

$$\left( O = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,550^2}{4} = 0,23758 \text{ m}^2; s_1 = \frac{s}{4} = \frac{0,96}{4} = 0,24 \text{ m} \right)$$

$$N_i = 0,2376 \cdot 10000 \cdot 4,76 \cdot \frac{0,24 \cdot 121,6}{30 \cdot 75} = 146,6 \text{ PS}_i.$$

Aus  $N_e$  und  $N_i$  erhält man den Wirkungsgrad zu

$$\eta = \frac{N_e}{N_i} = \frac{127}{146,6} = \sim 0,866.$$

Kilowatt = 89,88 . . . .  $n = 128,0$  . . . .  $p_i = 4,80$

$$N_e = \frac{89,88}{0,91 \cdot 0,736} = 134,2 \text{ PS}_e.$$

$$N_i = 0,2376 \cdot 10000 \cdot 4,8 \cdot \frac{0,24 \cdot 128}{30 \cdot 75} = 155,7 \text{ PS}_i.$$

$$\eta = \frac{N_e}{N_i} = \frac{134,2}{155,7} = 0,862.$$

Die diesen Werten entsprechenden Diagramme sind aus den Fig. 45 und 46 zu ersehen (s. auch Kapitel L, viertes Beispiel).

#### Achtes Beispiel.

### Rechnerische und experimentelle Untersuchung eines Generators und Gasmotors der Oberurseler Motorenfabrik von 35 PS Normalleistung, 360 mm Zylinderdurchmesser und 540 mm Kolbenhub.

#### I. Daten.

Zylinderdurchmesser 360 mm, Kolbenhub 540 mm, Tourenzahl 200 pro Minute, Schachtdurchmesser 380 mm und Schachthöhe 525 mm des Generators.

Die Bestimmung der effektiven Arbeit erfolgte mittels des Brauerschen Bremsbandes. Die Bremsbelastungen und anderen Daten sind in Abschnitt II, S. 168 u. f. gegeben. Außerdem wurde die effektive Leistung auf rechnerischem und elektrischem Wege — indirekte Bremsmethode — ermittelt. Auch über die Größe und Leistungsfähigkeit des Generators wie auch über den Gang des Motors sind nähere Untersuchungen und Beobachtungen angestellt.

#### II. Ausrechnungen und Versuchsergebnisse.

Nach den Daten ergibt sich eine Kolbengeschwindigkeit [s. Formel (11), S. 156] von

$$\frac{0,540 \cdot 200}{30} = 3,6 \text{ m/sec.}$$

Das Hubvolumen pro Pferdestärke in Liter für die normale Leistung beträgt [s. Formel (12 a), S. 156]:

$$\frac{3,6^2 \cdot \pi}{4} \cdot 5,4 = \frac{10,17 \cdot 5,4}{35} = 1,569 \text{ Liter,}$$

und das Volumen pro Sekunde [s. Formel (12b), S. 156]:

$$\frac{3,6^2 \cdot \pi}{4} \cdot 36 = 10,46 \text{ Liter.}$$

Beide Werte sind groß und genügen durchaus. Der mittlere Druck ergibt sich [s. Formel (14), S. 156] zu:

$$p_i = \frac{35 \cdot 4 \cdot 75}{10,17 \cdot 3,6 \cdot \eta} = \frac{2,868}{\eta},$$

für  $\eta = 0,75$  wird

$$p_i = \frac{2,868}{0,75} = 3,8 \text{ Atm.}$$

Im Mittel ergeben sich für  $p_i$  nach einer Reihe von analogen Prüfungen an Kraftgasmotoren 4,50 Atm. Der Motor ist somit reichlich bemessen und wird eine um 15 Proz. größere Leistung, wie 35 PS, ergeben. Die Maximalleistung ist somit:

$$1,15 \cdot 35 = 40,25 \text{ PS.}$$

Der Zylinderdurchmesser und Hub der Körtingschen Motoren bei 35 PS normal ist 325 bzw. 560 mm bei 170 Umdrehungen pro Minute; dieses entspricht somit ungefähr obigen Daten.

Die Kurbelwelle ist an der Kurbel 165 mm stark, was für die Leistung normal ist. Jedes Schwungrad wiegt etwa 700 kg; dies entspricht einem Ungleichförmigkeitsgrad von etwa  $\frac{1}{40}$ .

Der Generator hat etwa 380 mm Schachtdurchmesser und 525 mm Schachthöhe. Rechnet man etwa 0,40 bis 0,45 kg Anthrazitverbrauch, so werden in der Stunde  $0,40 \cdot 35 = 14 \text{ kg}$  bis  $0,45 \cdot 35 = 15,75 \text{ kg}$  verbraucht. Der Querschnitt des Generatorschachtes ist:

$$\frac{0,380^2 \pi}{4} = 0,1134 \text{ qm}$$

groß, d. h. auf das Quadratmeter kommen

$$\frac{14}{0,1134} = 123 \text{ kg} \text{ bis } \frac{15,75}{0,1134} = 139 \text{ kg.}$$

Die Steuerung der Maschine ist selbsttätig, das Gaseinlaßventil wird durch einen abfallenden Nocken betätigt. Die Schmierung erfolgt teils durch Tropföler, teils durch einen mechanisch angetriebenen Kolben. Der Regulator besitzt eine Ölbremse; durch dieselbe wird ein dauerndes Hin- und Herpendeln des Regulators vermieden, sofern dieser empfindlicher ist als die Schwungräder. Der Gleichförmigkeitsgrad ist, wie oben bemerkt, nicht sehr groß, da jedoch der Antrieb mittels Riemen und Vorgelege erfolgt und Werkstättenbeleuchtung in Frage kommt, so

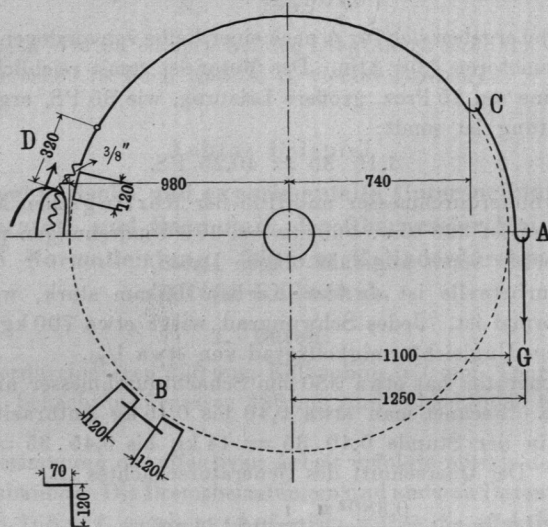
genügt in diesem Falle der Ungleichförmigkeitsgrad von  $\frac{1}{40}$ . Helligkeitsschwankungen der elektrischen Beleuchtung konnten mit dem Auge bei 200 bis 210 Umdrehungen pro Minute nicht wahrgenommen werden.

Die Bremsungen erfolgten mit dem Brauerschen Apparat und wurden vier Versuche angestellt. Die erste Bremsung dauerte eine halbe Stunde und mußte sodann abgebrochen werden, da das zum Bremsen benutzte Schwungrad sich stark erwärmt hatte. Die mittlere Tourenzahl berechnet sich zu:

$$n_{\text{Mittel}} = \frac{\sum n}{12} = \frac{180 + 180 + 184 + 182 + 182 + 183 + 187 + 185 + 184 + 184 + 188 + 186}{12} = 183,75.$$

Die Bremsbandanordnung gibt die Skizze (Fig. 47). Das Gewicht  $G$ , welches am Haken  $A$  während des Versuches hing, wog 102,7 kg. Der

Fig. 47.



Haken bei  $C$  hat ein Gewicht von 0,500 kg; das an dem Haken  $C$  hängende Stück Bandeseisen nebst Aufhängehaken ist 1,700 kg schwer. Die bei  $B$  befindlichen Winkel wiegen 1,200 kg. Der Winkel bei  $D$  hat ein Gewicht von 0,500 kg. Die Hebelarme der einzelnen Gewichte sind aus der Skizze zu ersehen. Bei Reduktion der einzelnen Gewichte auf den Hebelarm von 1250 mm ergibt sich:

1. für den Haken  $C$  . . . . .  $\frac{0,500 \cdot 740}{1250} = 0,296,$
2. für das Bandeseisen nebst Haken . .  $\frac{1,700 \cdot 1100}{1250} = 1,496.$

Die Gewichte rechts von der Wellenmitte betragen somit:

$$102,7 + 0,296 + 1,496 = 104,492 \text{ kg.}$$

Vom Aufhängepunkt nach links befinden sich zwei Spannwinkel bei *B*; das Gewicht ist 1,200 kg, der Angriffspunkt liegt am Umfange, somit im Abstände von 1100 mm. Diese Reduktion und dieselbe des Winkels bei *D* ergibt sich zu:

$$1. \frac{1,200 \cdot 1100}{1250} = 1,056 \text{ kg.} \qquad 2. \frac{0,500 \cdot 980}{1250} = 0,392 \text{ kg.}$$

Somit sind  $1,056 + 0,392 = 1,448$  kg in Abzug zu bringen, so daß  $104,492 - 1,448 = 103,044$  kg in Rechnung zu setzen sind.

Die gebremste Leistung beträgt daher nach Formel 41, S. 46:

$$N_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,25 \cdot 183,75}{60 \cdot 75} \cdot 103,044 = 33,03 \text{ PS.}$$

Während des Versuches zeigte sich, daß das Einströmventil undicht war, weshalb einige Tage später nach Abdichtung des Ventileinsatzes ein neuer Bremsversuch vorgenommen wurde. Die mittlere Tourenzahl pro Minute wurde aus dem Stand des Tourenzählers vor und nach dem Versuche ermittelt und ergab sich zu 210. Der Gang des Motors war während des Versuches sehr gleichmäßig und der Regulator spielte. Bei einem weiteren Versuch war die Tourenzahl pro Minute 210,4.

Da alle Verhältnisse dieselben geblieben waren und die Tourenzahl in beiden letzteren Fällen zu 210 angenommen wurde, so ergibt sich eine gebremste Leistung von:

$$N_e = \frac{33,03 \cdot 210}{183,75} = 37,75 \text{ PS}_e.$$

Zur Kontrolle der rechnerischen Untersuchung und mechanischen Bremsung wurde auch eine elektrische — indirekte Bremsmethode — vorgenommen. Im folgenden sei gegeben:

1. Versuchsdaten und rechnerische Auswertung derselben.

Tabelle A.

Zeit	Skalenteile des Amperemeters	Volt	Zeit	Skalenteile des Amperemeters	Volt
9,10	120	120	9,40 <sup>2)</sup>	—	—
9,15	114	115	9,47	113	123
9,16	118	120	9,52	109	121
9,17	114	120	10,00	109	110
9,20	120	123	10,02	109	110
9,25	119	121	10,12	102	108
9,30	104	108	10,17	95	100
9,30 <sup>1)</sup>	—	—	10,25 <sup>3)</sup>	—	—

<sup>1)</sup> Setzte Gasmotor aus. Zündung versagte, weil verschmutzt. — <sup>2)</sup> In Gangsetzung, Belastung. — <sup>3)</sup> Untersuchung beendet, um mit einer weniger feuchten Anthrazitkohle eine weitere Prüfung vorzunehmen.

Mittel 146,4 Amp. und 115,3 Volt. Durch Korrektur reduzieren sich die Werte auf:

146 Amp. und 113,65 Volt, somit 16585 Watt.

Bei den neuen Untersuchungen ergaben sich folgende Werte:

Tabelle B.

6,18 wurde der Motor und 6,24 die Dynamo angestellt.

Zeit	Skalenteile	Volt	Tourenzahl	Bemerkungen
6,30	122	125	106	Regulator spielt.
6,35	120	124	204	" "
6,40	116	121	204	" "
6,45	126	123	204	" "
6,50	110	115	192	Regulator liegt auf.
6,55	75	90	182	" " "
7,00	104	110	198	" " "
7,05	85	95	—	
7,10	97	106	190	" " "
7,15	119	120	204	Regulator spielt.
7,20	120	123	204	" "
7,25 <sup>1)</sup>	—	—	—	Ankerdraht am Kommutator abgesprungen.
7,38 <sup>2)</sup>	—	—	—	
7,41	117	121	208	
7,45	121	123	208	
7,50	120	122	208	
7,55	118	121	208	
8,00	119	121	210	
8,05	120	123	210	
8,10	114	120	210	
8,15	118	122	210	
8,20	115	123	208	
8,25	116	123	210	
8,30	117	123	208	
8,35	117	121	208	
8,40	111	120	—	

Mittel 151,35 Amp., 118,12 Volt; durch Korrektur reduzieren sich die Werte auf:

150,9 Amp. und 116,47 Volt, somit 17564 Watt.

Bei einem Nutzeffekt von 85 Proz. für die Dynamo und 83 Proz. für das gesamte Vorgelege bzw. beider Riemen ergeben sich nach den Werten von

Tabelle A . . 16585 Watt = rund 31,9 PS<sub>e</sub> und

Tabelle B . . 17564 " = " 33,8 "

<sup>1)</sup> Kollektor feuerte, Dynamo ausgeschaltet, Motor läuft leer. — <sup>2)</sup> Dynamo in Gang.

Die Gesamtleistung aus beiden Versuchen ist rund 32,8 PS<sub>e</sub> als Mittelwert.

Der Maximalwert ist rund 19950 Watt = rund 38,5 PS<sub>e</sub>.

Eine Stunde lang von 7<sup>h</sup> 41 bis 8<sup>h</sup> 40 ergaben sich Mittelwerte von 155,60 Amp., 119,85 Volt, somit rund 18639 Watt = rund 35,9 PS<sub>e</sub>.

## 2. Ausführung der Versuche und Resultate.

Die Prüfung auf Kraftleistung geschah durch eine von der Transmission angetriebene Dynamomaschine, deren erzeugter Strom in einen Wasserwiderstand geleitet und gemessen wurde. Die Meßinstrumente waren geeicht. Nach dem Anlassen des Motors lief derselbe etwa eine Stunde mit ziemlich gleichmäßiger Belastung. Die Messungen erfolgten nach halbstündigem Betriebe. Darauf versagte die Zündvorrichtung. Der Betrieb mußte ausgesetzt und der Funkenzieher gereinigt werden. Nach etwa 10 Minuten war der Motor wieder wie früher im Betriebe. Der sehr klein gewählte Wasserwiderstand geriet ins Kochen und der Motor ging sehr ungleichmäßig. Der Generator lieferte schlecht zusammengesetztes Gas und die Kohle setzte sich im Füllschacht fest, so daß die Untersuchung aufgegeben und eine andere, nicht so feuchte Kohle besorgt wurde. Die Notierungen und Ergebnisse dieser Untersuchung sind in der Tabelle A dargestellt.

An einem anderen Tage wurde der Motor von 6<sup>h</sup> 30 bis 7<sup>h</sup> 25 und von 7<sup>h</sup> 40 bis 8<sup>h</sup> 40 abends unter Belastung geprüft, war also 1 Stunde 55 Minuten im Betriebe. Von 7<sup>h</sup> 25 bis 7<sup>h</sup> 40 versagte die Dynamomaschine, ein Ankerdraht am Kollektor war abgesprungen und mußte frisch verlötet werden. Wie aus der Tabelle B zu ersehen ist, lief der Motor bei dieser Prüfung ziemlich regelmäßig, mit Ausnahme der Zeit von 6<sup>h</sup> 50 bis 7<sup>h</sup> 10, in der der Gaserzeuger wieder schlechteres Gas lieferte; es war dies auf unaufmerksame Bedienung zurückzuführen. Zur Ermittlung der Leistung und zur Beobachtung des Gasmotors während des Betriebes wurden die in den vorhergehenden Tabellen A und B zusammengestellten Untersuchungen angestellt.

Mittels Präzisionsamperemeter und Präzisionsvoltmeter, Fabrikate der Hartmann u. Braunschen Werke, wurde die abgegebene elektrische Energie gemessen. Die Apparate sind geprüft und die Abweichungen bei den Messungen bei dem Gesamtergebnis berücksichtigt worden.

Während der Versuche erfolgten die Ablesungen der Meßapparate von 5 zu 5 Minuten, außerdem wurde die Tourenzahl des Gasmotors von Zeit zu Zeit kontrolliert.

Die Tourenzahl schwankte im regulären Betriebe zwischen 202 und maximal 210 Touren; sie war im Durchschnitt 205 in der Minute, bei den Störungen ging sie bis auf 180 zurück. Die Spannungsschwankungen beliefen sich beim zweiten Versuche auf 2 bis 3 Volt, abgesehen von dem Aussetzen des Motors. Unterschiede der Helligkeitsschwankungen



Bezüglich der Anlage selbst sei noch folgendes bemerkt: Fehler, welche die Betriebssicherheit in Zweifel stellen, hatte die Anlage nicht. Die vorhandene allgemeine Abnutzung war der Betriebszeit und starken Inanspruchnahme entsprechend. Brüche oder Frostrisse konnten nicht beobachtet werden. Die Schmierung funktionierte anstandslos. Bei gleichzeitiger Licht- und Kraftabgabe, zu welcher diese Anlage bestimmt war, konnte nicht untersucht werden. Die Lichtschwankungen hängen in diesem Falle von der Größe der jeweiligen Belastungsschwankungen ab. Bei normaler Wartung und unter den gegebenen Verhältnissen war die Anlage zur Erzeugung von elektrischem Licht geeignet.

Beispiele betr. Dieselmotoren. Den ausführlichen Berichten über Versuche von Dieselmotoren von Prof. Dr. E. Meyer-Charlottenburg, Z. d. V. d. I. 1903, Nr. 18 u. 19 und von Ober-Ingenieur Chr. Eberle, Z. d. B. R. V. 1906, Nr. 3 u. 5 entnehme ich folgendes:

Neuntes Beispiel.

**Versuche an einem einzylindrigen Dieselmotor von 70 PS.  
von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.**

Versuchsdaten, Beschreibung der Versuche und Versuchsergebnisse. Die Versuchsdaten sind: Nennleistung 70 PS<sub>0</sub>, Tourenzahl pro Minute  $n = 160$ , Zylinderdurchmesser 400,5 mm, Hub 600,5 mm, Hubvolumen  $V_h$  bzw. Inhalt des Kompressionsraumes  $V_c$  bzw.

$$\text{Kompressionsgrad } \varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

des Motorzylinders sind 75,65 bzw. 5,255 Liter bzw. 15,40. Der Zylinderdurchmesser bzw. der Hub der Luftpumpe sind 56,0 bzw. 139,3 mm.

Während des Versuches wurde alle fünf Minuten der Tourenzähler abgelesen und wurden Diagramme am Arbeitszylinder und an der Luftpumpe aufgenommen. Die Indikatorfeder für den Arbeitszylinder bzw. für die Luftpumpe ergab einen Maßstab von 1 kg/qcm = 0,991 mm bzw. = 0,575 mm

Schreibstiftweg. Der Arbeitsverbrauch beim Ansaugen der Luft und beim Auspuff der Verbrennungsrückstände wurde nach früheren Feststellungen zu etwa 1,5 Proz. der Volleistung angenommen. Als Brenn-

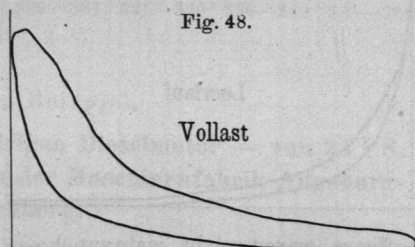


Fig. 48.

Vollast

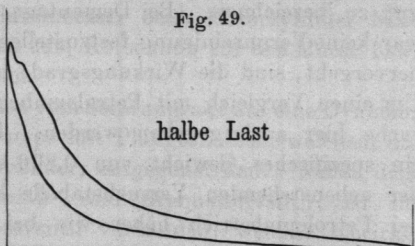


Fig. 49.

halbe Last