

Danach gestalten sich sowohl der Wirkungsgrad als auch die Ökonomie bei der erheblichen Mehrbelastung von über 25 Proz. noch wesentlich günstiger, wie bei der Normalbelastung.

Fünftes Beispiel.

Abnahmeversuche in der elektrischen Zentrale einer Lederfabrik.

Als Erweiterungsanlage kamen nach meinem Gutachten vier Kessel à 200 qm Heizfläche und je 65 qm für die Überhitzer bei 12 Atmosphärendruck von der Firma G. Rochow in Offenbach a. M., zwei Dampfmaschinen von 600 PS_e normal, 750 PS_e max. bei etwa 11 Atm. und 125 Touren pro Minute von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, zwei Drehstromgeneratoren — direkt gekuppelt mit den Dampfmaschinen — à 550 Volt, 580 Amp. mit einer Frequenz von 50 und zwei Erregermaschinen à 11 KW von den Felten-Guilleaume-Lahmeyerwerken zur Aufstellung. Vier Drehstromtransformatoren dienen zur Transformierung von 550 auf 120 Volt. Die Generalunternehmerin waren die Felten-Guilleaume-Lahmeyerwerke in Frankfurt a. M.

Die im Beisein der Vertreter der verschiedenen Firmen vorgenommenen Abnahmeversuche unter meiner Leitung haben nachstehendes Resultat ergeben:

I. Kesselanlage.

Zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Kesselanlage wurden von den vier neuen Kesseln zwei Kessel (Nr. 2106 und 2107) gleichzeitig mit der Ermittlung des Dampfverbrauches der Dampfmaschinen einer acht- bzw. fünfstündigen Belastungsprobe unterworfen. Sämtliche Verbindungen dieser Kessel mit den zwei anderen sowohl in der Hauptdampfleitung als in der Speisedruckleitung waren durch Blindflanschen unterbrochen, so daß vollkommene Unabhängigkeit zwischen den untersuchten und den beiden anderen Kesseln bestand; zum Betriebe der Speisepumpe wurde der erforderliche Dampf aus dem nicht geprüften Kesselpaar entnommen. Zur Ermittlung der verbrauchten Kohlenmenge und des Speisewassers dienen die geeichten Dezimalwagen.

Die Temperatur des Speisewassers wurde kurz vor dem Eintritt in die Kessel mittels Quecksilberthermometer festgestellt; außerdem wurde die Temperatur des überhitzten Dampfes beim Eintritt in die Rohrleitung, die Temperatur der Abgase im Fuchs, der Kohlensäuregehalt der Abgase und die Zugstärke über dem Rost gemessen.

Nachdem die Kessel den Beharrungszustand erreicht hatten, wurde mit den Leistungsversuchen begonnen. Die Höhe des Wasserstandes in den Kesseln wurde genau vermerkt, der Zustand der Feuerung beobachtet und am Schluß der Versuche wieder die gleichen Verhältnisse hergestellt.

Die auf die Kessel bezüglichen Beobachtungen sind in den Anlagen Ia u. b, und IIa u. b enthalten.

Die Resultate aus den Messungen sind in Anlage IIIa u. b zusammengestellt.

Die Messungen ergeben:

1. Unter Berücksichtigung des Heizwertes der Kohle von 7500 Kal. beträgt der Wirkungsgrad der Kessel 86 bzw. 87 Proz., garantiert war ein Wirkungsgrad von 73 Proz. bei 13 kg bzw. 68 Proz. bei 15 kg pro Quadratmeter Heizfläche. Die Wirkungsgrade sind sehr hoch, da die Beanspruchung der Kessel eine sehr geringe war; jedenfalls ist aus den Resultaten zu ersehen, daß die garantierten Werte erreicht werden.

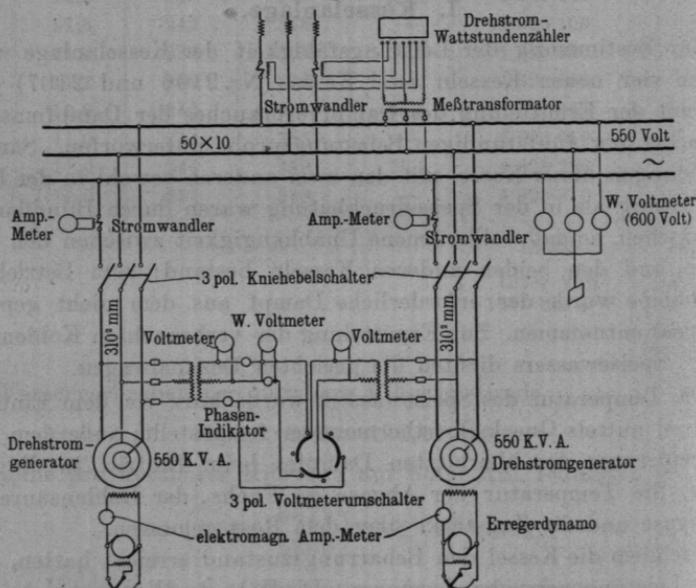
2. Aus der geringen Kondensatmenge aus der Hochdruckleitung ist zu schließen, daß die Garantie bezüglich der Dampfeuchtigkeit eingehalten ist.

3. Die Garantien bezüglich der normalen und maximalen Leistung des Kessels und der Feuerung konnten nicht geprüft werden, da die zwei Kessel nicht höher beansprucht werden konnten, weil die maximale Leistung der Dampfmaschinen bereits erreicht war.

II. Dampfmaschinen, Drehstromgeneratoren und Erregermaschinen.

Die Bestimmung der Dampfverbrauchsziffern wurde bei maximaler Leistung an den Dampfmaschinen Nr. 4483 und 4482 vorgenommen.

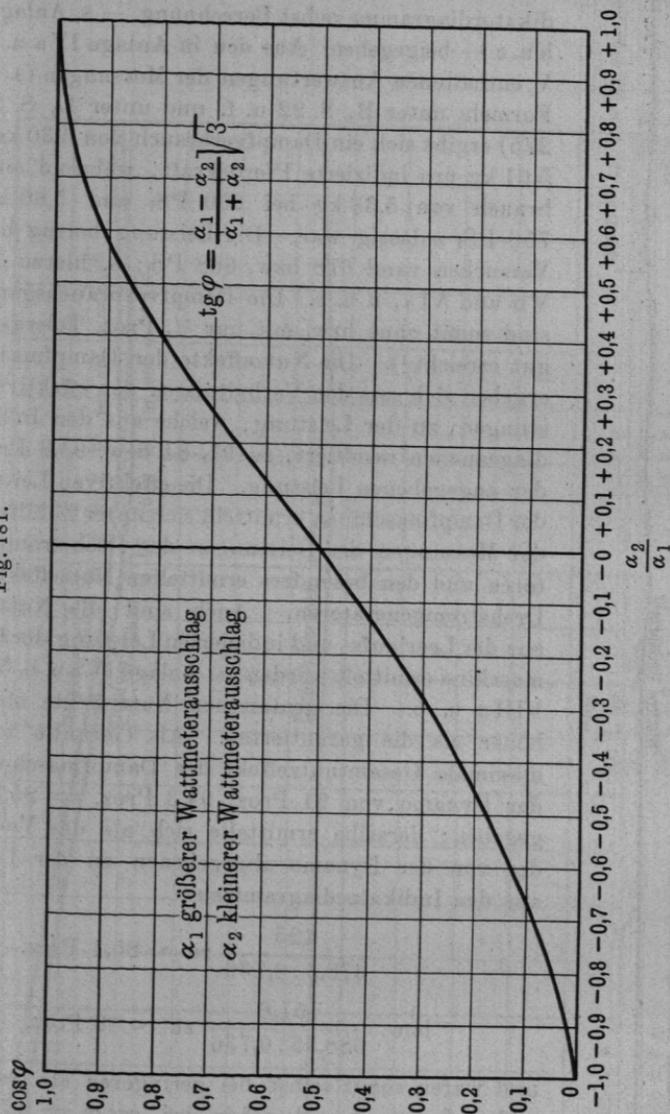
Fig. 180.



Als Belastung der Dampfmaschinen dienten die durch Kuppelung angetriebenen Dynamos, die ihrerseits auf einen regulierbaren Wasser-

widerstand und auf eine Anzahl Elektromotoren geschaltet waren; am dritten Tage der Untersuchung war eine Dynamo auch auf einige Stunden nur auf den Wasserwiderstand geschaltet. Die Ablesungen von Strom, Spannung, elektrischer Energie an zwei Wattmetern in den

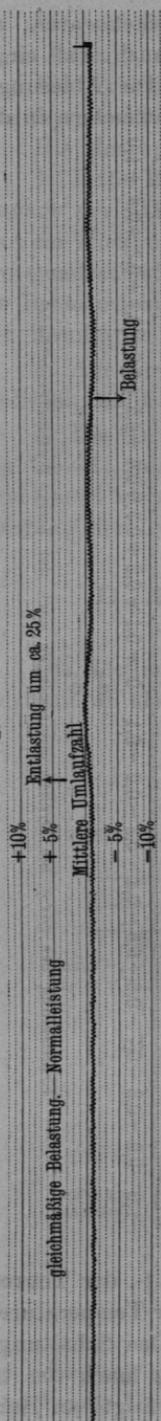
Fig. 181.



Ermittlung des $\cos \varphi$ bei Drehstrommessungen nach der Zwei-Wattmetermethode.

zwei Belastungsphasen, der Erregerenergie-Ampère, Volt-, der Tourenzahl, sowie die Entnahme von Indikatordiagrammen, der Temperaturen, Atmosphärendrucke erfolgten etwa alle 15 Minuten. Das Schaltungsschema stellt Fig. 180 dar. Die Ermittlung des $\cos \varphi$ nach der bei den Versuchen angewandten Zwei-Wattmetermethode erfolgte an Hand

Fig. 182.



der Kurve Fig. 181; s. hierzu S. 262 u. f. unter K. 3. Die Ablesungswerte und Auswertungen der Dampfmaschinenversuche sind in den Tabellen Anlage IV und Va u. b zusammengestellt und einige der Indikator diagramme nebst Berechnung — s. Anlage VIa, b u. c — beigegeben. Aus den in Anlage IV a u. b und V enthaltenen Auswertungen der Messungen (s. hierzu Formeln unter B, S. 22 u. f. und unter L, S. 274 u. 275) ergibt sich ein Dampfverbrauch von 5,30 kg bzw. 5,61 kg pro indizierte Pferdekraft, während ein Verbrauch von 5,33 kg bei 600 PS_i und 5,60 kg bei 750 PS_i zulässig war. Die Leistung betrug bei den Versuchen rund 678 bzw. 688 PS_i; s. hierzu Anlage Vb und VIa, b u. c. Die Dampfverbrauchsgarantien sind somit ohne bzw. mit nur 1/4 Proz. Toleranz sehr gut erreicht¹⁾. Die Nutzeffekte der Dampfmaschinen ergeben sich aus den Verhältnissen der effektiven Leistungen, zu der Leistung, welche aus den Indikator diagrammen resultiert, zu 91, 84 bzw. 95,8 Proz. bei der angegebenen Leistung. Die effektiven Leistungen der Dampfmaschinen ermitteln sich unter Zuhilfenahme der Messungen der Leistungen der Drehstromgeneratoren und den besonders ermittelten Nutzeffekten der Drehstromgeneratoren. Auch sind die Nutzeffekte aus der Leerlaufs- und indizierten Leistung der Dampfmaschine ermittelt worden; s. Anlage IV a u. b, Vb und VIII a u. b. Die gemessenen Nutzeffekte sind viel höher als die garantierten. Als Garantie war der maximale Gesamtnutzeffekt der Dampfmaschine und der Dynamo von 91 Proz. 94,3 Proz. = 85,8 Proz. gegeben; derselbe ermittelte sich als das Verhältnis der von der Dynamo abgegebenen zu der Leistung aus den Indikator diagrammen

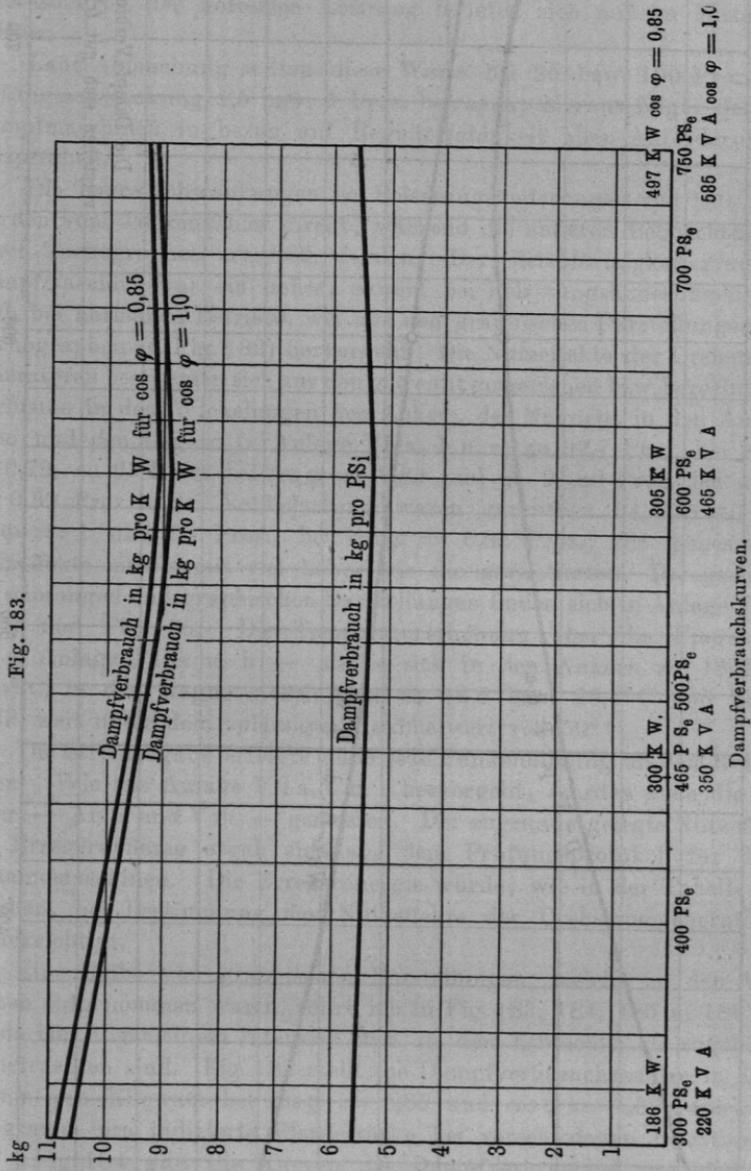
$$\frac{425}{678,3 \cdot 0,736} \text{ zu } \sim 85,1 \text{ Proz.}$$

$$\text{bzw. } \frac{451,6}{688,55 \cdot 0,736} \text{ zu } \sim 89 \text{ Proz.}$$

und waren somit selbst bei geringerer als der maximalen Leistung und schon bei $\cos \varphi = 0,79$ bzw.

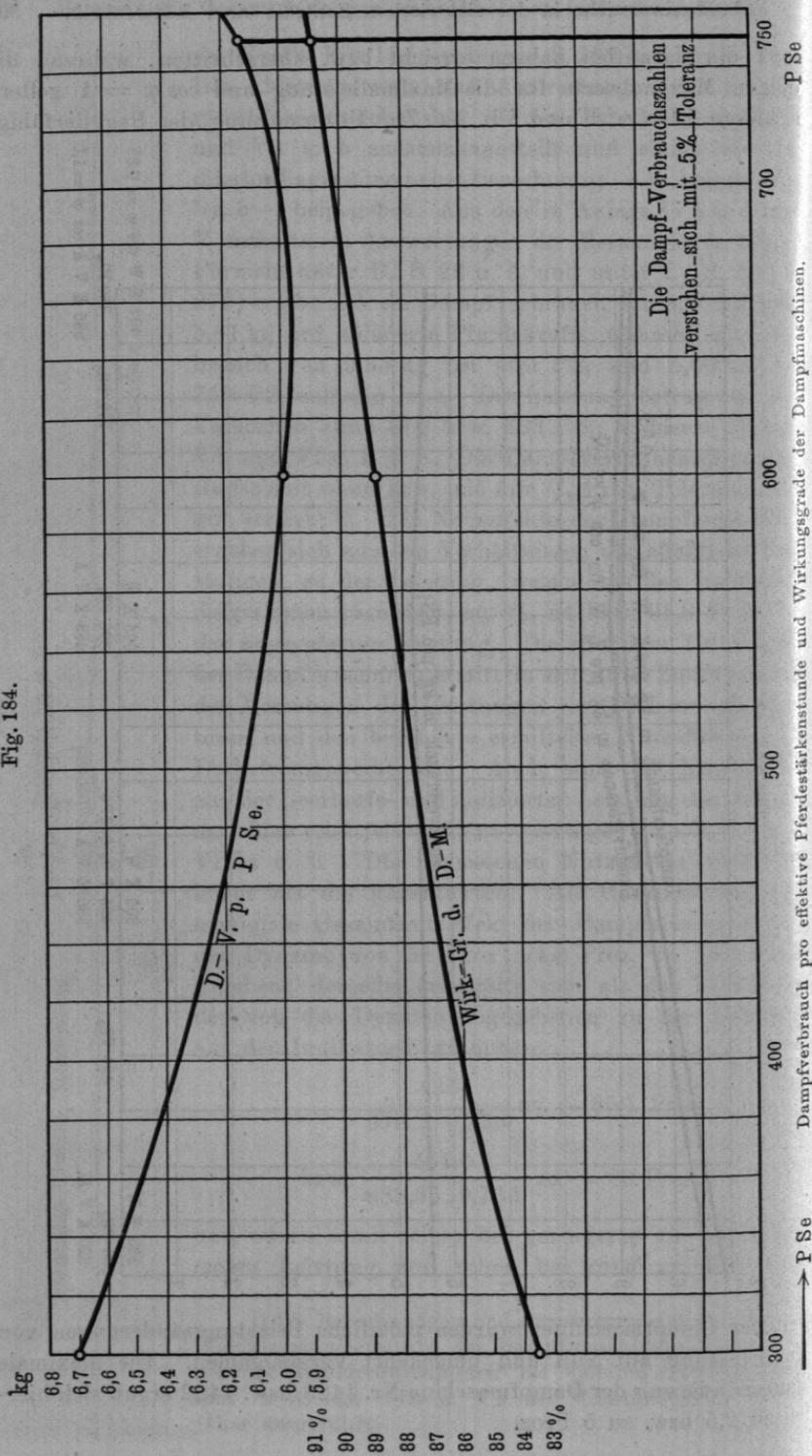
¹⁾ Die Berechnungen und Auswertungen der mittleren Wandungstemperaturen der Dampfmaschinenzylinder, sowie der Zylinderdurchmesser bei höheren Temperaturen sind in Anlage VIa u. Vb der Vollständigkeit halber näher ausgeführt.

0,82 die Garantien nahezu erreicht bzw. überschritten, während die obigen Maximalwerte für die Maximalleistung und $\cos \varphi = 1$ gelten; s. hierzu VIIa u. b und Vb. — Zur Untersuchung der Regulierfähig-



keit der Dampfmaschinen wurden plötzliche Belastungsänderungen von Vollbelastung auf Null und umgekehrt vorgenommen. Die maximale Tourenänderung der Dampfmaschine Nr. 4483 bzw. 4482 ergab sich hierbei zu 2,5 bzw. zu 5 Proz.

Fig. 184.



Die Zeitdauer, innerhalb welcher die Umdrehungszahl den neuen Beharrungszustand erreicht hatte, belief sich auf etwa 13 Sekunden. Die Tourenschwankungen bei plötzlichen Belastungsänderungen bis zu etwa 25 Proz. der normalen Leistung beliefen sich auf im Mittel zu 1 Proz.

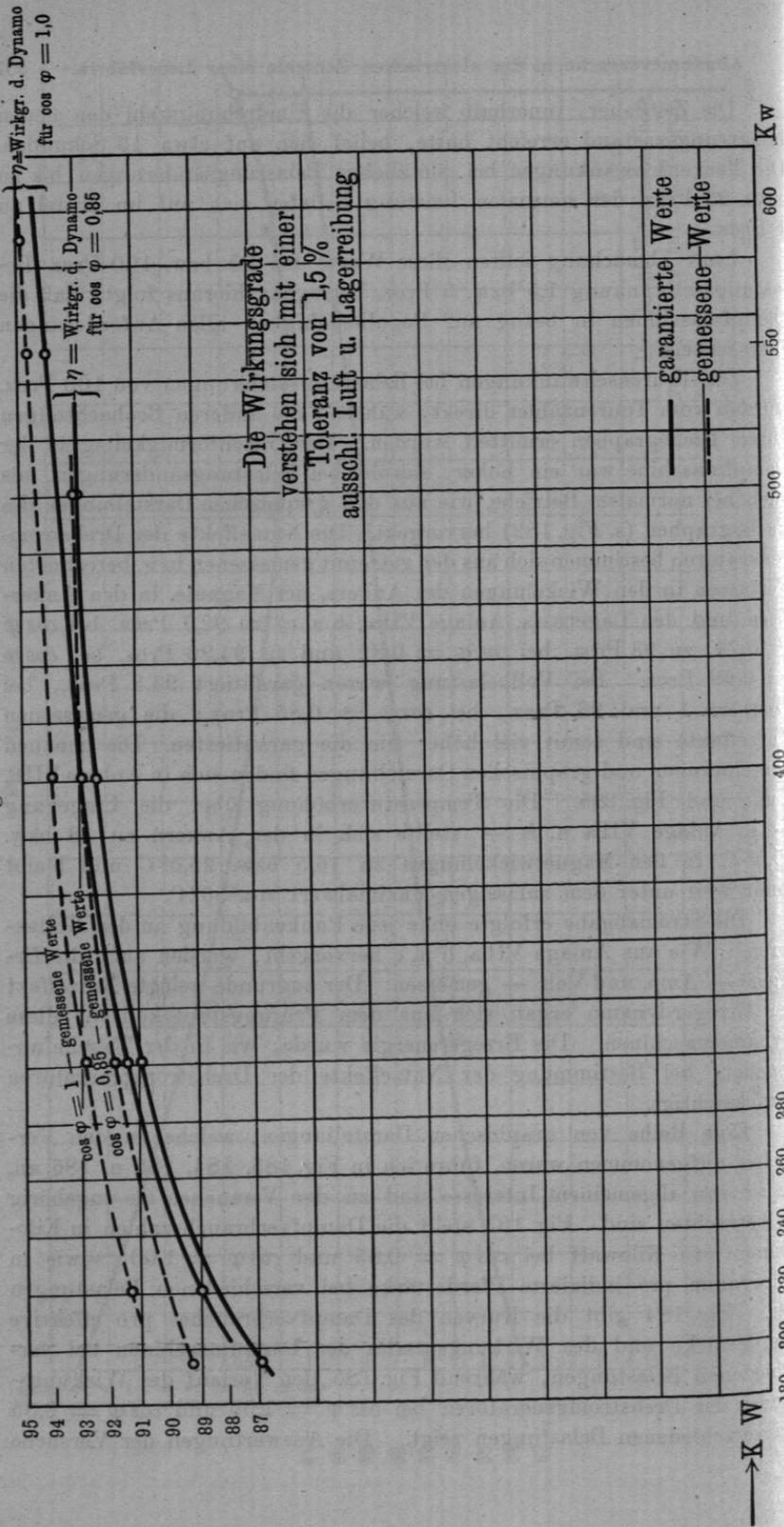
Laut Abmachung sollten diese Werte bei 25 bzw. 100 Proz. Belastungsschwankung 1,5 bzw. 5 Proz. betragen; hieraus folgt, daß die Dampfmaschinen in bezug auf Regulierfähigkeit allen Anforderungen entsprechen.

Die Tourenschwankungen bei Belastungsänderungen von 100 Proz. wurden vom Tourenzähler direkt, während die anderen Beobachtungen durch Tachographen ermittelt wurden. Der Gleichförmigkeitsgrad der Dampfmaschine war ein hoher, sowohl bei Belastungsänderungen, als auch bei normalem Betriebe, wie aus den graphischen Darstellungen des Tachographen (s. Fig. 182) hervorgeht. Die Nutzeffekte der Drehstromgeneratoren bestimmen sich aus den getrennt gemessenen bzw. berechneten Verlusten in den Wickelungen des Ankers, der Magnete, in den Anker-eisen und den Lagern (s. Anlage VIIa, b u. c) zu 92,7 Proz. bei $\cos \varphi = 0,79$, zu 93 Proz. bei $\cos \varphi = 0,82$ und zu 94,80 Proz. bei $\cos \varphi = 0,99$ Proz. Bei Vollbelastung waren garantiert 94,3 Proz., bei $\cos \varphi = 1$ und 93 Proz., bei $\cos \varphi = 0,85$ Proz.; die gemessenen Nutzeffekte sind somit viel höher wie die garantierten. Die genauen Berechnungen und graphischen Darstellungen finden sich in Anlage VIIa, b u. c und Fig. 185. Die Temperaturerhöhung über die Umgebung — s. Anlage VIIa u. b — stellte sich in den Ankern zu 18 bzw. 25,5° C, in den Magnetwickelungen zu 16,5 bzw. 25,5° C und bleibt somit weit unter dem zulässigen Maximalwert von 50° C.

Die Stromabgabe erfolgte ohne jede Funkenbildung an den Kollektoren. Wie aus Anlage VIIa, b u. c hervorgeht, wurden auch die Erreger — Amp. und Volt — gemessen. Der zugrunde gelegte Nutzeffekt der Erregerdynamo ergab sich aus dem Prüfungsprotokoll für diese Dynamomaschinen. Die Erregerenergie wurde, wie in der Tabelle angegeben, bei Bestimmung der Nutzeffekte der Drehstromgeneratoren berücksichtigt.

Eine Reihe von graphischen Darstellungen, welche zu den Versuchen aufgenommen waren, führe ich in Fig. 183, 184, 185 u. 186 an, da sie von allgemeinem Interesse und zu den Versuchen als zugehörig zu betrachten sind. Fig. 183 stellt die Dampfverbrauchszahlen in Kilogramm pro Kilowatt bei $\cos \varphi = 0,85$ und $\cos \varphi = 1,00$, sowie in Kilogramm pro indizierte Pferdestärke bei verschiedenen Belastungen dar. Fig. 184 gibt die Kurven des Dampfverbrauches pro effektive Pferdestärke und des Wirkungsgrades der Dampfmaschinen bei verschiedenen Belastungen, während Fig. 185 den Verlauf des Wirkungsgrades der Drehstromgeneratoren bei $\cos \varphi = 1,00$ und $\cos \varphi = 0,85$ bei verschiedenen Belastungen zeigt. Die Auswertungen der Versuche

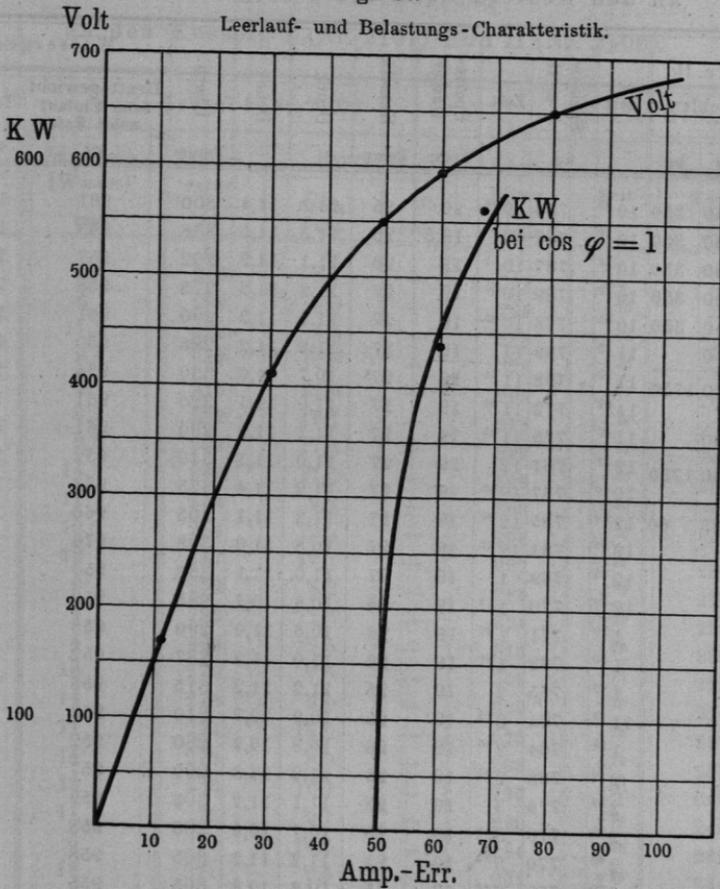
Fig. 185.



Wirkungsgrade der Drehstrommaschinen.

— zu Fig. 185 gehörig — betreffend Nutzeffekte, sind in Anlage VIIc enthalten. Fig. 186 hat hauptsächlich theoretisches Interesse; die Kurven

Fig. 186.



stellen die Kilowatt- bei $\cos \varphi = 1$ und die Voltzahlspannung in Abhängigkeit von der Erregung dar.

Für die Messungen auf der Drehstromseite kamen nur neue Präzisionsapparate von den Siemens-Schuckert-Werken zur Verwendung.

Schlußergebnis.

Die Garantieveruche haben den Beweis erbracht, daß sämtliche Teile der Kraftanlage ihre volle Leistungsfähigkeit besitzen, daß insbesondere die garantierten Nutzeffekte und Verbrauchsziffern richtig eingehalten und zum größten Teil nicht unwesentlich über- bzw. unterschritten sind und daß ferner in bezug auf Betriebssicherheit und sachgemäße Ausführung die Anlage allen Anforderungen entspricht.

Anlage Ia.

Erster Versuchstag
an den Kesseln I (Nr. 2107) und II (Nr. 2106).

Zeit	I u. II Kohlen		Zeit	Speisew. I u. II kg	Zeit	Speisewasser Temp.	Kesselh. Temp.	Druck	Druck	Überh. Temp.	Wassergewicht			
	kg	kg									Bruttogewicht beim Einlauf nebst Faß kg	Tara kg	In Ne kg	
														kg
9 ⁴⁵	350	350	10 ⁰⁰	784	9 ⁴⁵	20	25	11,3	11,4	300	961	177		
11 ²⁰	350	350	10 ¹²	788	10	19,5	25	11,3	11,5	338	963	175		
12 ⁵⁰	350	350	10 ²⁰	787	10 ¹⁵	19	26	11,1	11,2	292	957	170		
2 ¹⁵	350	350	10 ⁴²	789	10 ³⁰	19	27	11,2	11,2	275	958	169		
	350	350	10 ⁵⁵	778	10 ⁴⁵	19	27	11,2	11,2	290	961	188		
Zurück- gew. .	2100	1750	11 ¹⁵	789	11	19	27	11,2	11,2	285	950	161		
			11 ²⁰	788	11 ¹⁵	19	27	10,7	11,0	330	954	166		
			11 ³²	772	11 ³⁰	19	27	11,0	11,1	320	961	189		
Ges.-Ver- brauch	290	1810	1750	11 ⁴⁷	775	11 ⁴⁵	19	27	11,1	11,2	290	961	186	
				11 ⁵⁷	781	12	19	27	11,0	11,1	310	952	171	
				12 ¹⁰	787	12 ¹⁵	19	27	11,2	11,4	325	953	166	
				12 ²⁰	785	12 ³⁰	19	27	11,2	11,1	305	966	181	
				12 ³⁵	781	12 ⁴⁵	19	27	10,8	11,0	308	976	195	
				12 ⁴⁵	769	1	19	27	11,0	11,1	330	950	183	
				12 ⁵⁸	770	1 ¹⁵	19	26	10,8	10,7	285	959	189	
				1 ¹⁰	771	1 ³⁰	19	26	10,6	11,0	290	958	187	
				1 ³⁰	782	1 ⁴⁵	19	26	11,0	11,2	287	952	170	
				1 ⁴⁰	775	2	19	25	11,2	11,2	315	956	181	
				11 ⁴⁷	784	2 ¹⁵	19	25	10,9	10,9	310	962	182	
				1 ⁵⁶	764	2 ³⁰	19	26	10,8	10,9	280	952	188	
				2 ¹⁰	768	2 ⁴⁵	19	26	11,2	11,3	290	957	189	
2 ²²	774	3	19	25	11,1	11,2	305	959	185					
2 ³⁵	770	3 ¹⁵	19	25	10,7	10,8	280	958	188					
2 ⁴⁵	770	3 ³⁰	19	25	11,2	11,2	305	958	188					
3 ⁰⁰	768	3 ⁴⁵	19	25	10,6	10,8	305	955	187					
3 ²⁸	775	4	19	25	10,6	11,0	303	962	187					
3 ³²	784	4 ¹⁵	19	26	11,0	11,1	305	950	166					
3 ⁴⁵	774	4 ³⁰	19	25	11,3	11,4	270	961	187					
3 ⁵⁵	769	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4 ⁰⁵	785	4 ⁴⁵	19	24	11,0	11,1	300	975	188					
4 ²⁰	768	5	19	24	10,8	10,9	290	950	182					
4 ⁴⁰	761	5 ¹⁵	19	24	10,9	10,9	292	950	189					
5 ⁰⁰	774	5 ⁴⁵	19	24	10,9	11,2	310	955	181					
5 ¹²	770	Mittel 19			25,7	11,0	11,1	301	953	183				
5 ²⁰	776								962	186				
5 ³⁰	780	Gewicht der Asche . .			228 kg				972	192				
5 ⁴⁵	774	Gewicht der Schlacken			266 „				954	180				
				28 739	in Summa			494 kg						

Anlage Ib.

Erster Versuchstag
an den Kesseln I (Nr. 2107) und II (Nr. 2106).

Kessel I (Nr. 2107)						Kessel II (Nr. 2106)	
Zeit	Zugstärke (Wasser) mm	Tempe- ratur °C	Rauchgas		Über- hitzer Temp.	Zeit	Rauchgas Temp. °C
			CO ₂ Proz.	O Proz.			
9 ⁴⁵	9	210	6,1	—	306	—	—
10 ⁰⁰	6	229	9,8	—	294	10 ¹⁰	—
10 ¹⁵	11,5	238	8,6	—	288	10 ²⁵	222
10 ³⁰	8,5	247	12,5	—	328	10 ⁴⁰	224
10 ⁴⁵	6	218	12,0	—	265	10 ⁵⁵	200
11 ⁰⁰	6,5	232	12,1	—	318	11 ¹⁰	221
11 ¹⁵	9,5	222	11,4	—	299	11 ²⁵	240
11 ³⁰	14,5	249	11,0	—	308	11 ⁴⁰	230
11 ⁴⁵	11	254	9,2	—	300	11 ⁵⁵	230
12 ⁰⁰	10,5	254	12,2	—	296	12 ¹⁰	236
12 ¹⁵	12	247	12,1	—	287	12 ²⁵	238
12 ³⁰	9	252	8,2	—	284	12 ⁴⁰	211
12 ⁴⁵	4	232	11,0	—	324	12 ⁵⁵	236
1 ⁰⁰	4	209	12,5	—	318	1 ¹⁰	232
1 ¹⁵	18	279	7,5	—	305	1 ²⁵	225
1 ³⁰	14	278	9,0	—	322	1 ⁴⁰	254
1 ⁴⁵	11	224	12,0	—	325	1 ⁵⁵	245
2 ⁰⁰	14	273	8,9	—	309	2 ¹⁰	238
2 ¹⁵	13	233	10,7	—	299	2 ²⁵	246
2 ³⁰	11	278	9,7	—	320	2 ⁴⁰	240
2 ⁴⁵	6	230	14,5	—	284	2 ⁵⁵	232
3 ⁰⁰	18	271	9,5	—	291	3 ¹⁰	236
3 ¹⁵	12	223	11,0	—	304	3 ²⁵	246
3 ³⁰	13	262	14,7	—	307	3 ⁴⁰	251
3 ⁴⁵	14	237	12,3	—	293	3 ⁵⁵	227
4 ⁰⁰	14	237	15,6	—	325	4 ¹⁰	251
4 ¹⁵	14	258	11,6	—	300	4 ²⁵	232
4 ³⁰	12	245	12,7	—	322	4 ⁴⁰	219
4 ⁴⁵	6	247	14,5	—	298	4 ⁵⁵	251
5 ⁰⁰	8	210	9,8	—	320	5 ¹⁰	258
5 ¹⁵	17	278	8,9	—	294	5 ²⁵	237
5 ³⁰	16	280	7,7	—	305	5 ⁴⁰	258
5 ⁴⁵	3	276	10,9	—	315	—	—
Mittel	10,8	246	10,9	—	305	—	236

Anlage IIa.

Zweiter Versuchstag
an den Kesseln I (Nr. 2107) und II (Nr. 2106).

Zeit	I Kohlen kg	Zeit	II Bruttogew. beim Einlauf kg	I und II Wassergew.		Zeit	Wasser Temp.	Kesselh. Temp.	I Druck	II Druck	II Überh. Temp.					
				Tara kg	Netto kg											
2 ¹⁵	700	2 ¹⁵	955	188	767	2 ¹⁵	19	26	11,1	11,2	285					
4 ¹⁵	700	2 ⁴²	955	189	766	2 ⁴⁰	19	26	11,0	11,0	280					
5 ³⁰	700	2 ⁵²	954	189	765	2 ⁴⁵	18	26	11,0	11,1	315					
6 ⁵⁰	100	3 ⁰⁵	960	189	771	3 ⁰⁰	18	26	11,0	11,1	290					
7 ²⁵	2200	3 ¹⁷	952	188	764	3 ¹⁵	18	26	11,2	11,2	285					
	— 49	3 ³⁰	954	188	766	3 ³⁰	18	27	11,2	11,3	290					
		3 ⁴³	955	188	767	3 ⁴⁵	18	27	11,0	11,0	270					
	2151	3 ⁵⁵	954	188	766	4 ⁰⁰	18	27	11,2	11,3	310					
		4 ¹⁰	953	188	765	4 ¹⁵	18	27	10,9	10,9	305					
		4 ²⁰	953	186	767	4 ³⁰	18	27	11,0	11,1	298					
		4 ³⁵	952	188	764	4 ⁴⁵	18	27	10,9	10,9	267					
		4 ⁴⁵	953	188	765	5 ⁰⁰	18	26	11,2	11,3	277					
		4 ⁵⁶	952	185	767	5 ¹⁵	18	27	10,8	10,7	283					
		5 ⁰⁵	952	188	764	5 ³⁰	18	26	11,4	11,5	275					
		5 ¹⁵	953	188	765	5 ⁴⁵	18	26	11,2	11,4	265					
		5 ³⁰	953	187	766	6 ⁰⁰	18	27	10,9	11,0	276					
		5 ⁴⁵	950	188	762	6 ¹⁵	18	27	11,1	11,1	284					
		6 ⁰⁰	950	189	761	6 ³⁰	18	26	10,9	10,9	288					
		6 ¹⁰	955	189	766	6 ⁴⁵	18	26	10,9	11,0	290					
6 ¹⁷			950	188	762	Mittel 18	26,5	11,05	11,1	286						
6 ³²		953	189	764												
6 ⁴⁰		955	190	765												
6 ⁵⁰		953	187	766												
7 ⁰⁰		959	190	769												
7 ¹⁰		951	188	763												
7 ¹²		951	510	441												
7 ¹⁹		510	427	83												
					19 657											

Gewicht der Asche 120 kg

Gewicht der Schlacke 190 „

in Summa 310 kg.

Anlage II b.

Zweiter Versuchstag.

Kessel I (Nr. 2107)						Kessel II (Nr. 2106)	
Zeit	Zugstärke (Wasser) mm	Tempe- ratur ° C	Rauchgas		Über- hitzer Temp.	Zeit	Rauchgas Temp. ° C
			CO ₂ Proz.	O Proz.			
2 ¹⁵	6	239	12,1	6,3	280	—	—
2 ³⁰	6	226	11,0	8,3	286	2 ²⁵	238
2 ⁴⁵	8	263	9,7	8,2	320	2 ⁴⁰	239
3 ⁰⁰	12	270	13,5	3,3	295	2 ⁵⁵	231
3 ¹⁵	15	262	7,8	12,8	288	3 ¹⁰	217
3 ³⁰	6	262	12,5	6,5	304	3 ²⁵	232
3 ⁴⁵	18	298	14,5	2,7	280	3 ⁴⁰	218
4 ⁰⁰	9	258	11,0	8,7	261	3 ⁵⁵	230
4 ¹⁵	14	298	7,7	12,8	290	4 ¹⁰	284
4 ³⁰	16	267	12,5	6,4	257	4 ²⁵	228
4 ⁴⁵	17	285	9,1	10,0	341	4 ⁴⁰	257
5 ⁰⁰	11	285	12,0	7,5	200	4 ⁵⁵	248
5 ¹⁵	19	300	13,5	6,0	306	5 ¹⁰	218
5 ³⁰	12	282	8,0	12,0	292	5 ²⁵	255
5 ⁴⁵	15	—	7,9	12,6	306	5 ⁴⁰	232
6 ⁰⁰	16	—	8,8	10,7	269	5 ⁵⁵	—
6 ¹⁵	15	265	11,3	8,2	290	6 ¹⁰	—
6 ³⁰	13	295	12,0	6,6	304	6 ²⁵	250
6 ⁴⁵	15	260	11,1	8,4	272	6 ⁴⁰	225
7 ⁰⁰	14	255	9,3	10,4	292	6 ⁵⁵	240
7 ¹⁵	14	275	—	—	279	7 ¹⁰	255
Mittel	13	271	10,8	8,4	289	—	238,7

Anlage IIIa.

Auswertungen der in Anlage Ia u. b enthaltenen Messungen,
Kessel Nr. 2106 und 2107.

1. Kohlenverbrauch, total	3560 kg
2. " in einer Stunde	443,75 "
3. Rückstände: Schlacken	266 "
Asche	288 "
in Proz. des Kohlenverbrauches	13,88 "
4. Speisewasserverbrauch, total	287,39 "
5. " in einer Stunde	3592,4 "
6. " in einer Stunde auf 1qm Heizfläche	8,98 "
7. Dampfspannung in Atm. Überdruck	11 Atm.
8. Speisewassertemperatur im Mittel	19 °C

514 Beispiele für Gesamtprüfungen und Abnahmen in Zentralstationen.

9. Gehalt an CO ₂ im Fuchs (s. A. II. 1 f., S. 8 u. f.)	10,9 Proz.
10. Überhitzte Temperatur, Mittel	303°C
11. Temperatur der Abgase, Mittel	241°C
12. Temperatur im Kesselhause	25,7°C
13. Zugstärke in Millimeter (s. A. II. 1 d., S. 7)	10,8
14. 1 kg Kohle verdampft Wasser	8,07 kg
15. Heizwert der Kohle [s. Formel (1) S. 6 u. 7]	7090,8
16. Nutzeffekt des Kessels (s. A. II. 3, S. 14, 15 u. 16).	

- a) Gesamtwärme des gesättigten Dampfes 663,5 Kal.
- b) Überhitzung 303 — 187 = 116°C.
- c) Der Überhitzung von 116°C entspricht eine Wärmemenge
von 116 · 0,6 = 69,6 Kal.
- d) da die mittlere Speisewassertemperatur 19°C war, so resultiert eine
Wärmeaufnahme des Wassers pro Kilogramm von:
663,5 + 69,6 — 19 = 714 Kal.
- e) Aus diesen Zahlen ergibt sich der Nutzeffekt zu

$$\frac{714 \cdot 8,07}{7090,8} = 81,22 \text{ Proz. oder bei 7500 Kal. zu 86 Proz.}$$

Anlage III b.

Auswertung der in Anlage II a u. b enthaltenen Messungen,
Kessel Nr. 2106 u. 2107.

1. Kohlenverbrauch, total	2151 kg
2. " in einer Stunde	424,26 "
3. Rückstände: Schlacken 190 kg, in Summa	310 "
Asche	120 "
in Proz. des Kohlenverbrauches	14,4 "
4. Speisewasserverbrauch, total	196,97 "
5. " in einer Stunde	3877 "
6. " in einer Stunde auf 1 qm	9,69 "
7. Dampfspannung in Atm. Überdruck	11,1 Atm.
8. Speisewassertemperatur	18°C
9. Gehalt an CO ₂ im Fuchs (s. A. II. 1 f., S. 8 u. f.)	10,8 Proz.
10. Überhitzte Temperatur	287,5
11. Temperatur der Abgase	255°C
12. Temperatur des Kesselhauses	25,5°C
13. Zugstärke in Millimeter (s. A. II. 1 d., S. 7)	13
14. 1 kg Kohle verdampft Wasser	9,13 kg
15. Heizwert der Kohle (s. Formel 1, S. 6 u. 7)	7452 Kal.
16. Nutzeffekt des Kessels (s. A. II. 3, S. 14, 15 u. 16).	

- a) Gesamtwärme des gesättigten Dampfes 663,6 Kal.
- b) Überhitzung 287,5 — 187,2 = 100,3°C.
- c) der Überhitzung von 100,3°C entspricht eine Wärmemenge
von 100,3 · 0,6 = 60,2 Kal.
- d) Da die mittlere Speisewassertemperatur 18°C war, so resultiert eine
Wärmeaufnahme des Wassers pro Kilogramm von:
663,6 + 60,2 — 18 = 705,8 Kal.
- e) Aus diesen Zahlen ergibt sich der Nutzeffekt zu:

$$\frac{705,8 \cdot 9,13}{7452} = 86,5 \text{ Proz. oder bei 7500 Kal. zu 87 Proz.}$$

Anlage IV a.

I. Hauptversuch, Maschine Nr. 4483.

Zeit	Überh. am H.-Zylinder	Druck am H.-Zylinder	Receiver-Druck	Vakuum im Kondensator	Temperatur im Receiver	Einsp. Temperatur	Ausg. Temperatur	Tachometer	Bemerkungen
9 ⁵⁰	234	10,90	0,45	68,5	—	—	—	124,5	Beginn 9 ⁴⁵ , Ende 5 ⁴⁰ .
10 ⁰⁰	242	10,95	0 22	68,2	115	19,5	30,0	125,5	Dauer 7 Stunden 55 Minuten.
10 ¹⁵	244	10,60	0,30	68,5	114	—	—	125,5	Wasserverbrauch 28739 kg.
10 ³⁰	215	10,70	—	68,1	116	—	—	125,0	Leitungskondensat 276 kg.
10 ⁴⁵	242	10,60	—	68,2	118	—	—	125,5	Nettoverbrauch 28463 kg.
11 ⁰⁰	250	10,60	—	68,2	118	—	—	125,5	Dampfverbrauch pro Stunde
11 ¹⁵	248	10,45	—	67,8	122	—	—	125,0	3600 kg.
11 ³⁰	260	10,15	—	68,0	122	19,7	32,5	124,5	KW 425.
11 ⁴⁵	263	10,40	—	67,5	124	—	—	124,5	Dampfverbrauch pro KW und
12 ⁰⁰	258	10,65	0,70	68,0	122	—	—	125,0	Stunde 8,47 kg.
12 ¹⁵	255	10,70	0,60	68,0	122	—	—	125,0	Mittlere Tourenzahl $n = 126,59$,
12 ³⁰	255	10,70	0,55	68,0	120	—	—	125,0	durch Tourenzähler, welcher
12 ⁴⁵	250	10,10	0,51	68,1	120	—	—	125,0	dauernd eingeschaltet war,
1 ⁰⁰	260	10,50	0,45	68,2	—	19,0	33,0	124,5	ermittelt.
1 ¹⁵	258	10,40	0,55	68,0	122	—	—	124,8	Die Angaben des Tachometers
1 ³⁰	257	10,60	0,75	68,0	122	—	—	125,0	sind nicht maßgebend.
1 ⁴⁵	255	10,65	0,45	67,0	118	—	—	125,5	
2 ⁰⁰	250	10,40	0,55	68,0	122	—	—	125,0	
2 ¹⁵	255	10,30	0,55	68,0	—	—	—	125,0	
2 ³⁰	260	10,25	0,55	68,0	120	—	—	125,0	
2 ⁴⁵	257	10,70	0,55	68,0	120	—	—	125,0	
3 ⁰⁰	247	10,30	0,55	68,0	120	—	—	125,0	
3 ¹⁵	250	10,30	0,55	67,9	121	19,0	32,0	125,0	
3 ³⁰	253	10,65	0,53	68,0	120	—	—	125,5	
3 ⁴⁵	255	10,25	0,50	68,0	120	—	—	125,0	
4 ⁰⁰	257	10,20	0,49	68,2	120	—	—	125,5	
4 ¹⁵	254	10,35	0,25	68,3	115	—	—	125,5	
4 ³⁰	251	10,90	0,28	63,3	116	—	—	125,5	
4 ⁴⁵	245	10,50	0,42	68,0	120	—	—	125,5	
5 ⁰⁰	252	10,40	0,55	68,0	122	—	—	124,5	
5 ¹⁵	249	10,35	0,60	68,0	122	—	—	125,0	
5 ³⁰	255	10,40	0,55	68,1	118	—	—	125,0	
5 ⁴⁰	252	10,10	0,45	68,0	120	—	—	124,5	

Anlage IVb.

II. Hauptversuch, Maschine Nr. 4482.

Zeit	Überh. am H.-Zylinder	Druck am H.-Zylinder	Receiver-Druck	Vakuum im Kondensator	Temperatur im Receiver	Einsp. Temperatur	Ausg. Temperatur	Tachometer	Bemerkungen
2 ²⁰	255	10,6	0,30	69,5	—	—	—	125,5	Beginn 2 ¹⁵ , Ende 7 ¹⁰ .
2 ³⁰	252	10,5	0,35	69,1	110	—	—	125,5	Dauer 5 Stunden 4 Minuten.
2 ⁴⁵	258	10,5	0,39	69,0	112	—	—	125,5	KW 451,6.
3 ⁰⁰	260	10,5	0,35	69,1	112	18,0	32,0	125,5	Wasserverbrauch 19 657 kg.
3 ¹⁵	255	10,5	0,35	69,0	112	—	—	125,5	Leitungskondensat 60 kg.
3 ³⁰	260	10,6	0,32	69,0	111	—	—	125,5	Nettowasserverbrauch 19 597 kg.
3 ⁴⁵	246	10,2	0,51	68,5	117	—	—	—	Tourenzähler:
4 ⁰⁰	245	10,6	0,40	68,7	114	—	—	125,5	610 670 2 h 29' 10''
4 ¹⁵	255	10,6	0,35	68,8	112	—	—	125,0	645 100 7 h 5' 10''
4 ³⁰	242	10,0	0,38	68,9	112	—	—	124,5	34 430/276.
4 ⁴⁵	262	10,1	0,50	68,8	113	—	—	124,5	n = 124,7.
5 ⁰⁰	243	11,0	0,38	68,8	113	—	—	125,0	Nettowasserverbrauch = Dampf-
5 ¹⁵	243	9,5	0,56	68,8	115	18,2	32,1	124,5	KW × Stunden
5 ³⁰	254	10,8	0,42	68,9	112	—	—	125,0	verbrauch pro KW-Stunden
5 ⁴⁵	245	10,5	0,75	68,0	112	—	—	125,0	= $\frac{19\ 597}{451,6 \cdot 5,07} = 8,56$ kg Dampf
6 ⁰⁰	260	10,5	0,75	68,2	122	—	—	123,5	pro KW-Stunde.
6 ¹⁵	248	10,4	0,43	69,0	114	—	—	124,5	
6 ³⁰	256	10,1	0,90	68,5	122	—	—	123,5	
6 ⁴⁵	253	10,4	0,72	68,0	120	—	—	124,5	
7 ⁰⁰	255	9,9	0,70	68,1	120	—	—	124,5	
7 ¹⁵	245	9,0	0,60	68,0	121	—	—	124,5	

Anlage Va.

Berechnung der mittleren Wandungstemperatur
der Dampfmaschinen-Zylinder.

Mittlerer Druck im Hochdruckzylinder aus dem Diagramm berechnet etwa	4,1 kg/cm ²
Gegendruck im Hochdruckzylinder etwa	1,6 „ abs.
Mittlerer Anfangsdruck vor dem Hochdruckzylinder	5,7 kg/cm ² abs.
Entsprechende Temperatur im Hochdruckzylinder	155,96° C.
Druck des Heißdampfes im Mantel	11,5 kg/cm ² abs.
Entsprechende Temperatur	185,03°.
Mittlere Temperatur der Zylinderwandung	

$$\frac{155,96 + 185,03}{2} = 170,5^{\circ} \text{ C.}$$

Mittlerer Anfangsdruck vor dem Niederdruck-Zylinder aus dem Diagramm berechnet etwa	1,04 kg/cm ²
Gegendruck im Niederdruck-Zylinder etwa	0,16 kg/cm ² abs.
Mittlerer Druck im Niederdruck-Zylinder	1,2 kg/cm ² abs.
Entsprechende Temperatur im Niederdruck-Zylinder	104,24° C.
Druck des Heißdampfes im Mantel	2,5 kg/cm ² abs.
Entsprechende Temperatur desselben	126,73° C.
Mittlere Temperatur der Zylinderwandung	

$$\frac{104,24 + 126,73}{2} = 115,5^{\circ} \text{ C.}$$

Ausdehnungskoeffizient des Gußeisens für 100° Temperatur-
unterschied 0,001 067
Genauer Zylinderdurchmesser:

$$d + d \left(\frac{t - t_1}{100} \right) 0,001067.$$

d ist Durchmesser der Zylinderbohrung.

t = mittlere Wandungstemperatur.

t_1 = Maschinenhaustemperatur = 25°.

Hochdruck-Zylinderdurchmesser bei 170,5 — 25 = 145,5° Temperatur-
unterschied ist
= 1,00 155 d .

Niederdruck-Zylinderdurchmesser bei 115,5 — 25 = 90,5° Temperatur-
unterschied ist
= 1,000 966 d .

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

Maschine:	Nr. 4483				Nr. 4482			
	Hochdruck		Niederdruck		Hochdruck		Niederdruck	
Zylinder:	vorn (H_v)	hinten (H_h)	vorn (N_v)	hinten (N_h)	vorn (H_v)	hinten (H_h)	vorn (N_v)	hinten (N_h)
Durchmesser der Zylinder in kaltem Zustande d , in mm Berechneter Durchmesser im warmen Zustande, in mm (s. Anlage Va)	475,67	800,15	800,15	800,15	475,2	800,0	800,0	800,0
Durchmesser der Kolbenstange d_s in mm	476,40	800,92	800,92	800,92	475,66	800,77	800,77	800,77
Wirksame Kolbenfläche $O = \frac{\pi}{4} d^2 - \frac{\pi}{4} d_s^2$ (s. B. II, S. 25), cm ²	125	90	125	125	125	90	125	125
Kolbenhub s in mm	1659,78	1718,88	4915,28	4915,28	1649,93	1709,03	4903,84	4903,84
Zylinderkonstante $\frac{O \cdot s}{60 \cdot 75}$	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Mittlerer indizierter Druck (s. B. III, S. 34 u. f.), in kg/cm ²	0,36890	0,38198	1,0923	1,0923	0,36665	0,37978	1,08974	1,08974
Umdrehungen in der Minute	4,16	4,07	1,017	1,06	4,58	4,36	0,988	1,02
Indizierte Leistung (s. B. II, S. 25), PSi	194,28	196,81	140,63	146,58	209,30	206,40	134,25	138,60
Indizierte Leistung im ganzen, PSi	678,30				688,55			
Mittlerer Anfangsdruck vor dem Hochdruckzylinder, kg/cm ²	10,48	10,48	10,48	10,48	10,42	10,42	10,42	10,42
Mittleres Vakuum, cm/Quecks.	68,06	68,06	68,06	68,06	68,70	68,70	68,70	68,70
Mittlere Temperatur des Frischdampfes im Ventilkasten, °C	252	252	252	252	252	252	252	252
" " " " Einspritzwassers, °C	19,30	19,30	19,30	19,30	18,10	18,10	18,10	18,10
" " " " Luftpumpenabwassers, °C	31,90	31,90	31,90	31,90	32,05	32,05	32,05	32,05
Dampfverbrauch für die indizierte Pferdekraft u. Stunde, in kg	28 463				19 657			
Dampf, der Maschine zugeführt, in kg	425 000	475 Minuten	475 Minuten	475 Minuten	451 600	304 Minuten	451 600	304 Minuten
Dauer des Versuches	0,927 736	0,927 736	632,93	632,93	0,930 736	0,930 736	659,62	659,62
Effektive Leistung der Dampfmaschine auf elektrischem Wege gemessen, in PS	28 463	5,77	8,47	8,47	185,97	5,86	8,56	8,56
	425 000	425 000	425 000	425 000	451 600	451 600	451 600	451 600
	0,927 736	0,927 736	678,3	678,3	0,93 736	0,93 736	95,80	95,80
	678,3 : 678,3 = 91,84 Proz.				95,80 : 95,80 = 95,80 Proz.			

Durchmesser der Zylinder in kaltem Zustande d , in mm Berechneter Durchmesser im warmen Zustande, in mm (s. Anlage Va)	475,67	800,15	800,15	800,15	475,2	800,0	800,0	800,0
Durchmesser der Kolbenstange d_s in mm	476,40	800,92	800,92	800,92	475,66	800,77	800,77	800,77
Wirksame Kolbenfläche $O = \frac{\pi}{4} d^2 - \frac{\pi}{4} d_s^2$ (s. B. II, S. 25), cm ²	125	90	125	125	125	90	125	125
Kolbenhub s in mm	1659,78	1718,88	4915,28	4915,28	1649,93	1709,03	4903,84	4903,84
Zylinderkonstante $\frac{O \cdot s}{60 \cdot 75}$	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Mittlerer indizierter Druck (s. B. III, S. 34 u. f.), in kg/cm ²	0,36890	0,38198	1,0923	1,0923	0,36665	0,37978	1,08974	1,08974
Umdrehungen in der Minute	4,16	4,07	1,017	1,06	4,58	4,36	0,988	1,02
Indizierte Leistung (s. B. II, S. 25), PSi	194,28	196,81	140,63	146,58	209,30	206,40	134,25	138,60
Indizierte Leistung im ganzen, PSi	678,30				688,55			
Mittlerer Anfangsdruck vor dem Hochdruckzylinder, kg/cm ²	10,48	10,48	10,48	10,48	10,42	10,42	10,42	10,42
Mittleres Vakuum, cm/Quecks.	68,06	68,06	68,06	68,06	68,70	68,70	68,70	68,70
Mittlere Temperatur des Frischdampfes im Ventilkasten, °C	252	252	252	252	252	252	252	252
" " " " Einspritzwassers, °C	19,30	19,30	19,30	19,30	18,10	18,10	18,10	18,10
" " " " Luftpumpenabwassers, °C	31,90	31,90	31,90	31,90	32,05	32,05	32,05	32,05
Dampfverbrauch für die indizierte Pferdekraft u. Stunde, in kg	28 463				19 657			
Dampf, der Maschine zugeführt, in kg	425 000	475 Minuten	475 Minuten	475 Minuten	451 600	304 Minuten	451 600	304 Minuten
Dauer des Versuches	0,927 736	0,927 736	632,93	632,93	0,930 736	0,930 736	659,62	659,62
Effektive Leistung der Dampfmaschine auf elektrischem Wege gemessen, in PS	28 463	5,77	8,47	8,47	185,97	5,86	8,56	8,56
	425 000	425 000	425 000	425 000	451 600	451 600	451 600	451 600
	0,927 736	0,927 736	678,3	678,3	0,93 736	0,93 736	95,80	95,80
	678,3 : 678,3 = 91,84 Proz.				95,80 : 95,80 = 95,80 Proz.			

Dampfverbrauch für die effektive Pferdekraft u. Stunde, in kg
Dampfverbrauch für die Kilowattstunde, in kg

Nutzeffekt der Dampfmaschine mit Zuhilfenahme der elektrischen Messungsergebnisse — elektrische Leistung, Nutzeffekt der Drehstromgeneratoren — und der indizierten Leistung

Der Gesamtnutzeffekt der Dampfmaschine und des Drehstromgenerators beträgt

$$\frac{425}{678,3 \cdot 0,736} = 0,9184 \cdot 0,9270 = \sim 85,1 \text{ Proz.}$$

$$\text{bzw. } \frac{451,6}{688,55 \cdot 0,736} = 0,958 \cdot 0,930 = \sim 89 \text{ Proz.}$$

(Siehe hierzu B. II, S. 25 u. f.; B. III, S. 34 u. f. und L. S. 274 u. f.)

Die Ermittlung des Nutzeffektes nach dieser Berechnung ist genauer, als diejenige unter Zuhilfenahme der Leerlaufarbeit, weshalb diese Nutzeffekte der Dampfmaschine der weiteren Berechnung zugrunde gelegt werden.

Der Nutzeffekt der Dampfmaschine kann auch aus der Leerlaufarbeit N_l mit dem Indikator gemessen und aus der indizierten Leistung N_i bestimmt werden und ergibt sich zu $\eta = \frac{N_l}{N_i} = \frac{678,30 - 48,95}{629,35} = \frac{678,30}{629,35} = 92,8 \text{ Proz.}$

Anlage VIa.

Planimetrierung der Diagramme (s. hierzu B. III, S. 34 u. f.).

Maschine Nr. 4483.

Dia- gramm Nr.	Hochdruckzylinder				Niederdruckzylinder			
	vorn		hinten		vorn		hinten	
	Fläche qmm	Länge mm	Fläche qmm	Länge mm	Fläche qmm	Länge mm	Fläche qmm	Länge mm
1	1555	94,5	1535	95,5	2185,0	93,0	2440	92,50
2	1830	95,2	1775	95,8	2145,0	93,3	2200	92,70
3	1690	95,5	1710	96,0	1905,0	93,0	1955	92,20
4	1875	95,0	1880	96,8	2170,0	93,2	2215	92,30
5	1865	95,0	1835	96,0	2160,0	93,0	2260	92,60
6	1920	95,0	1880	94,8	2245,0	93,6	2360	93,00
7	2065	94,4	2010	95,6	2550,0	93,4	2615	92,80
8	2080	95,0	2050	95,8	2605,0	93,2	2665	92,25
9	2195	94,6	2150	95,8	2825,0	93,2	2925	92,40
10	2070	94,8	2075	95,8	2545,0	93,6	2645	93,00
11	2020	94,5	2035	96,0	2435,0	93,0	2530	92,50
12	1985	94,8	1975	95,8	2377,5	93,3	2465	92,90
13	1950	94,8	1895	96,0	2315,0	93,5	2435	92,00
14	2015	95,0	2000	96,5	2420,0	93,3	2455	92,40
15	2080	94,6	2070	95,5	2675,0	93,3	2810	92,70
16	2065	94,8	2095	96,0	2555,0	93,6	2745	92,30
17	2160	95,0	2115	95,5	2645,0	93,1	2755	92,60
18	1890	94,5	1870	95,9	2135,0	93,5	2253	92,60
19	2110	94,5	2005	95,3	2500,0	93,5	2595	92,50
20	2015	94,6	1985	96,0	2395,0	93,2	2450	92,50
21	2050	95,0	2005	96,0	2445,0	93,5	2115	92,60
22	1955	95,0	1965	95,4	2385,0	93,5	2505	92,60
23	2025	95,0	1965	95,6	2445,0	93,5	2500	92,70
24	2005	94,7	2005	96,0	2345,0	93,2	2445	92,00
25	2025	94,4	2025	96,0	2415,0	93,5	2495	92,80
26	1855	95,0	1860	95,5	2150,0	93,6	2280	92,80
27	1820	94,6	1800	95,5	2045,0	93,0	2110	92,20
28	1885	95,0	1845	95,6	2015,0	93,3	2160	92,70
29	1970	94,8	1975	96,0	2375,0	93,3	2500	92,00
30	2060	94,4	2010	96,0	2440,0	93,5	2560	92,70
31	2020	94,5	1980	95,5	2465,0	93,5	2605	92,70
32	2110	94,9	2060	95,5	2635,0	93,6	2730	92,50
33	1870	95,0	1860	95,9	2435,0	93,4	2540	92,40
Sa.	65085	3128,4	64300	3160,9	78382,5	3080,2	81318	3053,45
Mittel	1972,3	94,88	1948,48	95,78	2375,35	93,34	2464,2	92,52

$$\text{Ordinate } \frac{65085}{3128,4} = 20,804 \quad \frac{64300}{3160,9} = 20,34 \quad \frac{78382,5}{3080,2} = 25,45 \quad \frac{81318}{3053,45} = 26,63$$

$$\text{Indikator Nr. 4345} \quad 4346 \quad 4188 \quad 4190$$

$$\text{Feder 1 kg} = \text{mm} \quad 5 \quad 25$$

$$(\text{Mittel}) p_i \frac{20,804}{5} = 4,16 \quad \frac{20,34}{5} = 4,07 \quad \frac{25,45}{25} = 1,017 \quad \frac{26,63}{25} = 1,065 \text{ kg/cm}^2$$

Maschine Nr. 4483: Ausrechnung.

$$(H_h) N_i = \frac{O. s. p_i \cdot n}{60 \cdot 75} = 0,38198 \cdot 4,07 \cdot 126,59 = 196,81 \text{ PS}_i$$

$$(H_v) N_i = \frac{O. s. p_i \cdot n}{60 \cdot 75} = 0,36890 \cdot 4,16 \cdot 126,59 = 194,28 \text{ "}$$

$$(N_h) N_i = \frac{O. s. p_i \cdot n}{60 \cdot 75} = 1,0923 \cdot 1,06 \cdot 126,59 = 146,58 \text{ "}$$

$$(N_v) N_i = \frac{O. s. p_i \cdot n}{60 \cdot 75} = 1,0923 \cdot 1,017 \cdot 126,59 = 140,63 \text{ "}$$

Gesamtleistung 678,30 PS_i.

Anlage VIb.

Planimetrierungen, Maschine Nr. 4482.

Nr.	Niederdruck vorn		Niederdruck hinten		Ausrechnung
	Ablesung, Fläche qmm	p_i	Ablesung, Fläche qmm	p_i	
1	1940	0,853	196,0	0,868	Maschine Nr. 4482 (N_v) $N_i = \frac{O. s. p_i \cdot n}{60 \cdot 75}$ $= \frac{4903,84 \cdot 1 \cdot 124 \cdot 7}{60 \cdot 75} \cdot p_i$ 135,885 · 0,988 = 134,25 PS _i .
2	1980	0,870	198,0	0,879	
3	2035	0,894	209,0	0,926	
4	1985	0,877	204,0	0,906	
5	2010	0,883	205,0	0,912	
6	1930	0,849	198,0	0,880	
7	2185	0,960	223,0	0,992	
8	2220	0,976	225,0	1,000	
9	1990	0,875	205,0	0,911	
10	2020	0,893	209,0	0,929	
11	2220	0,976	228,0	1,011	(N_h) $N_i = 135,885 \cdot 1,02$ = 138,60 PS _i .
12	2030	0,892	209,5	0,941	
13	2285	1,012	234,5	1,040	
14	2070	0,910	215,5	0,957	
15	2135	0,940	216,0	0,962	
16	2720	1,201	273,0	1,220	
17	2120	0,937	230,0	1,022	
18	2830	1,250	289,5	1,291	
19	2650	1,171	265,0	1,183	
20	2835	1,253	291,0	1,307	
21	2905	1,284	293,5	1,302	
(Mittel) $p_i = 0,988$		$p_i = 1,02$			
$N_i = 134,25 \text{ PS}_i$		$N_i = 138,60 \text{ PS}$			

Anlage VIb. (Fortsetzung.)

Planimetrierungen, Maschine Nr. 4482.

Nr.	Hochdruckzyl. hinten		Ausrechnung	Nr.	Hochdruckzyl. vorn		Ausrechnung
	Ablesung, Fläche qmm	p_i			Ablesung, Fläche qmm	p_i	
1	1900	4,120	Maschine Nr. 4482 (H_v). $N_i = \frac{O.s. \cdot p_i \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{1649,938 \cdot 1.124,7}{4500} \cdot p_i$ $= 45,70 \cdot 4,58 = 209,3 \text{ PSi.}$ Maschine Nr. 4482 (H_h). $N_i = \frac{O.s. \cdot p_i \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{1709,038 \cdot 1.124,7}{4500} \cdot p_i$ $= 47,34 \cdot 4,36 = 206,4 \text{ PSi.}$ Maschine Nr. 4482. Hochdruckzylinder-Durchm. 475,2 mm Niederdruckzylinder-Durchm. 800,0 "	1	1950	4,265	Gesamte ind. Leistung: 209,30 206,40 198,60 134,25 688,55 PSi.
2	1925	4,120		2	1945	4,260	
3	2000	4,325		3	2000	4,400	
4	1895	4,110		4	1990	4,360	
5	1960	4,230		5	2040	4,470	
6	1890	4,090		6	1970	4,320	
7	2030	4,400		7	2100	4,600	
8	1960	4,240		8	2085	4,575	
9	1930	4,180		9	2020	4,425	
10	1880	4,080		10	1950	4,280	
11	2005	4,360		11	2085	4,575	
12	1940	4,200	12	2035	4,460		
13	2000	4,330	13	2065	4,530		
14	2020	4,350	14	2105	4,615		
15	1945	4,423	15	2020	4,425		
16	2250	4,910	16	2400	5,280		
17	1950	4,245	17	2035	4,480		
18	2175	4,735	18	2300	5,060		
19	2165	4,715	19	2250	4,950		
20	2180	4,735	20	2135	4,670		
21	2175	4,715	21	2320	5,150		
			Sa. 91,613		Sa. 96,150		
(Mittel) $p_i = 4,36$			(Mittel) $p_i = 4,58$				$N_i = 209,3 \text{ PS}$

$N_i = 206,4 \text{ PS}$
 (Siehe hierzu B. III, S. 34 u. f.)

Maschine Nr. 4482 (s. hierzu B. II, S. 25 u. f. und B. III, S. 34 u. f.).
 (Berechnung zu Anlage VIb, S. 521 u. 522, Planimetrierungen Nr. 9 gehörig.)

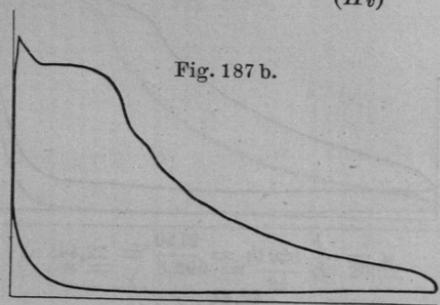
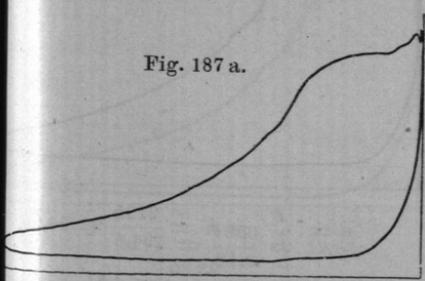
Indikatorfederkonstante = 5. Zeit 4¹⁵.

(H_h)

(H_v)

Fig. 187 a.

Fig. 187 b.



$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = N_i$$

$$= 0,37978 \cdot 4,18 \cdot 124,7 = 198,27 \text{ PSi.}$$

$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = 0,36665 \cdot 4,425 \cdot 124,7$$

$$= 202,01 \text{ PSi.}$$

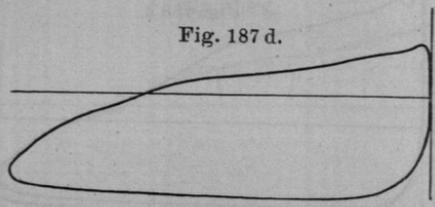
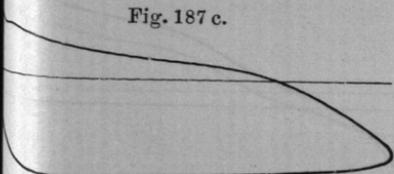
Indikatorfederkonstante = 25. Zeit 4¹⁵.

(N_h)

(N_v)

Fig. 187 c.

Fig. 187 d.



$$= \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = 1,08974 \cdot 0,911 \cdot 124,7$$

$$= 123,83 \text{ PSi.}$$

$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = 1,08974 \cdot 0,875 \cdot 124,7$$

$$= 118,96 \text{ PSi.}$$

- (H_h) N_i = 198,27 PSi
- (H_v) N_i = 202,01 "
- (N_h) N_i = 123,83 "
- (N_v) N_i = 118,96 "

Gesamtleistung 643,07 PSi.

Maschine Nr. 4483 (s. hierzu B. II, S. 25 u. f. und B. III, S. 34 u. f.)
 (Berechnung zu Anlage VIa, S. 520, Planimetrierungen Nr. 9 gehörig.)

(H_h) Indikatorfederkonstante = 5. Zeit 11⁴⁵. (H_v)

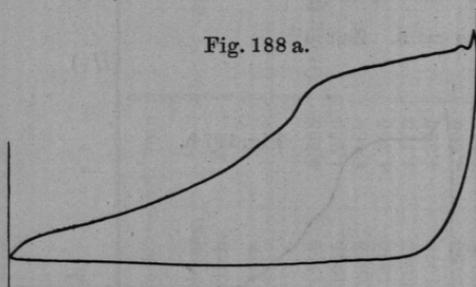


Fig. 188 a.

$$u = \frac{F'}{L} = h = \frac{2150}{95,8} = 22,44,$$

$$p_i = \frac{22,44}{5} = 4,49,$$

$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = \frac{1718,88 \cdot 1.4,49 \cdot 124,5}{60.75}$$

$$= 0,38198 \cdot 4,49 \cdot 124,5 = 212,89 \text{ PSi.}$$

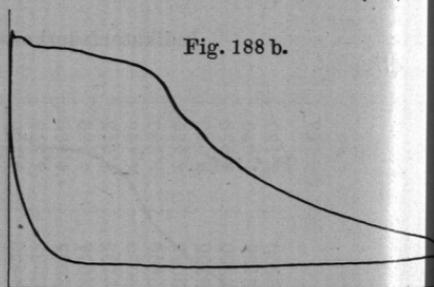


Fig. 188 b.

$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{2195}{94,6} = 23,20,$$

$$p_i = \frac{23,20}{5} = 4,64,$$

$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = \frac{0,36890 \cdot 4,64 \cdot 124,5}{60.75}$$

$$= 212,89 \text{ PSi.}$$

(N_v) Indikatorfederkonstante = 25. Zeit 11⁴⁵. (N_h)

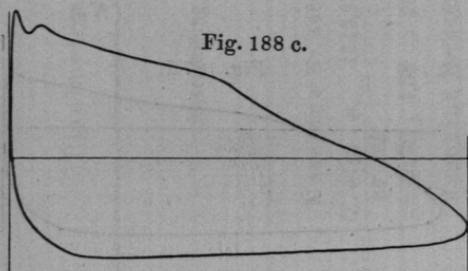


Fig. 188 c.

$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{2825}{93,2} = 30,31,$$

$$p_i = \frac{30,31}{25} = 1,21,$$

$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = \frac{1,0923 \cdot 1,21 \cdot 124,5}{60.75}$$

$$= 164,34 \text{ PSi.}$$

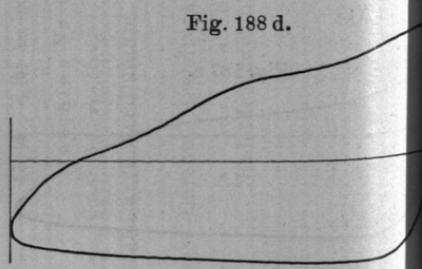


Fig. 188 d.

$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{2925}{92,4} = 31,66,$$

$$p_i = \frac{31,66}{25} = 1,27,$$

$$N_i = \frac{O.s.p_i.n}{60.75} = \frac{1,0923 \cdot 1,27 \cdot 124,5}{60.75}$$

$$= 172,68 \text{ PSi.}$$

(H _h)	N _i = 212,89 PSi
(H _v)	N _i = 212,89 "
(N _h)	N _i = 172,68 "
(N _v)	N _i = 164,34 "

Gesamtleistung 762,80 PSi.

Maschine Nr. 4483 (s. hierzu B. II, S. 25 u. f. und B. III, S. 34 u. f.).
 (Berechnung zu Anlage VIa, S. 520, Planimetrierungen Nr. 6 gehörig.)

(H_h) Indikatorfederkonstante = 5. Zeit 11 Uhr. (H_v)

Fig. 189 a.

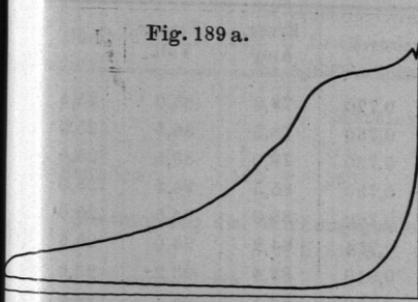
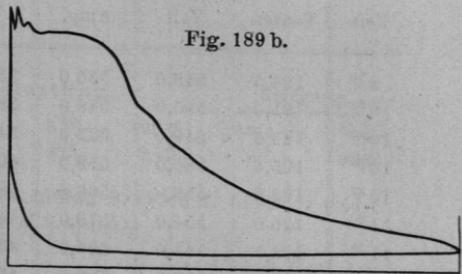


Fig. 189 b.



$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{1880}{94,8} = 19,83,$$

$$pi = \frac{19,83}{5} = 3,97,$$

$$N_i = \frac{O.s. \cdot pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{1718,88 \cdot 1 \cdot 3,97 \cdot 125,5}{60 \cdot 75} = 190,31 \text{ PSi.}$$

$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{1920}{95} = 20,02,$$

$$pi = \frac{20,02}{5} = 4,00,$$

$$N_i = \frac{O.s. \cdot pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{0,36890 \cdot 4 \cdot 125,5}{60 \cdot 75} = 185,19 \text{ PSi.}$$

(N_v) Indikatorfederkonstante = 25. Zeit 11 Uhr. (N_h)

Fig. 189 c.

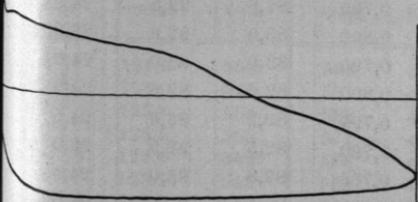
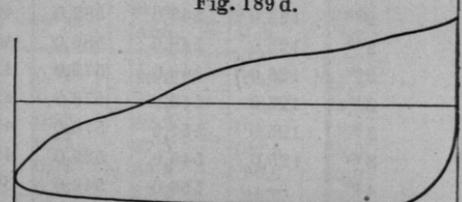


Fig. 189 d.



$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{2245}{93,6} = 23,99,$$

$$pi = \frac{23,99}{25} = 0,96,$$

$$N_i = \frac{O.s. \cdot pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{1,0923 \cdot 0,96 \cdot 125,5}{60 \cdot 75} = 131,77 \text{ PSi.}$$

$$u = \frac{F}{L} = h = \frac{2360}{93} = 25,38,$$

$$pi = \frac{25,38}{25} = 1,02,$$

$$N_i = \frac{O.s. \cdot pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{1,0923 \cdot 1,02 \cdot 125,5}{60 \cdot 75} = 139,81 \text{ PSi.}$$

(H _h)	N _i = 190,31 PSi
(H _v)	N _i = 185,19 "
(N _h)	N _i = 139,81 "
(N _v)	N _i = 131,77 "

Gesamtleistung 647,08 PSi.

Anlage VIIa.

I. Hauptversuch (zu Maschine Nr. 4483 gehörig, s. Anlage IVa).

Zeit	Touren	Volt	Amp.	KW	$\cos \varphi$	Erreg. Amp.	Erreg. Volt	Luft
9 ⁵⁰	124,5	546,0	530,0	356	0,770	78,2	85,0	25,5
10 ⁰⁰	125,0	550,0	546,0	383	0,750	78,5	86,5	25,0
10 ¹⁵	125,0	549,0	523,0	347	0,730	79,0	85,5	25,0
10 ³⁰	125,0	560,0	558,0	402	0,750	85,5	94,5	25,0
10 ⁴⁵	125,0	559,0	566,0	404	0,760	85,0	94,5	25,0
11 ⁰⁰	125,0	554,0	579,0	412	0,774	84,2	94,0	25,5
11 ¹⁵	124,5	544,0	606,0	450	0,810	83,4	93,2	26,0
11 ³⁰	124,0	550,0	588,0	452	0,810	84,5	94,7	26,0
11 ⁴⁵	124,0	542,0	645,0	494	0,830	84,0	94,2	26,0
12 ⁰⁰	124,5	548,8	601,2	456	0,810	84,2	94,7	26,0
12 ¹⁵	125,0	552,0	589,0	442	0,800	84,2	94,5	26,0
12 ³⁰	125,0	554,0	582,0	430	0,790	84,5	95,2	26,0
12 ⁴⁵	125,0	586,0	586,0	420	0,790	83,9	94,1	26,0
1 ⁰⁰	125,0	582,0	582,0	437	0,810	83,5	93,5	26,0
1 ¹⁵	124,5	610,0	610,0	456	0,820	82,8	93,0	25,0
1 ³⁰	124,5	600,0	600,0	461	0,820	82,8	93,0	25,0
1 ⁴⁵	124,7	602,0	602,0	468	0,830	82,6	92,5	24,5
2 ⁰⁰	128,5	552,0	552,0	396	0,760	83,2	94,0	24,5
2 ¹⁵	124,5	546,0	600,0	442	0,805	82,9	92,5	24,0
2 ³⁰	125,0	547,0	582,0	427	0,790	82,8	92,5	24,0
2 ⁴⁵	125,0	548,0	589,0	432	0,800	83,0	92,8	23,5
3 ⁰⁰	125,0	548,0	579,0	425	0,790	83,0	83,0	24,5
3 ¹⁵	125,0	546,0	576,0	427	0,800	82,6	82,6	24,5
3 ³⁰	125,0	551,0	576,0	425	0,790	83,2	93,0	24,5
3 ⁴⁵	125,0	545,0	589,0	423	0,790	82,5	92,5	25,0
4 ⁰⁰	—	556,0	546,0	384	0,760	82,8	93,0	24,5
4 ¹⁵	—	558,0	528,0	372	0,750	83,5	93,6	24,0
4 ³⁰	—	556,0	540,0	390	0,765	83,2	92,8	24,0
4 ⁴⁵	125,0	550,0	576,0	425	0,790	83,0	92,5	24,5
5 ⁰⁰	124,5	544,0	595,0	439	0,800	82,5	92,8	24,0
5 ¹⁵	124,5	544,5	591,0	437	0,810	82,0	92,8	24,0
5 ³⁰	124,5	542,0	612,0	450	0,820	82,0	91,5	24,0
5 ⁴⁵	125,0	554,0	552,0	449	0,780	83,0	92,5	24,0
Mittel	125	550	580	425	0,79	83	92,5	—

Drehstromgenerator 550 Volt, 580 Amp., 550 KVA, $n = 125$, 48 pol.
 Erreger 120 Volt, 92 Amp., 11 KW, $n = 125$, 6 pol.

Drehstromgenerator.

	Erwärmung	
	°C	°C
Schenkel	40,5	16,5
Ankerwicklung	42	18
Gestell	29	5
Ankerwiderstand bei 17,5°	= 0,00806 Ohm,	
bei 42°, d. h. 24,5° C Erwärmung	= 0,00882 Ohm.	

Erregermaschine.

	Erwärmung		Luft °C
	°C	°C	
Schenkel	44	20	24
Ankerreisen	47	23	
Kollektor	41	17	
Gestell	34	10	

Mittlere Belastung.

8 Stunden	n	Mittlere Belastung.				Erregung	
		Volt	Amp.	KW	cos φ	Amp.	Volt
	125	550	580	425	0,79	83	92,5

Bestimmung des Wirkungsgrades η (s. hierzu S. 275 u. f. unter L und S. 316 u. f. unter M 3, 4 u. 5).

Eisenverluste	16,2 KW
Anker (bei 42° C = 0,00882 Ohm)	8,9 "
Erregung	8,6 "
Verlust	33,7 KW
Nutzleistung	425,0 "
Gesamtleistung	458,7 KW

$$\eta = \frac{425}{458,7} = 92,7 \text{ Proz. bei } \cos \phi = 0,79.$$

Anlage VII b.

II. Hauptversuch (zu Maschine Nr. 4482 gehörig, s. Anlage IV b).

Zeit	Touren	Volt	Amp.	KW	cos φ	Erreg. Amp.	Erreg. Volt	Luft °C
2 ²⁰	124,0	556	565	398	0,75	89,0	101,5	24,5
2 ³⁰	125,0	550	571	403	0,77	87,5	96,5	24,5
2 ⁴⁵	125,0	554	588	415	0,85	87,3	102,5	25,0
3 ⁰⁰	125,5	555	571	400	0,75	87,5	102,5	25,0
3 ¹⁵	125,0	542	586	420	0,79	83,0	96,0	25,0
3 ³⁰	125,5	545	568	402	0,77	83,2	96,3	25,0
3 ⁴⁵	125,0	546	600	435	0,79	87,0	100,2	24,5
4 ⁰⁰	125,5	552	590	422	0,77	86,5	101,5	24,5
4 ¹⁵	125,0	550	576	412	0,77	87,0	101,2	24,5
4 ³⁰	125,0	547	570	406	0,77	86,5	101,0	24,5
4 ⁴⁵	—	540	605	445	0,80	85,5	100,0	25,0
5 ⁰⁰	125,0	560	576	412	0,75	91,5	102,0	25,5
5 ¹⁵	124,5	536	603	442	0,80	85,0	99,8	25,5
5 ³⁰	125,0	555	595	430	0,77	90,0	106,0	25,5
5 ⁴⁵	125,0	554	581	408	0,76	90,0	106,0	25,0
6 ⁰⁰	124,0	544	624	532	0,97	77,0	90,5	25,0
6 ¹⁵	125,0	546	505	440	0,99	60,0	70,0	25,0
6 ³⁰	123,0	552	588	567	0,99	67,0	76,5	25,5
6 ⁴⁵	125,0	556	582	560	0,99	67,0	76,0	26,0
7 ⁰⁰	125,0	562	572	560	0,99	68,0	77,0	25,5
7 ¹⁵	123,0	550	600	575	0,99	71,0	77,0	25,5
Mittel	125	550	582	451,6	0,82	82	94,5	—

528 Beispiele für Gesamtprüfungen und Abnahmen in Zentralstationen.

Drehstromgenerator: 550 Volt, 580 Amp., 550 KVA, $n = 125$, 48 pol.
 Erregermaschine: 120 Volt, 92 Amp., 11 KW, $n = 125$, 6 pol.

Drehstromgenerator, Luft 25,5.			Erregermaschine.		
	Erwärmung			Erwärmung	
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$		$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Schenkel	50	24,5	Schenkel	43	17,5
Ankerwicklung	51	25,5	Ankerwicklung	41	15,5
Ankereisen	47	21,5	Kollektor	41	15,5
Gestell	30	4,5	Gestell	34	8,5
Ankerwiderstand = 0,00806 Ohm bei 17,5 $^{\circ}$ C.					
Ankerwiderstand = 0,00915 Ohm bei 51 $^{\circ}$ C bzw. etwa 24 $^{\circ}$ Erwärmung.					

Mittlere Belastung.

	n	Volt	Amp.	KW	$\cos \varphi$	Erregung	
						Amp.	Volt
etwa 5 Stdn.	125	550	582	451,6	0,82	82	94,5

Bestimmung des Wirkungsgrades η (s. hierzu S. 275 u. f. unter L. und S. 316 u. f. unter M. 3, 4 u. 5).

Eisenverluste	16,2 KW
Anker	9,3 "
Erregung	8,7 "
<hr/>	
Verluste	34,2 KW
Nutzleistung	451,6 "
<hr/>	
Gesamtleistung	485,8 KW

$$\eta = \frac{451,6}{485,8} = 93 \text{ Proz. bei } \cos \varphi = 0,82.$$

Mittlere Belastung.

	n	Volt	Amp.	KW	$\cos \varphi$	Erregung	
						Amp.	Volt
	125	550	600	575	0,99	71	78

Bestimmung des Wirkungsgrades.

Eisenverlust	16,2 KW
Anker	9,80 "
Erregung	6,90 "
<hr/>	
	32,90 KW

$$\text{bei } \cos \varphi = 0,99, \eta = \frac{575,00}{607,9} = 94,8 \text{ Proz.}$$

Wirkungsgradbestimmung des Drehstromgenerators mit Erregermaschine
(s. hierzu S. 275 u. f. unter L und S. 316 u. f. unter M 3, 4 und 5).

550 V, 580 Amp, 550 KVA, $n = 125$, 120 V. 92 Amp. ≈ 11 KW.

	220 KVA	300 KVA	400 KVA	550 KVA	590 KVA
1. $\cos \varphi = 1$					
Amp. Volt (Erregung)					
$= i_e \cdot e_e =$	$48 \times 60 = 2,88$ KW	$50 \times 66 = 3,3$ KW	$53 \times 70 = 3,71$ KW	$58 \times 76 = 4,4$ KW	$69 \times 80 = 4,8$ KW
(Dynamo 80 Proz.) =	$\frac{2,88}{0,8} = 3,6$ KW	$\frac{3,3}{0,8} = 4,12$ KW	$\frac{3,71}{0,8} = 4,65$ KW	$\frac{4,4}{0,8} = 5,5$ KW	$\frac{4,8}{0,8} = 6,0$ KW
Eisenverluste	16,2 "	16,2 "	16,2 "	16,2 "	16,2 "
$3 J^2 W_a$ Anker (W_a					
$= 0,01$)	$J = 255$ Amp. 1,95 "	$J = 315$ Amp. 3,0 "	$J = 420$ Amp. 5,3 "	$J = 580$ Amp. 10,5 "	$J = 620$ Amp. 11,5 "
Gesamtverluste	21,75 KW	23,32 KW	26,15 KW	32,2 KW	33,7 KW
Nutzleistung	220	300	400	550	590
Zugeführte Energie	241,75 KW	323,32 KW	426,15 KW	382,2 KW	623,7 KW
η (gemessen) =	91,5 Proz.	93 Proz.	94 Proz.	94,7 Proz.	94,9 Proz.
η (garantiert) =	89 Proz.	91,5 Proz.	93 Proz.	94 Proz.	94,3 Proz.
$\cos \varphi = 0,85$	187 KW	300 KW	400 KW	500 KW	
Amp. Volt (Erregung)					
$= i_e \cdot e_e =$	$53 \times 70 = 3,71$ KW	$59 \times 78 = 4,7$ KW	$66 \times 84 = 5,5$ KW	$75 \times 100 = 7,5$ KW	
(Dynamo 80 Proz.) =	$\frac{3,71}{0,8} = 4,65$ KW	$\frac{4,7}{0,8} = 5,8$ KW	$\frac{5,5}{0,8} = 6,9$ KW	$\frac{7,5}{0,8} = 9,4$ KW	
Eisenverluste	16,20 "	16,2 "	16,2 "	16,2 "	
$3 J^2 W_a$ Anker (W_a					
$= 0,01$)	$J = 255$ Amp. 0,95 "	$J = 370$ Amp. 4,1 "	$J = 495$ Amp. 7,3 "	$J = 620$ Amp. 11,5 "	
Gesamtverluste	22,80 KW	26,1 KW	30,4 KW	37,1 KW	
Nutzleistung	187,00 "	300 "	400 "	500 "	
Zugeführte Energie	209,8 KW	326,1 KW	430,4 KW	537,1 KW	
η (gemessen) =	89,3 Proz.	92,0 Proz.	92,9 Proz.	93,2 Proz.	
η (garantiert) =	87 Proz.	91 Proz.	92,5 Proz.	93 Proz.	