

Sechstes Beispiel.

**Abnahmeversuche in der elektrischen Zentrale einer Hutstoffabrik
(Dampfkessel, Dampfmaschinen, Dynamomaschinen,
Akkumulatoren, Apparate und Installation — Isolation —).**

Die von mir angestellten Abnahmeversuche der gesamten elektrischen und maschinentechnischen Anlagen einer Hutstoffabrik haben nachstehendes Resultat ergeben:

I. Kesselanlage.

Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit eines Rochowschen Kessels Nr. 2325 wurde gleichzeitig mit derjenigen des Dampfverbrauches der Dampfmaschine durch eine 6,73- bzw. 7,30stündige Belastungsprobe festgestellt. Zur Bestimmung der verbrauchten Kohlenmengen und des Speisewassers standen geeichte Dezimalwagen zur Verfügung.

Die Speisewassertemperatur wurde kurz vor dem Eintritte in die Kessel mittels Quecksilberthermometer festgestellt; ferner ist die Temperatur des überhitzten Dampfes beim Eintritte in die Rohrleitung, die Abgasetemperatur im Fuchs, der Kohlensäuregehalt der Abgase und die Zugstärke über dem Roste gemessen worden.

Da beim ersten Versuche der Beharrungszustand des Kessels nicht erreicht werden konnte, wurden die Leistungsversuche am folgenden Tage fortgesetzt. Die Höhe des Wasserstandes in dem Kessel wurde genau vermerkt, der Zustand der Feuerung beobachtet und am Schluß der Versuche wieder die gleichen Verhältnisse hergestellt.

Da der Beharrungszustand des Kessels am ersten Versuchstage absolut nicht erzielt werden konnte, so wurden nur die Werte des zweiten Versuches berücksichtigt, da die Verhältnisse am zweiten Tage normaler waren. Die einzelnen Daten und Ausrechnungen sind im Versuchsprotokolle A und in diesem Berichte zu finden.

Die Dauerprobe von 7,3 Stunden ergab folgende Resultate:

1. Die Ermittlung der Kohlenmenge ergab total 1314 kg, d. i. in einer Stunde 180 kg.

2. Die Zusammensetzung und der Heizwert der feingemahlene Durchschnittsprobe ergab:

Die Feuchtigkeit der Probe betrug 1,4 Proz.

Nach der chemischen Analyse waren in 100 g lufttrockener Steinkohle enthalten an:

Kohlenstoff	81,44 Proz.
Wasserstoff	4,50 "
Schwefel	1,01 "
Feuchtigkeit	1,40 "
Mineralstoffen	5,66 "
Sauerstoff und Stickstoff	5,99 "

Es berechnet sich der Heizwert aus der chemischen Analyse zu

$$81.81,44 + 290 \left(4,5 - \frac{5,99}{8} \right) + 25.1,01 - 6.1,4 = 7701 \text{ Kalorien;}$$

s. hierzu Formel 1, S. 6.

3. Die zur Verbrennung kommende erforderliche mittlere Zugstärke im Fuchs war in Millimetern 10,23; s. A II, 1 d, S. 7.

4. Die Temperatur der Heizgase im Fuchs wurde im Mittel zu 184,73°C bestimmt.

5. Die Gasuntersuchung ergab einen mittleren Gehalt von 7,76 Proz. Kohlensäure; s. A II, 1 f, S. 8 u. f.

6. Der ganze Schlacken- und Aschengehalt beträgt 61 kg, d. h. etwa 4,64 Proz. vom Gesamtkohlenmaterial.

7. Die Wägung des Speisewassers ergab total ein Gewicht von 10659 kg, d. h. in einer Stunde bzw. in einer Stunde und pro Quadratmeter Heizfläche 1460,14 kg bzw. 10,82 kg; hierbei war die mittlere Temperatur des Speisewassers 16,8°C. Das Gesamtleitungskondensat betrug 345 kg, d. i. 3,2 Proz. Dampfmasse; aus dem ersten Versuch resultierte eine Dampfmasse von 1,8 Proz.

Die mittlere Dampfspannung betrug in Atmosphärenüberdruck 10,64 kg/qcm, entsprechend einer Dampftemperatur von 185,53°C.

8. Die Dampfwärme beträgt:

a) Gesamtwärme des gesättigten Dampfes $606,5 + 0,305.185,53 - 16,8 = 646,3$ Kal.

b) Überhitzung $238,23 - 185,53 = 52,70$ °C.

c) Der Überhitzung von 52,7° entspricht eine Wärmemenge von $52,7.0,6 = 31,62$ Kal.

Die gesamte Wärmefaufnahme des Wassers pro Kilogramm beträgt somit $646,30 + 31,62 = 677,92$ Kal.

9. Aus diesen Zahlen ergibt sich der Nutzeffekt zu:

$$\frac{677,92}{7701} \times \frac{10659}{1314} = 0,714$$

oder 71,4 Proz. oder bei 7500 Kal. 69,54 Proz.; somit betragen die Wärmeverluste durch abziehende Heizgase, Herdrückstände, Strahlung usw. 38,46 Proz.; s. A II, 1 g, S. 10 u. 11, und 3, S. 14 u. f.

10. 1 kg Kohle verdampft unter den Versuchsverhältnissen

$$\frac{10659}{1314} = 8,112 \text{ kg Wasser.}$$

Auf den Heizwert, 7500 Kal. ergibt sich eine Verdampfung von

$$8,112 \cdot \frac{7500}{7701} = 7,92 \text{ kg Wasser.}$$

Schlußresultate ad I.

Unter Berücksichtigung des vertraglichen Heizwertes von 7500 Kal. beträgt der Nutzeffekt des Kessels bei 10,82 kg Dampf pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche 69,54 Proz. (s. unter I, 9), garantiert war bei 13 kg ein Nutzeffekt von 73 Proz. und bei 9 kg ein solcher von 76 Proz. Die Dampfnaße war zu 1,5 Proz. garantiert; dieselbe betrug im Mittel 2,5 Proz.; s. unter I, 7. — Die Garantien sind somit nicht eingehalten, jedoch waren eine Reihe von Momenten vorhanden, welche das Resultat nachteilig beeinflussen; hierzu gehören in erster Linie der nicht zu erreichende normale Beharrungszustand und die Undichtheit des Mauerwerkes — es bestanden eine Anzahl Risse im Mauerwerk. Nach den Erfahrungen des ersten Versuchstages wurde der Rost für eine Leistung von 9 kg Dampf abgedeckt, während am zweiten Tage tatsächlich eine Leistung von 10,82 kg erreicht wurde; auch dieser Moment war ungünstig für das Resultat; sodann war auch die normale Überhitzer-temperatur des Dampfes nicht zu erreichen. Jedenfalls wäre unter normalen Verhältnissen das Resultat ein günstigeres geworden; bei einem späteren Versuch wurden die Garantiewerte erreicht.

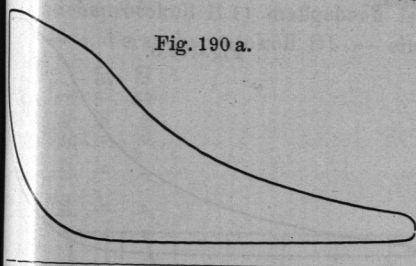
II. Dampf- und Dynamomaschinen.

Die Bestimmung der Dampfverbrauchsziffern wurde bei maximaler Leistung an der Dampfmaschine Nr. 205 von der Firma Vogel in Offenbach vorgenommen. Als Belastung der Dampfmaschine diente der vermittelt Riemen angetriebene Drehstromgenerator, welcher auf einen regulierbaren Wasserwiderstand und auf eine Anzahl Elektromotoren geschaltet war; die Ablesungen von Strom, Spannung, elektrischer Energie am Wattmeter in den Belastungsphasen, der Erregerenergie (Amp.-Volt-) und Tourenzahl, sowie die Entnahme von Indikatordiagrammen, der Temperaturen des Kondenseinlauf- und Auslaufwassers, der Atmosphärendrucke erfolgten etwa alle 15 Minuten. Die Ermittlung des $\cos \varphi$ resultierte aus Berechnung der abgelesenen Messungsergebnisse. Aus den Auswertungen der Messungen ergibt sich ein Dampfverbrauch von 6,05 bzw. 6,38, im Mittel 6,21 kg, pro indizierte Pferdekraft und Stunde, während ein Verbrauch von 5,5 kg pro indizierte Pferdekraft und Stunde bei 165 PS_i-Belastung und 275° Temperatur des Dampfes im Ventilkasten des Hochdruckzylinders bei 10 Proz. Toleranz laut Vertrag, also 6,05 kg, zulässig war.

Die Leistung betrug bei den Versuchen rund 226,64 bzw. 221,53 PS_i; s. hierzu Diagramme Fig. 190, 191, 192 u. 193. Die Dampfverbrauchsgarantien sind somit im Mittel sogar bei einer im Mittel um 36 Proz. höheren Leistung und einer niedrigeren Temperatur von etwa 92° für den eintretenden Dampf mit der erlaubten Toleranz erreicht bzw. nicht weit überschritten.

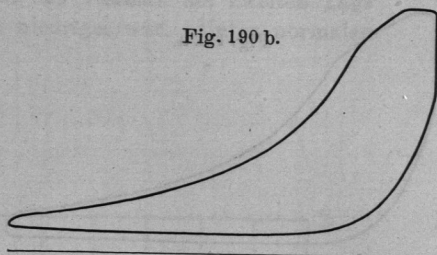
1. Versuchstag.

Fig. 190 a.



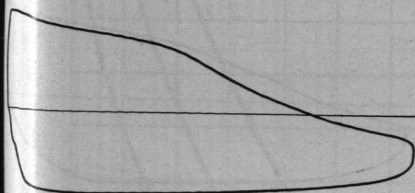
Hochdruck vorn.

Fig. 190 b.



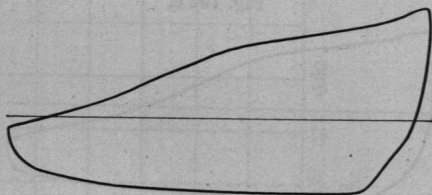
Hochdruck hinten.

Fig. 190 c.



Niederdruck vorn.

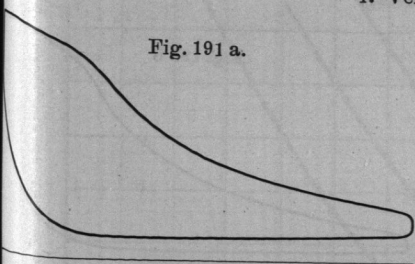
Fig. 190 d.



Niederdruck hinten.

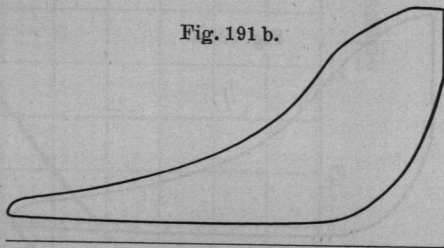
1. Versuchstag.

Fig. 191 a.



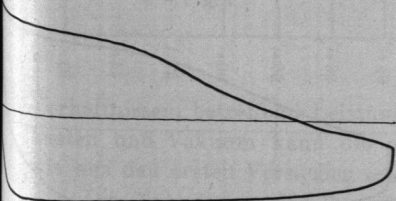
Hochdruck vorn.

Fig. 191 b.



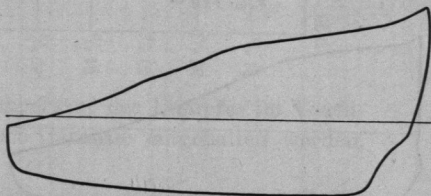
Hochdruck hinten.

Fig. 191 c.



Niederdruck vorn.

Fig. 191 d.



Niederdruck hinten.

2. Versuchstag.

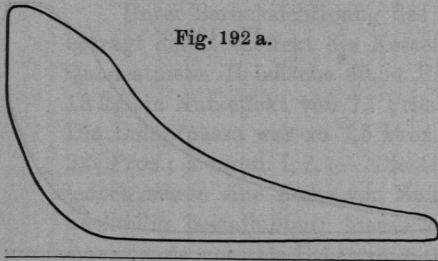


Fig. 192 a.

Hochdruck vorn.

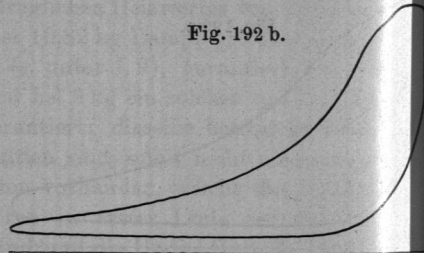


Fig. 192 b.

Hochdruck hinten.

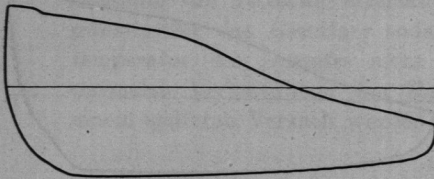


Fig. 192 c.

Niederdruck vorn.

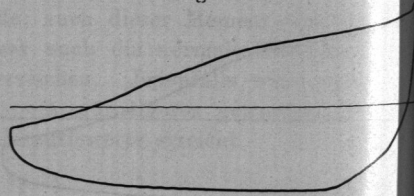


Fig. 192 d.

Niederdruck hinten.

2. Versuchstag.

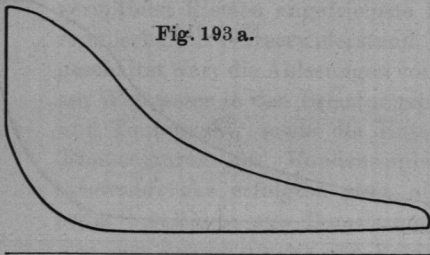


Fig. 193 a.

Hochdruck vorn.

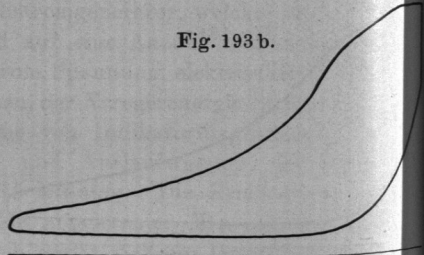


Fig. 193 b.

Hochdruck hinten.

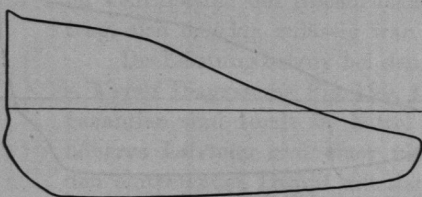


Fig. 193 c.

Niederdruck vorn.

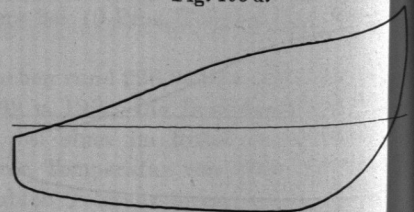


Fig. 193 d.

Niederdruck hinten.

Es sei hier erwähnt, daß für den Dampfverbrauch der Versuch vom ersten Tag mit 6,05 kg pro indizierte Pferdekraft und Stunde (s. Versuchsprotokoll B1) maßgebend ist, da das Vakuum am zweiten Tage — s. Versuchsprotokoll B1 — ein zu niedriges war. Unter normalen

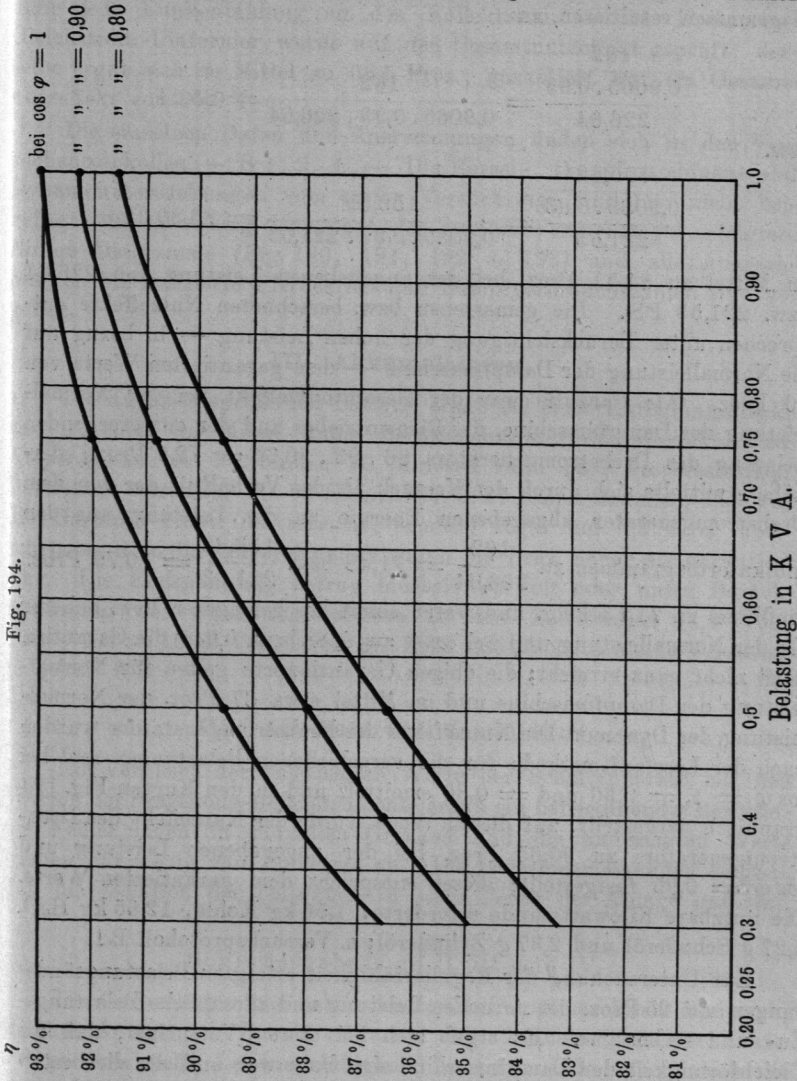


Fig. 194.

Verhältnissen, betreffend Leistung, Temperatur des Dampfes im Ventilkasten und Vakuum kann die gegebene Garantie eingehalten werden, wie aus den ersten Versuchen erhellt.

Die Nutzeffekte der Dampfmaschine — s. Versuchsprotokoll B2 u. 3 — ergeben sich aus dem Verhältnis der effektiven Leistungen,

welche unter Zuhilfenahme der Messung der des Drehstromgenerators abgegebenen Leistung, und dem ermittelten Nutzeffekt von 90,65 Proz. (s. Fig. 194) der letzteren, sowie dem angenommenen Nutzeffekt von 93 Proz für den Riementrieb zu der Leistung, welche aus den Indikator-
diagrammen resultieren, zu

$$\frac{162}{0,9065 \cdot 0,93} = \frac{162}{0,9065 \cdot 0,93 \cdot 226,64} = 85,24,$$

bzw.

$$\frac{156,82}{0,9085 \cdot 0,93} = \frac{156,82}{0,9085 \cdot 0,93 \cdot 221,53} = 83,80 \text{ Proz.},$$

im Mittel zu 84,52 Proz. bei der angegebenen Leistung von 226,64 bzw. 221,53 PS. Die gemessenen bzw. berechneten Nutzeffekte entsprechen unter Berücksichtigung der hohen Leistung — in bezug auf die Normalleistung der Dampfmaschine — dem garantierten Werte von 86 Proz. Als Garantie war der Gesamtnutzeffekt bei der Normalleistung der Dampfmaschine, des Riementriebes und der entsprechenden Leistung des Drehstromgenerators $86 \cdot 93 \cdot 90,65 = 72,5$ Proz.; derselbe ermittelte sich durch den Versuch als das Verhältnis der von dem Drehstromgenerator abgegebenen Energie zu der Leistung aus den Indikator-
diagrammen zu $\frac{162}{226,64} = 71,48$ bzw. $\frac{156,82}{221,53} = 70,79$ Proz.,

im Mittel zu 71,13 Proz. und waren somit bei geringerer bzw. höherer als der Normalleistung und bei $\cos \varphi = 0,95$ bzw. $0,945$ die Garantien noch nicht ganz erreicht; die obigen Garantiewerte gelten für Normalleistung der Dampfmaschine und im Mittel etwa 67 Proz. der Normalleistung der Dynamo. Die Nutzeffekte des Drehstromgenerators wurden nach der Leerlaufmethode für die verschiedenen Belastungen und bei $\cos \varphi = 1, = 0,90$ und $= 0,80$ ermittelt und in den Kurven-Fig. 194 graphisch dargestellt; auf diesem Wege wurde der Nutzeffekt des Drehstromgenerators zu 90,65 Proz. bei der angegebenen Leistung und $\cos \varphi = 0,95$ festgestellt; dieses entspricht dem garantierten Werte. Die nutzbare Kilowattstunde erforderte: 1,56 kg Kohle, 12,65 kg H_2O , 4,27 g Schmieröl und 2,37 g Zylinderöl; s. Versuchsprotokoll B 1.

Zur Untersuchung der Regulierfähigkeit erfolgten Belastungsänderungen von 25 Proz. der normalen Leistung und allmähliche Belastungs-
Zu- und -Abnahme. Es ergab sich bei diesen Versuchen, daß die Gleichförmigkeit der Dampfmaschine eine hohe war und die diesbezüglichen Garantien bei weitem eingehalten waren; tachographische Aufnahmen bestätigten dieses.

Die Temperaturerhöhungen über die Umgebung in den verschiedenen Teilen des Drehstromgenerators wurden nach dreistündiger Vollbelastung, wie im Prüfungsprotokoll B 3 angegeben ist, festgestellt.

Die Temperaturen stiegen nach $2\frac{1}{2}$ Stunden nicht mehr, wie das Prüfungsprotokoll B 3 aufweist. Der zulässige Maximalwert von 50°C wurde bei weitem nicht erreicht. Die Erwärmung an den anderen elektrischen Maschinen war noch niedriger. Die Stromabgabe erfolgte ohne jede Funkenbildung an den Kollektoren. — Der Drehstrom-Gleichstrom-Umformer wurde auf den Gesamtnutzeffekt geprüft; derselbe ergab sich im Mittel zu 66,5 Proz.; garantiert war ein Gesamtnutzeffekt von 65,9 Proz.

Die einzelnen Daten und Ausrechnungen finden sich in den Versuchsprotokollen — B 1, 2, 3. — Die Kessel-, Dampfmaschinen- und Dynamountersuchungen vom ersten Versuchstage sind hier nicht beigefügt, da sie analog denjenigen des zweiten Versuchstages erfolgten. Einige Diagramme (Fig. 190, 191, 192 u. 193) und alle Ausrechnungen für indizierte Pferdekraft und Dampfverbrauchszahlen sind gegeben.

III. Akkumulatoren.

Die Kapazitätsprobe der Batterie ergab bei einer Entladungsstärke von 27 Amp. im Mittel unter Berücksichtigung der Korrektur des Amperemeters in 3 Stunden 10 Minuten rund 85,5 Amperestunden. Garantiert waren für die 60 Elemente J. 3. 81 Amperestunden, also war die Garantie nicht nur erreicht, sondern sogar um 5,5 Proz. überschritten, d. h. die Amperestunden waren 5,5 Proz. höher als garantiert war. Die Endspannung betrug hierbei 108 Volt oder unter Berücksichtigung des Spannungsverlustes in den Zuleitungen (1,9 Volt) $108 + 1,9 = 109,9$ Volt, somit pro Zelle 1,832 Volt; s. hierzu Versuchsprotokoll B 4.

IV. Apparate und Installation.

Ein Vergleich der angezeigten Werte der Schaltapparate mit den Werten der Präzisions-Meßinstrumente ergab ein befriedigendes Resultat; die Fehler lagen in normalen Grenzen und die angezeigten Werte wichen nur wenig vom Sollwerte ab. Die Isolationsmessungen zeigten, daß die Isolation der Leitungen in allen Teilen der Anlage gut war.

Schlußergebnis ad II, III und IV.

Die Garantieveruche haben bezüglich Dampfmaschinen und elektrischer Anlage den Beweis erbracht, daß sämtliche Teile der Kraftanlage ihre volle Leistungsfähigkeit besitzen, daß insbesondere die garantierten Nutzeffekte und Verbrauchsziffern eingehalten und zum Teil etwas unterschritten sind in bezug auf die Erwärmung der einzelnen Teile des Drehstromgenerators, und daß ferner in bezug auf Betriebssicherheit und sachgemäße Ausführung die Anlage allen Anforderungen entspricht.

2. Versuchstag.

Versuchsprotokoll A

für Kessel Nr. 2325 von der Fabrik Rochow in Offenbach.

Zeit	Kohlen kg	Wasser kg	Heizgase			Temperatur °C		Dampf		CO ₂ Proz.	Bemerkungen
			Temperatur im Überh. im Fuchs	Temperatur im Fuchs	Zug mm	Sp.W.	Raum	Überh. Temp.	Druck Atm.		
9 ²⁷	100	627	340	175	9	21,0	22,0	235	10,65	—	Wasserstand links 84 mm
9 ⁴⁵	—	—	345	185	11	18,5	23,0	241	10,90	—	Wasserstand rechts 104 mm
10 ⁰⁰	100	—	400	195	12	18,5	26,0	242	10,85	7,0	über Mutter
10 ¹⁵	—	627	385	185	12	17,5	26,5	240	10,90	—	1 Karren = 100 kg Kohle
10 ³⁰	—	—	380	180	11	17,5	26,5	241	10,80	7,0	627 kg netto H ₂ O
10 ⁴⁵	100	627	380	190	11	17,0	27,0	245	10,60	6,8	Rostfläche 1,88 qm
11 ⁰⁰	—	—	403	190	10	17,0	28,0	243	10,70	6,0	Wasser 17 · 627 = 10 659 kg
11 ¹⁵	100	627	365	183	11	17,0	29,0	248	10,60	8,8	gesamt
11 ³⁰	—	627	367	192	10	16,5	28,5	242	11,00	8,0	Abgeschlackt
11 ⁴⁵	100	627	380	180	10	16,0	29,5	240	10,80	9,2	73 + 13 = 86 kg Kohle zur
12 ⁰⁰	100	627	384	185	10	16,0	30,0	240	10,90	8,0	1400 kg — 86 = 1314 kg
12 ¹⁵	—	627	383	182	10	17,0	31,0	235	11,00	7,0	Kohle insgesamt
12 ³⁰	100	627	387	180	10	17,0	30,0	230	10,80	7,7	An Schlacken- und Asch-
12 ⁴⁵	—	—	368	185	10	17,0	29,5	232	10,80	—	gehalt 61 kg
1 ⁰⁰	100	627	365	195	10	16,5	29,5	230	10,80	6,4	
1 ¹⁵	—	—	360	173	10	16,0	30,0	232	10,65	6,0	
1 ³⁰	100	—	365	176	10	17,0	30,0	238	11,00	—	
1 ⁴⁵	—	627	385	186	10	16,5	30,0	235	10,80	—	
2 ⁰⁰	—	—	365	185	10	17,0	30,0	240	10,70	7,6	
2 ¹⁵	100	627	365	180	10	17,0	30,0	232	10,60	—	
2 ³⁰	—	—	365	190	10	16,5	31,0	230	11,00	8,0	
2 ⁴⁵	100	627	402	190	10	16,0	31,0	235	10,65	10,5	
3 ⁰⁰	—	627	385	195	10	16,0	32,0	241	10,40	7,4	
3 ¹⁵	—	627	395	190	10	16,0	32,5	240	10,40	6,5	
3 ³⁰	100	—	365	175	10	16,0	30,5	240	10,42	6,8	
3 ⁴⁵	—	627	365	190	10	16,0	30,0	240	10,25	8,8	
4 ⁰⁰	100	—	355	185	10	16,0	30,5	240	10,10	9,8	
4 ¹⁵	—	627	385	190	10	16,0	30,5	240	10,00	8,8	
4 ³⁰	—	—	365	185	10	16,0	30,0	240	10,40	8,3	
4 ⁴⁵	100	—	385	170	10	16,0	30,0	240	10,60	8,0	
Mittel			374,63	184,73	10,23	16,8	—	238,23	10,64	7,76	

Tandem-Kompoundmaschine, 351/551 mm Zylinderdurchmesser von Vogel in Offenbach a. M.

Daten und Berechnungen: $d = 351$ bzw. 551 mm Durchmesser, $O = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_s^2)$.

Nummer des Diagramms	Zeit	Hochdruckzylinder				Niederdruckzylinder				Gesamtleistung PSi
		vorn = 80 mm Durchm. Kurbelseite $O = 916,86$		hinten = 80 mm Durchm. Deckelseite $O = 947,50$		vorn und hinten 80 mm Durchmesser Kurbelseite $O = 2333,03$		Deckelseite $O = 2333,03$		
		p_i	PSi	p_i	PSi	p_i	PSi	p_i	PSi	
1	10 ³⁵	4,25	69,8	3,33	56,5	1,20	50,2	1,20	50,2	226,7
2	11 ¹⁵	4,50	73,9	3,38	57,3	1,25	52,3	1,21	50,7	234,2
3	11 ³⁰	4,44	72,8	3,62	61,2	1,30	54,5	1,21	50,7	239,2
4	11 ⁴⁵	4,20	69,0	3,69	62,5	1,29	54,0	1,24	52,0	237,5
6	12 ⁰⁰					E n t l a s t u n g				
7	12 ¹⁵	3,96	65,0	3,60	61,0	1,20	50,2	1,21	50,2	226,4
8	12 ³⁰	4,00	65,7	3,48	59,0	1,22	51,1	1,13	47,3	223,1
9	12 ⁴⁵	3,80	62,3	3,57	60,5	1,20	50,2	1,14	47,7	220,7
10	1 ⁰⁰	4,00	65,7	3,46	58,6	1,14	47,7	1,10	46,2	218,2
11	1 ¹⁵	3,93	64,3	3,54	60,0	1,15	48,0	1,03	43,2	215,5
12	1 ³⁰	4,26	69,0	3,75	63,5	1,30	54,5	1,22	51,1	238,1
13	1 ⁴⁵	4,00	65,7	3,60	61,0	1,20	50,2	1,18	49,5	230,6
14	2 ⁰⁰	4,00	65,7	3,60	61,0	1,22	51,1	1,20	50,2	227,0
15	2 ¹⁵	3,96	65,0	3,50	59,3	1,20	50,2	1,22	51,1	228,0
16	2 ³⁰	4,00	65,7	3,48	59,0	1,20	50,2	1,17	49,0	223,5
17	3 ¹⁵	4,00	65,7	3,44	58,2	1,19	49,9	1,15	48,2	223,1
18	3 ³⁰	4,00	65,7	3,42	58,0	1,18	49,5	1,12	47,0	220,8
19	3 ⁴⁵	4,10	67,0	3,57	60,5	1,18	49,5	1,15	48,2	221,4
20	4 ⁰⁰	3,96	65,0	3,66	62,0	1,18	49,5	1,17	49,0	226,0
						1,20	50,2	1,17	49,0	226,2

Jewelliger Wert PSi = $\frac{916,86 \cdot 750 \cdot p_i \cdot 108,63}{60 \cdot 75}$, $\frac{947,5 \cdot 750 \cdot p_i \cdot 108,63}{60 \cdot 75}$, $\frac{2333,03 \cdot 750 \cdot p_i \cdot 108,63}{60 \cdot 75}$
 Wasserverbrauch von 9³² bis 4³⁶ = 6,73 Stunden 15.0627 cbm = 9,406 cbm mittlere Gesamtleistg.
 Abzüglich Kondenswasser — 0,170 „
 9,235 cbm Wasser in 6,73 Stunden, somit pro Stunde 1372,21 kg, 9,235 cbm
 Dampfverbrauch pro PSi und Stunde $\frac{1372,21}{226,64} = 6,05$ kg.

2. Versuchstag.

Versuchsprotokoll B1
für Dampfmaschine Nr. 205 von Heinrich Vogel in Offenbach.

Zeit	Temp. H. C.	Atm. H. C.	Vakuum	Touren	Kond.- Einl. Temp.	Kond.- Ausl. Temp.	Bemerkungen	
9 ²⁷	183,0	10,60	64,20	109,9	25,0	38,5	<p>Das Tachometer erwies sich als unrichtig, daher wurden die Werte des fortlaufenden Tourenzählers der weiteren Berechnung zugrunde gelegt.</p> <p>Versuchsdauer 7 Stdn. 18 Min. = 7,30 Stdn.</p> <p>Für 115,42 · 7,3 = 842,56 KW-Stunden sind 1314 kg Kohlen, 10 659 kg H₂O, 3600 g Schmieröl und 2000 g Zylinderöl verbraucht, somit pro nutzbare KW-Stde.:</p> <p>$\frac{1314}{842,56} = 1,56$ kg Kohle,</p> <p>$\frac{10\ 659}{842,56} = 12,65$ kg H₂O,</p> <p>$\frac{3600\ g}{842,56} = 4,27$ g Schmieröl,</p> <p>$\frac{2000\ g}{842,56} = 2,37$ g Zylinderöl.</p> <p>Tourenzähler. 4³² Ende: 66 436 Diff. Anfang: 19 251 Ables. 47 185 : 435 = 108,47 T. p. Min.</p> <p>Ölverbrauch. Verbrauch 3 kg 600 g Schmieröl und 2 kg Zylinderöl.</p> <p>Leitungskondensat Wasser 1. 10kg 2. 10 " " 3. 10 " " 4. 10 " " 5. 10 " " 6. 10 " " 7. 10 " " 8. 10 " " 9. 10 " " 10. 10 " " 11. 10 " " 12. 10 " " 13. 10 " " 14. 10 " " 15. 10 " " 16. 10 " " 17. 10 " " 18. 10 " " 19. 10 " " 20. 10 " " 21. 10 " " 22. 10 " " 23. 10 " " 24. 10 " " 25. 10 " " 26. 10 " " 27. 10 " " 28. 10 " " 29. 10 " " 30. 10 " " 31. 10 " " 32. 10 " " 33. 10 " " 34. 10 " " 35. 5 " "</p> <p>345 kg</p> <p>4 Uhr Reduktionsrolle an der Indikatorübersetzung gebrochen.</p>	
9 ⁴⁵	183,0	10,70	63,90	109,9	25,0	38,5		
10 ⁰⁰	184,0	10,65	63,50	109,9	25,0	38,5		
10 ¹⁵	184,0	10,70	63,90	109,9	25,0	38,5		
10 ³⁰	184,0	10,60	63,90	109,8	24,5	35,5		
10 ⁴⁵	183,0	10,40	63,90	109,8	24,5	35,5		
11 ⁰⁰	183,0	10,50	63,70	109,9	26,0	37,0		
11 ¹⁵	183,0	10,45	63,90	109,9	26,0	37,0		
11 ³⁰	184,0	10,85	63,95	109,9	26,0	37,0		
11 ⁴⁵	184,0	10,40	63,80	109,8	26,0	37,0		
12 ⁰⁰	184,0	10,80	63,40	110,0	26,0	37,0		
12 ¹⁵	184,0	10,70	63,30	110,0	27,0	37,0		
12 ³⁰	183,0	10,50	63,10	110,0	27,0	37,0		
12 ⁴⁵	183,5	10,50	63,10	110,0	27,0	37,0		
1 ⁰⁰	183,0	10,40	63,20	110,0	27,0	37,0		
1 ¹⁵	183,0	10,60	63,50	110,0	27,0	37,0		
1 ³⁰	183,0	10,50	63,30	110,0	27,0	37,0		
1 ⁴⁵	183,0	10,70	62,80	110,0	27,0	37,0		
2 ⁰⁰	183,0	10,60	63,00	110,0	27,0	37,0		
2 ¹⁵	183,0	10,50	63,00	110,0	27,0	37,0		
2 ³⁰	184,0	11,00	63,00	109,8	27,0	37,0		
2 ⁴⁵	182,0	10,40	62,90	109,8	27,0	37,0		
3 ⁰⁰	181,5	10,20	62,70	109,9	27,0	37,0		
3 ¹⁵	185,1	10,35	62,80	109,9	27,0	37,0		
3 ³⁰	182,0	10,40	62,80	109,8	27,0	37,0		
3 ⁴⁵	180,5	9,90	62,80	109,8	27,0	37,0		
4 ⁰⁰	180,5	10,10	62,80	109,8	27,0	37,0		
4 ¹⁵	182,0	10,00	62,90	109,9	27,0	37,0		
4 ³⁰	181,0	10,00	62,90	109,9	27,0	37,0		
4 ⁴⁵	182,0	10,30	92,90	109,9	27,0	37,0		
Mittel	182,82	10,48	—	—	26,07	37,10		

Tandem-Kompoundmaschine von 351/551 mm Zylinder-Durchmesser von Vogel in Offenbach a. M.

Berechnungen: $d = 351$ bzw. 551 mm Durchmesser, $O = \pi/4 (d^2 - d_s^2)$.

Nummer des Diagramms	Zeit	Hochdruckzylinder			Niederdruckzylinder			Gesamtleistung PSi	
		$d_s =$ vorn 80 mm Durchm. Kurbelseite $O = 918,86$	$d_s =$ hinten 50 mm Durchm. Deckelseite $O = 947,50$	PSi	p_i	PSi	p_i		PSi
1	9 ³⁰	3,95	3,42	58,4	1,10	46,7	1,11	47,0	217,4
2	9 ⁴⁵	3,96	3,25	55,6	1,07	45,4	1,11	47,0	213,6
3	10 ⁰⁰	3,94	3,20	54,8	1,10	46,7	1,12	47,5	214,3
4	10 ¹⁵	3,85	3,33	57,0	1,10	46,7	1,11	47,0	214,5
5	10 ³⁰	3,90	3,42	58,4	1,15	48,7	1,18	50,0	221,9
6	10 ⁴⁵	3,90	3,40	58,2	1,12	47,5	1,13	47,9	218,4
7	11 ⁰⁰	3,77	3,45	59,0	1,13	47,9	1,14	48,4	217,7
8	11 ¹⁵	3,87	3,42	58,4	1,12	47,5	1,14	48,4	218,3
9	11 ³⁰	4,00	3,60	61,6	1,14	48,4	1,18	50,0	226,3
10	11 ⁴⁵	3,86	3,50	59,9	1,15	48,7	1,14	48,4	221,0
11	12 ⁰⁰	3,71	3,40	58,2	1,14	48,4	1,14	48,4	216,4
12	12 ³⁰	3,84	3,42	58,4	1,14	48,4	1,16	49,2	219,7
13	12 ⁴⁵	3,93	3,45	59,0	1,17	49,6	1,15	48,7	221,3
14	1 ⁴⁵	3,97	3,40	58,2	1,16	49,2	1,16	49,2	222,4
15	2 ⁰⁹	3,96	3,80	65,0	1,17	49,6	1,18	50,0	230,2
16	2 ¹⁵	4,00	3,60	61,6	1,22	51,8	1,20	50,9	230,6
17	2 ³⁰	3,84	3,66	62,6	1,28	54,2	1,23	52,2	232,7
18	2 ⁴⁵	3,95	3,57	61,0	1,20	50,9	1,20	50,9	228,1
19	3 ⁰⁰	3,72	3,51	60,0	1,15	48,7	1,19	50,5	220,7
20	3 ¹⁵	3,79	3,69	63,0	1,17	49,6	1,20	50,9	226,3
21	3 ³⁰	3,65	3,75	64,1	1,15	48,7	1,18	50,0	223,2
22	3 ⁴⁵	3,66	3,65	62,3	1,11	47,0	1,15	48,7	218,6

Jewelliger } $916,86 \cdot 750 \text{ pi } 108,47$ $947,50 \cdot 750 \cdot \text{pi } 108,47$ $2333,03 \cdot 750 \cdot \text{pi } 108,47$
 Wert PSi = } $60,75$ $60,75$ $60,75$
 $= 221,53 \text{ PSi}$ Mittel

Wasserverbrauch von 9³⁷ bis 4⁴⁵ = 7,30 Stunden . . . 17,0,627 cbm = 10,659 cbm,
 Abzüglich Kondenswasser 0,345 "

Dampfverbrauch pro PSi und Stunde
 $10 \text{ 314 kg Wasser, somit pro Stunde } 1412,9 \text{ kg.}$
 $1412,9$
 $221,53 = 6,38 \text{ kg.}$

Dauerproben mit 100 bzw. 65 Proz. der Normalleistung.

Zeit	Volt	Amp.	Feld		Temperaturen		
			Volt	Amp.	Stator-eisen außen	Raum-Temp.	Erwär-mung
2 ¹⁰	200	500	77,3	20,0	21,0	20,0	10,0
2 ⁴⁰	200	503	—	20,2	35,0	21,0	14,0
3 ¹⁰	200	510	—	20,6	43,0	21,5	21,5
3 ⁴⁰	200	500	—	20,4	47,0	22,0	25,5
4 ¹⁰	200	500	—	20,2	47,5	22,0	25,5
4 ⁴⁰	200	500	—	20,2	48,0	22,0	25,0
5 ¹⁰	200	520	—	20,0	48,2	21,5	26,7
	Volt	Amp.	KW	Volt	T. p. M.	cos φ	γ in Proz.
9 ⁰⁰	196,4	375,0	119,3	118,0	735	0,937	91,0
9 ⁴⁵	197,0	359,0	114,6	117,1	736	0,937	90,8
10 ⁰⁰	198,4	347,5	112,0	117,3	737	0,939	90,6
10 ¹⁵	198,0	350,0	111,5	117,5	737	0,930	90,5
10 ³⁰	196,3	360,0	114,6	117,4	737	0,938	90,8
10 ⁴⁵	197,4	350,0	112,5	117,5	736	0,942	90,7
11 ⁰⁰	197,1	350,0	112,5	117,6	738	0,943	90,7
11 ¹⁵	196,2	359,0	113,7	117,5	736	0,934	90,6
11 ³⁰	196,0	372,5	118,4	117,3	736	0,950	91,0
12 ⁰⁰	219,5	296,5	117,3	117,2	736	0,938	90,9
12 ⁴⁵	219,3	295,5	111,0	116,8	736	0,985	90,9
1 ⁰⁰	219,5	300,0	111,3	116,9	737	0,994	91,0
1 ¹⁵	201,1	377,5	122,6	117,6	738	0,977	90,9
1 ³⁰	201,0	380,0	120,7	119,0	737	0,934	91,2
1 ⁴⁵	201,4	350,0	113,7	118,8	737	0,914	90,9
2 ⁰⁰	200,0	352,0	112,6	117,9	736	0,933	90,7
2 ¹⁵	200,0	361,5	118,0	118,0	737	0,925	90,6
2 ³⁰	199,0	375,0	120,7	118,0	739	0,944	90,9
2 ⁴⁵	200,1	365,0	118,0	115,0	737	0,936	91,1
3 ⁰⁰	200,1	362,0	117,4	115,0	738	0,934	90,9
3 ¹⁵	200,7	360,0	116,8	114,5	738	0,937	90,9
3 ³⁰	199,0	370,5	119,5	114,4	738	0,937	90,8
3 ⁴⁵	200,0	360,0	115,8	114,5	737	0,938	91,0
4 ⁰⁰	200,5	355,0	115,8	114,5	737	0,931	90,7
4 ¹⁵	200,9	347,5	115,5	115,5	736	0,942	90,8
4 ³⁰	202,0	350,0	114,6	115,2	737	0,957	90,9
4 ⁴⁵	201,2	355,0	116,9	115,5	737	0,938	90,8
					738	0,945	90,9

Temperaturen

I. nach 3 Stunden 200 Volt 500 Amp. war die maximale Erwärmung eingetreten:

	Temperaturen	Erwär-mung
Statorisen außen	48,0° C	25,0° C
Statorwicklung durch Thermo-meter festgestellt	45,0 "	23,0 "
Statorwicklung durch Widerstands-nahme ermittelt	50,3 "	28,3 "
Rotorwicklung durch Thermo-meter festgestellt	46,0 "	24,0 "
Rotorwicklung durch Widerstands-nahme ermittelt	51,3 "	29,3 "
Riemenscheibenlager	43,0 "	21,0 "
Schleifringlager	48,0 "	26,0 "
Mittlere Raumtemperatur: bei Versuch I etwa	22,0 "	—
" " II "	30,0 "	—

Berechnung für

$$\cos \phi = \frac{KW}{\text{Volt-Amp. } \sqrt{3}}$$

z. B. der erste Wert bei der Messung ist

$$\cos \phi = \frac{119,3}{196,4 \cdot 375 \cdot 1,73} = 0,937;$$

auf gleiche Weise sind die anderen Werte für $\cos \phi$ ermittelt.

Mittel für $\cos \phi =$ rund 0,945,

" " Kilowatt = 115,42 = 156,82 PS, also

" " 66 Proz. der Normalleistung,

" " $\eta = 90,85$ Proz.

Notizen: Hat die Welle bei erregtem Felde Spielraum? *Ja.*

Wird Öl aus den Lagern geschleudert? *Nein.*

Macht die Maschine ein auffallendes Geräusch? *Nein.*

Die Messungen am Drehstromgenerator und der Erregermaschine am ersten Versuchstage erfolgten in analoger Weise und sind infolgedessen hier nicht angegeben.

Die Berechnung der Verluste nach der Leerlaufmethode ist hier nicht ausgeführt, da dieselbe bei analogen Beispielen schon gegeben ist; die Wirkungsgrade bei verschiedenen Belastungen zeigt Fig. 194.

Versuchsprotokoll B 3.

Synchronmaschine (3phasig).

Polzahl 8, Frequenz 50, syn. T. p. M. 750, K. V. A. 175, Volt 200,
Amp. 506, Schaltung: Stator Y, Bürsten 2, Material: Kohle.

Die Maschine lief gekuppelt mit Erregermaschine 5,4 KW, 115 Volt,
47 Amp. $n = 750$.

	Volt	Ampere	Feld	T. p. M.
Leerlauf	200	70	12,7 Amp.	725
"	200	120	10,7 "	725
"	200	305	16,7 "	725
"	200	70	12,9 "	725
"	200	110	11,2 "	725
"	200	220	9,4 "	725
Kurzschluß	—	270	3,44 "	—
"	—	490	6,30 "	—
"	—	610	8,0 "	—

Widerstände	Ohm		Widerstandszunahme in Proz. bzw. Temperaturerhöhung $T = \frac{w_{\text{warm}} - w_{\text{kalt}}}{0,004 \cdot w_{\text{kalt}}}$	Isolationsprüfung gegen Erde
	kalt	warm		
	$t_1 = 20$	$t_2 = 22$		kalt
Stator 1—2	0,00618	0,00689	— 11,7 bzw. 28,3° C	Stator 1 Min. 2000 Volt
" 1—3	0,00618	0,00688		Rotor 1 Min. 2000 Volt
" 2—3	0,00618	0,00688		
Rotor . . .	3,67	4,10	11,7 bzw. 29,3° C	

Versuchsprotokoll B 4.

60 Elemente 81 Amp.-Stunden, 27 Amp.-Entladestromstärke.

Spannungsverlust in den Zuleitungen 1,9 Volt.

Zeit	Strom Amp.	Spannung Volt	Zellen Anzahl	Säuredichte der ver- schiedenen Elemente (Mittelwert)
1 ⁵⁰	27,5	110,0	57	1,205
2 ⁰⁵	27,5	109,5	57	—
2 ²⁰	28,0	109,0	57	—
2 ³⁵	27,5	109,0	57	—
2 ⁵⁰	28,0	109,0	57	1,198
3 ⁰⁵	28,1	109,8	58	—
3 ²⁰	27,0	109,8	58	—
3 ³⁵	27,0	109,5	58	—
3 ⁵⁰	26,5	109,0	58	1,192
4 ⁰⁵	27,0	108,5	58	—
4 ²⁰	27,5	109,5	59	—
4 ³⁵	27,0	109,5	59	—
4 ⁵⁰	27,0	110,0	60	1,185
5 ⁰⁰	28,0	108,0	60	—
3 St. 10 Min. = 3,166 St.	383,6 14 = 27,4 Amp.			

Bemerkungen und Ausrechnungen.

Die Batterie wurde 3 Stunden 10 Minuten (= 3,166 Stunden) mit einer mittleren Stromstärke von 27,4 Amp. entladen und wurden derselben somit 27,4 · 3,166 = 86,74 Amperestunden entnommen. — Unter Berücksichtigung des Spannungsverlustes in der Zuleitung betrug die Gesamtspannung sämtlicher Zellen am Ende der Entladung $108 + 1,9 = 109,9$ Volt, d. i. pro Zelle $\frac{109,9}{60} = 1,832$ Volt.

Siebentes Beispiel.

Abnahmeversuche der elektrischen Zentrale Usingen (Gasgeneratoren, Gasmotoren, Dynamomaschinen, Akkumulatoren, Apparaten-Anlage und Leitungsnetz).

Die im Beisein der Vertreter der verschiedenen Firmen von mir im Auftrage des Stadtmagistrats Usingen vorgenommenen Abnahmeversuche der maschinentechnischen und elektrischen Anlagen in der Zentrale, welche von der Generalunternehmerin, Elektrizitätswerke Düsseldorf, G. m. b. H. in Düsseldorf, erbaut war, haben nachstehende Resultate ergeben: