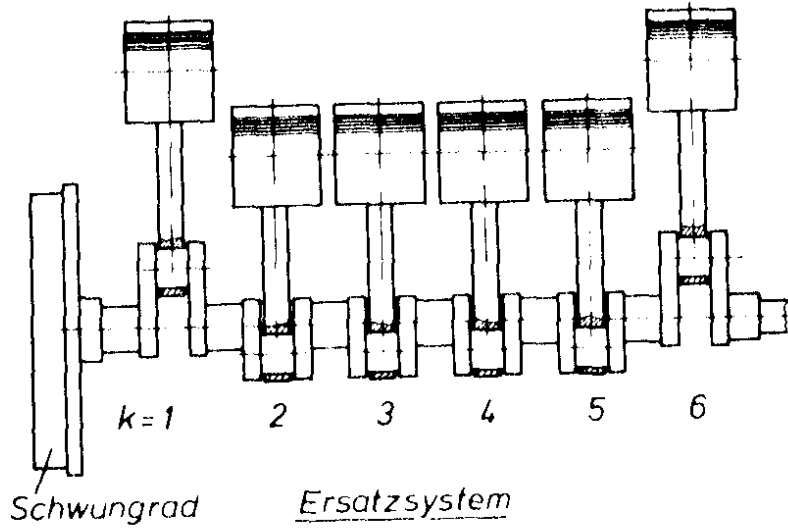
Anregung zum Flattern
des Schwungrades





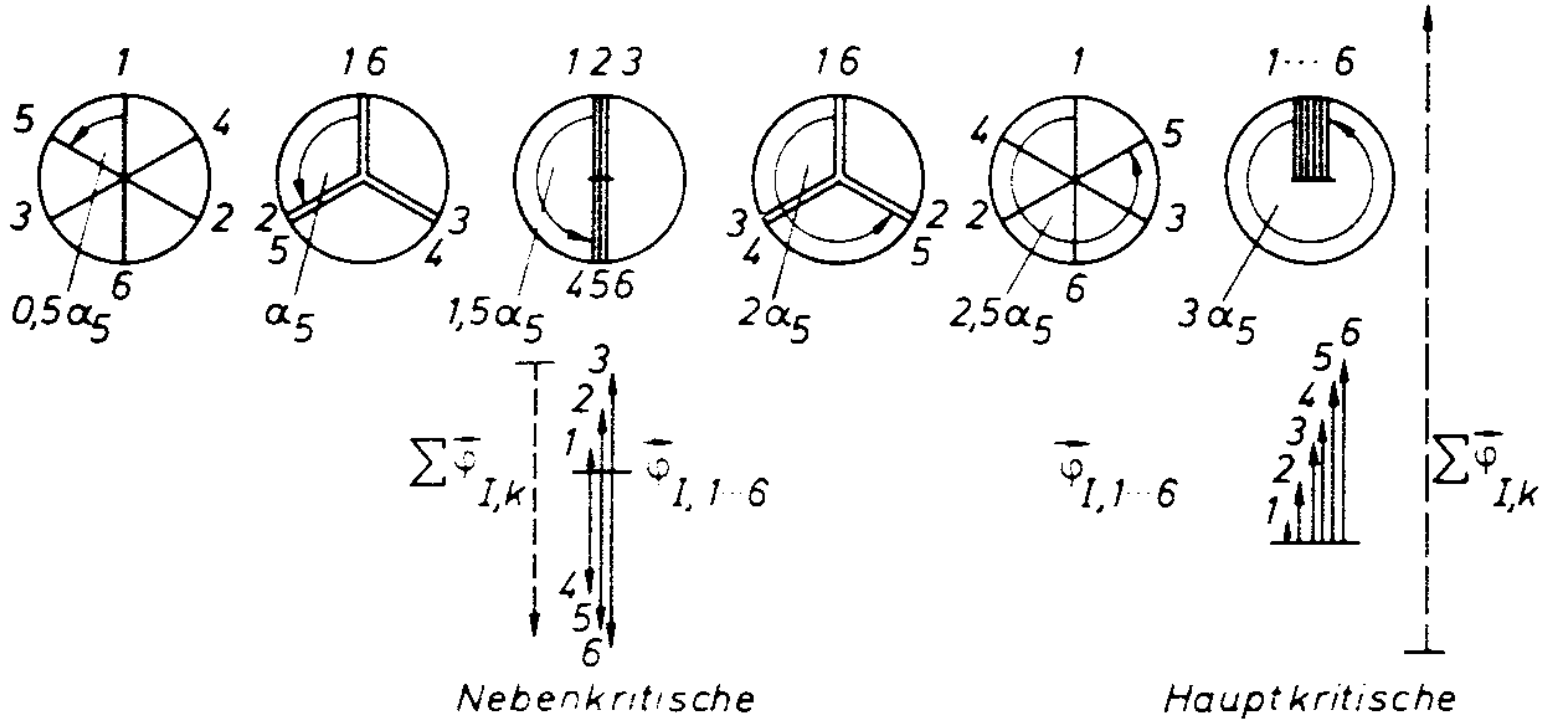
Schnitt A-A



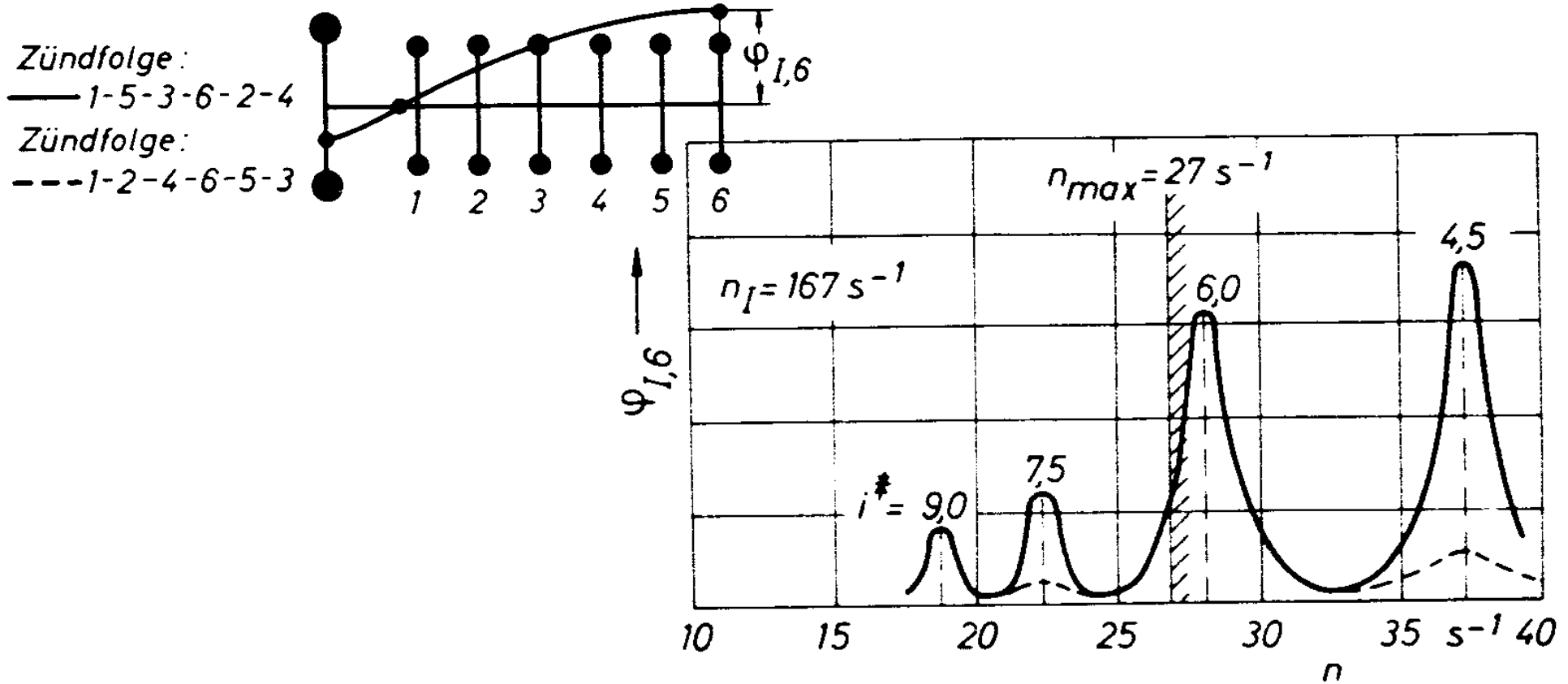
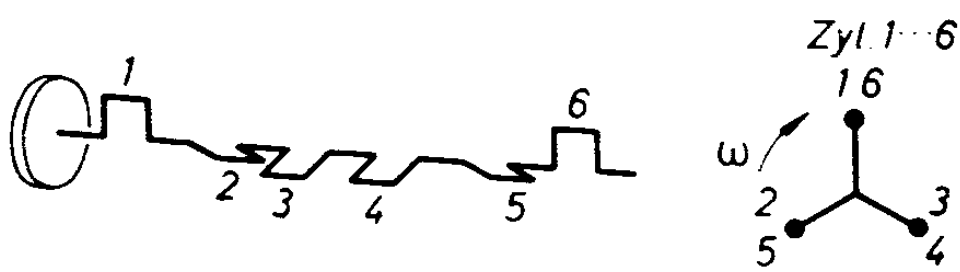


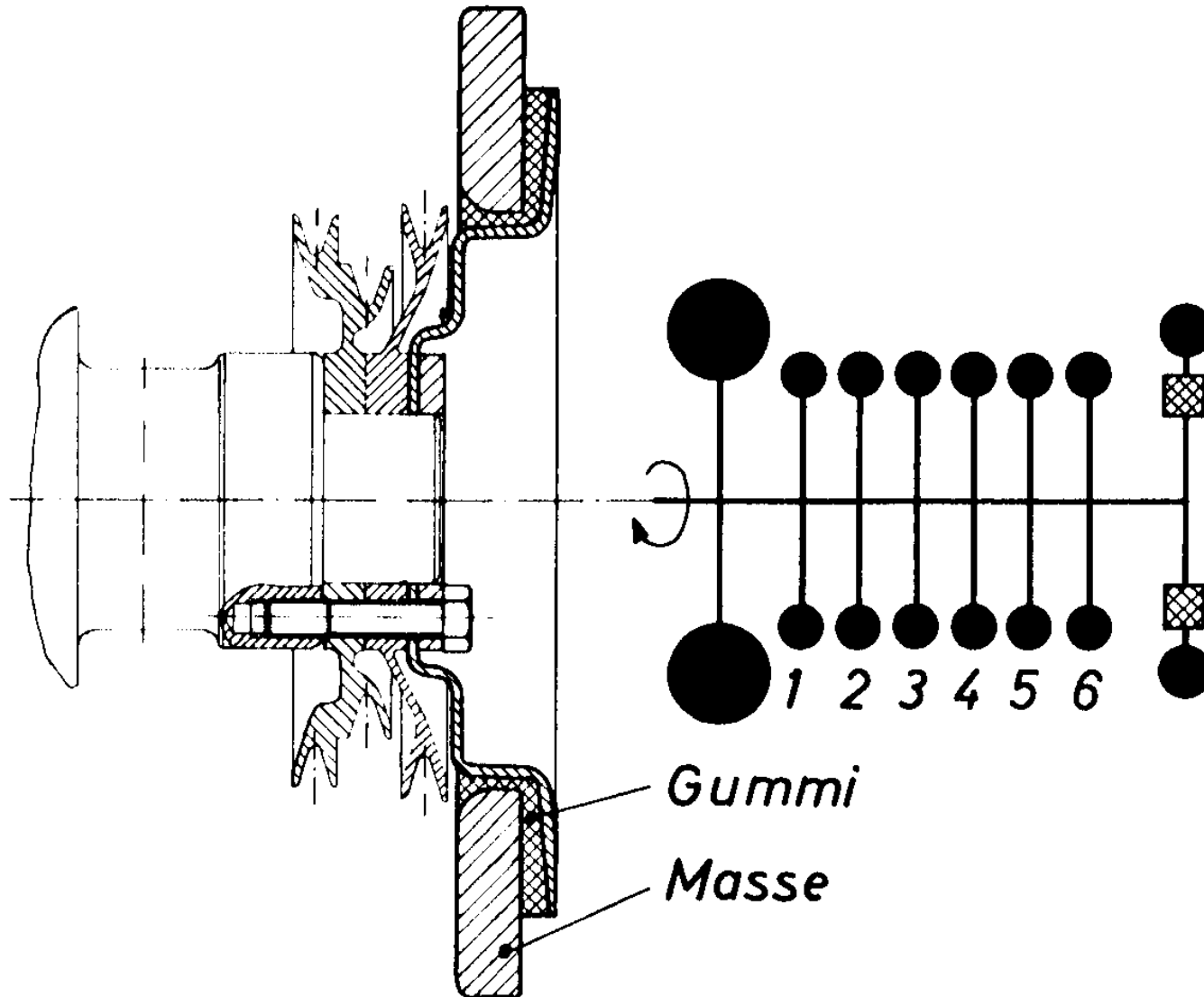
Ordnung i :

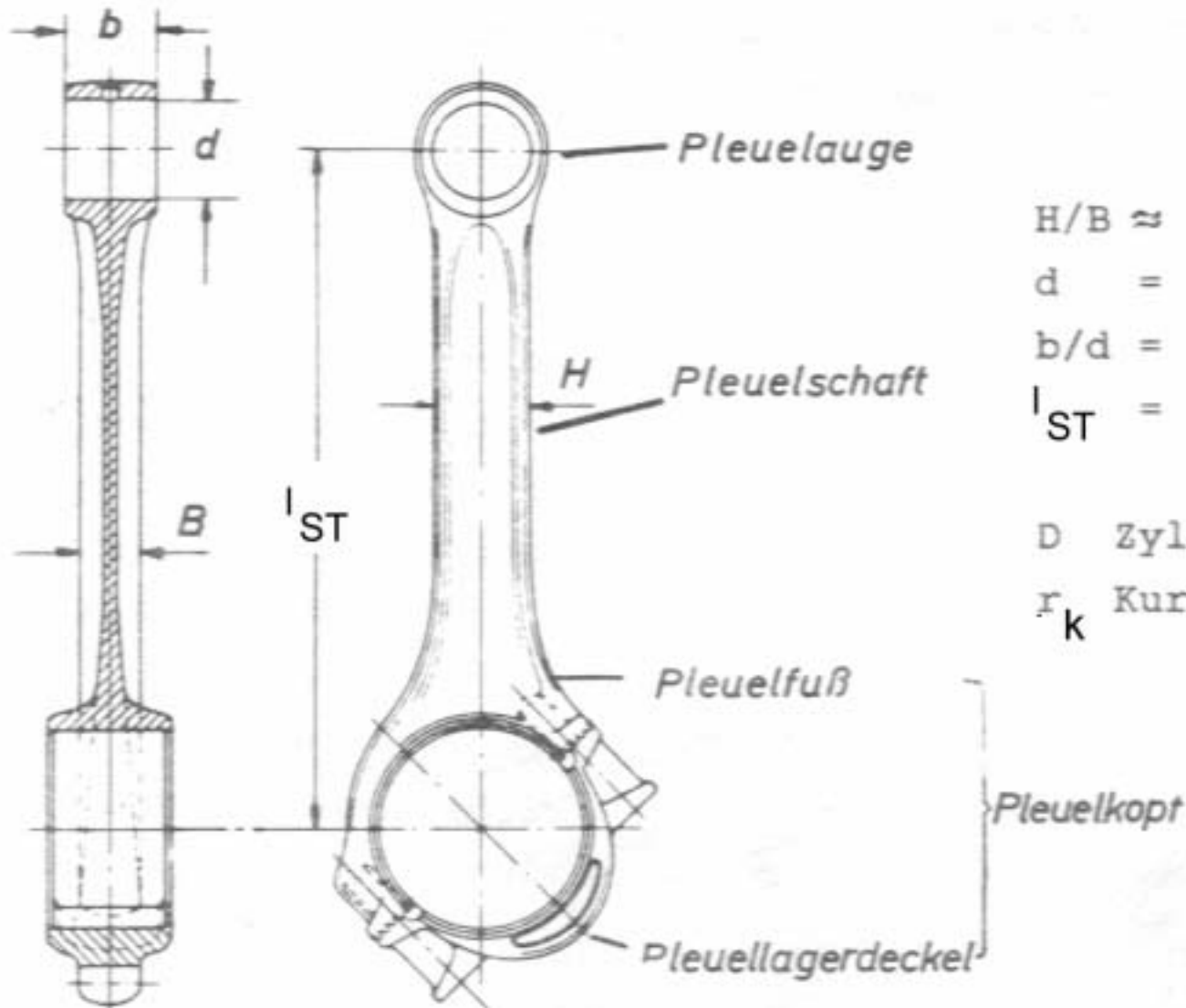
0,5	1	1,5	2	2,5	3
3,5	4	4,5	5	5,5	6
6,5	7	7,5	8	8,5	9



Richtungssterne und $\sum_{k=1}^z \bar{\varphi}_{I,k}$ für haupt- und nebenkritische Ordnungen für einen 6-Zylinder-Reihenmotor







$$H/B \approx 1,5$$

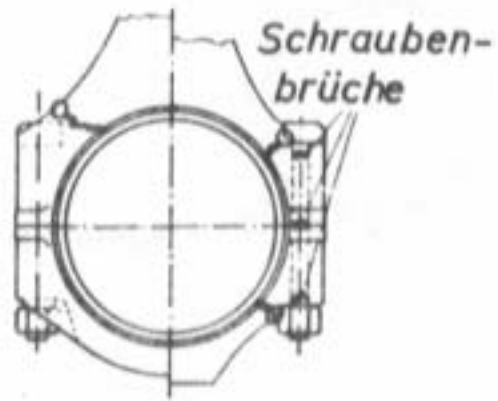
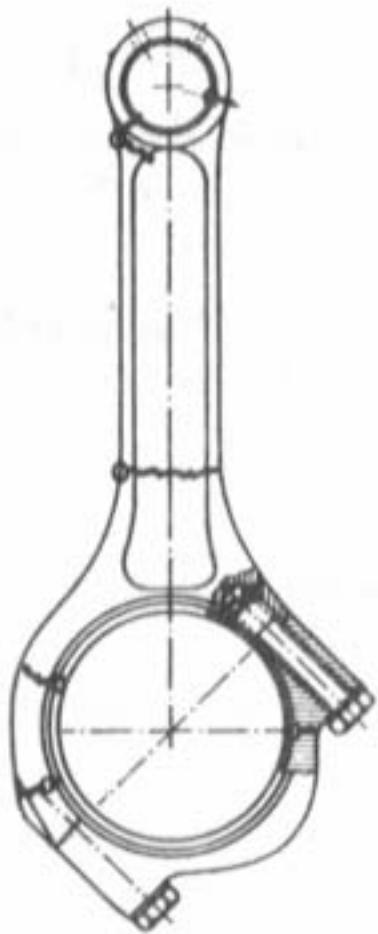
$$d = (0,25-0,45) D$$

$$b/d = 1 - 1,5$$

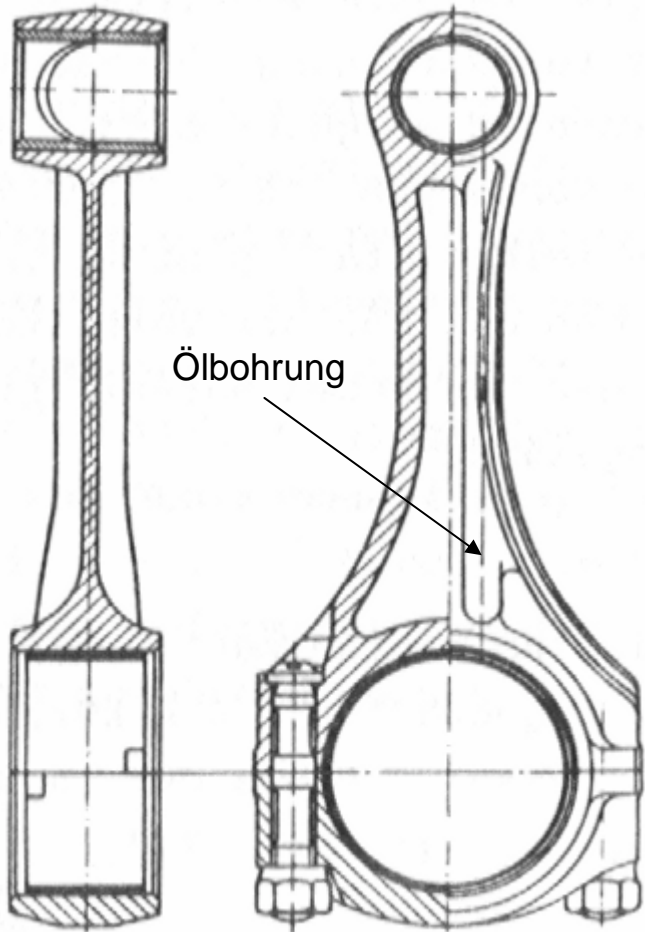
$$l_{ST} = (3,5-4,5) r_k$$

D Zylinderdurchmesser

r_k Kurbelradius

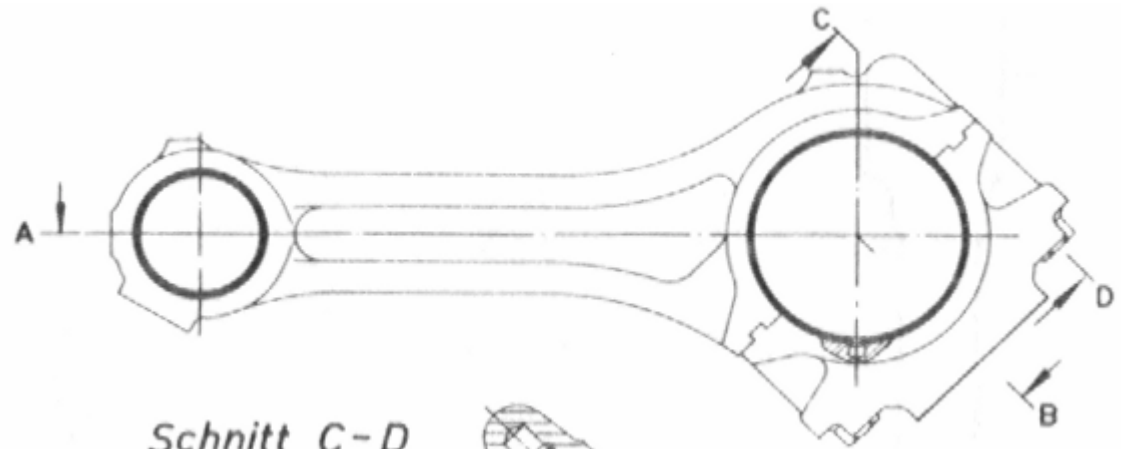


Bruchgefährdete Stellen des Pleuels



Ölbohrung

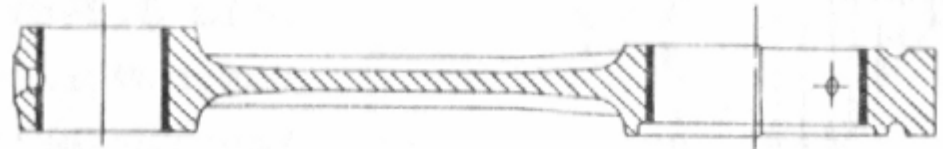
Gerade geteilte Pleuelstange



Schnitt C-D

Dieselmotor

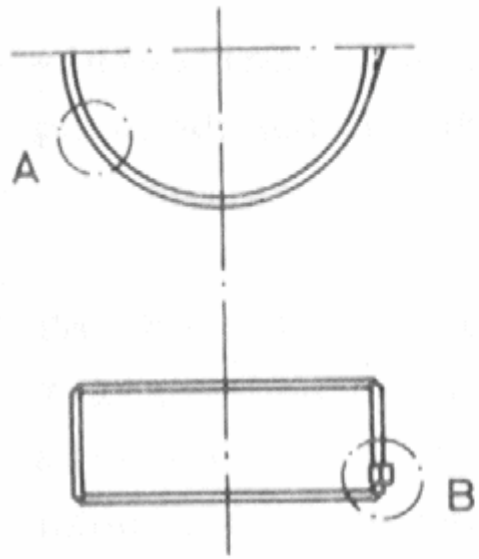
Schnitt A-B



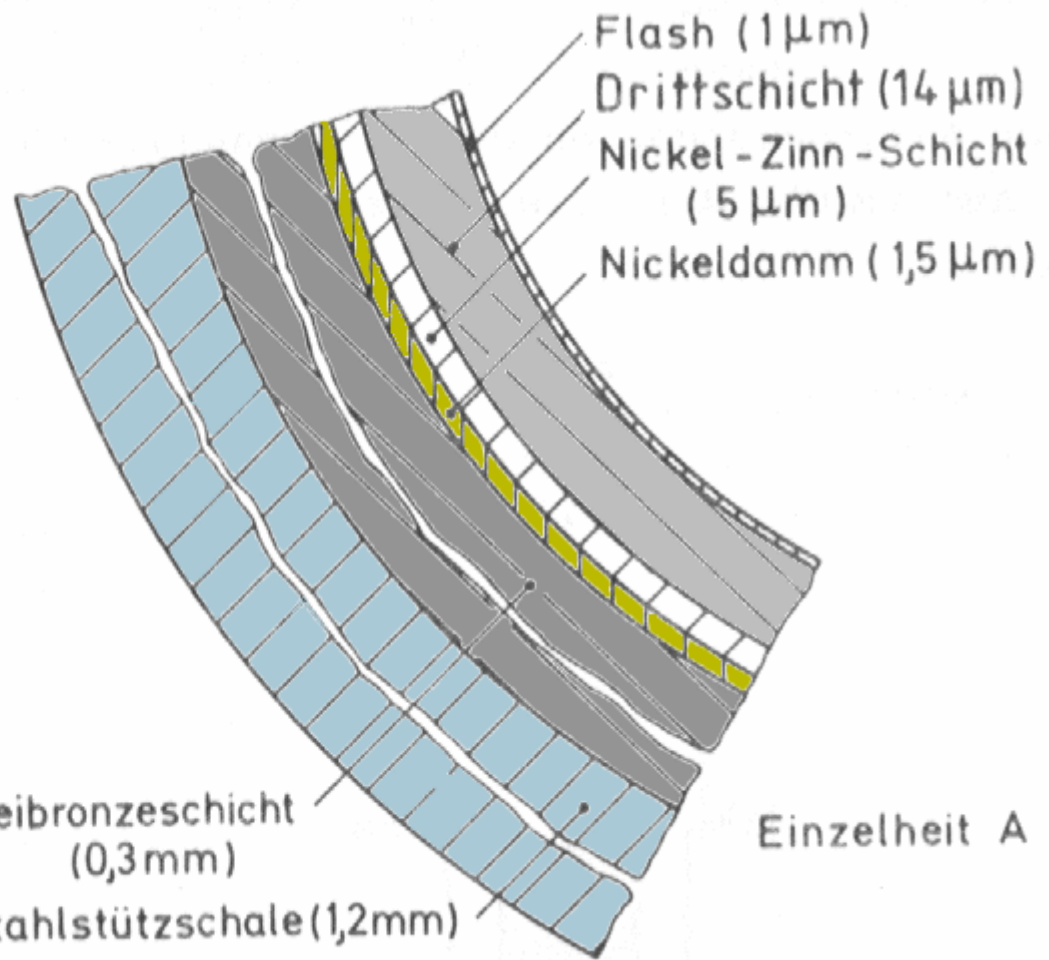
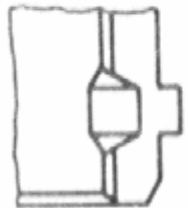
Schräg geteilte Pleuelstange



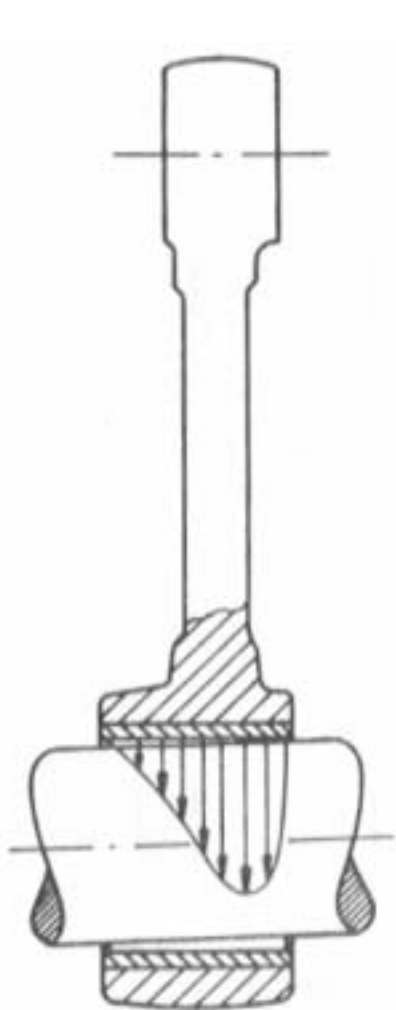
Pleuel-Lagerschale



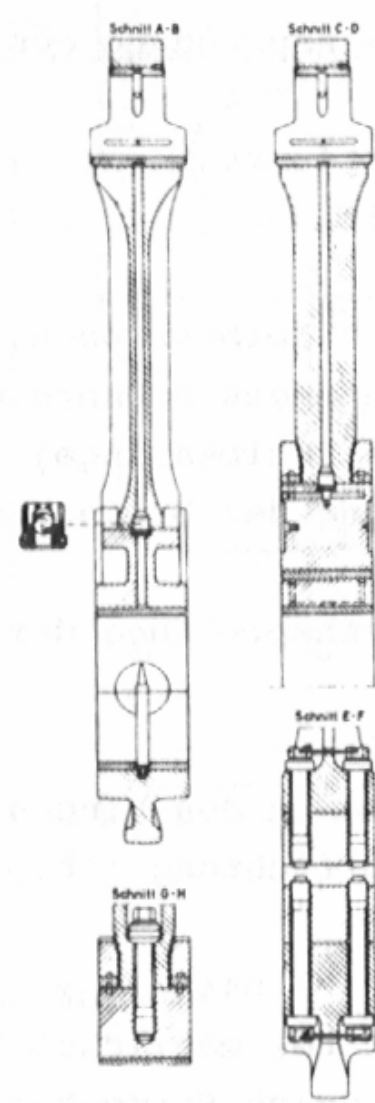
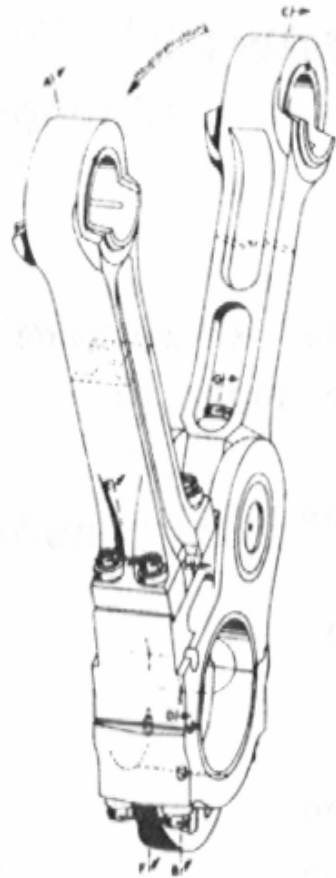
Einzelheit B



Mehrstofflager für hohe Beanspruchungen

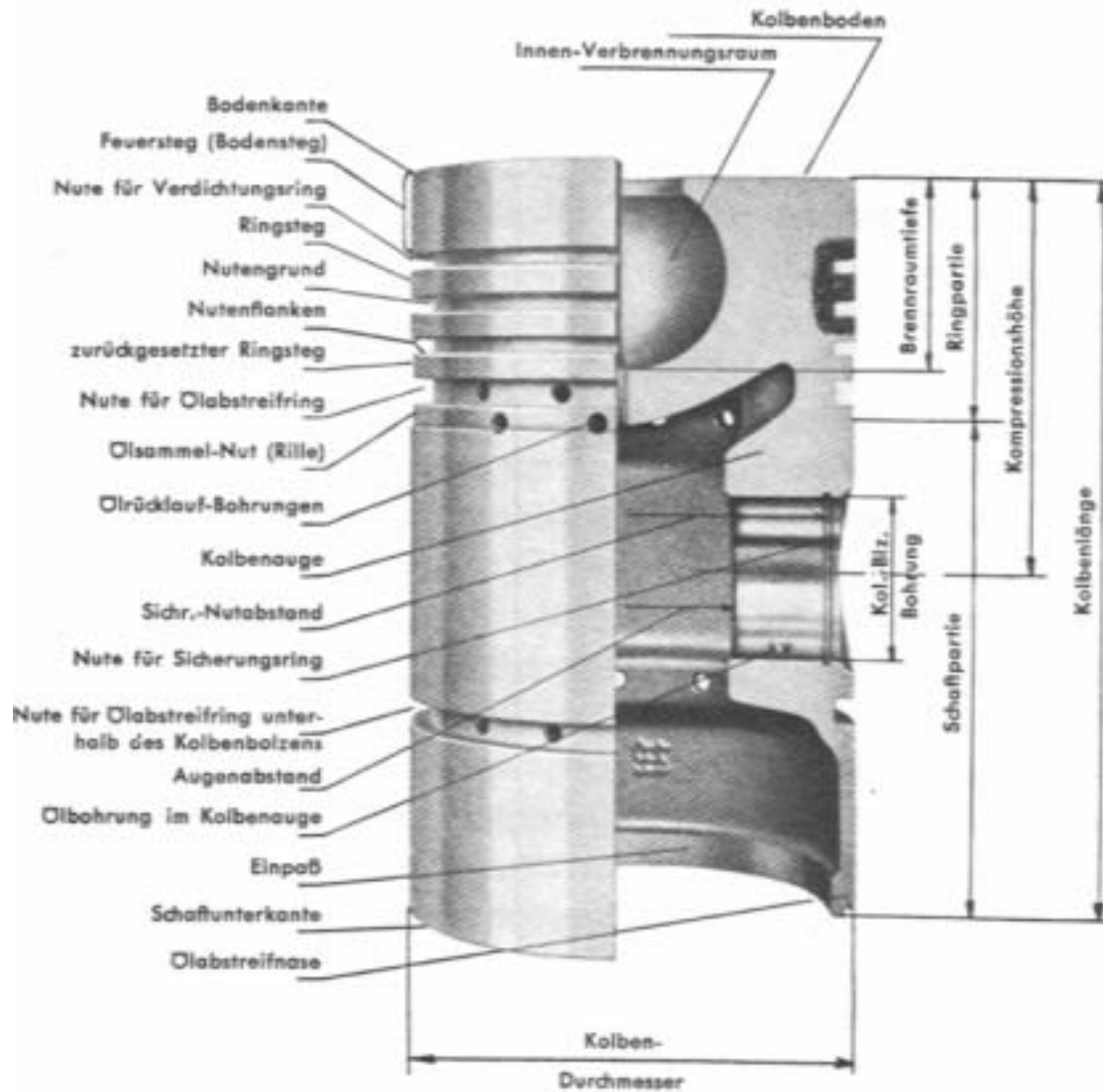


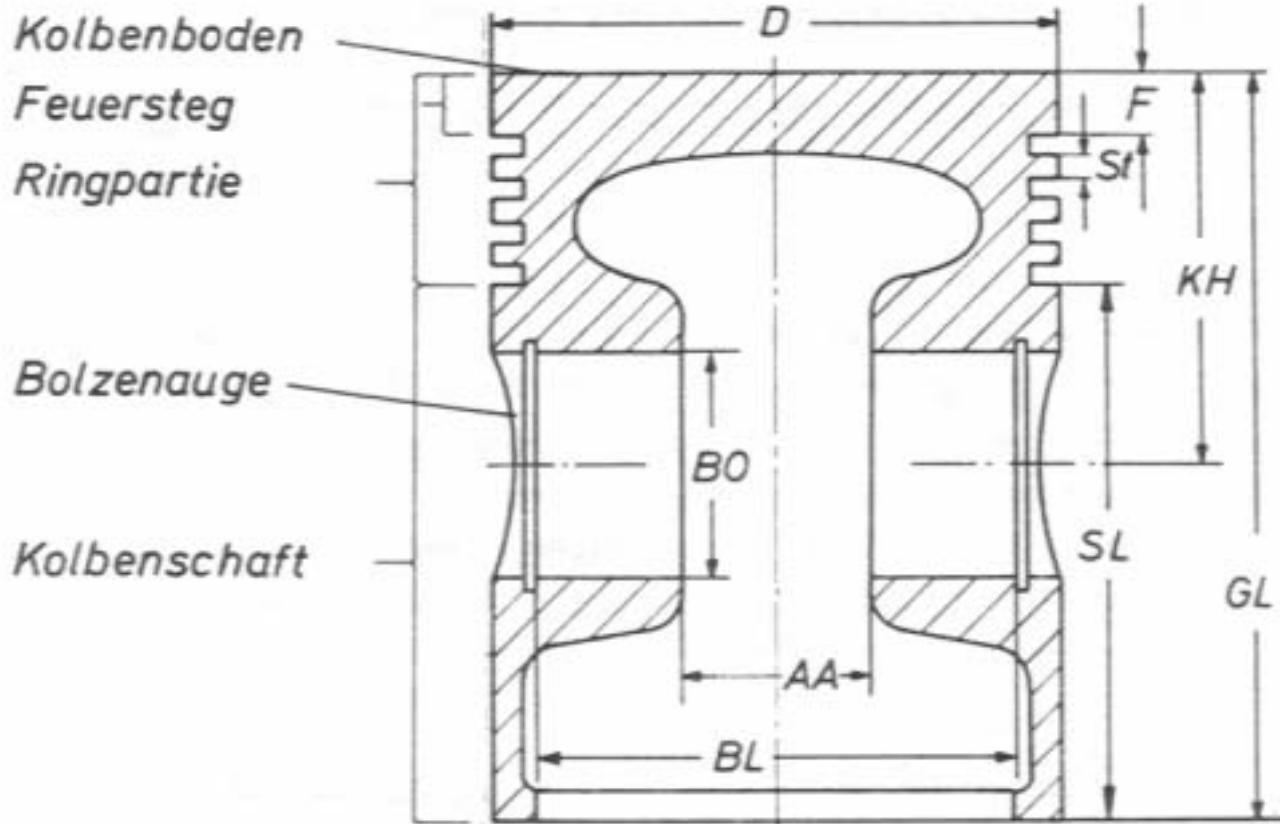
Unsymmetrische
Lagerbelastung



Anlenkpleuel-
stange







	D [%]	
	Ottomotor	Dieselmotor
D Durchmesser	100	100
GL Ganze Länge	70...100	90...160
SL Schaftlänge	40...100	50...110
KH Kompressionshöhe	35... 75	50...100
F Feuersteghöhe	6... 12	10... 22
St Ringsteghöhe	4... 5	7... 9
BL Bolzenlänge	85	85
BO Bolzendurchmesser	22... 30	30... 44
AA Augenabstand	25... 40	28... 46

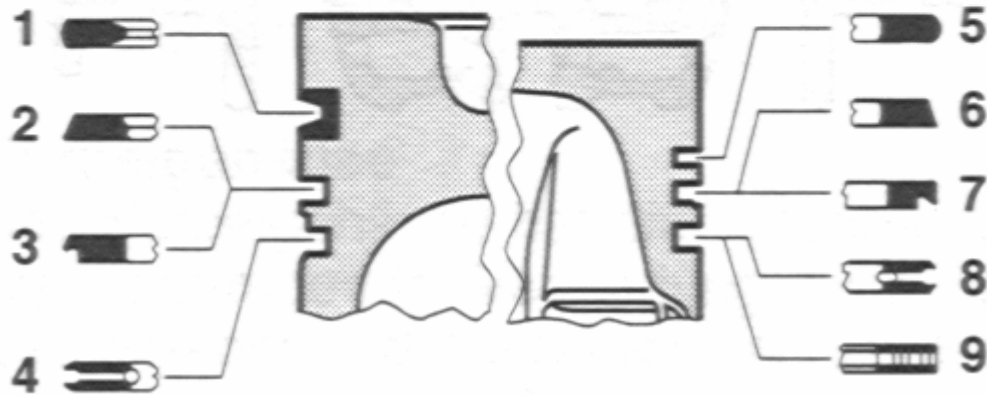
Kolbenringformen und Anordnung.

Dieselmotor:

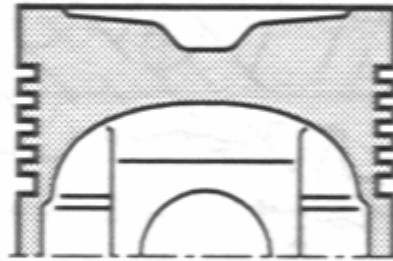
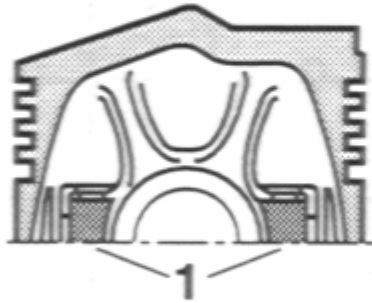
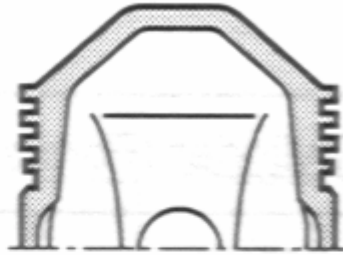
1 Trapezring, ballig,
2 Minutenring mit
Innenfase, 3 Nasen-
minutenring, 4 Dach-
fasen-Schlauch-
federring.

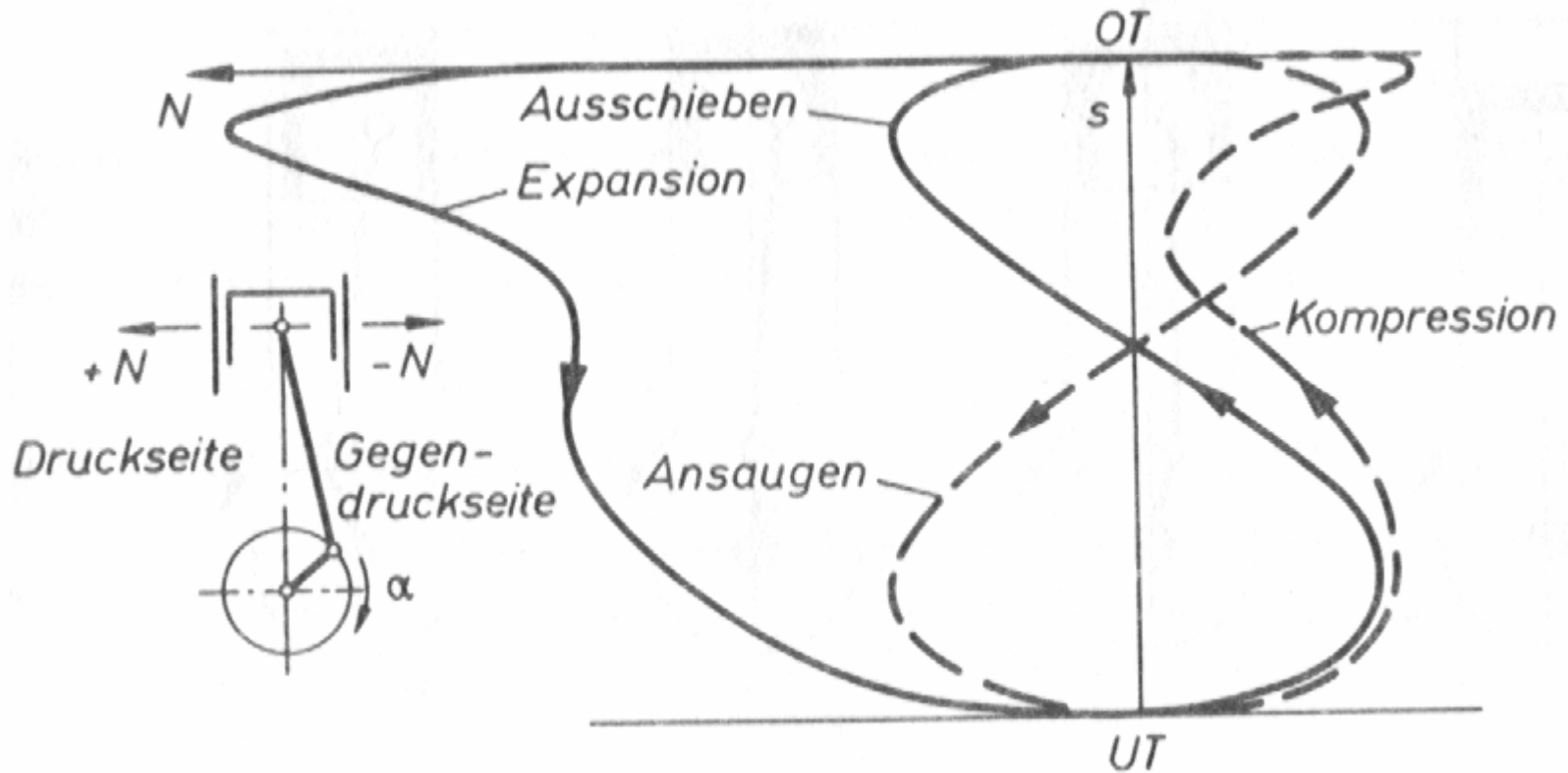
Ottomotor:

5 Rechteckring,
ballig,
6 Minutenring,
7 Nasenring, 8 Dach-
fasenring, 9 mehr-
teiliger Stahllörling.



Kolbenformen verschiedener Motorbauarten.
1 Dehnungsregelnde Streifeneinlagen.









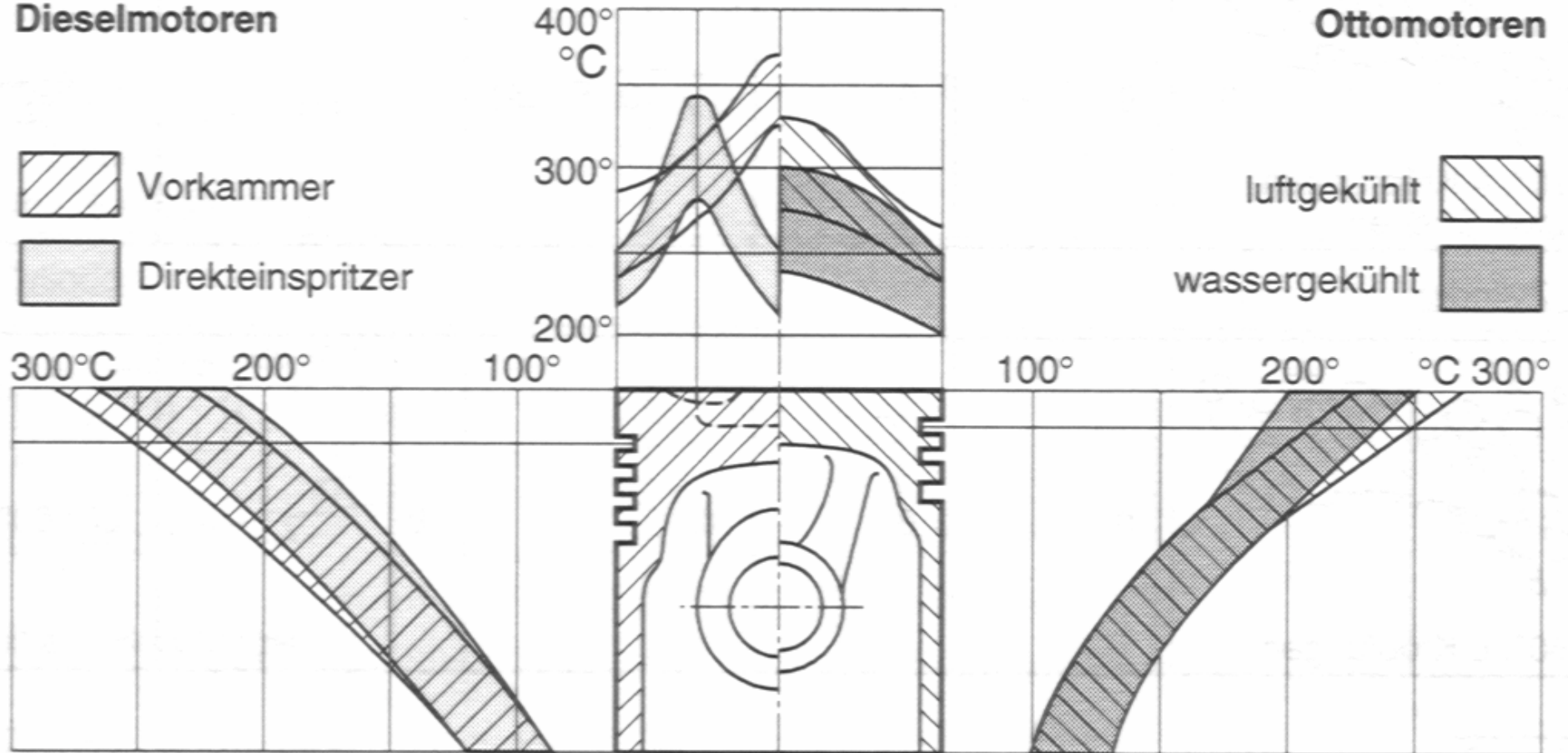
Betriebstemperaturen an Kolben von Fahrzeugmotoren bei Vollast (schematisch).

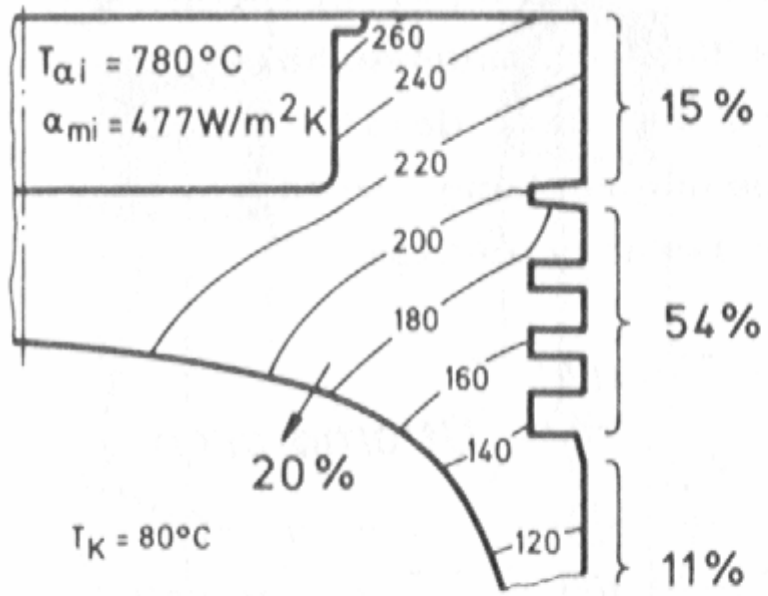
Dieselmotoren

Ottomotoren

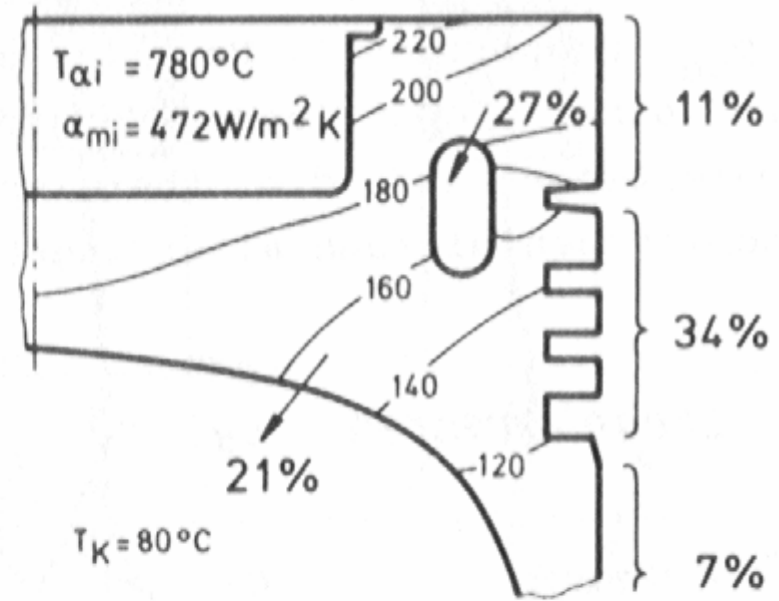
 Vorkammer
 Direkteinspritzer

luftgekühlt 
 wassergekühlt 

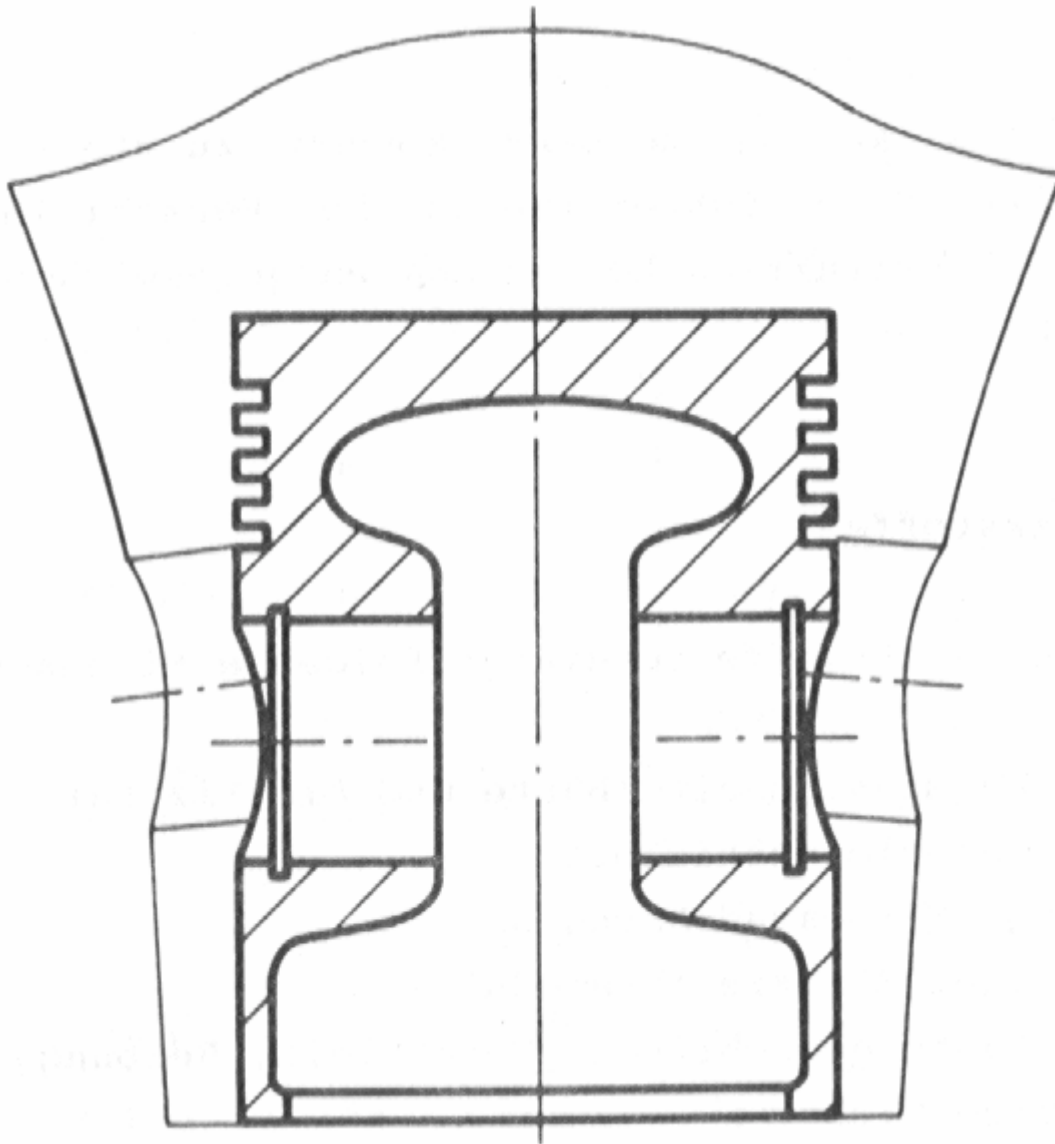




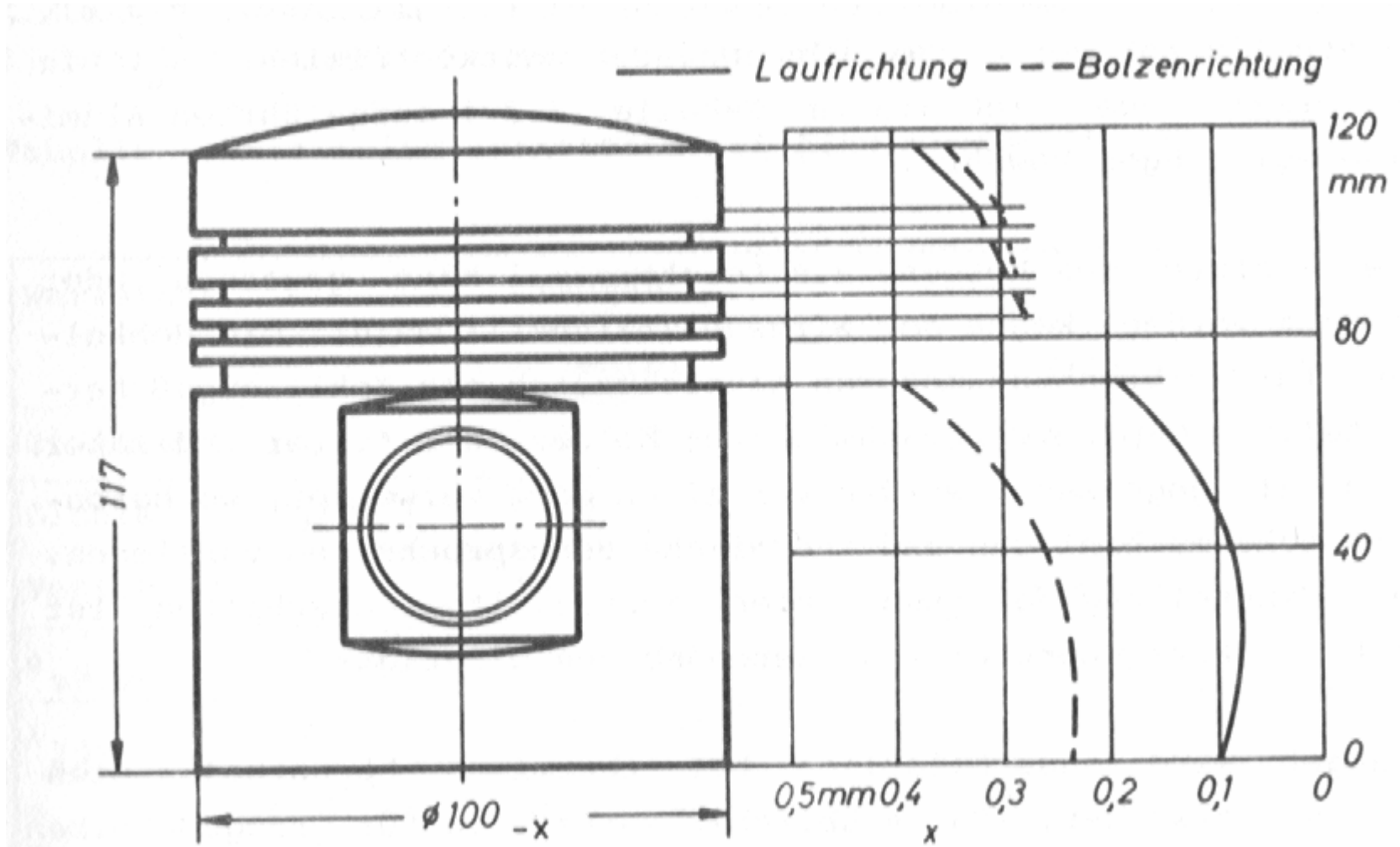
ohne Ringkanal



mit Ringkanal



Schematische Dehnung des Kolbens
unter Temperatureinfluß



Werkstoff	AlSi12CuMgNi		AlSi18CuMgNi		AlSi25CuMgNi
	eutektisch		übereutektisch		
Si-Anteil [%]	11 - 13		17 - 19		23 - 26
Dichte [g/cm ³]	2,7		2,68		2,65
Verfahren K=Kokillenguß P=gepreßt	K	P	K	P	K
$\sigma_{zB,20^\circ C}$ [N/mm ²]	200 . . 250	300 . . 370	180 . . 220	230 . . 300	170 . . 210
$\sigma_{zB,250^\circ C}$ [N/mm ²]	100 . . 150	110 . . 170	100 . . 140	100 . . 160	100 . . 140
$\lambda_{20^\circ C}$ [W/mK]	155	158	143	157	135
$\lambda_{250^\circ C}$ [W/mK]	159	166	150	163	141
$\alpha_L^{1)}$ [10 ⁻⁶ /K]	21,0	21,4	19,9	20,3	19,3
$E_{250^\circ C}$ [N/mm ²]	72500	74000	75000	76000	81000

Werkstoff	Grauguß	
	unlegiert	legiert, vergütet
Si-Anteil [%]	2,1 - 2,4	1,8 - 2,1
Dichte [g/cm ³]	7,3	7,3
Verfahren	Sandguß	Sandguß
$\sigma_{zB,20^\circ C}$ [N/mm ²]	175 - 245	245 - 345
$\lambda_{20^\circ C}$ [W/mK]	42 - 54,5	33,5 - 46
$\alpha_L^{1)}$ [10 ⁻⁶ /K]	11 - 12	11 - 12
$E_{20^\circ C}$ [N/mm ²]	88100-117700	107900-137300

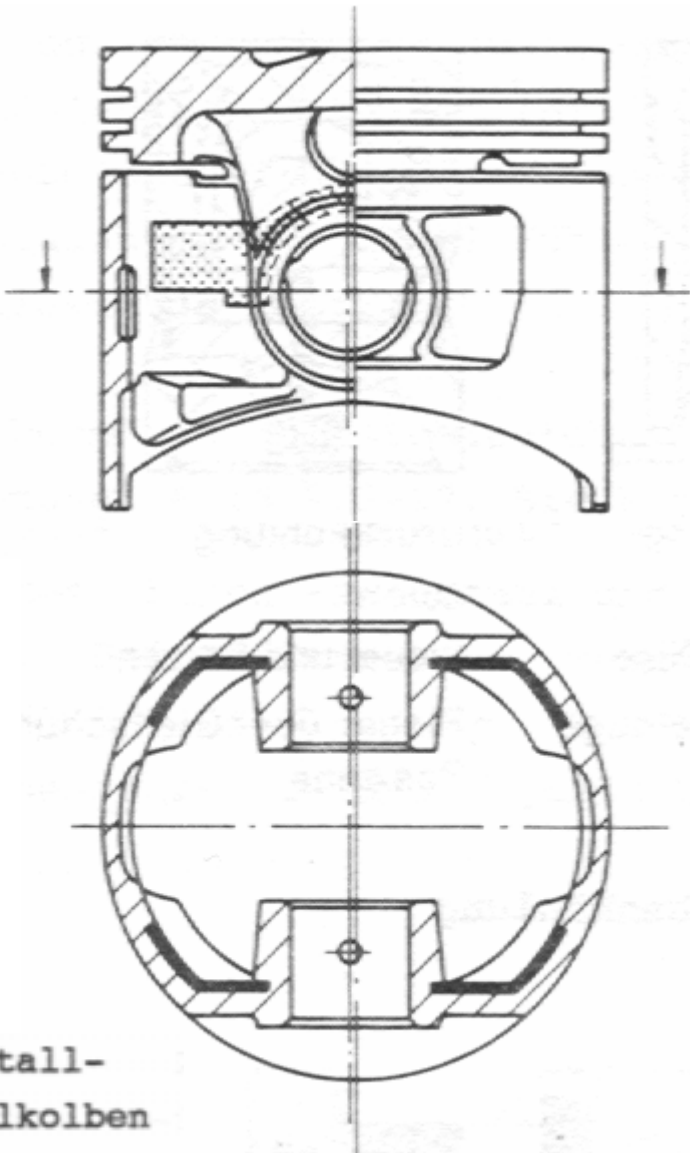
1) mittlere lineare Wärmeausdehnung bei 20°C - 200°C

Werkstoffe für Grauguß-Kolben

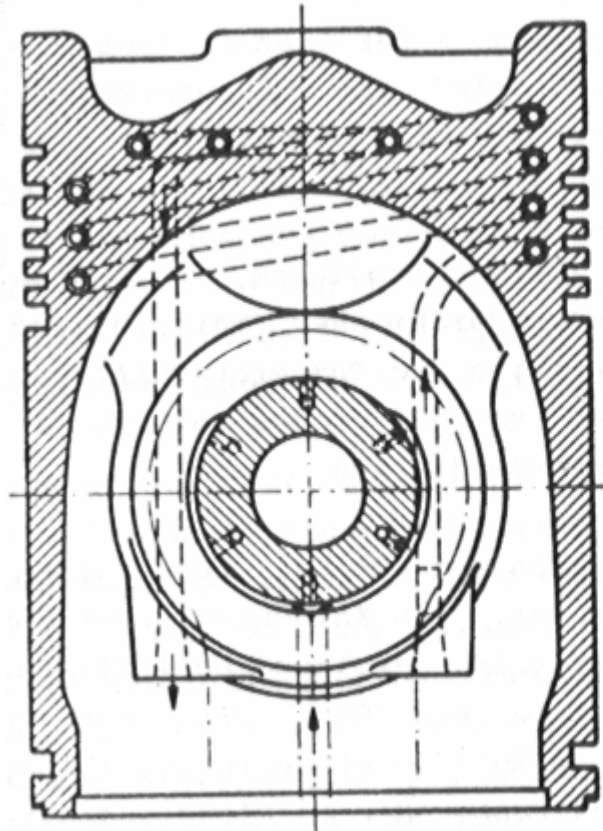
1) mittlere lineare Wärmeausdehnung bei 20°C - 200°C

Kolbenwerkstoffe auf Aluminiumbasis

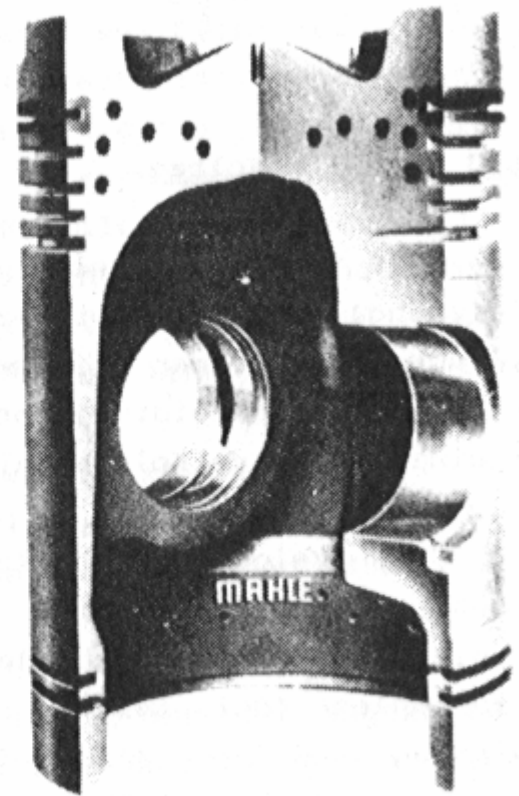




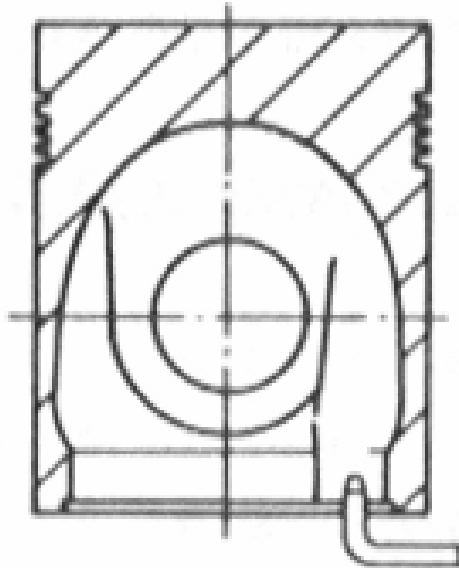
Bimetall-
Regelkolben



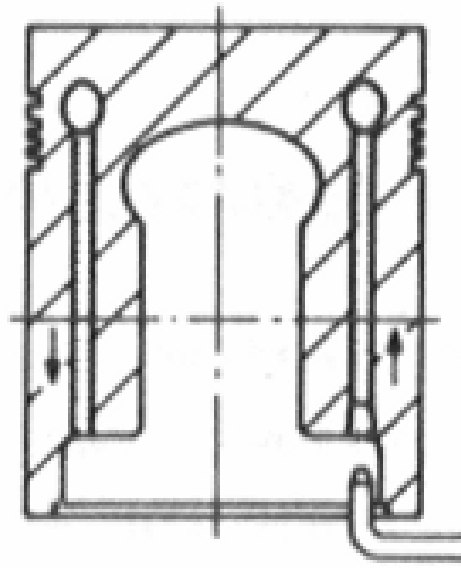
Kühlschlangen-Kolben, $D=323,85$ mm



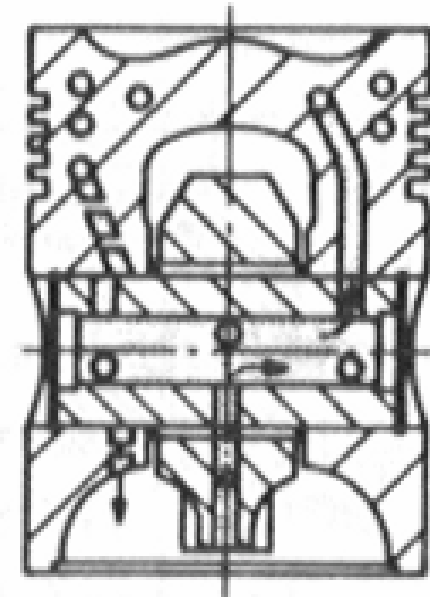
Methoden der Kolbenkühlung



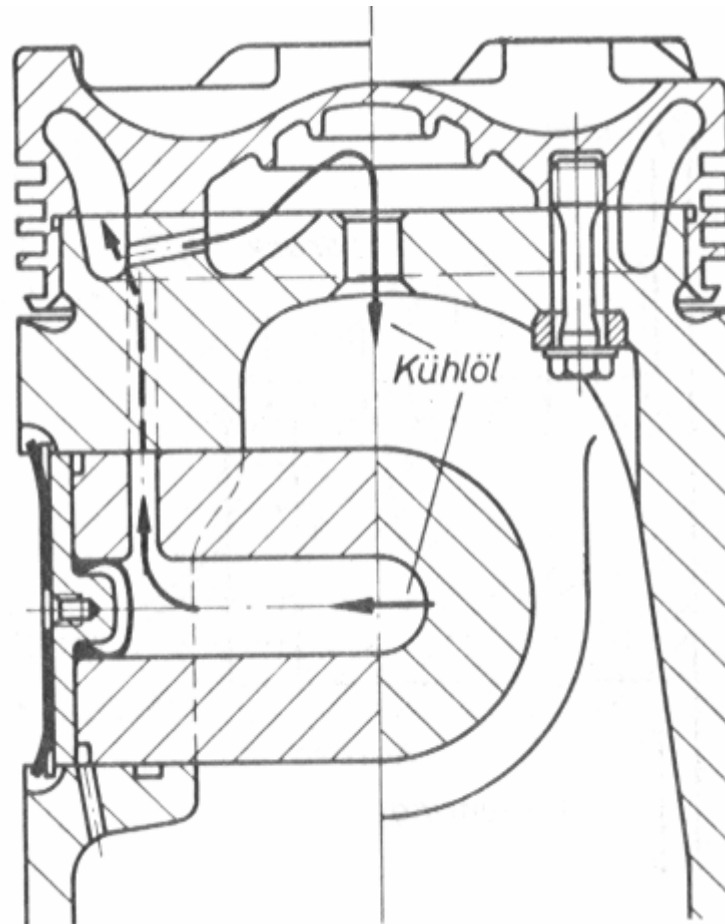
a) Anspritzung der
Kolbeninnenfläche



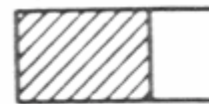
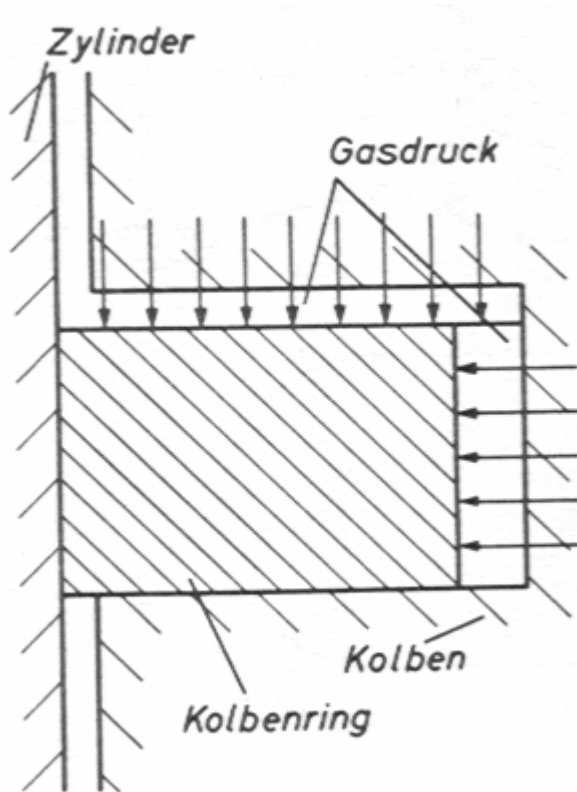
b) Einspritzkühlung
durch:
- gehäusefeste Düse
- Düse am Pleuellager



c) Druckkühlung
durch:
- Pleuel und Bolzen
- Pleuel über Gleitschuh
- Posaune



Zweiteiliger Kolben (ölgekühlt), D=240 mm



Rechteckring



Minutenring



Innenfasenring

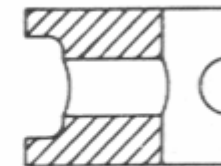


Doppel-Trapezring

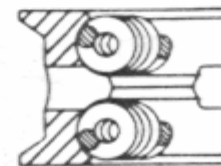


Nasenring

Kompressionsringe



Ölschlitzring



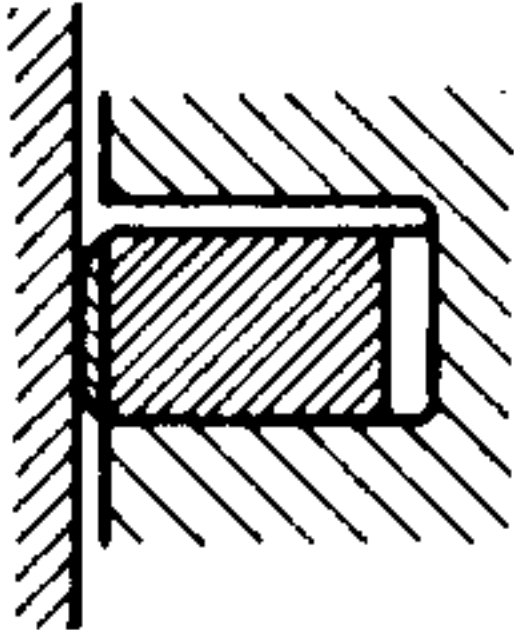
Schlauch-federring



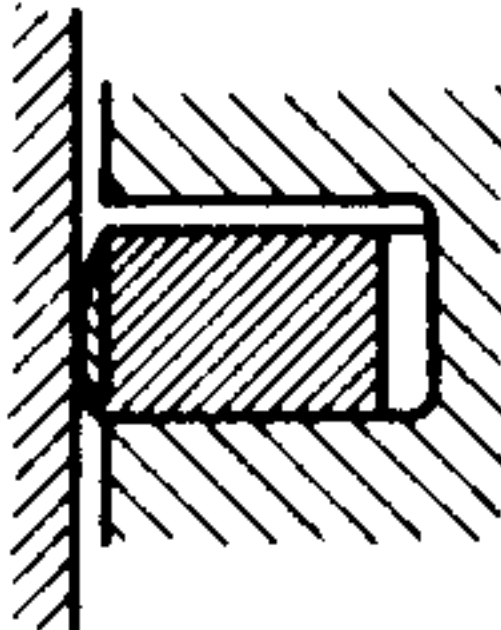
T-Flex-Ring

Ölabstreifringe

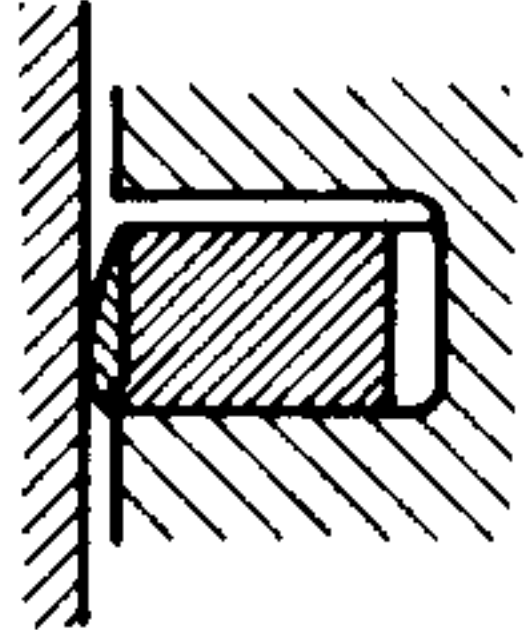
ballig



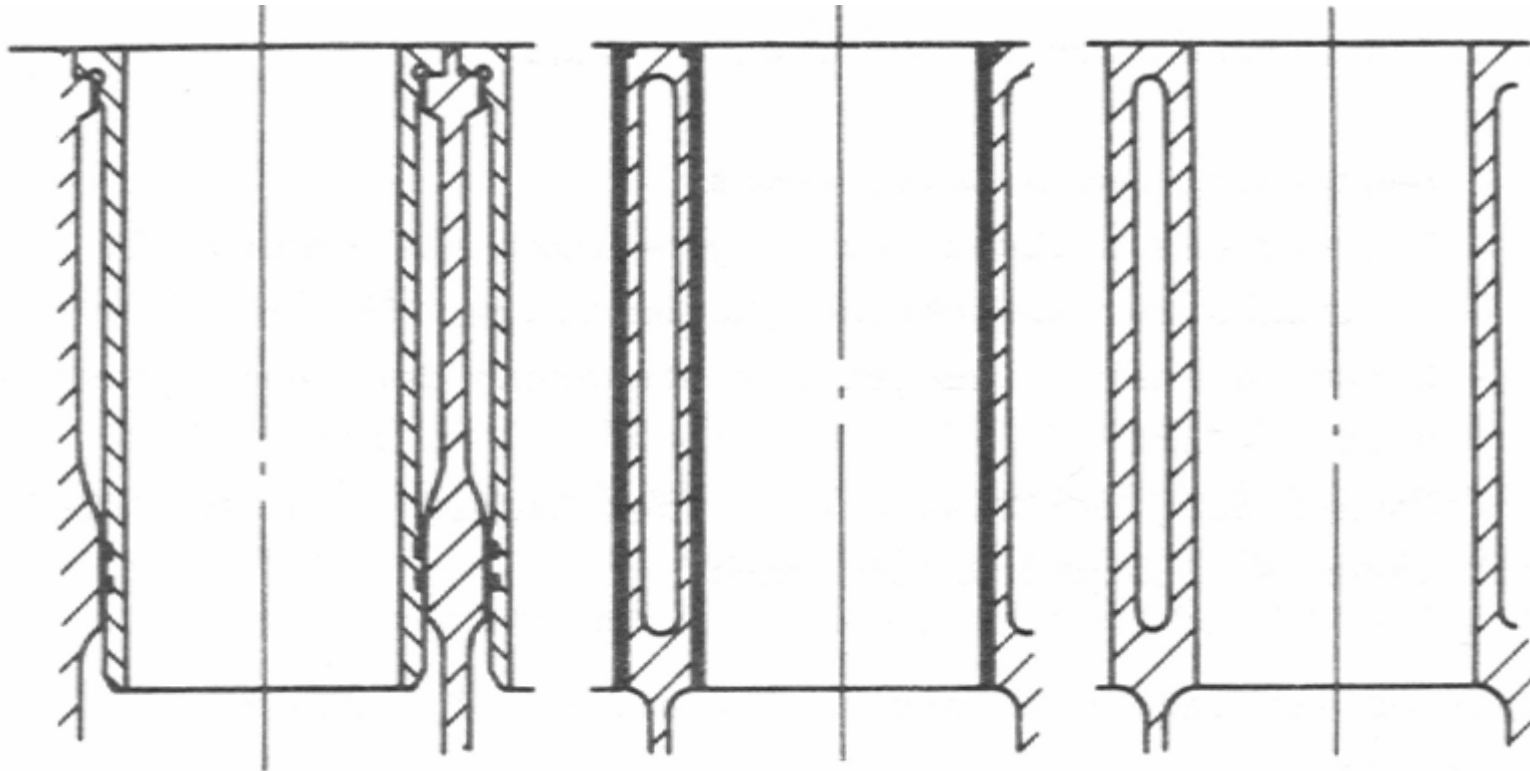
unsymmetrisch
ballig



druckentlastet



Werkstoff	Anwendung	E (10^3 N/mm^2)	σ_{bB} (N/mm^2)	Härte
Standard-Grauguß unvergütet	normale Beanspruchung	85 - 115	≥ 350	96-106 HRB
Grauguß vergütet	höhere Beanspruchung	100 - 130	≥ 500	108-114 HRB
Gußeisen mit Kugelgraphit vergütet	hohe Beanspruchung in Hochleistungsmotoren	> 150	≥ 1300	104-114 HRB
Stahl X90CrMoV18	besonders für obere Ringnut	≈ 210	---	38-44 HRC



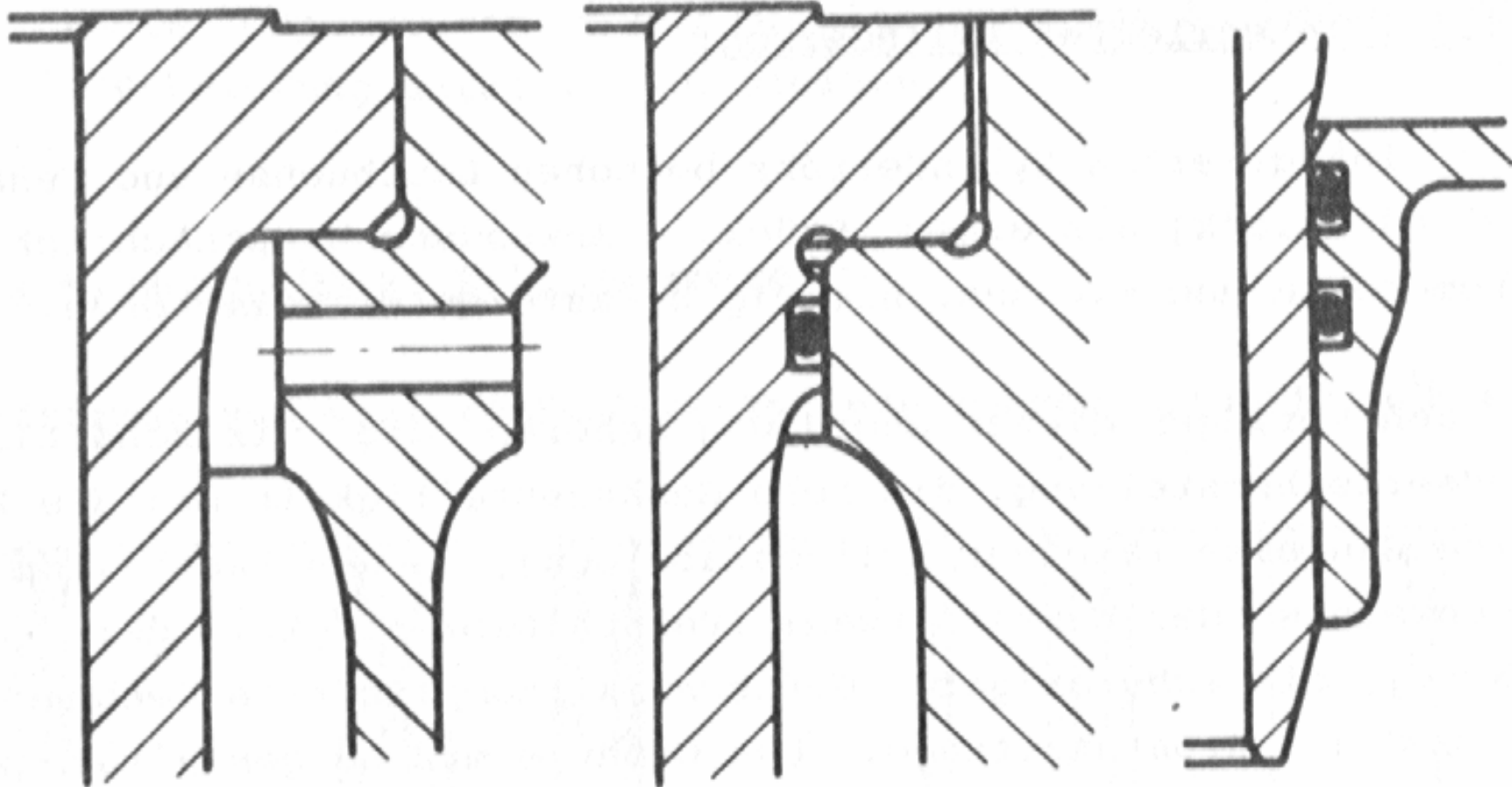
A

B

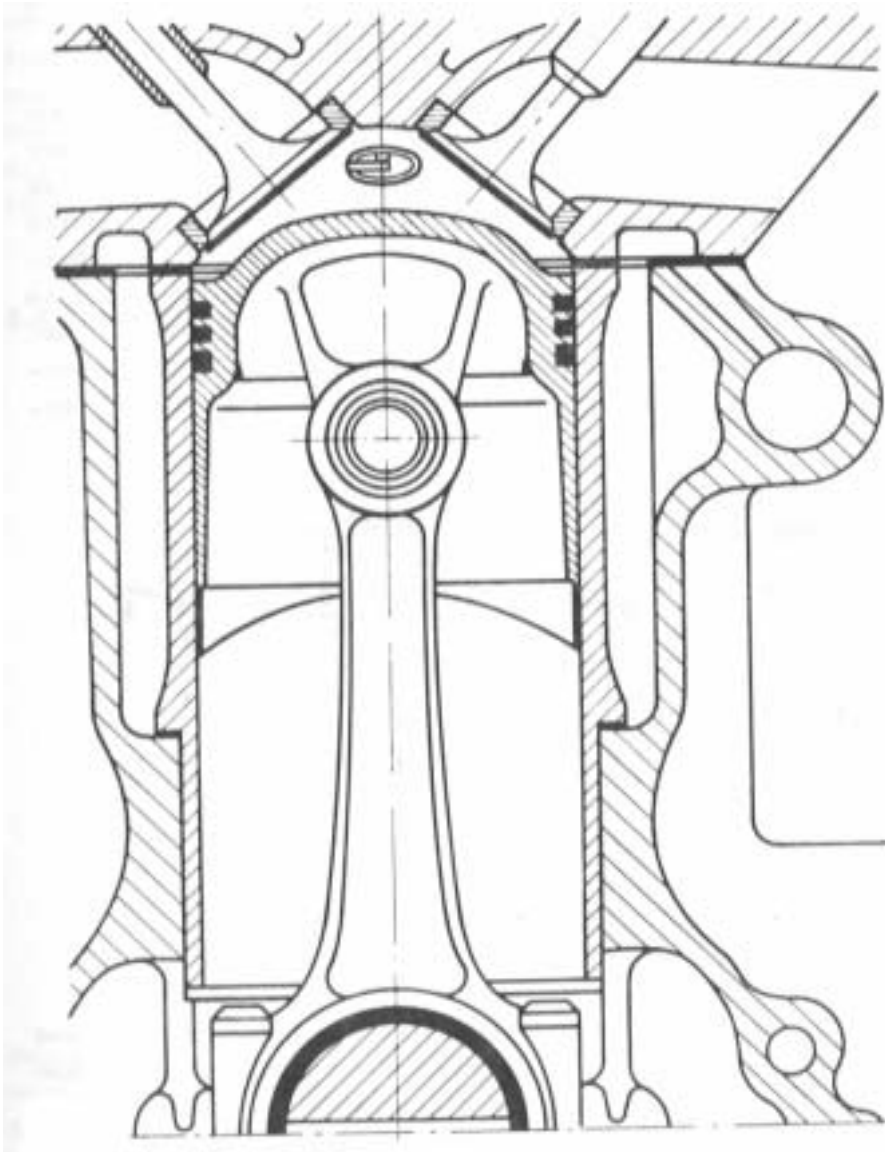
C

- A nasses Zylinderrohr
- B trockenes Zylinderrohr
- C integriertes Zylinderrohr

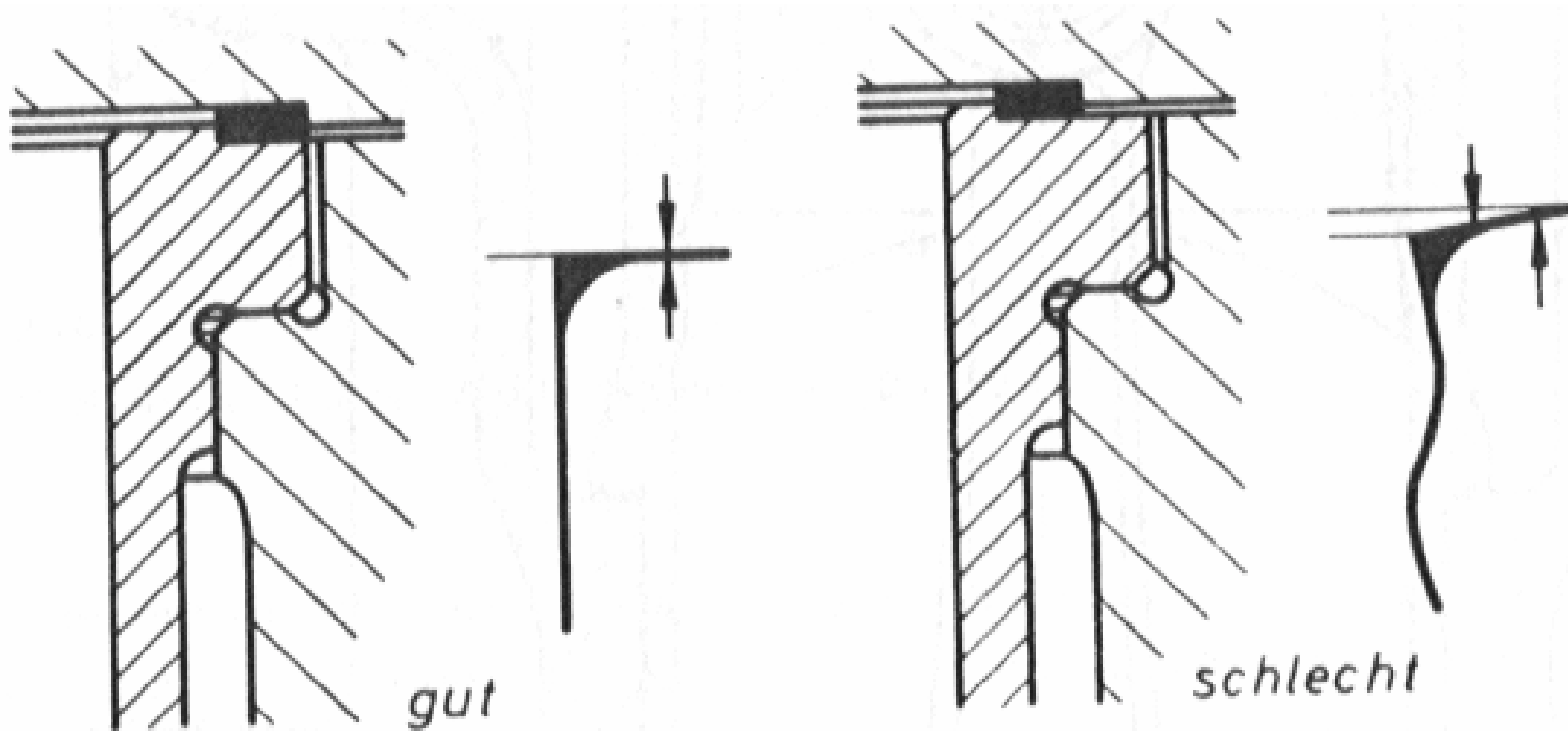




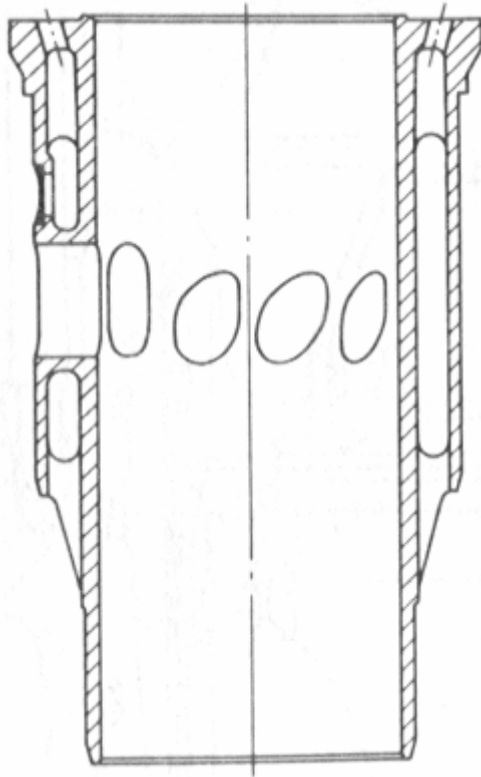
Nasse Zylinderrohre (Details)



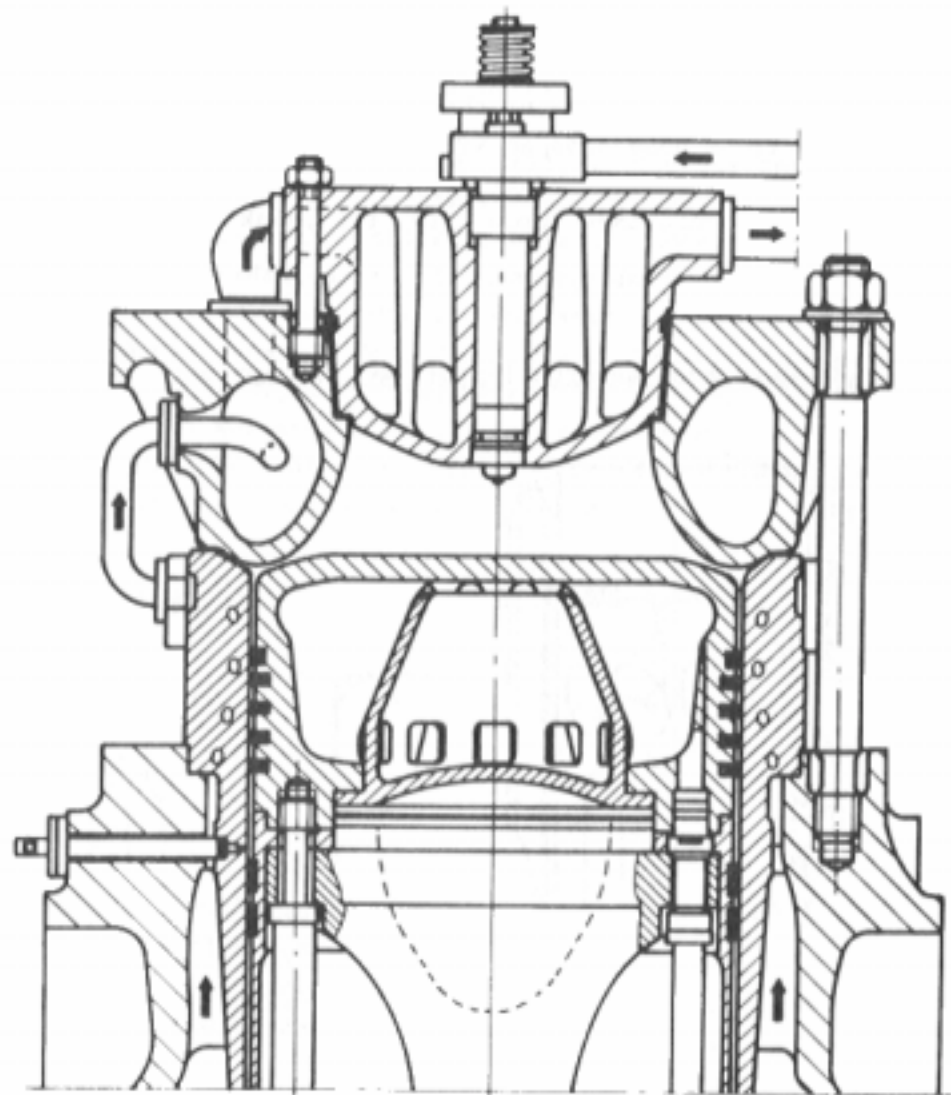
Stehende Zylinderbuchse



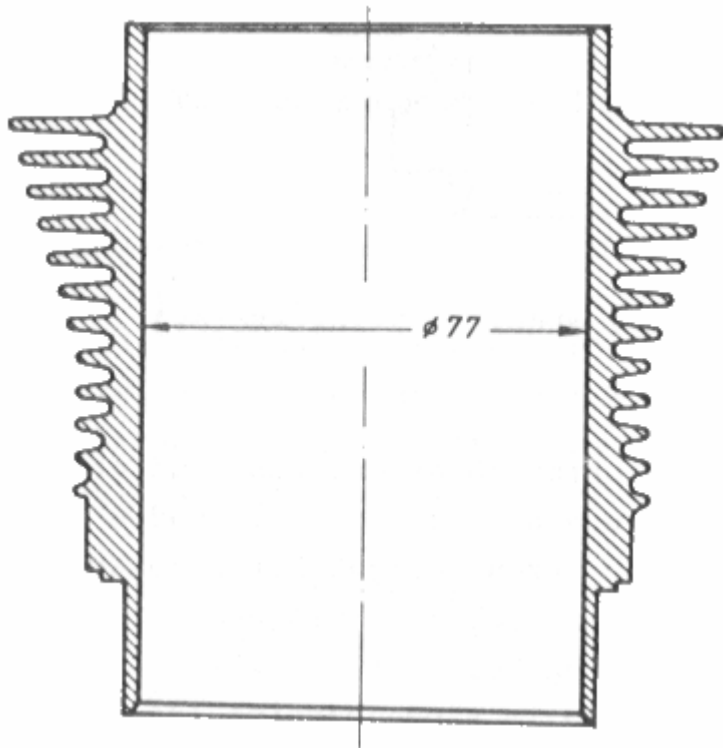
Zylinderrohr-Einspannkräfte am Bund



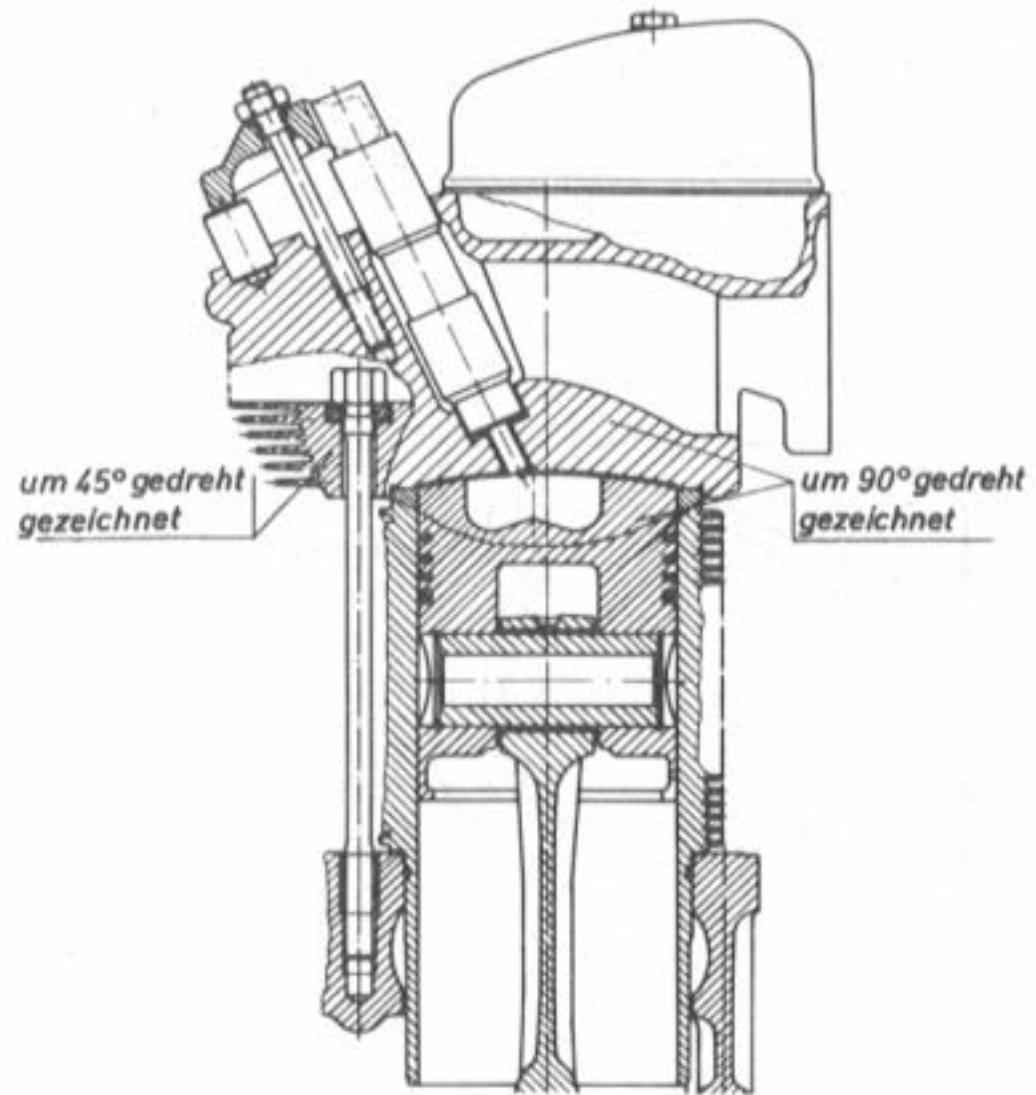
Wassergekühltes
Zylinderrohr
(2-Takt-Motor)



Kopf, Zylinder, Kolben-Großmotor (D = 1050 mm)

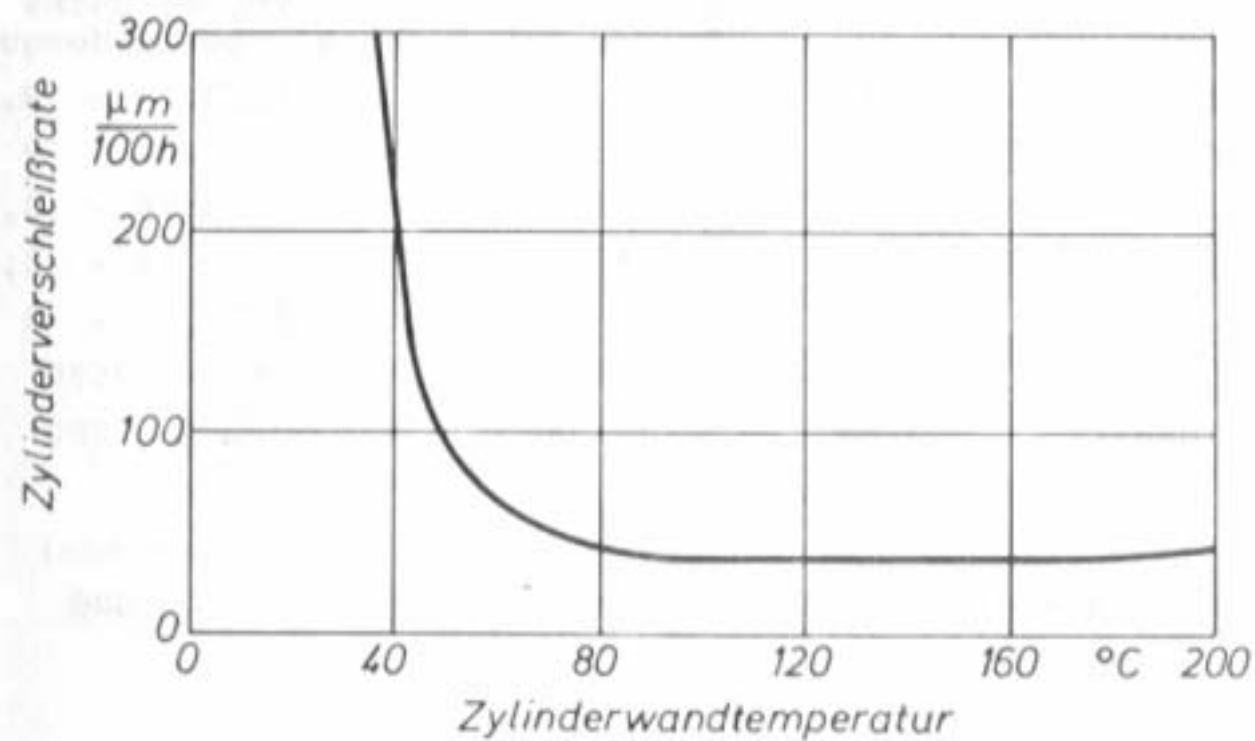


Zylinderrohr (VW)



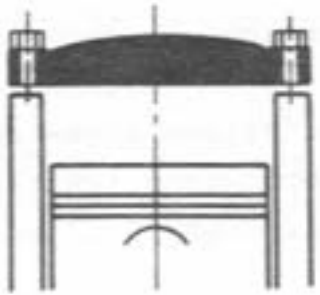
Zylindereinheit eines luftgekühlten Dieselmotors



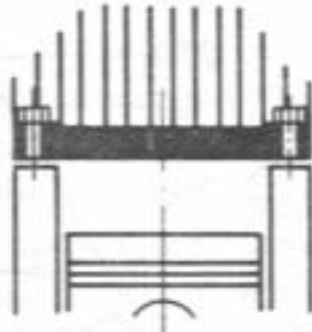
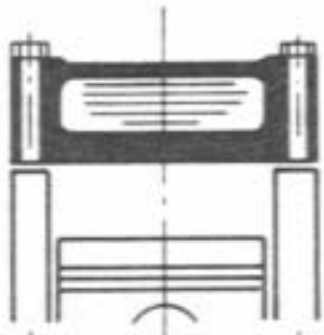


Honbild eines
Zylinderrohres
(vergrößert)

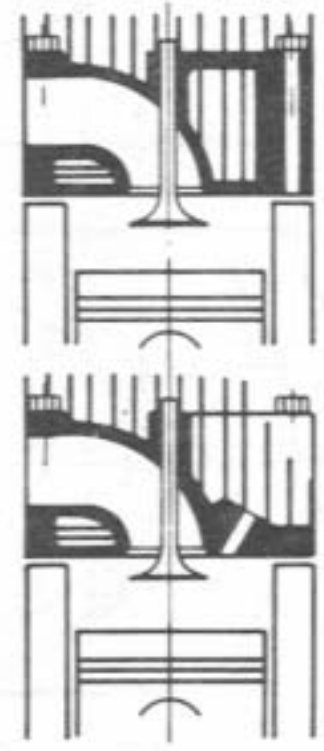
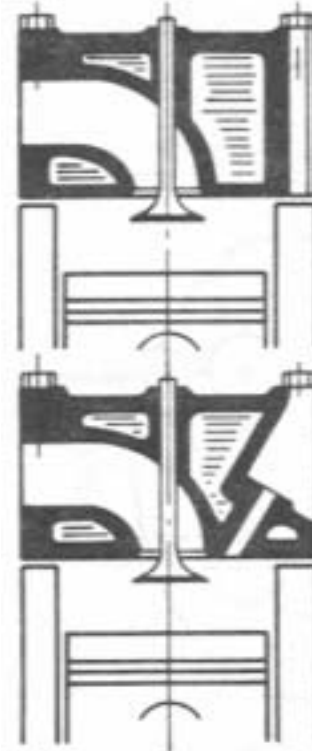
		Gehäuse mit integralen Buchsen	Nasse Buchsen (Schleuderguß)
Kohlenstoff (ges)	%	3,1 - 3,4	3,1 - 3,4
Silizium	%	1,8 - 2,2	2,8 - 3,0
Mangan	%	0,7 - 0,9	0,75 - 0,9
Phosphor	%	0,15 - 0,2	0,75 - 0,9
Chrom	%	0,2 - 0,4	0,7 - 0,8
Brinellhärte	N/mm ²	2000 - 3000	2500
Zugfestigkeit	N/mm ²	260	280



A



B



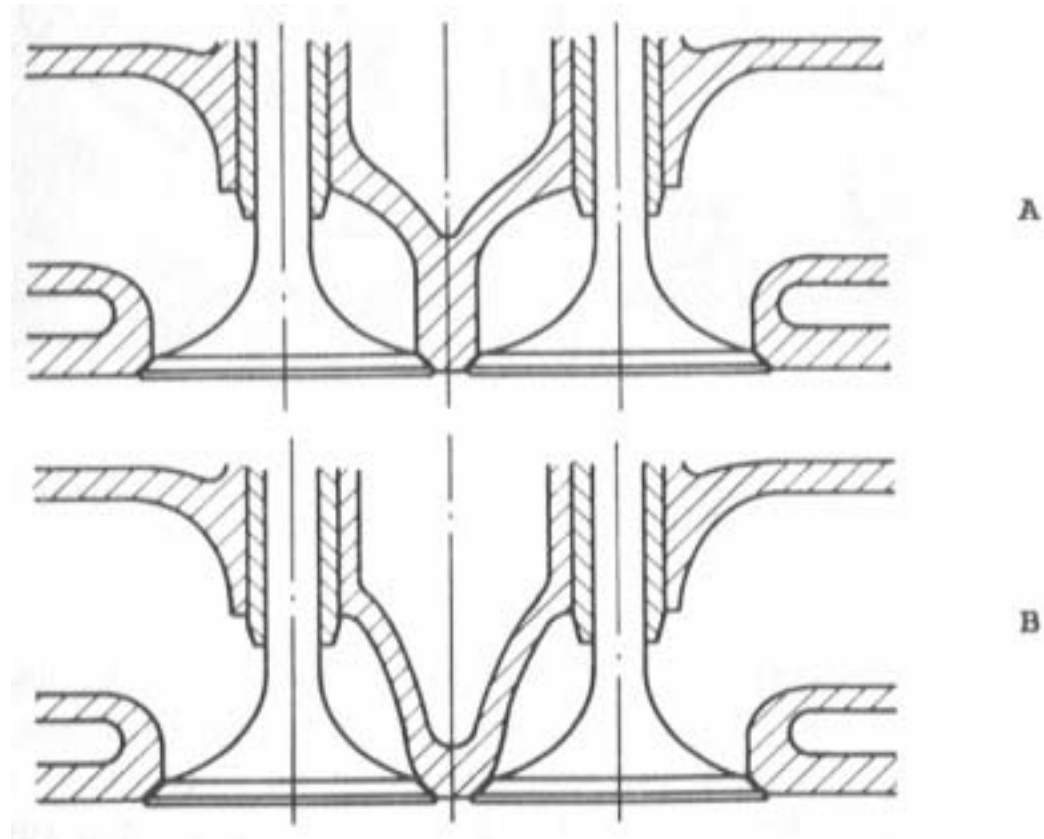
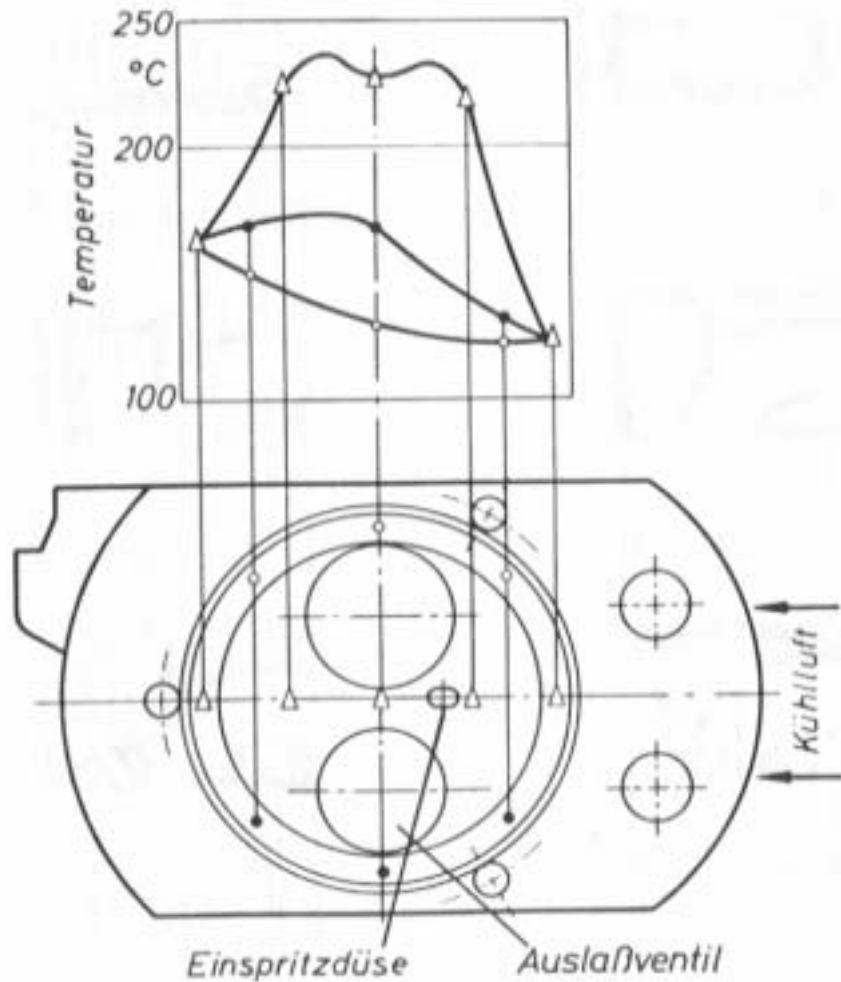
C

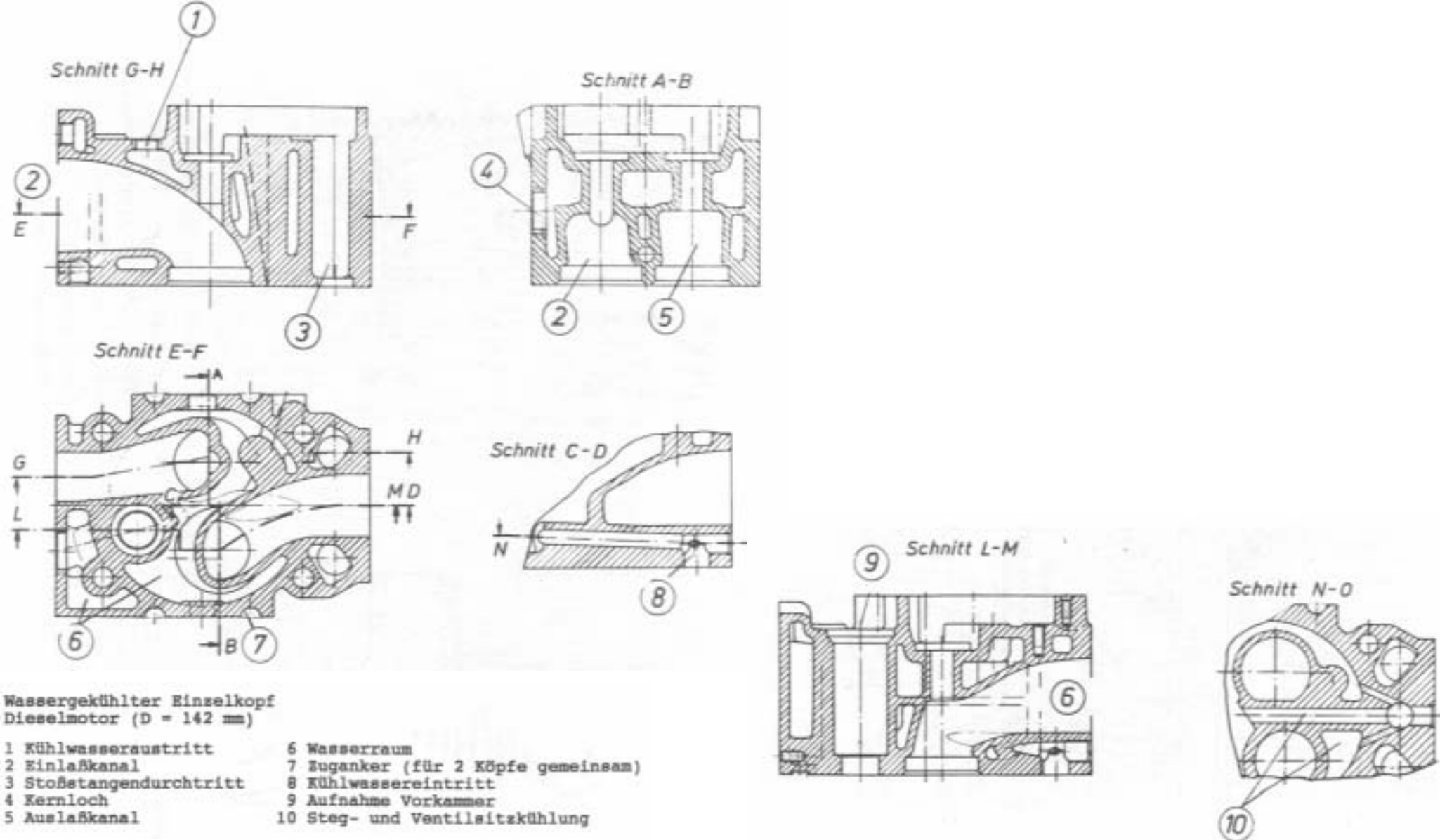
D

Aufbau Zylinderkopf

- A) einfacher ungekühlter Deckel
- B) Deckel mit Kühlung
- C) Kopf mit Gaskanälen und Ventilen
- D) Kopf mit zusätzlicher Bohrung für Einspritzventil oder Zündkerze



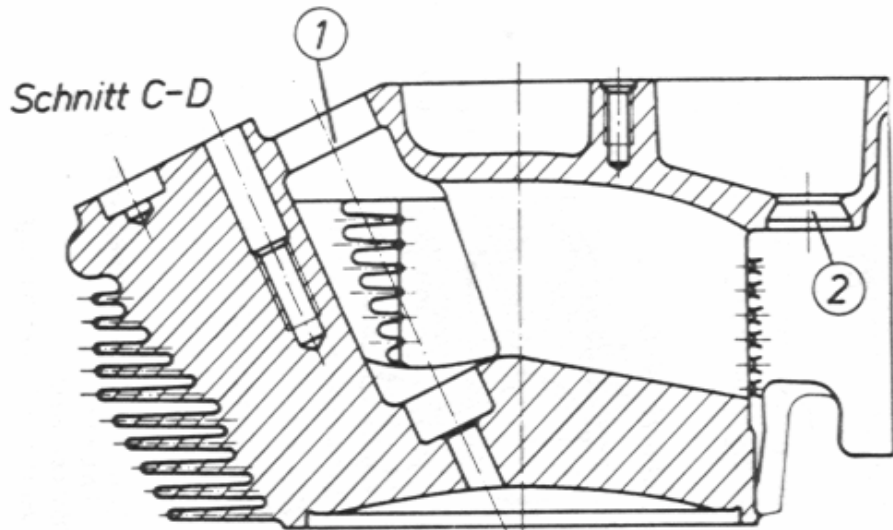




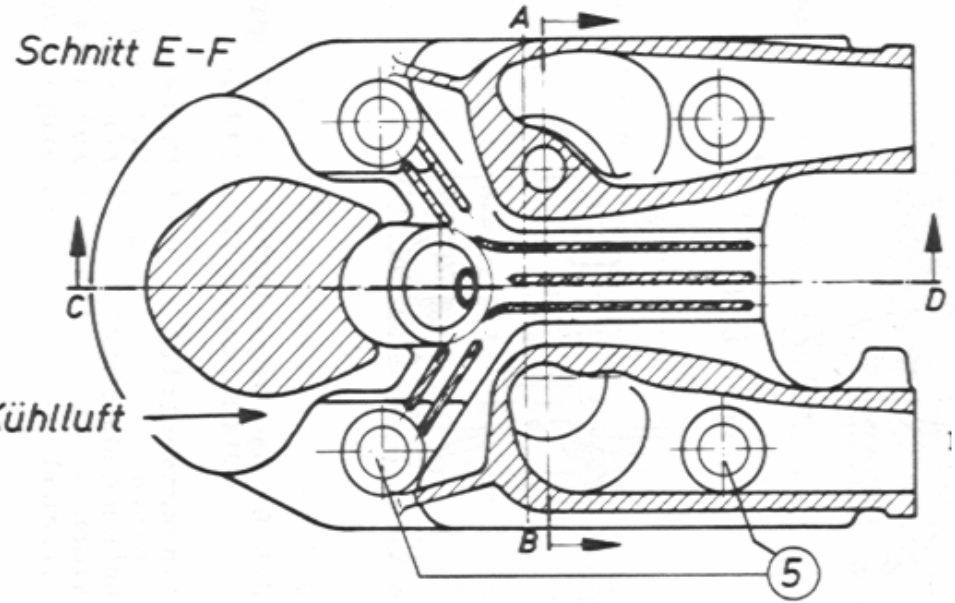
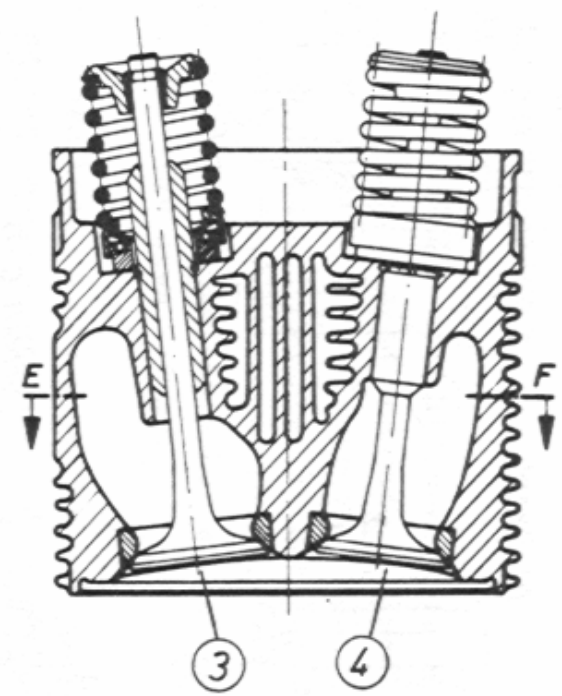
Wassergekühlter Einzelkopf
Dieselmotor (D = 142 mm)

- | | |
|------------------------|------------------------------------|
| 1 Kühlwasseraustritt | 6 Wasserraum |
| 2 Einlaßkanal | 7 Zuganker (für 2 Köpfe gemeinsam) |
| 3 Stoßtangendurchtritt | 8 Kühlwassereintritt |
| 4 Kernloch | 9 Aufnahme Vorkammer |
| 5 Auslaßkanal | 10 Steg- und Ventilsitzkühlung |

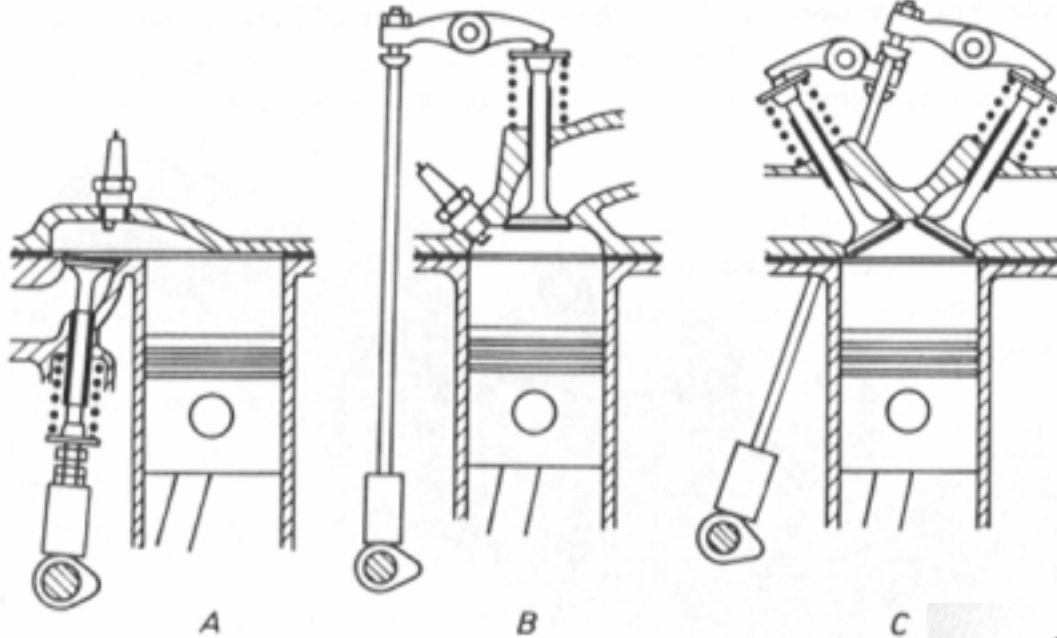




Schnitt A-B

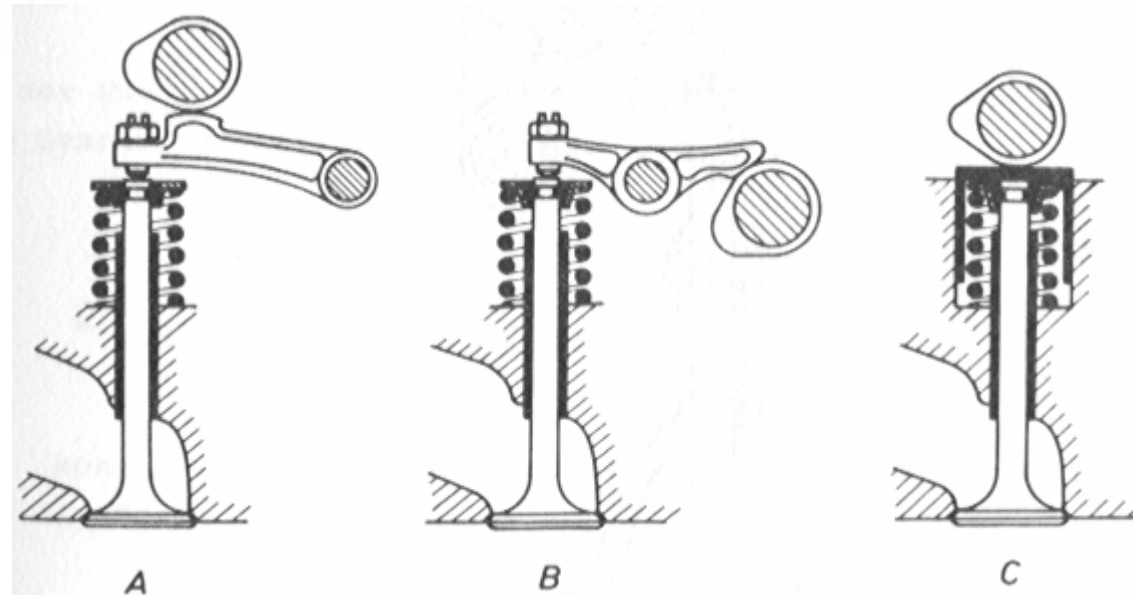


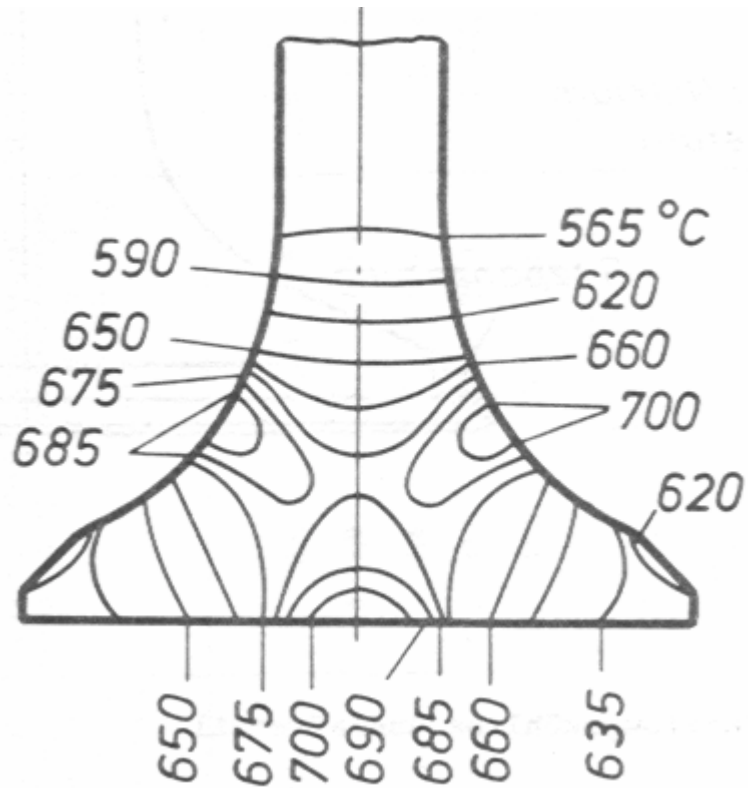
- Luftgekühlter Zylinderkopf eines Dieselmotors (D = 100 mm)
- 1 Aufnahme für Einspritzdüse
 - 2 Stoßstangendurchtritt
 - 3 Auslassventil
 - 5 Zugankerbohrung



Ventiltriebe mit oberliegender Nockenwelle
A Schwinghebel, B Kipphebel, C Stößel

Ventiltriebe mit untenliegender Nockenwelle
A stehende Ventile, B und C hängende Ventile
(Stößstangenmotoren)





Temperaturverteilung im Auslaßventil

Kurzname nach Din 17480 Kurzbezeichnung Stoff-Nr.	X 45 Cr Si 9 3 Cr Si Stahl 1.4718	X 85 Cr Mo V 18 2 Cromo 193 1.4748	X 45 Cr Ni W 18 9 aut. Cr Ni Stahl 1.4873	X 53 Cr Mn Ni N21 9 21-4 II 1.4871	X 12 Cr Co Ni 21 20 ATS 105 1.4971	Ni Cr 20 Ti Al Nimonic 80 A 2.4952
Anwendungsgebiet	Einlaßventil und Auslaßventil nied- riger Beanspruchung	Einlaßventil höherer Beanspruchung und Auslaßventil bei guter Zunderbestän- digkeit, Verschleiß- festigkeit und Gleit- eigenschaften	Auslaßventil höherer Beanspruchung (hohe Wärmefestigkeit)	Auslaßventil hoher Beanspruchung und hoher Wärmefestigkeit bei gleichzeitiger Korrosionsbeständig- keit	Auslaßventil höch- ster Beanspruchung	Auslaßventil höchster Beanspruchung
Analyse:						
C	0,4 - 0,5	0,8 - 0,9	0,4 - 0,5	0,48 - 0,58	0,08 - 0,16	0,04 ≤ 0,10
Si	2,7 - 3,3	≤ 1,0	2,0 - 3,0	≤ 0,25	≤ 1,0	≤ 1,0
Mn	≤ 0,8	≤ 1,50	0,8 - 1,5	7,0 - 10,0	≤ 2,0	≤ 1,0
Cr	8,0 - 10,0	16,50 - 18,50	17,0 - 19,0	20,0 - 22,0	20,0 - 22,5	18,0 - 21,0
Ni	---	---	8,0 - 10,0	3,25 - 4,5	19,0 - 21,0	≥ 65,0
Mo	---	2,0 - 2,5	---	---	2,0-3,0	---
W	---	---	0,8 - 1,2	---	2,5	---
V	---	0,3 - 0,6	---	---	---	---
Co	---	---	---	---	18,5 - 21,0	≤ 1,0
Al	---	---	---	---	---	1,0 - 1,8
Ti	---	---	---	---	---	1,8 - 2,7

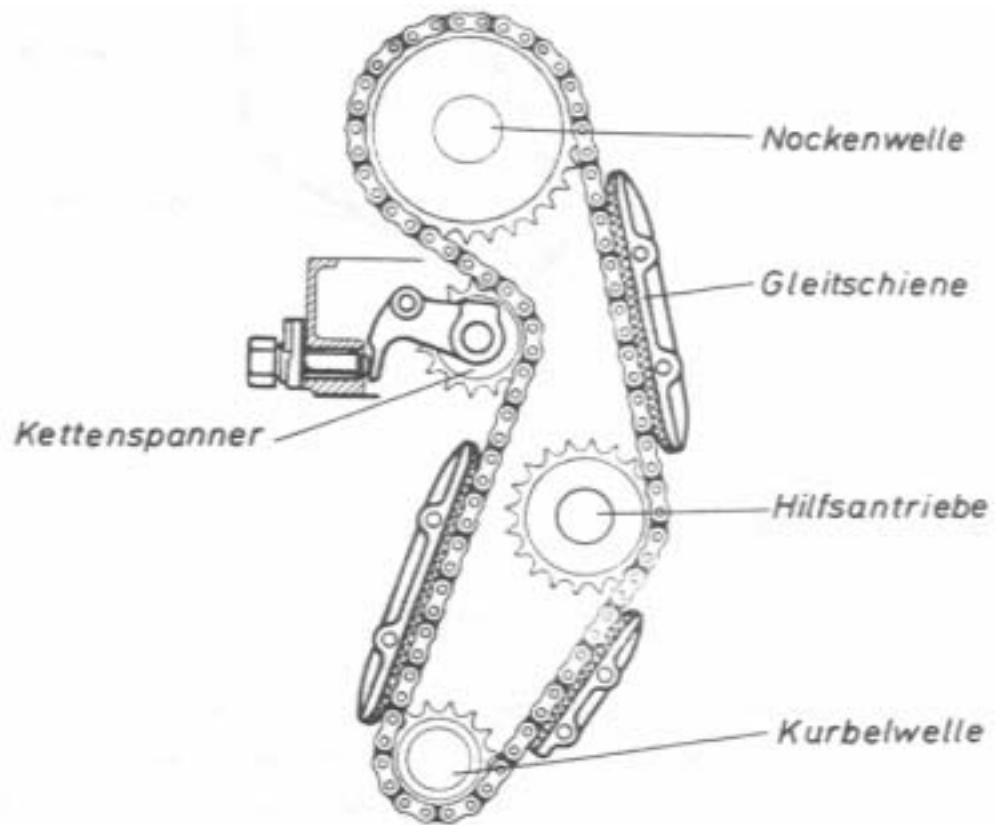
Ventilwerkstoffe I



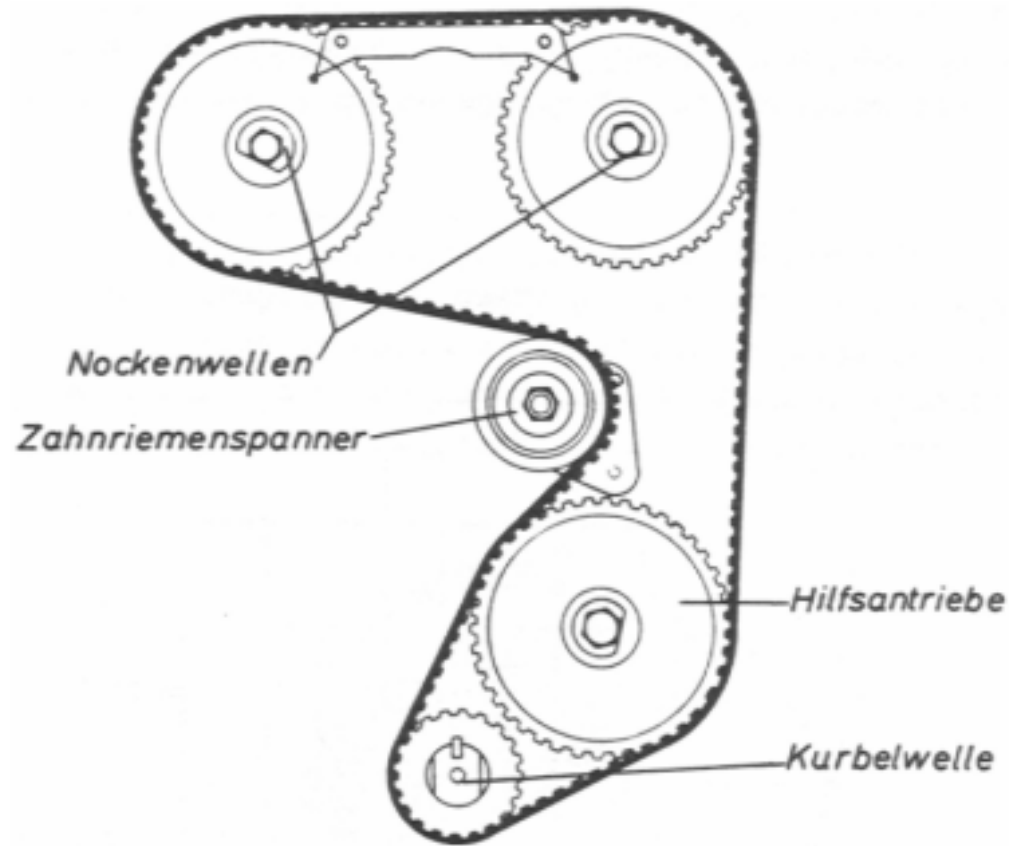
	X 45 Cr Si 9 3	X 85 Cr Mo V 18 2	X 45 Cr Ni W 18 9	X 53 Cr Mn Ni N 21 9	X 12 Cr Co Ni 21 20	Ni Cr 20 Ti Al
Festigkeitseigenschaften						
Zugfestigkeit N/mm^2	880 - 1030	980 - 1180	790 - 980	980-1180	690 - 930	≥ 980
Streckgrenze (kalt) N/mm^2	685	785	390	590	345	590
Bruchdehnung L = 5d %	14	12	25	8	20	20
					0,2% Dehngrenze	
Wärmezugfestigkeit						
500°C N/mm^2	540	540	660	640	245	716
600°C N/mm^2	260	295	560	540	235	696
700°C N/mm^2	110	175	410	440	216	628
800°C N/mm^2	70	100	260	340	157	431
900°C N/mm^2	---	---	---	--	98	196
Härteannahme HRC						
an Schaftende HRC	mind. 55	mind. 55	nicht härbar		nicht härbar	nicht härbar
an Sitz HRC	mind. 44	mind. 42		mind. 32		

Ventilwerkstoffe II





Kettentrieb



Zahnriementrieb