



4160

# Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen

Von 

**Hugo Güldner**  
Maschinenbaudirektor  
Vorstand der Güldner-Motoren-Gesellschaft in Aschaffenburg

621.43  
Gül

Dritte, neubearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage

Mit 1282 Textfiguren, 35 Konstruktionstafeln  
und 200 Zahlentafeln

246



Berlin  
Verlag von Julius Springer  
1914

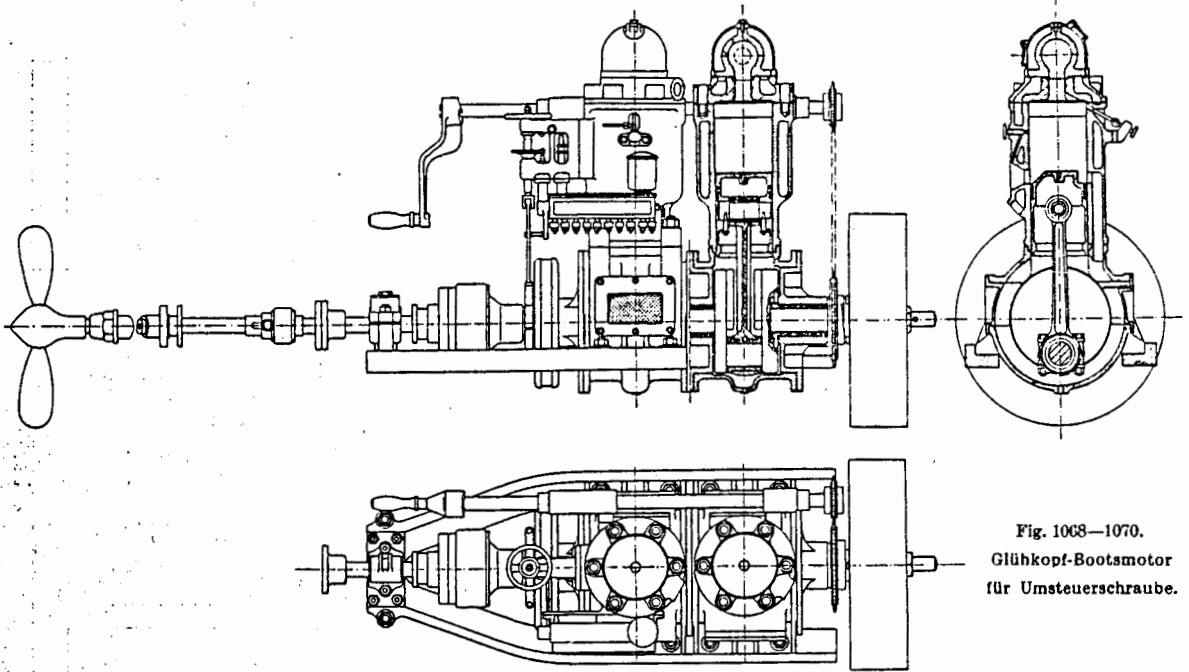


Fig. 1068—1070.  
Glühkopf-Bootmotor  
für Umsteuerschraube.

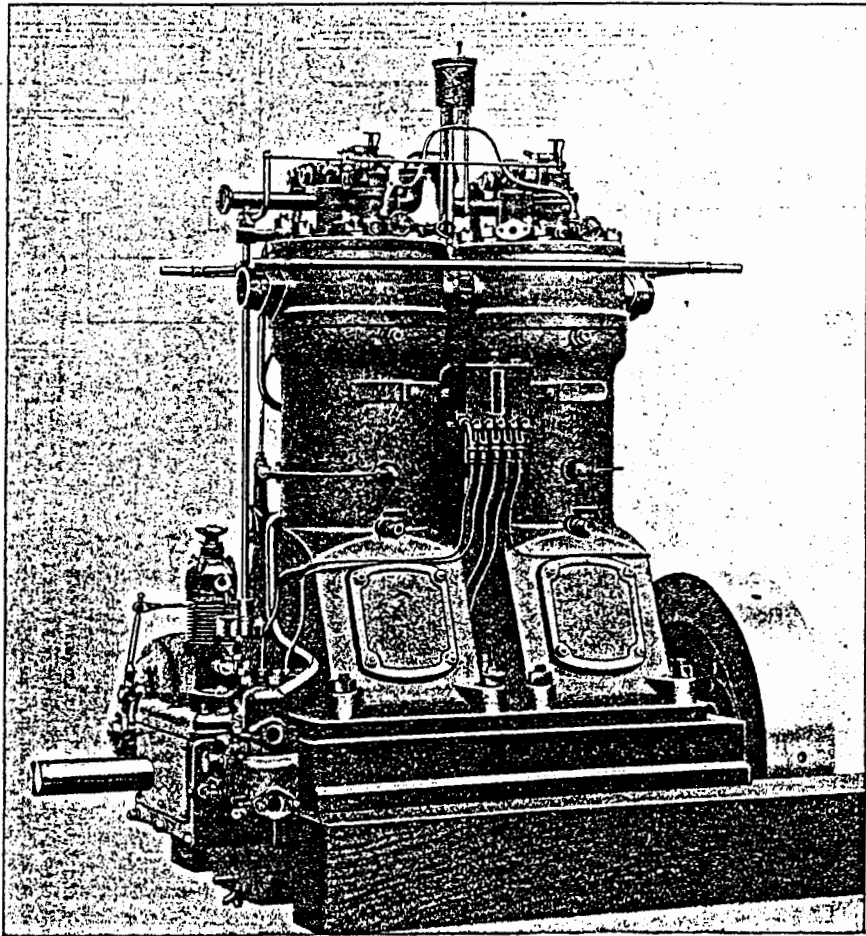


Fig. 1071. Petroleum-Bootmotor Bauart Brons der GASMOTOREN-FABRIK DEUTZ in Cöln-Deutz.

Hauptmaße und Gewichte von Glühkopf-Bootsmotoren  
ähnlich Fig. 1068 bis 1070.

Tafel 160.

Nennleistung in PSe . . . . .	Einzylindermotell								Zweizylindermotell							
	5	8	10	12	15	20	25	40	10	18	20	24	30	40	50	
Umdr. l. d. Min. . . . .	600	550	500	450	450	425	375	325	600	550	500	450	450	425	375	
Nettogewicht etwa . . . . . kg	390	600	800	1000	1275	1600	2000	3700	580	715	1080	1425	1820	2275	3100	
Äußere Maße des Motors {																
Länge . . . . . mm	1000	1220	1350	1525	1650	1725	1950	2500	1350	1625	1880	2000	2200	2350	2550	
Breite . . . . . mm	460	535	585	660	685	735	815	990	380	450	535	585	610	680	710	
Höhe . . . . . mm	660	765	840	890	1000	1120	1270	1625	660	765	840	890	1000	1120	1270	
Schwungraddurchm. . . . . mm	32	40	40	45	55	65	95	40	45	50	55	65	70	85		
Schraubenwelle . . . . . mm	400	450	535	610	610	660	710	915	400	400	535	610	610	635	710	

Hauptmaße und Gewichte von Benzin-Bootsmotoren

(Deutzer Modell NM nach Fig. 1064 bis 1067).

Tafel 161.

Nennleistung in PSe*) . . . . .	Zweizylindermotell			Vierzylindermotell		
	6-6,5	10-11	14,5-16,5	12-13	20-22	29-33
Umdr./min. . . . .	800	750	660	800	750	660
Zylinderbohrung . . . . . mm	80	105	125	80	105	125
Kolbenhub . . . . . mm	140	150	170	140	150	170
Gewicht des Motors mit Schwungrad . kg	275	350	450	400	475	575
Gewicht der Umsteuervorrichtung . kg	140	140	200	140	200	250
Äußere Maße des Motors (gleich Gehäusemaße) {						
Länge . . . . . mm	640	710	785	940	1170	1300
Breite . . . . . mm	520	550	600	520	550	600
Höhe . . . . . mm	800	875	925	800	875	925
Schraubenwelle . . . . . mm	36	36	44	36	44	55

\*) Die kleineren Leistungswerte gelten für Petroleumbetrieb, die größeren für Benzin-, Benzol- oder Spiritusbetrieb.

noch weit hinter den größten Schiffsdampfmaschinen zurück. Ob deren Leistung in Verbrennungsmotoren überhaupt erreicht und wirtschaftlich wie betriebstechnisch durchgehalten werden kann, ist noch recht zweifelhaft. Andererseits verlangt aber der Schiffsbetrieb nicht nur die großen Hauptmaschinen für die Schraubenwellen, sondern es werden auf jedem Handels- und Kriegsschiff auch noch Hilfsmotoren für die an Bord befindlichen Lichtdynamos und andere, weniger wichtige Arbeitsmaschinen benötigt. Die Anforderungen an derartige Bordmotoren sind im allgemeinen leichter zu erfüllen; sie haben eine viel kleinere Leistung, meistens auch bessere Aufstellungsverhältnisse und kürzere Betriebszeiten als die Hauptmaschinen. Von der deutschen Kriegsmarine sind für die Ausführung von Verbrennungskraftmaschinen für Borddynamos u. dgl. besondere „Grundzüge“ festgelegt, die zwar auf die baulichen Einzelheiten nur wenig eingehen, hingegen für die allgemeine Durchbildung der Bordmotoren, soweit sie durch Betriebsbedingungen beeinflusst wird, sehr umfassende Anhaltspunkte geben<sup>1)</sup>. Im Zusammenhange hiermit sei auch auf die Bauvorschriften des Germanischen Lloyd hingewiesen, die in ihrer soeben erschienenen Ausgabe (1912) auch für die Schiffsmotoren bestimmte Konstruktionsverhältnisse vorschreiben<sup>2)</sup>.

Die folgenden Ausführungsbeispiele sollen nur eine kleine Übersicht über den gegenwärtigen Stand des Schiffsmotorenbaues geben; das ganze Gebiet ist derzeit noch so vielgestaltig und wechselnd, größtenteils auch so geheimnisvoll abgeschlossen, daß eine grundlegende Behandlung unmöglich ist. Unter den zahlreichen Abhandlungen, welche die einschlägige Fachpresse veröffentlichte, geben die Berichte von Prof. F. ROMBERG<sup>3)</sup> und Prof. W. MENTZ<sup>4)</sup> dem Konstrukteur wohl die brauchbarsten

<sup>1)</sup> In der Zeitschrift „Der Ölmotor“ 1913, Heft 3 u. 4, hat Marinebaumeister W. LAUDAHN diese behördlichen Konstruktionsgrundsätze veröffentlicht; der betr. Aufsatz über „Dieselmaschinen zum Antrieb von Borddynamos in der deutschen Kriegsmarine“ ist auch in seinem sonstigen Inhalt sehr beachtenswert.

<sup>2)</sup> Im Verlage der Universitätsdruckerei ADLERS ERBEN G. m. b. H., Rostock.

<sup>3)</sup> Über Schiffsgasmaschinen. Vorgetragen in der Schiffbautechnischen Gesellschaft Berlin; veröffentlicht in deren Jahrbuch 1910.

<sup>4)</sup> Deutsche Schiffverbrennungsmotoren. Veröffentlicht in der Zeitschrift „Schiffbau“, Jahrg. 1911, Nr. 13 bis 18; ferner über Schiffsmotoren; veröffentlicht ebendort 1913, Nr. 13 bis 17.

Von beiden Aufsätzen sind Sonderabdrucke im Verlag von CARL MARFELS, Berlin erschienen.

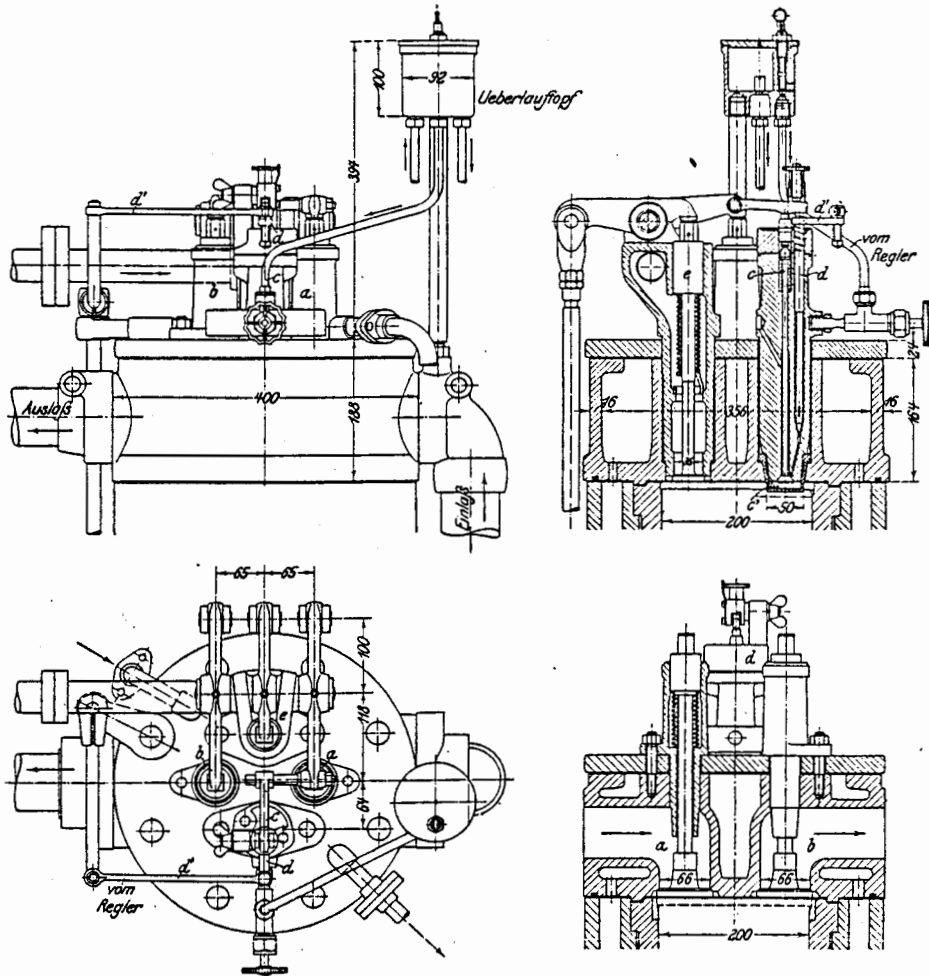


Fig. 1072—1075. Zylinderdeckel mit Ventilen, Steuerung und Regelung eines 12 PS Einzylinder-Bronsmotors der GASMOTOREN-FABRIK DEUTZ.

Es ist a Einlaß-, b Auslaß-, c Brennstoffventil, d Regulirnadel, e Anlaßventil. Beim Saughub wird der Brennstoff (nur Lampenpetroleum) in der Kapsel c zurückgehalten und darin während der Verdichtung verdampft. Der Petroleumdampf tritt in den Zylinderraum aus und bildet darin das Gemisch, welches bei Höchstverdichtung (32 at) mit 50—60 at Druck verpufft.

Unterlagen. Für das Studium der Frage „Zweitakt- oder Viertaktgroßschiffsmaschinen“ ist außerdem eine Untersuchung von H. A. SIEBECK beachtenswert<sup>1)</sup>.

Der Brons-Schiffsmotor Fig. 1071 bis 1075 wird von der GASMOTOREN-FABRIK DEUTZ, als deutscher Lizenzfabrik, in folgenden Größen ein- und zwei-zylindrig gebaut:

Einzylinderleistung . . . . .	6	8	12	16 PS
Zylinderbohrung . . . . .	150	170	200	220 mm
Kolbenhub . . . . .	200	220	240	260 mm
Umdr/min. . . . .	380	350	340	330
Bauhöhe ungefähr . . . . .	1450	1850	1980	2130 mm

Das kleinste Modell wird von Hand angedreht; die Anlaßluftpumpe der übrigen Modelle läuft im Betriebe bei offenem Druckventil leer mit. Die Bronsmotoren werden besonders für Seefischerei- und Lastboote geliefert.

<sup>1)</sup> Veröffentlicht in der Zeitschrift „Schiffbau“ vom 13. November 1912; Auszug daraus in „Der Ölmotor“ 1912, Seite 401.

Betriebsergebnisse aus der eigentlichen Praxis von Schiffsmotoren liegen erst vereinzelt und stückweise vor. Man muß sich einstweilen mit den auf Versuchsständen gewonnenen Abnahmewerten u. dgl. begnügen, wenn man sich über Leistung und Verbrauch ein Bild machen will.

a) Zwilling-Bootmotor Bauart BRONS, nach Fig. 1071, Seite 608. Prüfungszahlen aus dem vom Seefischerei-Verein Berlin 1911 veranstalteten Wettbewerb.

Nennleistung 24 PSe bei 200 mm Zylinderbohrung, 240 mm Kolbenhub und 340 Umdr./min. Höchstleistung 24,8 PSe.

Gewicht des Motors ohne Schwungrad 2215 kg, mit Schwungrad 2965 kg oder 123,5 kg für 1 PSe der Nennleistung.

Brennstoffverbrauch für 1 PSe/st. 238 g bei Vollast, 265 g bei Halblast und 2085 g stündlich bei Leerlauf.

Schmierölverbrauch für 1 PSe/st. bei Vollast rd. 9 g.

b) Sechszylinder-Viertakt-Dieselmachine von 850 bis 1000 PSe, Bauart MAN Werk Augsburg (entsprechend Fig. 1035, Seite 614).

Verbrauch an galizischem Rohöl, bezogen auf 10 000 WE/kg und 1 PSe/st.

bei 850 PSe Bremsleistung, 425 Umdr./min. 188,5 g

„ 570 „ „ 295 „ 180,3 g

„ 250 „ „ 150 „ 185,0 g

Verbrauch an Schmieröl durchschnittlich 2 g für 1 PSe/st. bei Vollast.

Verbrauch an Kühlwasser bei 15° Zufluß und 32° Abfluß 36 ltr. für 1 PSe/st.

Umsteuerdauer von Vollast vorwärts bis zum Anspringen rückwärts ungefähr 15 Sekunden.

c) Sechszylinder-Zweitakt-Dieselmachine von 900 PSe, Bauart MAN Werk Nürnberg (entsprechend Fig. 1091, Seite 616).

Höchstleistung 1100 PSe für mehrere Stunden bei 300 Umdr./min.

Verbrauch an galizischem Rohöl und bezogen auf 10 000 WE/kg bei Nennleistung (900 PSe) durchschnittlich 212 g für 1 PSe/st.

Umsteuerdauer von Vollast vorwärts auf Vollast rückwärts beidemal mit 250 Umdr./min. nur 10 Sekunden. Aus 4 Druckluftflaschen von je 300 ltr.

Inhalt und 45 at Anfangsdruck konnte ohne Nachfüllung 16 mal hintereinander angelassen werden.

Tafel 162.

Versuchsergebnisse von 5 Bord-Dieselmachines

1 Laufende Nummer	2 Baufirma	3 Maschinenart	4 5 6 Leistung im Vollast- Dauerversuch			7 Höchste bei den Versuchen erreichte Belastung KW	8 Mittlere Umdrehungszahl n	9 Mechan. Wirkungs- grad bei Volla- st %	10 11 12 13 14 15 Verbrauchszahlen					
			im ganz. für 1 PSe/st.											
			Brennstoff, bezogen auf 10 000 WE											
			10 Leer- lauf kg	11 Vier- tellast g	12 Halb- last g				13 Drei- viertel- last g	14 Voll- last g	15 Über- last g			
1	GERB. KÖRTING, A.-G.	einfachwirkend Viertakt	628	448	300	324	373	70,76	21,16	262,6	204,6	194,0	209,5	187,5
2	FRIEDR. KRUPP, A.-G., Germaniawerft	desgl.	670	440	298	334	400	65,6	25,3	316,8	236	210	202,8	207
8	FRIEDR. KRUPP, A.-G., Germaniawerft	desgl.	677	445	308	328	400	65,72	—	—	230,7	—	202,2	209
4	MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRN- BERG, Werk Augsb.	desgl.	587	440,5	304	367	403,6	75,0	24,2	313	287	210	197,1	200
5	BLOHM & VOSS Hamburg	einfachwirkend Zweitakt	688	435	297	370	418	63,5	34,8	431	281,5	244,6	238,8	—

d) Sechszylinder-Viertakt-Dieselmachine von 450 PSe, Bauart MAN Werk Augsburg (ähnlich Fig. 1035, leichte Ausführung).

Leistung 304 KW bei 403 Umdr/min.; vorübergehend um 20% mehr.  
Verbrauch bei  $N_n \approx 450$  PSe durchschnittlich 188 gr-PSe/st. an galizischem Rohöl von  $\approx 10\ 000$  WE/kg Heizwert.

Verbrauch an Kühlwasser stündlich 23 cbm bei 19° Temperaturzunahme.  
Verbrauch an Schmieröl 1,4 g für 1 PSe/st. Lagertemperatur im Dauerbetriebe 45°.  
Gewicht der Maschine mit allem Zubehör rd. 12 000 kg oder 26,5 kg/PSe.

e) Sechszylinder-Zweitakt-Gleichdruckmotor von 300 PSe, Bauart FIAT<sup>1)</sup> (entsprechend Schaubild 1086, Seite 614).

Höchstleistung für 15 Min. 399 PSe bei 505 Umdr/min.  
" für längere Zeit 365 PSe bei 510 Umdr/min.

hierbei mittlerer Treibölverbrauch 238 g für 1 PSe/st.  
Dauerleistung 241 PSe (während 6 Std.) und 228 PSe (während 21 Std.)  
bei 405 Umdr/min. und 402 Umdr/min.

Mittlerer Verbrauch 231 g und 244 g für 1 PSe/st.  
Das Treiböl hatte bei 15° C eine Dichte  $\gamma = 0,896$  und bei 25°  $\gamma = 0,890$ .  
Die Zähflüssigkeit war bei diesen Temperaturstufen 8,1 bzw. 2,4 Englergrade.  
Flammpunkt 127°, Siedepunkt über 360° und Heizwert im Mittel 10760 WE/kg.  
An zwei neueren Maschinen derselben Bauart, entsprechend Fig. 1087 bis 1090,

von je 300 PSe Nennleistung wurden folgende Werte festgestellt:

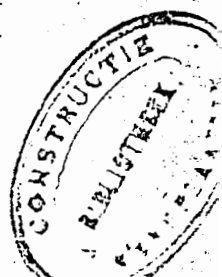
Versuch Nr. . . . . .	I	II	III	IV
Versuchsdauer in Stunden . . . . .	12	12	2	1/4
Bremsleistung in PSe . . . . .	{ 347 344,4	{ 212,5 213,6	{ 79,4 79,5	{ 420 425
Umdr/min. im mittel. . . . .	{ 470 463	{ 390 390	{ 263 265	{ 510 510
Treibölverbrauch für 1 PSe/st. . . . .	{ 247,6 246	{ 245,5 243,4	{ 297 287	{ — —
Schmierölverbrauch für 1 PSe/st. . . . .	{ 8,9 9,1	{ 5,5 5,7	{ — —	{ — —

<sup>1)</sup> Abgeleitet aus „FABBRICA ITALIANA AUTOMOBILI TORINO“; in letzter Zeit ist die Gesellschaft erweitert in FIAT-SAN GIORGIO.

von je 300 KW Nennleistung.

Tafel 162.

16		17		18			19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		80		81	
Schmier- bzw. Kühlöl	Kühlwasser bezog. a. 25° Erwärmung	Überdrucke						Temperaturen										Gewicht des Diesel- motors aussch. Dynamo	Gewicht für 1 PSe der Nennleistung (40 PSe)													
		Einblasluft	Spülluft	Öl		Kühlwasser	Schmieröl bzw. Kühlöl		Kühlwasser		Auspuffgase			Raumluf																		
				Schmieröl in d. Lagern	Kühlöl in den Kolben		Eintritt	Austritt	Eintritt	Austritt	im Auspuff- rohr hinter der Ma- schine	im bzw. un- mittelbar hint. d. Aus- pufftopf																				
g	ltr	kg/qcm	kg/qcm	kg/qcm	kg/qcm	kg/qcm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	kg	kg														
11,5	39	70	—	0,79	—	0,45	—	45	10	45,6	—	—	200	18	12693	23,8																
5,05	30	80	—	0,23	—	2	—	—	9	42	410	270	17	15530	35,4																	
4,68	30	80	—	0,4	—	1,2	—	—	9	42	450	—	14	15530	35,4																	
1,4	41	64	—	1,31	1,39	0,95	30,2	57,7	12,9	32,3	460	300	22	13450	30,6																	
22,4 (spät. 14)	37,5	74	0,55	1,1	3,1	0,6	40	70	6	32	400	300	20	12910	29,4																	



Die Umsteuerdauer von Vollast vorwärts auf Vollast rückwärts beträgt 4 bzw. 7 Sekunden; die höchste Geschwindigkeit bei plötzlicher Entlastung von 350 PSE (bei 450 Umdr/min.) auf Leerlauf war 530 Umdr/min.

Mittlerer Einblasedruck bei Vollast 78 at, bei  $\frac{2}{3}$  Last 70 at.

„ Spülluftdruck „ „ 0,44 at, „  $\frac{2}{3}$  „ 0,35 at.

Temperatur des Schmieröls im Kastengestell 75 bzw. 65° C.

Das Rohöl hatte bei 15° C ein spezifisches Gewicht  $\gamma = 0,95$ , bei 24° von 0,946,

und eine Zähigkeit von	7,5	9,5	3,3	1,8	Englergraden
	bei 20	50	75	100° C.	

Entflammungspunkt 110°, Siedepunkt 240°, Heizwert 10 399 WE/kg.

f) In der Seite 609 unten genannten Abhandlung von W. LAUDAHN sind die Abnahmeergebnisse von 5 Stück 300 KW Bord-Dieselmotoren nach Zahlentafel 162 enthalten. Der Treibölverbrauch ist auf 10 000 WE/kg zurückgerechnet.

## V. Flugzeug- und Luftschiffmotoren.

Diese letzte Anwendungsart der leichten Verbrennungskraftmaschinen beginnt jetzt große technische Bedeutung zu erlangen; denn die Luftfahrzeuge stellen an ihre Motoren, vornehmlich an deren spezifische Leistungsfähigkeit, Betriebssicherheit, Leichtigkeit, Getriebeausgleichung usw. ungewöhnlich hohe Anforderungen. Die besten Vorbilder hat bisher der Wagenmotorenbau geliefert und es ist zu erwarten, daß er auch künftig aus seinen eigenen Erfahrungen heraus an der Entwicklung des Flugzeugmotors das Wertvollste leisten wird. Das liegt um so näher, als der letztere allein auf absehbare Zeit noch nicht den für eine lohnende Sonderzeugung erforderlichen Absatz finden und in jedem Falle seine Marktfähigkeit erst mit erheblichen Versuchs- und Einführungskosten erreichen wird. Gegenwärtig richten sich nicht wenige kleinere Werkstätten an diesen Kosten fast oder ganz zugrunde, vor allem solche, die ihre Entstehung untüchtigen Erfindern zu danken haben. Vor ihnen zu warnen, ist also auch an dieser Stelle angebracht.

Was der deutsche Flugzeugmotorenbau zurzeit leisten kann, hat der diesjährige Wettbewerb um den Kaiserpreis gezeigt. Von 45 eingelieferten Maschinen hielten nur 19 die Vorversuche und den 7stündigen Dauerbetrieb aus. Aus dieser engeren Auswahl gingen schließlich die in Tafel 163 gekennzeichneten 5 Motoren als die besten hervor. Alle fünf sind nach den alten, erprobten Grundsätzen des Kraftwagenmotors, namentlich mit Wasserkühlung und als feststehende Maschinen ausgeführt; von den luftgekühlten Motoren ist nicht einer in die Hauptprüfung gekommen, ebensowenig von den umlaufenden sog. Sternmaschinen<sup>1)</sup>. Der Wettbewerb wird für 1915 neu ausgeschrieben werden.

Die Ausführungsbeispiele entnehme ich aus den Erzeugnissen der ältesten Erbauerin von Flugzeug- und Luftschiffmotoren, der DAIMLER-MOTOREN-GESELLSCHAFT in Stuttgart. Die Maschinen Fig. 1103 und 1104 sowie Fig. 1105 und 1106 entsprechen den in Tafel 163 aufgezählten Modellen.

Zu Fig. 1103 und 1104 auf der folgenden Seite:

Ausführung der 6 Zylinder in Stahl; je 2 Zylinder sind in einem gemeinsamen Stahlblechkühlmantel zusammengeschweißt. Steuerwelle über den Zylinderköpfen; Daumen arbeiten auf Schwinghebel. Doppeldrehschiebervergaser für 2 × 3 Zylinder; zwei getrennt arbeitende Hochspannungszündvorrichtungen, außerdem Handanlaßmagnet.

<sup>1)</sup> Ausführlicher Bericht über die Durchführung und das Ergebnis der Kaiserpreisprüfung siehe Z. Ver. deutsch. Ing. 1913, Seite 481 ff.