

pro Kilowattstunde ein Brikettverbrauch von 0,9 kg pro Kilowattstunde. Der Brikettpreis betrug 9,50 *M* pro Tonne auf dem Werke Lauchhammer, woselbst die Gasmaschine in Betrieb war, so daß sich die Kilowattstunde nur auf 0,855 J stellt. Die Verringerung der Brennstoffkosten bei Braunkohlen-Großgasmaschinenbetrieb ist besonders bei Dauerbetrieb bedeutend.

Siebentes Beispiel.

Untersuchung der Kraftgasanlage des Elektrizitätswerkes Erlangen.

Die gesamte Kraftgasanlage der Zentrale Erlangen, einschließlich der Gasmaschinen, ist von Gebr. Körting-Körtingsdorf geliefert und dient als ausschließliche Betriebskraft für das Werk. Sie besteht aus zwei kompletten Anlagen von je 125 bis 140 PS-Leistung. Die Motoren sind mit je einer Gleichstrommaschine direkt gekuppelt.

Durch die Abnahmeprüfungen sollte festgestellt werden, ob die garantierte Brennmaterialökonomie und der garantierte Wert des Wirkungsgrades der Motoren eingehalten seien, und wurden zu diesem Zwecke von dem Verfasser nachstehend beschriebene Versuche vorgenommen.

I. Beschreibung der Versuche.

Am ersten Tage wurde der Maschinensatz I einer achtstündigen Dauerprobe bei normaler Belastung unterworfen; dieselbe erfolgte durch die direkt gekuppelte Nebenschluß-Dynamo. Der normalen Leistung des Gasmotors von 125 PS entspricht unter Zugrundelegung des vertraglichen Wirkungsgrades der Dynamomaschine von 91 Proz. — dieser Wert wurde auch durch die besonderen Versuche an den elektrischen Maschinen¹⁾ festgestellt — eine Dynamoleistung von rund 84 KW. Diese Leistung wurde während des Versuches möglichst beibehalten. Die Ablesungen fanden von 15 zu 15 Minuten statt. Dampfdiagramme wurden in Zeitabschnitten von einer halben Stunde aufgenommen. Der Brennmaterialverbrauch — für den Generator mit Anthrazitfeuerung und für den Dampfkessel mit Gaskoksfeuerung — wurde durch Wägung festgestellt. Der Verbrauch an Kühl- und Speisewasser (aus der städtischen Leitung entnommen) ergab sich durch Ablesung zweier geeichter Wassermesser (eines großen und eines kleinen Messers, beide parallel geschaltet).

Bei Beginn des Versuches wurde die Brennmaterialschicht im Generator gemessen; nach Beendigung desselben wurden Asche und Schlacken aus dem Generator entfernt und so viel Anthrazit nachgeschüttet, bis die ursprüngliche Brennmaterialhöhe wieder erreicht war.

Vor dem Beginn des Versuches war der Motor zwei Stunden im Betriebe gewesen, davon die letzte Stunde bei Normalbelastung.

¹⁾ Siehe auch Kapitel L, viertes Beispiel.

Am zweiten Versuchstage wurde der Maschinensatz II unter abgeänderten Bedingungen geprüft. Es sollte festgestellt werden, ob eine Erhöhung der Tourenzahl des Gasmotors — entsprechend einer Erhöhung der Klemmenspannung der Dynamo auf rund 500 Volt — bei mäßig erhöhter Belastung dauernd anstandslos durchzuführen sei.

Es wurde zunächst ein $3\frac{1}{2}$ stündiger Versuch bei einer mittleren Belastung von 86,4 KW angestellt. Anschließend hieran wurde der Motor $4\frac{1}{2}$ weitere Stunden stärker belastet, derart, daß die durchschnittliche Belastung während des ganzen achtstündigen Betriebes 88,7 KW betrug, somit längere Zeit erheblich höher war, als der normalen Leistung entspricht.

Im übrigen wurde der zweite Versuch analog dem ersten durchgeführt.

II. Versuchstabellen und Resultate.

Es mögen zunächst die an den beiden Tagen vorgenommenen Messungen in umstehenden Tabellen I und II folgen (S. 174 und 175).

Die Brennmaterialökonomie ergibt sich nach diesen Versuchen wie folgt:

Bei normaler Belastung des Maschinensatzes I (83,935 KW) resultierte laut Versuchstabelle I ein Verbrauch an Anthrazit und Koks von
376,5 kg.

Hierbei war die gesamte geleistete elektrische Nutzarbeit
671,48 KW-Std.

Daraus folgt ein Brennmaterialverbrauch pro Kilowattstunde von
 $376,5 : 671,4 = 0,56$ kg (garantiert waren 0,78 kg).

Bei der höheren Belastung des Maschinensatzes II (im Mittel 88,715 KW) ergab sich nach Versuchstabelle II ein Brennmaterialverbrauch von

417 kg.

Die elektrische Nutzarbeit betrug
709,72 KW-Std.

Daher Brennmaterialverbrauch pro Kilowattstunde:
 $417 : 709,72 = 0,588$ kg.

Es stieg somit der Brennmaterialverbrauch gegenüber dem ersten Versuch nur wenig.

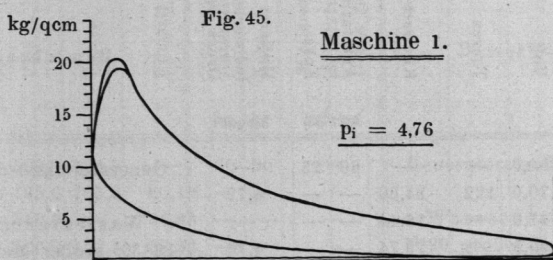
Als Verbrauch an Kühl- und Speisewasser pro Stunde ergab sich am ersten Versuchstage 4,09 cbm, am zweiten 4,4 cbm; da die Leistung der Gasmotoren hierbei rund 125 bzw. 133 PS_e betrug, so folgt ein Verbrauch an Wasser pro effektive Pferdestärke und Stunde von

~ 33 Liter (garantiert waren 50 Liter).

Der Wirkungsgrad der Gasmotoren läßt sich aus den Daten der Versuchstabellen und den Konstanten der Maschinen (Zylinderdurch-

messer und Hub) unter Berücksichtigung des durch besonderen Versuch ermittelten Nutzeffektes der Gleichstrommaschinen von rund 91 Proz. bestimmen. Es ergab sich für beide Maschinen bei Berechnung des Wirkungsgrades für die verschiedenen Versuchszeiten ein solcher von etwa 86 Proz. ¹⁾ im Durchschnitt. Die Berechnung des Wirkungsgrades η der Gasmotoren sei für je eine Beobachtung an den beiden Versuchs-

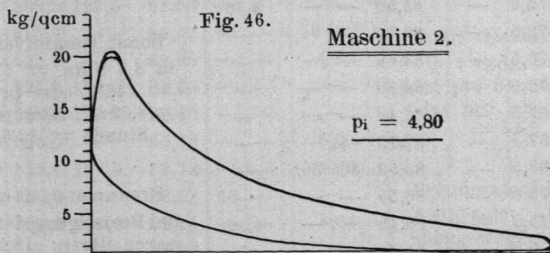
Maschine I, Ablesung 2^h 15'.



tagen durchgeführt und zu diesem Zwecke zwei Leistungen herausgegriffen, die annähernd den Mittelwerten der jeweiligen Versuchsreihe entsprechen.

Elektrische Leistung = 85,07 KW . . . $n = 121,6$ Umdrehungen pro Minute (Mittelwert aus sämtlichen Ablesungen) . . . $p_i = 4,76$ kg/qcm. Zylinderdurchmesser $d = 550$ mm. Hub $s = 0,96$ m.

Maschine II, Ablesung 11^h 45'.



Effektiv abgegebene Leistung des Motors bei einem Nutzeffekte der Dynamo von 91 Proz.:

$$N_e = \frac{85,07}{0,91 \cdot 0,736} = 127 \text{ PS}_e.$$

Die indizierte Leistung bestimmt sich nach Formel (9a), S. 155:

$$N_i = 0,10000 \cdot p_i \frac{s_1 \cdot n}{30} \cdot \frac{1}{75}.$$

¹⁾ Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß der Wirkungsgrad von 86 Proz. ohne Lagerreibungsverluste zu verstehen ist, da dieselben in dem Nutzeffekte der Dynamo von 91 Proz. zum größten Teile schon enthalten sind.

Versuchstabelle I.

(Maschinensatz I.)

Gasmotor: Zylinderdurchmesser 500 mm. Hub 960 mm.
 Versuchsdauer = 8 Stunden.

Zeit	Ampere	Volt	Touren	Kilowatt	Anthrazit	Koks	Mittlerer indizierter Druck p_i	Bemerkungen
					kg	kg	kg/qcm	
8 ^h	172,0	450,0	—	—	60	25	—	Generatorstand = 1,52 m
8 ¹⁵	180,0	470,0	122	84,60	—	—	4,72	
8 ³⁰	171,0	447,0	—	76,44	—	—	—	Wasserverbrauch:
8 ⁴⁵	172,4	462,5	—	79,74	—	—	4,76	12 ^h 30' großer Messer, Stand: 698,6 m ³
9	184,0	467,5	123	86,02	60	—	—	3 ^h 50' großer Messer: Stand: 709,7 m ³
9 ¹⁵	177,0	462,5	122	81,86	—	—	4,68	
9 ³⁰	180,0	470,0	—	84,60	—	—	—	3,5 Stdn. 11,1 m ³
9 ⁴⁵	179,0	462,5	—	82,78	—	—	4,72	
10	181,0	472,5	—	85,52	—	—	—	
10 ¹⁵	180,0	465,0	122	83,70	—	—	4,60	12 ^h 30' kleiner Messer, Stand: 260,24 m ³
10 ³⁰	178,0	466,5	—	83,04	60	—	—	3 ^h 50' kleiner Messer, Stand: 263,45 m ³
10 ⁴⁵	177,6	465,0	121	82,58	—	—	4,48	
11	180,4	470,0	—	84,79	—	—	—	3,5 Stdn. 3,21 m ³
11 ¹⁵	180,0	475,0	—	85,50	—	—	4,60	
11 ³⁰	180,2	472,5	—	85,14	—	—	—	Somit Gesamtverbrauch:
11 ⁴⁵	180,0	470,5	—	84,69	—	—	—	in 3,5 Stdn. = 11,1 + 3,21
12	180,0	472,0	—	84,96	—	—	—	= 14,31, oder pro Stunde
12 ¹⁵	177,2	465,5	—	82,49	—	—	—	= 4,09 m ³ , oder pro PS und
12 ³⁰	177,0	467,5	—	82,75	—	—	—	Stunde = 32,62 Liter
12 ⁴⁵	178,8	467,5	—	83,59	60	30	—	
1	181,8	475,0	—	86,35	—	—	—	Brennmaterialverbrauch:
1 ¹⁵	182,0	475,0	—	86,45	—	—	4,56	Bei Beendigung des Versuches
1 ³⁰	180,0	470,0	—	84,60	—	—	—	waren übrig: 18,5 kg Koks;
1 ⁴⁵	180,0	470,0	—	84,60	—	—	4,60	nach Abschlackung des Genera-
2	180,0	468,5	—	84,33	—	—	—	tors, wobei 44 kg Asche und
2 ¹⁵	181,0	470,0	—	85,07	—	—	4,76	Schlacke (mit etwas Lösch-
2 ³⁰	180,0	471,5	—	84,87	—	—	—	wasser) entfernt wurden, wur-
2 ⁴⁵	180,0	467,5	—	84,15	60	—	4,52	den 40 kg Anthrazit nachge-
3	177,0	465,0	119	82,30	—	—	—	feuert, um den ursprünglichen
3 ¹⁵	180,4	472,5	—	85,24	—	—	—	Stand zu erreichen; somit ist
3 ³⁰	180,0	469,0	—	84,42	—	—	4,76 (3 ⁴⁰)	der Gesamtverbrauch:
3 ⁴⁵	180,0	470,0	121	84,60	—	—	4,64	(300 + 55) — 18,5 + 40
4	179,0	470,0	—	84,13	—	—	4,52	= 376,5 kg Anthrazit u. Koks
				2685,90	300	55		

2685,90 : 4 = 671,48 K W-Stdn; 671,48 : 8 = 83,935 KW mittlere Leistung.

Versuchstabelle II.
(Maschinensatz II.)

Gas motor: Zylinderdurchmesser 500 mm. Hub 960 mm.
Versuchsdauer = 8 Stunden.

Zeit	Ampere	Volt	Touren	Kilowatt	Anthrazit	Koks	Mittlerer indizierter Druck p_i kg/qcm	Bemerkungen
					kg	kg		
8 ^h	160,0	500,0	126,5	—	60	30	—	Generatorstand = 1,36 m
8 ¹⁵	162,0	495,0	125,0	80,19	—	—	—	
8 ³⁰	166,0	510,0	—	84,66	—	—	—	Wasserverbrauch: 8 ^h 20' großer Messer, Stand: 736,9 m ³
8 ⁴⁵	171,0	520,0	127,5	88,92	—	—	—	
9	167,0	510,0	127,0	85,17	60	—	—	3 ^h 50' großer Messer, Stand: 762,2 m ³
9 ¹⁵	168,0	517,5	124,0	86,94	—	—	—	
9 ³⁰	169,0	512,5	126,0	86,61	—	—	—	7,5 Stdn. 25,3 m ³
9 ⁴⁵	170,0	518,5	127,5	88,15	—	—	4,8	
10	169,0	519,0	126,5	87,71	—	—	—	8 ^h 20' kleiner Messer, Stand: 273,27 m ³
10 ¹⁵	168,5	515,0	127,0	86,77	60	—	4,8	
10 ³⁰	170,6	526,0	126,0	89,74	—	—	—	5 ^h 30' kleiner Messer, Stand: 280,86 m ³
10 ⁴⁵	169,0	517,0	126,0	87,37	—	—	4,6	
11	169,0	517,5	—	87,46	—	—	—	7,5 Stdn. 7,59 m ³
11 ¹⁵	165,0	509,0	127,0	83,98	—	—	—	
11 ³⁰	168,0	515,0	—	86,52	60	—	4,76 (11 ²⁰)	Somit Gesamtverbrauch: in 7 Stdn. = 32,9 m ³ , oder pro Stunde = 4,4 m ³ , oder pro PS und Stunde = 33,2 Liter
11 ⁴⁵	171,2	525,0	—	89,88	—	—	4,8	
12	170,4	525,0	128,0	89,45	—	—	—	Brennmaterialverbrauch: Anthrazit . . . 420 kg rückgewogen . . 44 „ 376 kg
12 ¹⁵	175,0	528,0	—	92,40	—	—	—	
12 ³⁰	173,0	525,0	—	90,82	—	—	5,0	Koks 60 kg rückgewogen . . 19 „ 41 kg
12 ⁴⁵	171,0	525,0	127,0	89,78	—	—	4,68	
1	169,4	522,5	—	88,51	60	—	—	Gesamtverbrauch: 376 + 41 = 417 kg
1 ¹⁵	173,2	532,0	128,0	92,14	—	—	4,64	
1 ³⁰	175,2	538,0	127,0	94,26	—	—	—	
1 ⁴⁵	174,0	533,5	—	92,83	—	—	4,88	
2	174,0	532,5	128,0	92,65	—	—	—	
2 ¹⁵	172,6	528,0	126,5	91,13	—	—	4,64	
2 ³⁰	170,0	520,0	—	88,40	60	30	—	
2 ⁴⁵	178,4	547,5	126,0	97,67	—	—	4,68	
3	172,0	528,5	—	90,80	—	—	—	
3 ¹⁵	170,0	525,0	126,5	89,25	60	—	—	
3 ³⁰	168,0	515,0	—	86,52	—	—	—	
3 ⁴⁵	169,2	513,0	—	86,60	—	—	—	
4	167,0	512,5	—	85,60	—	—	—	
				2838,88	420	60		

2838,88 : 4 = 709,72 KW-Stdn.; 709,72 : 8 = 88,715 KW mittlere Leistung.

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

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

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]: