

# Die Stromversorgung der Großindustrie.

Von

Dr.-Ing. H. Birrenbach.

Mit 27 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913.

# **Die Stromversorgung der Großindustrie.**

# Die Stromversorgung der Großindustrie.

Von

Dr. = Ing. H. Birrenbach.

Mit 27 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913.

ISBN 978-3-662-23949-0      ISBN 978-3-662-26061-6 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-26061-6

Alle Rechte, insbesondere das der  
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

## Vorwort.

Neben den Vorschlägen, welche zur Hebung des Stromabsatzes der Elektrizitäts-Werke im allgemeinen von verschiedenster Seite gemacht werden, bietet in letzter Zeit die Versorgung der Großabnehmer und besonders die Tarifffrage das größte Interesse. Es ist deshalb auch schon eine Reihe von Veröffentlichungen bekannt geworden, welche auf mehr oder weniger theoretischer Grundlage allgemein gültige Rezepte für die Festsetzung der Strompreise für derartige Konsumenten geben wollen. Es ist einleuchtend, daß für die Kalkulation derselben außer den Produktionsverhältnissen, vor allem die Art und Bedingungen der Stromentnahme Berücksichtigung finden müssen; da diese jedoch in den einzelnen Fällen sehr verschieden sind, ist auch die Durchbildung eines allgemein gültigen Großabnehmertarifs, der außer dem Produzenten auch jeden Konsumenten vollauf befriedigt, nicht möglich. Wenn trotzdem bei einer größeren Zahl von Elektrizitäts-Werken bestimmte Großabnehmertarife in Kraft sind, so können dieselben nur als Grundlage für die ersten Verhandlungen dienen und müssen den jeweiligen Betriebsverhältnissen entsprechend von Fall zu Fall angepaßt werden. Eine derartige individuelle Behandlung der Abnehmer stößt allerdings heute bei vielen kommunalen Betrieben noch auf großen Widerstand; immerhin ist jedoch eine Änderung der bisherigen Anschauungen nach dieser Richtung, besonders bei den größeren Werken, nicht zu verkennen. Bei den vielen Schwierigkeiten, welche sich den Elektrizitäts-Unternehmungen gerade bei der Akquisition von Großabnehmern, sei es infolge einseitiger Beratung derselben durch irgendeine interessierte Firma, sei es durch ein auf ungenügender Sachkenntnis begründetes Vorurteil gegen den Strombezug, darbieten, schien es mir von Interesse zu sein, einmal vom praktischen Standpunkte aus diejenigen Faktoren eingehend zu untersuchen, welche von dem Stromlieferanten und dem Großabnehmer bei der Festsetzung

bzw. Beurteilung der Strompreise vor allem in Betracht zu ziehen sind. Dies wird in der vorliegenden Arbeit versucht. Es war deshalb zunächst die Bedeutung der Großbetriebe für die Elektrizitäts-Werke im allgemeinen und die Art ihres Einflusses auf die Betriebsergebnisse und Tarifpolitik infolge der verschiedenen Beanspruchung der Zentrale im besonderen darzustellen. Mit Rücksicht auf den Konsumenten ergab sich weiterhin die Notwendigkeit, die Stromerzeugungskosten von Einzelanlagen bei den hauptsächlich in Frage kommenden Antriebsarten und Maschinengrößen zu untersuchen. An Hand der Ergebnisse dieser Betrachtungen konnten dann allgemein gültige Schlüsse gezogen und eine Anzahl in Kraft befindlicher Großabnehmer-tarife kritisch beleuchtet werden. Mit Rücksicht auf die scharfe Konkurrenz der Dieselanlagen wurden am Schluß der Arbeit noch einige Anregungen für eine weitere Ermäßigung der Betriebskosten von Elektrizitäts-Werken gegeben.

Ich hoffe, auf diese Weise nicht allein den Elektrizitäts-Unternehmungen, sondern auch den Stromabnehmern einen Dienst erwiesen zu haben. Wenn im Laufe der Darlegungen einiges mit aufgenommen worden ist, was im allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden darf, wie z. B. die Ermittlung der Stromerzeugungskosten, so glaubte ich auf eine kurze Darstellung desselben der Vollständigkeit und Wichtigkeit wegen nicht verzichten zu dürfen. Bei dem vertraulichen Charakter der meinen Untersuchungen zugrunde liegenden Betriebsergebnisse von drei speziellen Elektrizitäts-Werken mußte ich mich ferner auf eine Bezeichnung der letzteren mit römischen Zahlen, ohne Namensnennung, beschränken.

Zum Schluß möchte ich noch allen Werken, welche mich bei der Bearbeitung des Gegenstandes durch Beiträge und Ratschläge in zuvorkommendster Weise unterstützt haben, meinen ganz besonderen Dank aussprechen.

Cöln, im Mai 1913.

H. Birrenbach.

# Inhalt.

	Seite
I. Einleitung . . . . .	1
II. Die Rentabilität elektrischer Kraftanlagen . . . . .	4
A. Anlagekosten . . . . .	4
B. Betriebskosten . . . . .	6
C. Strompreise . . . . .	19
III. Die Großabnehmer . . . . .	29
A. Bedeutung der Großindustrie für die wirtschaftliche Entwicklung der Gemeindewesen . . . . .	29
B. Begriff der Großabnehmer und Einteilung derselben . . . . .	32
C. Einfluß der Großabnehmer auf die Betriebsergebnisse von EW. . . . .	36
1. Allgemeines . . . . .	36
2. Einfluß auf die festen und veränderlichen Betriebskosten sowie die Ausnutzung der Zentrale . . . . .	41
a) das EW I . . . . .	42
b) „ „ II . . . . .	57
c) „ „ III . . . . .	62
3. Allgemeine Folgerungen . . . . .	68
D. Die Straßenbahnen . . . . .	80
1. Allgemeines . . . . .	80
2. Einfluß der Straßenbahnen auf die Betriebsergebnisse der EW. . . . .	84
E. Die industriellen Großabnehmer . . . . .	89
F. Einfluß der Großabnehmer auf die Tarifpolitik . . . . .	97
1. Strompreise für Kleinverbraucher . . . . .	97
2. Strompreise für Bahnanlagen . . . . .	98
3. Großabnehmertarife . . . . .	101
a) Allgemeines . . . . .	101
b) Selbstkosten der Stromlieferung . . . . .	105
c) Betriebskosten von Einzelanlagen . . . . .	115
d) Vergleich der Betriebskosten von Einzelanlagen mit den Gestehungskosten elektr. Kraftzentralen . . . . .	125
G. Bestehende Großabnehmertarife . . . . .	139
1. Allgemeines . . . . .	139
2. Einteilung der Großabnehmertarife und Beispiele . . . . .	141
a) Reine KWstd-Tarife . . . . .	142
b) KWstd-Tarife mit Benutzungsstd.-Rabatten, ohne Rücksicht auf Zeit . . . . .	144

	Seite
c) Reine Benutzungsstunden-Tarife . . . . .	150
d) Tarife mit Grundtaxe und Einheitspreisen . . . . .	151
e) Spezialtarife unter Berücksichtigung der Zeit . . . . .	154
f) Verschiedene Tarife . . . . .	157
3. Vergleich der Tarife der Werke I, II, III mit den Betriebskosten von Dieselanlagen . . . . .	159
4. Die Stromtarife anderer Werke im Vergleich mit den Betriebskosten von Dieselanlagen . . . . .	169
5. Betriebskosten von Gegendruck- und Anzapfturbinenanlagen . . . . .	170
IV. Schlußbemerkungen . . . . .	175
A. Allgemeines . . . . .	175
B. Gesichtspunkte für eine weitere Reduktion der Gestehtungskosten . . . . .	176
1. Konzentrationsbestrebungen . . . . .	176
2. Verluste in elektrischen Kraftanlagen . . . . .	180
3. Wahl der Betriebskraft . . . . .	181
4. Einkauf der Kohlen nach dem Heizwert . . . . .	187
5. Korrektur der Phasenverschiebung . . . . .	188

### Abkürzungen.

- EW = Elektrizitäts-Werk.  
 BEW = Berliner Elektrizitäts-Werke.  
 RWE = Rhein.-Westf. Elektr.-Werk, Essen.  
 KW = Kilowatt.  
 ETZ = Elektrotechn. Zeitschrift.  
 M. d. V. E. = Mitteilungen der Vereinigung der Elektr.-Werke.  
 St. d. V. E. = Statistik der Vereinigung der Elektr.-Werke.
-

## I. Einleitung.

Als im Jahre 1878 bei Gelegenheit der Pariser Ausstellung die elektrische Beleuchtung zum ersten Mal eine große Aufgabe erfüllte, hat wohl niemand vorausgesehen, welche vielseitige Verwendung dem elektrischen Strom noch bevorstand, und von welcher großer Bedeutung die elektrische Energie für die gesamte Volkswirtschaft werden sollte. Es ist selbstverständlich, daß die Anwendung des elektrischen Stromes sich nur ganz allmählich mit den weiteren Fortschritten der Technik ausdehnen konnte, und so wurde der Elektrizität zunächst durch die Erfindung der Glühlampe in der Beleuchtung ein weites Feld der Anwendung eröffnet. Die ersten elektrischen Anlagen dienten deshalb ausschließlich der Erzeugung elektrischen Lichtes und ergaben in ihrer Belastung jene charakteristische Kurve, welche noch heute oft den Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen bildet. Mit der Einführung des Elektromotors als Umkehrung des dynamoelektrischen Prinzips entstand für die junge Elektrotechnik jene zweite Aufgabe der elektrischen Kraftübertragung, welche sowohl für die Elektrizitätswerke selbst als auch für die gesamte Industrie von ungleich größerer Bedeutung werden sollte als die bisher erzielte Verbesserung der Beleuchtung. Zum ersten Mal wurde die elektrische Kraftübertragung in der Berliner Ausstellung 1879 der Öffentlichkeit vorgeführt, und zwar durch die von der Firma Siemens & Halske erbaute elektrische Bahn. Aber erst im Jahre 1885 begannen Industrie und Gemeinden mit dem Bau größerer Stromerzeugungsanlagen, durch welche die Einführung des elektrischen Betriebes in industrielle Unternehmungen ermöglicht wurde, die bisher trotz der großen Vorzüge, welche die Anwendung der Elektrizität an und für sich bot, an die Errichtung eigener Anlagen nicht denken konnten. Es entstanden zu dieser Zeit u. a. die Berliner EW und die elektrische Zentrale der Stadt Elberfeld.

Die Aufgaben, welche den Elektrizitätswerken zufallen, sind nun im allgemeinen sehr verschieden, je nachdem es sich um eine Anlage in privater oder städtischer Verwaltung handelt.

Beide Arten können und müssen als kaufmännische Unternehmungen nutzbringend für die Allgemeinheit betrieben werden, aber während die ersteren als Hauptzweck die Herbeiführung eines möglichst großen Geldgewinnes haben, sollten die andern den Abnehmern ihren Strom zu einem möglichst billigen Preis zur Verfügung stellen, um hierdurch vor allem fördernd auf das wirtschaftliche Leben und die Existenz der Einwohner einzuwirken. Selbstverständlich darf hierbei auch das finanzielle Ergebnis nicht außer acht bleiben, es sollte vielmehr auch hier die Ablieferung eines Reingewinnes nach Möglichkeit angestrebt werden, um auf diese Weise zur Erleichterung der Steuerlast der Bürger beizutragen. Dieses Bestreben darf jedoch andererseits nicht zu einer übertriebenen Überschußwirtschaft ausarten, wie dies vielfach vorgekommen ist, so daß hierdurch nicht allein die ganze Preispolitik, sondern auch die Schuldentilgung und Abschreibungen leiden. Letztere müssen unter allen Umständen gemacht werden, damit der stets abnehmenden Gebrauchstüchtigkeit der Betriebsmittel und der Möglichkeit einer Entwertung derselben durch Konstruktionsverbesserungen genügend Rechnung getragen wird. Wenn deshalb die Höhe der Abschreibungssätze vor allem von der Lebensdauer der einzelnen Gegenstände abhängt, so ist doch die Festsetzung derselben vielfach mehr Ansichtssache als auf Erfahrungen gegründet. Man findet daher auch bei jedem Werke andere Abschreibungsquoten. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Lebensdauer der Betriebsmittel in städtischen EW, wo diese fast stets der denkbar sorgfältigsten Behandlung unterliegen, eine viel höhere ist, als man in der Regel bei Aufstellung der Abschreibungssätze anzunehmen pflegt. Mit Rücksicht darauf, daß die Rentabilität eines Werkes gerade in den ersten Jahren vielfach große Schwierigkeiten bereitet, ist die Abschreibung vom Anschaffungswerte, welche heute immer mehr und mehr zur Anwendung kommt, vorzuziehen, da sie bei einem geringeren Prozentsatze den Etat viel weniger belastet als die hyperbelartige Abschreibung vom Buchwert. Unter Umständen dürfte sogar bei einem gut fundierten und aussichtsreichen Werk von einer Abschreibung in den ersten Jahren vollständig abgesehen werden können.

Es ist nun Sache der Verwaltung, alle Faktoren derart in Einklang zu bringen, daß eine Gewinnerzielung unter möglichster

Rücksichtnahme auf die Verbraucher elektrischer Energie erreicht wird. Der Vorwurf, welcher zuweilen kommunalen EW gemacht wird, daß sie ihre Preise auf einer unzeitgemäßen Höhe halten und so der Ausbreitung des Verbrauches entgegenwirken, ist nicht ganz unberechtigt. In den meisten Fällen trägt hier eine zu große Rücksichtnahme auf die städtischen Finanzen oder vielleicht auf eine bestehende Gasanstalt, deren wirtschaftlichen Rückgang man vermeiden möchte, die Schuld. Im allgemeinen sollten gerade die kommunalen Werke in ihrer Preispolitik sich gegenüber den privaten Unternehmungen freier bewegen können, da für letztere die Gewinnerzielung der ausschließliche Daseinszweck ist, während andererseits ein kommunales Werk, selbst wenn sich einmal kein finanzieller Überschuß erreichen läßt, auch dann noch volkswirtschaftlich eine große Aufgabe erfüllen kann. Von welcher großer Bedeutung die EW heute für den Stadtsäckel geworden sind, möge an einigen Beispielen gezeigt werden.

Im Haushaltplan 1911/12 der Stadt Köln waren die voraussichtlichen Einnahmen aus Zuschlag zur Einkommensteuer mit 155 % = 11 805 000 M. und die zu erwartenden Nettoüberschüsse der EW mit 1 806 521 M., von denen 1 206 521 M. an die Stadtkasse abgeliefert werden sollten, eingesetzt. Würde der Stadt dieser letztere Gewinn entgehen, so würde dies einer Erhöhung des Steuerzuschlages von 155 % auf 170 % gleichkommen. In anderen Städten liegen die Verhältnisse ähnlich. So betragen z. B. die Nettoüberschüsse des Licht- und Kraftwerkes Dresden im Jahre 1908 1 275 496 M. Zur Deckung des Zuschußbedarfs waren Steuern in der Höhe von 8 940 080 M. vorgesehen. Die letzteren hätten sich somit um ca. 14 % erhöht, falls der Überschuß der EW weggefallen wäre und der vorgesehene Gemeindezuschuß der gleiche bleiben sollte.

Es müssen deshalb bei dem Betriebe von Elektrizitätswerken außer den technischen Fragen alle wirtschaftlichen und geschäftlichen Momente Berücksichtigung finden, die überhaupt den Erfolg eines gewerblichen Unternehmens bedingen.

## II. Die Rentabilität elektrischer Kraftanlagen.

Es sind vor allem drei Hauptfaktoren, welche die Wirtschaftlichkeit eines Elektrizitätswerkes beeinflussen, nämlich :

1. Die Anlagekosten.
2. Die Betriebskosten.
3. Die Verkaufsbedingungen der elektrischen Energie, im besonderen der Tarif.

### A. Anlagekosten.

Was zunächst die Anlagekosten anbelangt, so zeigt die Statistik eine große Verschiedenheit in der Art der Ausführung der einzelnen Werke, trotzdem sie dem gleichen Zweck dienen, Unterschiede, besonders in dem Stromsystem, der Antriebsart, der Maschinenleistung usw., welche natürlich auch in den Herstellungskosten zum Ausdruck kommen. Die Werte der letzteren pro KW der Leistungsfähigkeit schwanken in den Grenzen von ca. 1000 bis 2000 M., gehen jedoch im Laufe der Betriebsjahre meistens zurück, was sowohl der späteren Aufstellung größerer Maschineneinheiten usw. als auch dem Umstande zuzuschreiben ist, daß die Zentrale und das Netz vielfach von vornherein für eine größere Leistung, als zunächst erforderlich war, bemessen werden, um in absehbarer Zeit Vergrößerungen oder Verstärkungen zu vermeiden. Wenn auch die Zahl der in den Statistiken angeführten EW, insbesondere mit Gasmotoren und Wasserturbinen, zu gering ist, um allgemeine Schlüsse über die absolute Höhe der Herstellungskosten zuzulassen, so zeigt sich doch, daß Gasantriebe im allgemeinen etwas teurer sind als Dampfbetriebe, während sich die Kosten der Werke mit Wasserturbinenantrieb am günstigsten stellen. Immerhin darf jedoch nicht außer acht bleiben, daß gerade für letztere Anlagen sehr häufig recht kostspielige Wehranlagen usw. erforderlich werden, deren Anlagekosten bedeutend teurer sind als bei Dampf- oder Gasbetrieb. Die Kosten pro KW

der Gesamtleistung der Werke mit Wasserturbinen werden sich im allgemeinen billiger stellen, wenn die Möglichkeit der Ausnutzung hoher Gefälle besteht, weshalb Anlagen, welche die Ausnutzung von Flüssen in mehr ebenen Gegenden bezwecken, in ihren Anschaffungskosten stets teurer sind. Jedoch werden auch solche Zentralen noch für elektrische Kraftübertragungen vorteilhaft ausgenutzt werden können, während für elektrolytische Zwecke nur sehr billige Wasserkräfte in Betracht kommen. In der nachstehenden Tabelle 1 sind die Anschaffungskosten pro KW einiger Werke mit verschiedenen Antrieben angegeben worden.

Tabelle 1.

Herstellungskosten in Mark pro KW der Gesamtleistungsfähigkeit des Elektrizitäts-Werkes einschließlich Leitungsnetz.

Name	Dampfbetrieb		Gasbetrieb		Wasserbetrieb		Gemischter Antr.	
	Jahr der Er-richtung	1910/11						
Aachen . . . .	1735	546	—	—	—	—	—	—
Bamberg . . . .	1209	1180	—	—	—	—	—	—
Blankenese . . . .	—	—	1815	1280	—	—	—	—
Köln . . . . .	1075	1178	—	—	—	—	—	—
Düren . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Erlangen . . . .	—	—	2000	2012	—	—	—	—
Elberfeld . . . .	2130	924	—	—	—	—	—	—
Essen . . . . .	1980	1200	—	—	—	—	—	—
Fürth . . . . .	—	—	1333	1518	—	—	—	—
Godesberg . . . .	1551	967	—	—	—	—	—	—
Göttingen . . . .	—	—	2143	1403	—	—	—	—
Hagen . . . . .	—	707	—	—	—	—	—	—
Hannover . . . .	1960	958	—	—	—	—	—	—
Homburg . . . .	1470	1870	—	—	—	—	—	—
Marburg . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1258
Mülheim . . . . .	1604	1638	—	—	—	—	—	—
München . . . . .	—	—	—	—	—	—	1560	1299
Münster . . . . .	—	—	1776	950	—	—	—	—
Oldau . . . . .	—	—	—	—	—	—	483	248
Rostock . . . . .	—	—	1830	1036	—	—	—	—
Schwerin . . . . .	—	—	1315	1033	—	—	—	—
Trier . . . . .	—	—	—	—	—	—	900	1822
Trondjem . . . . .	—	—	—	—	640	422	—	—
Quedlinburg . . . .	—	—	1600	1547	—	—	—	—
Viersen . . . . .	—	—	1257	1154	—	—	—	—
Drammen . . . . .	—	—	—	—	456	45	—	—

## B. Betriebskosten.

Die Eigenart des elektrischen Betriebes, im besonderen die große Verschiedenheit in der Abgabe des Stromes im Winter und Sommer oder zu den verschiedenen Tageszeiten, welche keine Aufstapelung zum Zweck einer gleichmäßigen Fabrikation des Verkaufsobjektes zuläßt, wie dies bei anderen Lieferungsgeschäften möglich ist, gestattet auch keine gleichmäßige Verteilung der Unkosten auf die Einheit des verkauften Stromes, wodurch die Berechnung derselben und die Festsetzung richtiger Verkaufspreise äußerst schwierig wird. Aber gerade für die Versorgung der Großabnehmer ist eine einwandfreie Feststellung der Gestehungskosten als Unterlage für eine richtige Tarifpolitik unerlässlich, da hier die Wirtschaftlichkeit großer Einzelanlagen zu den niedrigsten Strompreisen hindrängt, und die ganze Rentabilität eines EW aufs Spiel gesetzt werden kann, wenn hier Fehler vorkommen. Es sind deshalb in der Literatur für die Berechnung der Selbstkosten eine Reihe von Methoden in Vorschlag gebracht worden, so z. B. die Trennung nach den Faktoren der Produktion, in Kapital-, Personal- und Materialkosten, oder nach dem Objekt in Kosten für Erzeugungsapparate, Leitungsnetz und Betrieb, von welchen jedoch nur zwei eine größere Bedeutung im Laufe der Jahre erlangt haben. Die erstere der beiden sieht eine Trennung der Betriebskosten in indirekte und direkte vor, während die zweite, die sog. Wrightsche Methode, die Ausgaben in „feste“ und „veränderliche“ Kosten einteilt. Die letztere eignet sich für manche Zwecke besonders, weil an Hand derselben eine Untersuchung der Tarife leichter ausgeführt werden kann. Beide Methoden der Selbstkostenberechnung haben die Trennung der Ausgaben in solche, welche der abgegebenen Strommenge proportional sind (direkte Betriebskosten, veränderliche oder bewegliche Kosten) und in Ausgaben, welche mit der Größe der installierten Maschinenleistung bzw. der Maximalbelastung wachsen (indirekte Betriebskosten, feste Kosten) gemeinsam. Ihr Unterschied beruht darauf, daß die erstere Methode die Kosten für Verwaltung, Verzinsung, Abschreibungen usw. als indirekte Kosten betrachtet und die übrigen Ausgaben wie Löhne, Betriebsmaterialien usw. unter direkte Betriebskosten zusammenfaßt, während die Wrightsche Methode die Trennung in feste und veränderliche Kosten nach einem später

zu beschreibenden Verfahren empirisch vornimmt. Beide Methoden gestatten aber, die Selbstkosten für einzelne Abnehmer oder Abnehmergruppen zu berechnen, wenn auch die erstere verschiedene Mängel besitzt, auf welche bereits Wunder in den M. d. V. E<sup>1</sup>.) hingewiesen hat. Bei gleicher maximaler Beanspruchung der Zentrale werden nämlich die Ausgaben mit der Anzahl der abgegebenen KWstd nicht ohne weiteres gleichmäßig zunehmen, was besonders aus einem Vergleich der Stromabgabe und der Ausgaben in den Sommer- und Wintermonaten desselben Jahres als auch daraus hervorgeht, daß bei Werken mit rascher Entwicklung die Berechnung der Selbstkosten nach dieser Methode in jedem Jahre andere Zahlen ergibt. Ferner sinken, wie bekannt, auch die Betriebskosten pro KWstd mit steigender Ausnutzung der Anlage, da der größte Teil der Verluste, Löhne usw. nur von der Größe bzw. Betriebsbereitschaft der Anlage, nicht aber von der Höhe der Belastung der einzelnen Maschinen abhängt. Es waren dies wohl auch die Gründe, welche Wright veranlaßten, die Kosten in feste und veränderliche empirisch zu trennen, eine Methode, welche zuerst von den Oberschlesischen EW für die Aufstellung eines neuen Tarifs praktisch verwendet und von deren Direktor Agthe zu diesem Zweck etwas abgeändert wurde. Man hat nun versucht, die erstere der beiden Methoden dadurch zu verbessern, daß man außer den Faktoren „Anteil am Maximum“ und „Anzahl der entnommenen KWstd“ noch den Faktor „Anzahl der Konsumenten“ einführt und die Beträge der einzelnen Konten auf diese drei Faktoren verteilte. Es wurden z. B. sämtliche Ausgaben für das Kabelnetz zur Hälfte auf den Anteil am Maximum und zur anderen Hälfte auf die Anzahl der Konsumenten verrechnet und auch ein Teil der Abschreibungen auf die Anzahl der KWstd genommen, wodurch sich die Selbstkosten aus drei Faktoren zusammensetzen

$$\begin{aligned} & a \text{ M. pro Konsument} \\ & + b \text{ M. pro KW} \\ & + c \text{ Pf. pro KWstd;} \end{aligned}$$

jedoch ist diese Formel auch nur angenähert richtig, da sie im ersten Glied die Lage des Anschlusses, im zweiten und dritten

---

<sup>1</sup>) M. d. V. E., Jahrgang 1908.

Glied den Umstand vernachlässigt, daß ein Teil der unter Betriebskosten aufgeführten Beträge zu den festen Kosten gehört.

Der Methode Agthe liegt nun folgende Überlegung zugrunde: Es ist bekannt, daß von den gesamten Betriebskosten in der Zentrale ein Teil eine feste, unveränderliche Größe darstellt, die durch die maximale Belastung bestimmt, d. h. bei gleichbleibender Maschinenleistung von der jeweiligen Ausnutzung des Werkes unabhängig ist. Außer den Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, Abschreibungen und Gehälter fallen hierunter z. B. diejenigen Kosten, welche sich durch die stetige Betriebsbereitschaft der Maschinen, Akkumulatoren usw. dadurch ergeben, daß hierfür besonderes Personal und Material aufzuwenden ist. Man bezeichnet diesen Teil der Ausgaben als „feste“ im Gegensatz zu den übrigen Betriebsausgaben, welche „veränderliche“ Kosten darstellen. Zu letzteren gehören also die Ausgaben für Brennstoff, Putz- und Schmiermaterialien, Wasserbeschaffung, Löhne und Instandhaltung.

Zu den Ausgaben in der Zentrale treten dann noch diejenigen im Leitungsnetz hinzu, welche sich ebenfalls aus Kapital- und Betriebskosten zusammensetzen. Die ersteren bilden die Anschaffungswerte für Kabel, Freileitungen, Transformatoren, Hausanschlüsse, Zähler usw., während auf die Betriebskosten die Ausgaben für Unterhaltung und Verluste im Leitungsnetz, Transformatoren und event. Unterstationen sowie die Verluste in den Spannungsspulen der Zähler entfallen, welche letztere vielfach unterschätzt werden und bei kleinen Werken häufig einen ansehnlichen Betrag ausmachen können. Im Gegensatz zu den Ausgaben in der Zentrale rechnet Agthe die meisten Kosten für den Betrieb des Netzes zu den festen Ausgaben, da z. B. die Bedienung des letzteren, die Prüfung der Anschlußanlagen, das Ablesen der Zähler, Ausschreiben der Rechnungen, wie der größte Teil der Steuern usw. unabhängig von der Höhe der abgegebenen Energie ist. Mit Bezug auf die Anschlußanlagen hängen die festen Kosten des Netzes von der Ausdehnung und Dimensionierung der Leitungen und im besonderen von der maximalen Belastung der einzelnen Anschlußanlagen ab, während die veränderlichen Kosten von der Zahl der Anschlüsse und Abnehmer beeinflusst werden. Da jedoch mit der Ausdehnung des Netzes die Zahl der Anschlüsse wächst, und jeder neue Abnehmer eine Steigerung der Belastung herbei-

führt, können die Betriebskosten außerhalb des Netzes, wie schon bemerkt, größtenteils als feste Kosten, entstanden durch die anteilige Belastung jedes Anschlusses, betrachtet werden.

Im allgemeinen wird von den in den einzelnen Anschlußanlagen vorhandenen Lampen oder Motoren nur ein gewisser Prozentsatz gleichzeitig in Benutzung sein, da niemals in einem Hause alle Lampen in allen Räumen gleichzeitig eingeschaltet sind, und auch die angeschlossenen Motoren niemals gleichzeitig vollbelastet in Betrieb sich befinden. Das Verhältnis der gleichzeitig benutzten Leistung zur installierten Leistung (Anschlußwert) bezeichnet man mit „Benutzungsfaktor“, welcher je nach der Art der Konsumentengattung großen Schwankungen unterworfen ist. Mit Rücksicht auf den Benutzungsfaktor wird auch die Leistung der Zentrale niemals nach dem gesamten Anschlußwert, sondern kleiner bemessen, was besonders bei der Versorgung von Großkonsumenten in Rechnung zu ziehen ist, da hier ganz bedeutende Anschlußwerte in Frage kommen können, zumal wenn man die häufig zur Reserve oder anderen Zwecken aufgestellten Umformer usw. berücksichtigt. Das Verhältnis der maximalen gleichzeitig benutzten Zentralenleistung zur gesamten Leistungsfähigkeit des Werkes bezeichnet man mit dem Ausdruck „Belastungsfaktor“, welcher wie der Benutzungsfaktor in verschiedenen Zeitabschnitten sehr verschieden sein kann. Beeinflußt wird derselbe dadurch, daß in größeren Zwischenräumen eine Erweiterung des Werkes vorzunehmen ist, wodurch der Belastungsfaktor plötzlich stark sinkt, allmählich mit der wachsenden Ausnutzung der Zentrale aber wieder ansteigt. Beide Faktoren stehen naturgemäß in engen Beziehungen zu den Selbstkosten, insbesondere zu den festen Kosten derselben. Während, wie schon bemerkt, für die Zentralenleistung lediglich der größtmöglichste Benutzungsfaktor ausschlaggebend ist, wird das Netz meistens für den maximal zu erwartenden Anschlußwert berechnet, um später das häufigere Verstärken oder Neulegen von Leitungen zu vermeiden. Man bezeichnet das Verhältnis des gesamten Anschlußwertes zur maximal abgegebenen Leistung der Zentrale mit dem Namen „Verschiedenheitsfaktor“.

Der Verbrauch der einzelnen Anlagen hängt nun außer von der maximalen Leistung noch von der Zeitdauer derselben ab, welche wieder von Einfluß auf die veränderlichen Kosten ist, da die letzteren proportional mit der Zeitdauer wachsen. Außer der

Zeitdauer spielt auch der Zeitpunkt des Stromverbrauches eine große Rolle, indem je nach diesem entweder die festen Kosten der Zentrale erhöht werden oder die letztere besser ausgenutzt wird. Die Selbstkosten für eine verschieden hohe Benutzungsdauer weichen gegenüber dem Mittelwert bedeutend ab. Es wäre infolgedessen unrichtig, wollte man zur Aufstellung eines Tarifs für Großkonsumenten die mittleren Selbstkosten an den Sammelschienen der Zentrale allein zugrunde legen. Man muß vielmehr gerade hier die Rechnung möglichst von Fall zu Fall für die einzelnen Abnehmer aufstellen.

Um nun die Werte für die festen und veränderlichen Kosten eines EW zu ermitteln, werden nach Agthe auf der Abszissenachse eines rechtwinkligen Koordinatensystems die Anzahl der in jedem Monat eines Geschäftsjahres nutzbar abgegebenen KWstd und als Ordinaten die zugehörigen Betriebsausgaben, d. h. die Betriebskosten in der Zentrale und im Leitungsnetz, ohne Verzinsung und Amortisation, in Mark aufgetragen. Man erhält auf diese Weise eine Anzahl Punkte, durch welche man eine Gerade derart zieht, daß gleichviel Punkte unter- und oberhalb derselben zu liegen kommen. Diese Linie schneidet nach ihrer Verlängerung von der Ordinatenachse ein bestimmtes Stück oberhalb des Nullpunktes ab, d. h. zur Inbetriebhaltung des Werkes, ohne nutzbaren Strom abzugeben, ist ein gewisser Geldbetrag erforderlich. Der letztere, welcher für die verschiedenste Ausnutzung der Zentrale konstant ist, möge mit  $a$  bezeichnet werden, dann ist

$$y = a + b \cdot x$$

die Gleichung der Betriebskostenkurve, wo  $b$  die sogenannten veränderlichen Kosten pro abgegebene KWstd  $x$  im Gegensatz zu den festen Kosten  $a$  pro KW darstellt.

Beträgt nun die maximale Belastung eines Werkes während der Abendstunden  $m$  KW, und beansprucht irgendein Konsument dieses Maximum mit  $p\%$  =  $d$  KW, betragen ferner die festen Kosten des Werkes nach dem Diagramm A und inkl. Amortisation und Verzinsung  $A + c$ , so würden auf den fraglichen Konsumenten  $p\%$  dieser festen Kosten entfallen. Ist ferner der Jahreskonsum des Abnehmers im ganzen  $z$  KWstd, so ist der auf eine KWstd entfallende Teil der festen Selbstkosten

$$y_1 = \frac{(A + c) \cdot p}{z \cdot 100}$$

Nun ist

$$\frac{p}{100} \cdot m = d$$

$$\frac{p}{100} = \frac{d}{m} \quad y_1 = \frac{d(A + c)}{m \cdot z}$$

Bezeichnet man  $\frac{A + c}{m}$  mit  $g =$  Feste Kosten pro  $KW_{\max}$ ,

so ist

$$y_1 = \frac{g \cdot d}{z}$$

Sind ferner die veränderlichen Kosten pro KWstd gleich  $b$ , so ergeben sich die gesamten Gestehungskosten, bezogen auf den Jahresverbrauch von  $z$  KWstd, mit

$$Y = g \cdot d + b \cdot z$$

oder pro KWstd

$$y = \frac{g \cdot d}{z} + b.$$

Da  $z = d \cdot e$  ist, wo  $e$  die Zahl der Betriebstunden bei der Belastung  $d$  bedeutet, so ist auch

$$y = \frac{g}{e} + b.$$

Nach der Methode Agthe ist nun die Selbstkostenkurve eines großen städtischen EW aufgestellt und in nachstehender Fig. 1 eingetragen worden. Der Vorgang der Rechnung ist der folgende:

Es betragen die gesamten Betriebsausgaben exkl. Verzinsung und Abschreibung im Jahre 1910/11 1 541 233 M. bei einer nutzbaren Stromabgabe von 32 112 272 KWstd. Die mittleren Betriebskosten sind infolgedessen  $\frac{154\,123\,300}{32\,112\,272} = 4,8$  Pf. pro KWstd.

Bei einem Buchwert der Anlage von 10 615 924 M. und einer maximalen Belastung von 10 700 KW ergeben sich die gesamten Anlagekosten pro maximal abgegebenes KW mit  $\frac{10\,615\,924}{10\,700} =$  rund 1000 M. Nach dem aufgezeichneten Diagramm

betragen die festen Kosten pro Monat 25 000 M. oder im Mittel pro maximales KW und Jahr  $\frac{12 \cdot 25\,000}{10\,700} = 28$  M.

Die zusätzlichen Kosten ergeben sich dann mit

$$\frac{1\,541\,233 - 12 \cdot 25\,000}{32\,112\,272} = 3,87 \text{ Pf. pro KWstd.},$$

so daß die Gleichung der Betriebskosten ohne Berücksichtigung der Verzinsung und Abschreibungen

$$y = 28 \cdot \text{KW} + 0,0387 \cdot x$$

wird. Rechnet man für letztere pro maximales KW 10 %, so ergeben sich hierfür rund 100 M. Die festen Kosten pro KW sind infolgedessen zusammen  $100 + 28 = 128$  M. und die gesamten Gestehungskosten

$$y = 128 \cdot \text{KW} + 0,0387 \cdot x.$$

Berechnet man die letzteren für 1 KW und verschiedene Benutzungsstunden, so ergeben sich folgende Werte:

500 Betriebsstd.	147,35 M.	oder pro KWstd	29,5 Pf.
1000	166,70	„ „ „ „	16,7 „
1500	186	„ „ „ „	12,4 „
2000	205,40	„ „ „ „	10,3 „
2500	224,75	„ „ „ „	9,0 „
3000	244,10	„ „ „ „	8,1 „
3500	263,45	„ „ „ „	7,5 „
4000	282,80	„ „ „ „	7,1 „
4500	302,15	„ „ „ „	6,7 „
5000	321,50	„ „ „ „	6,4 „
5500	340,85	„ „ „ „	6,2 „
6000	360,20	„ „ „ „	6,0 „
6500	379,55	„ „ „ „	5,8 „
7000	398,90	„ „ „ „	5,7 „
7500	418,25	„ „ „ „	5,6 „
8000	437,60	„ „ „ „	5,5 „
8500	456,95	„ „ „ „	5,4 „

Diese letzteren Werte sind in Kurvenform in der Fig. 1 eingetragen. Dieselben nähern sich asymptotisch den beiden Koordinatenachsen. Wäre nun der Anschlußwert aller Stromabnehmer zusammen gleich der maximalen Stromentnahme in der Zentrale, so würde die Kurve auch zugleich den richtigen Verkaufspreis für die elektrische Energie darstellen. Da aber, wie früher

bemerkt, die Summe der angeschlossenen KW größer als das Zentralenmaximum ist, so würde man nach dieser Kurve den Strom zu

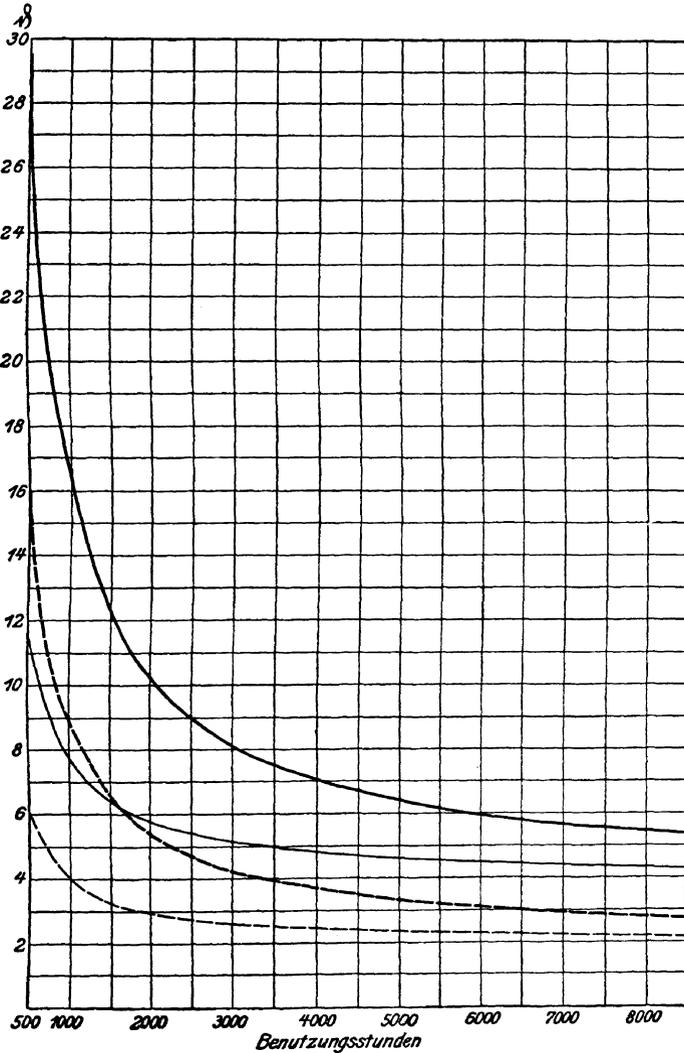


Fig. 1.

Elektrizitätswerk I. Gestehungskosten

- pro nutzbare KW-Stunde auf die maximalen KW bezogen
- " " " " den Anschlußwert " "
- pro erzeugte KW-Stunde auf die maximalen KW bezogen
- " " " " den Anschlußwert " "

teuer berechnen. Es wurde deshalb eine zweite Kurve eingetragen, welche sich nicht wie die erstere auf das Zentralenmaximum, sondern auf die Summe der bei den Konsumenten installierten KW bezieht. Diese Kurve würde dann als Verkaufspreis vollständig richtig sein, wenn alle Konsumenten auch mit dem gleichen Prozentsatz ihres Anschlußwertes an der Stromentnahme beteiligt wären. Wenn dies im einzelnen auch nicht zutrifft, so stellt diese Kurve im Mittel doch den richtigen Verkaufspreis dar. Je mehr also der Unterschied zwischen der Summe der maximal im Betrieb befindlichen KW und der Summe der angeschlossenen KW kleiner wird, umso mehr werden sich beide Kurven einander nähern. Für das vorliegende EW ergibt sich nun folgende Berechnung für die Werte der zweiten Kurve.

Die festen Kosten pro KW Anschlußwert sind

$$\frac{12 \cdot 25\,000}{35\,076} = 8,56 \text{ M. pro Jahr.}$$

Die zusätzlichen Kosten betragen wie vorher 0,0387 x. Das Anlagekapital pro ein KW Anschlußwert ist

$$\frac{10\,615\,924}{35\,076} = 305 \text{ M.}$$

Bei 10 % Verzinsung und Amortisation ergeben sich die gesamten Betriebsausgaben pro ein KW Anschlußwert mit

$$8,56 + 30,5 + 0,0387 x = 39 + 0,0387 x.$$

Für die verschiedenen Benutzungsstunden betragen dieselben in folgedessen wie folgt

500 Benutzungstd.	58,35 M.	oder	pro KWstd	11,67 Pf.
1000	77,70	„	„	7,8 „
1500	97	„	„	6,47 „
2000	116,40	„	„	5,8 „
2500	135,75	„	„	5,44 „
3000	155,10	„	„	5,17 „
3500	174,45	„	„	5,0 „
4000	193,8	„	„	4,85 „
4500	213	„	„	4,73 „
5000	232,5	„	„	4,65 „
5500	251,8	„	„	4,58 „
6000	271,1	„	„	4,52 „

6500	Benutzungsstd.	290,5	M. oder	pro KWstd	4,47	Pf.
7000	„	309,9	„	„	4,43	„
7500	„	329,25	„	„	4,40	„
8000	„	348,60	„	„	4,36	„
8500	„	367,95	„	„	4,33	„

Für die Analysierung des Tarifes für Großkonsumenten ist die vorstehende Kurve jedoch noch nicht ohne weiteres zu gebrauchen, da die Werte derselben auch die Betriebskosten des ganzen Kabelnetzes mit einschließen, während für Großkonsumenten vielfach, insbesondere aus Gründen der Betriebssicherheit, ein oder mehrere Kabel direkt von der Zentrale aus verlegt werden. In diesem Fall würden also die aus der vorhin aufgestellten Kurve sich ergebenden Strompreise in den meisten Fällen zu hoch sein. Es muß deshalb für die Großkonsumenten, sobald deren Versorgung durch besondere Leitungen erfolgt, diese Kurve unter ausschließlicher Berücksichtigung der Zentralenkosten und der Ausgaben für die besonderen Speisekabel festgestellt werden, um ein brauchbares Resultat zu erhalten. In Fig. 1 sind deshalb noch zwei weitere Kurven eingetragen worden, welche die Abhängigkeit der Gestehungskosten des Stromes pro erzeugte KWstd in der Zentrale von der jährlichen Betriebsstundenzahl darstellen.

Die Rechnung erfolgt im übrigen wie vorher, mit dem Unterschied, daß die monatlichen Betriebsausgaben nur insoweit berücksichtigt werden, als sie unmittelbar zum Betriebe der Zentrale, ausschließlich des Kabelnetzes, aufzuwenden waren. Als Anlagekapital wurde entsprechend auch nur ein Betrag von 5 335 460 M. für die Zentrale selbst eingesetzt. Es ergeben sich auf diese Weise folgende Werte:

Erzeugte KWstd . . . . .	37 510 324	M.
Jährliche Betriebsausgaben . . . . .	945 630	„
Anlagekosten der Zentrale . . . . .	5 335 460	„
Anlagekosten der Zentrale pro KW <sub>max</sub> . . . . .	498	„
Feste Kosten laut Diagramm 18 000 M. oder pro Jahr	216 000	„
Feste Kosten im Mittel pro maximales KW u. Jahr ca.	20	„
Zusätzliche Kosten		

$$\frac{945\,630 - 216\,000}{37\,510\,324} = 1,95 \text{ Pf. pro KWstd.}$$

Tabelle  
Betriebsausgaben von

Ort	System	Antrieb	Anlage- kapital M.	Erzeugte Kwstd.	Feste Kosten	
					Zinsen Tilgung, Abschreibung	
					in Proz. des Anlage- kapitals	Pf. pro erzeugte Kwstd.
Aachen . . . . .	= R	D	7 306 281	16 327 241	5,5	2,45
Bamberg . . . . .	= R	D	964 386	839 782	—	—
Blankenese . . . . .	= R	G	899 421	589 709	7,5	11,45
Köln . . . . .	~	D	17 667 034	37 510 324	5,8	2,7
Drammen . . . . .	R	W	3 095 700	28 242 500	4,2	0,46
Erlangen . . . . .	= R	G	724 458	424 911	4,5	7,7
Essen . . . . .	= R	D	26 876 566	104 245 671	—	—
Elberfeld . . . . .	= ~	D	12 435 558	15 712 140	3,35	2,65
Fürth . . . . .	= R	G	836 521	1 069 248	10	7,8
Godesberg . . . . .	= R	D	900 021	370 421	5	12
Göttingen . . . . .	= R	G	1 000 506	1 456 203	9,3	6,4
Hagen (Mark) . . . . .	R	D	9 723 493	23 789 450	7,8	3,19
Hannover . . . . .	R	D	12 504 563	9 469 730	7,3	9,65
Homburg . . . . .	= R	D	1 402 856	1 118 735	1,69	2,12
Marburg . . . . .	= R	GW	717 528	460 767	4,63	7,2
Mülheim . . . . .	= R	D	1 703 620	2 272 372	8,2	6,15
München . . . . .	= R	DWG	31 418 708	45 534 313	9,35	6,45
Münster . . . . .	= R	G	2 746 169	3 333 085	8,35	6,9
Oldau . . . . .	= R	DW	2 041 421	6 875 149	9,8	2,9
Rostock . . . . .	= R	G	1 984 336	1 859 436	—	—
Schwerin . . . . .	= R	G	1 177 112	1 173 962	5,8	5,8
Trier . . . . .	= R	DWG	3 000 748	3 783 060	7,5	5,95
Trondhjem . . . . .	= R	W	4 145 500	9 153 886	4,55	2,05
Quedlinburg . . . . .	= R	G	603 063	367 721	6,8	11,2
Viersen . . . . .	= R	G	1 017 574	856 307	3,37	4,0

## Zeichenerklärung:

= Gleichstrom  
~ Wechselstrom  
~ Drehstrom

D = Dampfmaschinen  
G = Gasmotore  
W = Wasserturbinen

2.

## Elektrizitätswerken.

pro erzeugte Kwstd.		Veränderliche Kosten pro erzeugte Kwstd.						Gesamte Ausgaben pro erzeugte Kwstd.
Allgemeine Verwaltung	Sa.	Brennmaterial	Putz- und Schmiermaterial	Löhne	Unterhaltung	Sonstiges	Sa.	
Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	
0,59	3,04	1,44	0,052	0,65	0,32	0,16	2,62	5,66
—	—	5,02	0,23	—	1,01	—	—	—
1,33	12,78	2,40	0,45	3,82	1,73	2,66	11,06	23,84
0,58	3,28	1,83	0,07	0,52	0,98	0,30	3,70	6,98
i. Löhnen enthält.	—	—	0,016	0,13	0,07	0,55	0,77	1,23
—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,43	—	1,37	0,02	0,28	0,44	0,02	2,13	—
0,36	3,01	1,90	0,06	0,92	0,60	0,42	3,90	6,91
1,95	9,75	3,17	0,22	1,61	1,00	1,77	7,77	17,52
0,15	12,15	3,81	0,08	1,90	8,75	—	14,54	26,69
1,62	8,02	4,02	0,34	1,19	0,07	1,29	5,91	13,93
0,43	3,62	1,56	0,01	0,18	0,13	0,50	2,38	6,00
i. Löhnen enthält.	10,95	2,86	0,15	2,34	1,09	0,76	7,2	17,85
—	—	6,00	—	—	—	—	—	—
2,32	9,52	1,24	0,19	3,92	2,20	1,02	8,57	18,09
—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,85	7,30	0,51	0,14	1,61	0,39	0,85	3,50	10,8
1,0	7,9	2,86	0,20	0,92	1,60	1,43	6,01	13,91
0,21	3,11	2,10	0,01	1,11	0,24	0,04	3,50	6,61
—	—	3,38	0,25	2,55	0,62	2,45	9,25	—
1,4	7,2	2,74	0,21	1,00	0,83	0,32	5,10	12,3
0,54	6,49	2,04	0,16	2,06	0,59	—	4,85	11,34
0,43	2,48	0,02	0,05	0,34	0,15	0,24	0,80	3,28
1,35	12,55	2,76	0,148	2,8	1,87	0,03	7,01	20,16
1,0	5,0	1,46	0,22	2,21	0,94	1,29	5,12	10,12

Rechnet man wiederum für Verzinsung und Amortisation usw. 10 %, so ergeben sich die festen Kosten insgesamt mit 20 + 50 M. = 70 M. pro maximales KW und die gesamten Gestehungskosten mit 70 + 0,0195 · x. Basiert man die Kosten auch hier auf den Anschlußwert, so sind die festen Kosten pro KW

$$\frac{216\ 000}{35\ 076} = 6,00\ \text{M.}$$

Hierzu addieren sich noch die Beträge für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals im Betrage von 15 M. Da die veränderlichen Kosten die gleichen wie vorhin sind, ergeben sich die gesamten Gestehungskosten mit

$$6 + 15 + 0,0195 \cdot x = 21 + 0,0195 \cdot x,$$

Man macht nun der Methode Agthe vielfach den Vorwurf, daß der Prozentsatz, mit dem der einzelne Abnehmer an dem Zentralen-Maximum teilnimmt, ein sehr verschiedener ist und von vielen Zufälligkeiten abhängt, und daß ferner die Festsetzung des Maximums die Aufstellung eines Maximumanzeigers bedingt, was den Nachteil hat, daß zufällige größere Stromentnahmen, wenn sie die Dauer von 15 Minuten überschreiten, von dem Maximumanzeiger registriert werden und dann für die Berechnung der Stromkosten maßgebend sind. Es wird aus diesem Grunde von einigen EW statt der abgelesenen Maximalwerte nur ein gewisser Prozentsatz derselben in die Berechnung eingeführt, was allerdings auch wiederum der Willkür anheimgegeben ist. Die Oberschlesischen EW berücksichtigen deshalb in neuerer Zeit nur diejenigen Angaben der Höchstverbrauchsmesser, welche in der Sperrzeit<sup>1)</sup> gemacht werden, was besonders für Großkonsumenten von Vorteil ist.

Um einen Überblick über die Ausgaben einiger EW und deren Verhältnis zu den gesamten Gestehungskosten zu geben, sind in vorstehender Tabelle 2 die Betriebsausgaben für eine Reihe von Werken verschiedener Größe und Art und in Tabelle 3 die Mittelwerte derselben besonders zusammengestellt. Wiersichtlich, entfallen ca. 50 % aller Betriebsausgaben auf Kapitalkosten (feste Kosten), während der übrige Teil sich mit der Höhe der Stromabgabe verändert. Am höchsten stellen sich die Betriebsausgaben bei den Werken mit Gasmotoren, während sie für die Anlagen mit Dampf und gemischtem Antrieb ungefähr gleich sind. Auch die Kosten der Löhne sind bei Gasbetrieb am höchsten, wie dies auch zu erwarten war, da Gasmotoren eine wesentlich sorgfältigere Bedienung verlangen, als dies bei Dampfmaschinen, insbesondere bei Dampfturbinen, der Fall ist. Die Kosten für

---

<sup>1)</sup> Unter Sperrzeit wird die Zeit der Hauptlichtperiode verstanden, während welcher bei den EW mit Doppeltarif der höhere Preis des Stromes in Frage kommt.

Brennstoff sind im gleichen Verhältnis bei Gasbetrieb ebenfalls höher. Am billigsten stellt sich naturgemäß der Betrieb mit Wasserturbinen, wenn auch die in der Zusammenstellung angegebenen Kosten der wenigen Werke, welche genaue Angaben gemacht haben, nur zum Vergleich dienen, aber auf allgemeine Gültigkeit keinen Anspruch machen können.

Tabelle 3.

Zusammenstellung der Mittelwerte der Betriebsausgaben pro erzeugte KWstd.

Antriebsart		Dampf	Gas	Wasser	DGW
		Pf.	Pf.	Pf.	Pf.
Ges. Betriebsausgaben . . . . .		11,68	16,00	2,26	11,7
Feste Kosten . . . . .		6,2	9,00	1,47	6,6
Veränderliche Kosten . . . . .		4,48	7,00	0,79	5,08
Von den ver- änderl. Kosten entfallen auf	Brennmaterial . . . . .	2,1	2,80	—	1,46
	Putz- u. Schmierm. . . . .	0,063	0,20	0,035	0,25
	Löhne . . . . .	0,97	2,0	0,24	2,2
	Unterhaltung . . . . .	1,76	1,00	0,11	0,84
	Sonstiges . . . . .	0,59	1,0	0,405	0,33

### C. Strompreise.

Im vorstehenden sind die Hauptmomente dargestellt worden, welche die Gestehungskosten der EW beeinflussen, und es lag nahe, daß die ersten Tarife sich nach kaufmännischer Gepflogenheit, ohne weitere Rücksicht auf die Interessen und berechtigten Forderungen der Konsumenten, eng an diese anschlossen. Das Bestreben der Verwaltungen der EW ging natürlich darauf hinaus, die vorhandenen Einrichtungen so weit wie möglich auszunutzen, während andererseits der Abnehmer keine höheren Ausgaben haben wollte, als er bei eigener Stromerzeugung oder Verwendung einer anderen brauchbaren Energieform aufwenden mußte. Es war deshalb Sache der EW hier einen Mittelweg zu finden, welcher einerseits denselben möglichst wirtschaftliche Vorteile sicherte, andererseits den Wünschen der Abnehmer Rechnung trug. Wollte man bei der Tariffestsetzung alle Faktoren, welche in Frage kommen, sachgemäß berücksichtigen, so müßte man für jeden einzelnen Fall, einen besonderen Preis festsetzen, da z. B. der

Strom in der Nähe der Zentrale billiger abgegeben werden kann als in größerer Entfernung von derselben. Dies ist natürlich nicht möglich; es soll vielmehr jeder Abnehmer wie der andere behandelt werden. Leider wird dieser Leitsatz in vielen städtischen Verwaltungen auch auf die Tarife der Großkonsumenten ausgedehnt, wo er ebenso wenig am Platze ist, wie er für die Versorgung der Kleinabnehmer Berechtigung hat. Es wird aus den späteren Ausführungen noch mehr hervorgehen, daß eine einheitliche Behandlung der Großkonsumenten ein Unding ist, da jeder einzelne Großbetrieb eine solche Zahl von Eigenheiten, welche für die Tarifrage von der weitestgehenden Bedeutung sind, aufweist, daß eine gemeinsame einheitliche, gerechte Behandlung durch einen einzigen Tarif vollkommen unmöglich ist. Es müssen deshalb, wenn ein Werk Großindustrie mit Erfolg versorgen will, mit jedem Konsumenten besondere Strombezugsbedingungen und Strompreise an Hand der jeweilig vorliegenden Betriebsverhältnisse vereinbart werden.

Die Schwierigkeit der Festlegung der Selbstkosten und der Wahl eines Verkaufspreises, welcher allen Fällen der Praxis genügt, spiegelt sich in der großen Zahl von Tarifen wieder, die noch heute in Kraft sind. Es würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, wollte man hier auf alle Tarife im einzelnen eingehen und deren Berechtigung oder Unzweckmäßigkeit näher prüfen. Außerdem sind auch schon im Laufe der Jahre verschiedene Tarife abgeschafft worden, nachdem die Erfahrung gelehrt hatte, daß sie unzweckmäßig waren. Vor allem ist bisher in den meisten Tarifen auf die Benutzungsdauer und den Wert der einzelnen Anlagen zu wenig Rücksicht genommen worden, Faktoren von denen, wie schon früher untersucht, der erstere von größter Bedeutung ist. Als Leitsatz für die Tarifrage hat sich jedoch allmählich die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß durch die Art des Tarifs zu einer hohen Benutzungsdauer angeregt werden muß, da nur dann auch ein niedriger Strompreis möglich ist, was sich auch an Hand der Statistik der V. d. E. nachweisen läßt. Vor allem dürfte nicht der umgekehrte Satz Gültigkeit haben, wie verschiedentlich behauptet wurde, daß nämlich eine hohe Benutzungsdauer einen billigen Strompreis zur Voraussetzung hat. Wie aus der nachstehenden Tabelle 4 hervorgeht, ist trotz des sinkenden Strompreises eine Steigerung der Benutzungsdauer nicht eingetreten;

bei vielen Werken ist sie sogar gesunken. Der Fehler, der zu diesem Schluß geführt hat, ist vor allem der, daß die Benutzungsdauer als Funktion des Anschlußwertes anstatt des Zentralenmaximums dargestellt wurde, welches für die Wirtschaftlichkeit allein in Frage kommt. Man gelangt in diesem Fall zu einem ganz anderen Ergebnis.

Tabelle 4.

Ort	Jahr	Benutzungsdauer des Zentralen- Max.	Bemerkungen	
Altona . . . . .	1907	2215	Im Jahre 1907 Preisred. um 20 %.	
	1908	2113		
Baden-Baden . . . .	1906	1249	Im Jahre 1906 Preisred. auf 60 Pf.	
	1907	1179		
Barmen . . . . .	1907	2126	Preisred. auf 48 Pf.	
	1908	2006		
Basel . . . . .	1907	2430	Preisred. auf 48 Pf.	
	1908	2280		
	1909	1930		
Bielefeld . . . . .	1903	2674	Preisred. von 60 auf 40 Pf.	
	1904	2222		
	1905	1925		
	1906	1840		
	1907	1832		
	1908	1770		
Bonn . . . . .	1904	1340	Preisred. von 70 auf 60 Pf.	
	1905	1103		
Pforzheim . . . . .	1902	1121	Preisred. von 75 auf 55 Pf.	
	1903	783		
	1904	706		
	1905	1025		
	1906	1920		Preisred. um ca. 20 %.
	1907	789		
Schöneberg . . . . .	1908	763	Preisred. von 55 auf 40 Pf.	
	1904	5389		
	1905	5292		
Zittau . . . . .	1906	4534	Preisred. von 55 auf 40 Pf.	
	1905	2280		
	1906	2070		

Die Benutzungsdauer des Zentralenmaximums kann aber nur durch eine Propagierung der Kraftanschlüsse erhöht

werden, welche die Energie hauptsächlich dann verbrauchen, wenn der Lichtbetrieb gering ist. Hier ist eben auch der Grund für die Steigerung der Benutzungsstunden bei sinkenden Strompreisen zu suchen; es fallen nämlich mit wachsender Zahl der Kraftkonsumenten die mittleren Einnahmen pro KWstd, während gleichzeitig die Benutzungsdauer des Maximums ansteigt, da die Kraftkonsumenten auch außerhalb der Abendstunden Energie entnehmen. Die Stadt Köln hat seit dem Jahre 1903 den Doppeltarif für Licht- und Kraftstrom allgemein eingeführt, welcher sich durchaus bewährt und den an ihn gestellten Anforderungen vollkommen entsprochen hat, sofern die Großabnehmer aus der Betrachtung ausscheiden. Es geht dies wohl am besten aus der nachstehenden Tabelle 5 hervor, welche die nutzbar abgegebenen KWstd in den letzten 10 Jahren, die Höhe der gleichzeitigen maximalen Beanspruchung der Zentrale sowie die Benutzungsdauer des Zentralenmaximums darstellt. Der Bahnbetrieb blieb hierbei vollkommen unberücksichtigt.

Tabelle 5.

	1901/02	1902/03	1903/04	1904/05	1905/06
Nutzbare KWstd . . . . .	2 083 227	2 628 712	3 377 654	4 660 016	6 191 800
Max. KW . . . . .	1 660	1 917	2 948	3 065	3 520
Benutzungsdauer des Maximums . . . . .	1 250	1 375	1 145	1 550	1 760
	1906/07	1907/08	1908/09	1909/10	1910/11
Nutzbare KWstd . . . . .	7 529 929	9 614 558	13 543 179	16 855 353	20 432 062
Max. KW. . . . .	4 600	5 240	6 220	6 690	7 510
Benutzungsdauer des Maximums . . . . .	1 650	1 835	2 190	2 530	2 720

Wie ersichtlich, ist die Benutzungsdauer fast stetig gewachsen. Während die nutzbare Abgabe für Licht und Kraft in dem Zeitraum von 10 Jahren von 2,08 Millionen KWstd auf 20,4 Millionen, also auf den zehnfachen Wert stieg, erhöhte sich das Zentralenmaximum von 1660 KW auf 7510 KW, also auf den 4,5 fachen Betrag; die Benutzungsdauer desselben stieg gleichzeitig von 1250 Stunden auf 2720 Stunden, d. h. ungefähr auf das Doppelte. Daß hieran vor allem die Zunahme der Kraftanschlüsse die Hauptursache ist, zeigt die nachfolgende Tabelle 6 über die in diesem Zeitraum angeschlossenen Motoren.

Tabelle 6.

Jahr	Angeschl. KW insgesamt	PS-Zahl der angeschl. Motoren	Verhältnis der Mo- torenstg. zum gesamt- ten Anschlußwert %	Durchschnittl. Leistung der Motoren PS
1901	5 208	1 664	32	4,00
1911	29 426	14 115	48	5,25

Auch die Tabelle 7 läßt erkennen, wie mit steigender Stromabgabe für Motorenbetrieb die Ausnutzung der Betriebsmittel eine günstigere wird.

Tabelle 7.

EW	Nutzbare KWstd. Kraft	Erzeugte Ernergie in % der Gesamt- leistung × 8760 Std.
	Erzeugte KWst.	
Godesberg. . . . .	0,0945	9,9
Blankenese . . . . .	0,0954	10,9
Gießen . . . . .	0,123	12,4
Erlangen . . . . .	0,256	18,5
Trier . . . . .	0,347	21,7
Münster . . . . .	0,39	24,5
Essen. . . . .	0,635	44,2

Wenn nach dem Vorhergesagten für die Art der Stromverbrauchsobjekte mit Rücksicht auf die Selbstkosten der Zentrale in der Hauptsache die Zeit und der Umfang des Verbrauches maßgebend ist, so entscheidet sich die Frage, ob ein gesonderter Licht- und Krafttarif Berechtigung hat, ohne weiteres. Dieselbe würde vom Standpunkte der EW nur dann vorhanden sein, wenn auch die Selbstkosten für den Licht- und Kraftstrom wesentlich verschieden wären. Dies ist aber im allgemeinen nicht der Fall; jedenfalls stellt sich der Motorstrom nicht so billig, um die große Differenz, wie sie heute vielfach zwischen Licht- und Krafttarif besteht, zu rechtfertigen. Ein großer Teil des Gewinnes aus dem Lichtstrom wird deshalb häufig zur Deckung des Defizits aus dem Verkauf des Kraftstromes benutzt. Ein Motor, der in der Hauptlichtperiode in Betrieb ist, belastet das Netz und die Zentrale in gleicher Weise wie die entsprechende Anzahl Lampen. Wenn derselbe nur tagsüber läuft, so könnte diesem Umstand event. durch eine Rabattgewährung Rechnung getragen werden. Bleibt

aber die Benutzungsdauer des für Kraftzwecke beanspruchten Maximums hinter demjenigen der Lampen zurück, wie dies z. B. bei Fahrstühlen, Kränen usw. vorkommen kann, so werden die Selbstkosten für den Kraftbetrieb noch größer sein als für die Beleuchtung. Der Preis der Energie muß eben um so höher festgesetzt werden, je seltener sie entnommen und je mehr die Leistung der Zentrale in Anspruch genommen wird. Mit Rücksicht auf den Konsumenten könnte event. noch der Umstand für einen besonderen Krafttarif sprechen, daß der Anteil der Kraftkosten an den gesamten Produktionskosten bedeutend höher ist als für Beleuchtung. Ein Handwerker muß aus diesem Grunde ein wesentlich höheres Gewicht auf einen mäßigen Kraftstrom- als auf den Lichtstrompreis legen. Um diesen Anteil der Produktionskosten, welcher auf den Kraftbetrieb entfällt, und der bei kleinen Handwerkern infolge der relativ hohen Anschaffungskosten 4 bis 20 % ausmachen kann, nach Möglichkeit zu reduzieren, sind schon seit vielen Jahren Bestrebungen vorhanden, welche darauf hinauszielen, den kleinen Gewerbetreibenden die Anschaffungskosten für Motoren usw. zu ersparen, indem die letzteren von Genossenschaften gegen mäßige Kosten zur Miete überlassen werden. Vielfach werden auch, wie z. B. neuerdings in Köln, von Unternehmern größere Fabrikräume mit elektrischem Licht- und Kraftanschluß gegen einen gewissen Mietpreis pro qm Bodenfläche zur Verfügung gestellt. Der Unternehmer bezieht in diesem Fall den Strom als Großkonsument zu einem wesentlich billigeren Preise, als dies den Einzelabnehmern möglich wäre. Ein Teil dieser Strompreisermäßigung kommt dann in dem billigeren Mietpreis zum Ausdruck.

Außer den bisher erwähnten Faktoren spielt bei der Preisstellung noch die Wertschätzung eine große Rolle, welche bisher von den Leitern der EW nicht genügend gewürdigt worden ist. In vielen Fällen wird deshalb der Strom zu billig verkauft, wo der Konsument gern mit Rücksicht auf die große Wertschätzung mehr für denselben bezahlt hätte und umgekehrt. Ein Villenbesitzer oder der Inhaber eines großen modernen Restaurants wird z. B. die elektrische Beleuchtung höher einschätzen als der Besitzer einer kleinen Wohnung und infolgedessen eher einen höheren Strompreis bezahlen. Ein Unterschied in der Wertschätzung ist ferner auch für Groß- und Kleinbetriebe zu machen. Die ersteren sind jederzeit in der Lage, sich den Strom selbst zu erzeugen; für sie ist die Wert-

schätzung begrenzt durch die Höhe dieser Betriebskosten. Bei Kleinbetrieben trifft dies aber nicht zu; es kommen hier also nicht die Betriebskosten einer eigenen Anlage, sondern die Vorteile des elektrischen Betriebes gegenüber dem mechanischen in Frage.

Werden nun nochmals diejenigen Faktoren, welche bei der Tarifpolitik vor allem in Betracht zu ziehen sind, kurz wiederholt, so wären die folgenden zu nennen:

1. Maximale Inanspruchnahme der Zentrale durch den Konsumenten.
2. Jahresverbrauch des Konsumenten.
3. Zusammenfallen des Maximums der Anschlußanlage mit der Maximalbelastung der Zentrale.
4. Der Strompreis muß im Verhältnis zu den Kosten der Selbsterzeugung des Stromes stehen.
5. Die Benutzungsdauer.
6. Die Wertschätzung und Leistungsfähigkeit des Abnehmers.

Diesen Bedingungen trägt theoretisch ein Tarif am besten Rechnung, welcher auf Grund der früher dargelegten Berechnungsart der Selbstkosten bzw. der Gleichung  $y = a + b \cdot x$  aufgestellt ist. Hierbei darf jedoch ein Umstand nicht unberücksichtigt bleiben, welcher für EW in städtischer Verwaltung von großer Bedeutung ist, nämlich der gleichzeitige Betrieb eines Gaswerkes.

Beide Werke dienen dem gleichen Zweck, und zwar der Versorgung der Einwohner mit Licht und Kraft, und beide Werke sollen vom kaufmännischen Standpunkte aus und im Interesse der Steuerzahler Überschüsse ergeben. Dieser Zweck darf nun nicht, wie dies zuweilen geschieht, dadurch verfolgt werden, daß die Preise für beide Erzeugnisse mangels jeglicher Konkurrenz auf einer solchen Höhe bleiben, daß eine allgemeine vielseitige Anwendung von Gas oder Elektrizität ausgeschlossen ist. Andererseits müssen die Stadtverwaltungen bei Änderungen eines der beiden Tarife darauf Rücksicht nehmen, daß hierdurch dem anderen Werk nicht der Lebensnerv unterbunden wird.

Nach Untersuchungen, welche im Jahre 1910 Dettmar in der ETZ<sup>1)</sup> veröffentlichte, hat derselbe an Hand der Statistiken festgestellt, daß in Orten bis zu 30 000 Einwohnern die Einnahmen des Gaswerkes durch ein neu entstandenes EW nicht erheblich

---

<sup>1)</sup> ETZ, Jahrgang 1910, Seite 577.

beeinflußt worden sind. Im allgemeinen konnte nur eine Abnahme des Gasverbrauches für Kraftzwecke festgestellt werden, welche aber meistens durch eine Steigerung des Gaskonsums für Heizzwecke ausgeglichen wurde. Dagegen konnte aber durch den Betrieb des EW eine Steigerung des Licht- und Kraftbedürfnisses im ganzen nachgewiesen werden, welche auch dem Gaswerk wieder zugute gekommen ist. Daß auf die Dauer eine wesentliche Abnahme des Gasverbrauches für Kraftzwecke sich bemerkbar machen wird, ist selbstverständlich, da der schnellaufende Elektromotor wesentlich billiger in Anschaffung und Unterhaltung sowie einfacher in der Bedienung als der alte Gasmotor ist. Ähnliche Untersuchungen veröffentlichte im Jahre 1911 Ross in der ETZ<sup>1)</sup> für Städte von 50 000 und mehr Einwohner. Derselbe kam zu dem Ergebnis, daß die Gasabgabe für Beleuchtung mit Beginn der Stromlieferung mindestens zum Stillstand gekommen sei, und der Zuwachs des Gaskonsums ausschließlich auf die Gasabgabe für technische Zwecke entfalle. Ross glaubt daher weiter schließen zu müssen, daß aller Wahrscheinlichkeit nach dem relativen Ausfall in der Gasabgabe für Beleuchtung in den nächsten Jahren ein nicht unerheblicher absoluter Ausfall folgen und die Abgabe von Gas für motorische Zwecke auf ein Minimum sinken wird.

Wenn nun auch eine nachhaltige Konkurrenz der elektrischen Energie für Beleuchtungszwecke und Kraftbetriebe sich nicht in dem Maße in den nächsten Jahren bemerkbar machen dürfte, wie dies Ross annimmt, so ist doch sicher, daß sie, ohne daß hierzu eine falsche Tarifpolitik oder fehlerhafte Maßnahmen seitens der EW zum Schaden der Städte noch fördernd beitragen, auf die Dauer nicht ausbleiben wird.

Einen Vergleich über die Konkurrenz des Elektromotors mit dem Gasmotor in dem speziellen Fall der Stadt Köln gibt die nachstehende Tabelle 8.

Besonders auffallend ist die plötzliche Zunahme der Elektromotorenanschlüsse im Jahre 1907, während gleichzeitig die Zahl der Gasmotoren von 829 auf 637 sank. Hieran dürfte vor allem die in genanntem Jahre vorgenommene Strompreismäßigung schuld sein.

Es möge gestattet sein, bei dieser Gelegenheit auf die vielfach höchst schädliche Propaganda für die Elektrizität hin-

---

<sup>1)</sup> ETZ, Jahrgang 1911, Seite 407.

Tabelle 8.

Jahr	Einwohnerzahl	Elektromotoren exkl. Straßenbahn				Gasmotoren			
		Anzahl	PS	Einwohner pro Motor	Einwohnerzahl pro PS	Anzahl	PS	Einwohner pro Motor	Einwohnerzahl pro PS
1893/94	302 500	7	20	43 214	15 125	350	1217	864	248
1894/95	311 100	13	36	23 931	8 650	400	1327	765	234
1895/96	318 700	35	150	9 106	2 125	429	1427	742	226
1896/97	325 900	72	259	4 526	1 260	476	1676	698	194
1897/98	334 200	121	697	2 762	480	499	1975	670	169
1898/99	344 000	171	919	2 011	374	548	2371	628	145
1899/00	355 100	218	976	1 628	363	582	2671	610	133
1900/01	367 000	305	1 345	1 200	273	635	2948	578	125
1901/02	376 100	416	1 662	905	226	670	3362	561	112
1902/03	384 400	516	1 975	745	195	707	3467	544	111
1903/04	396 700	598	2 197	664	181	726	3473	546	114
1904/05	410 800	826	3 060	498	134	770	3690	534	111
1905/06	423 600	1054	4 236	402	100	796	3909	532	109
1906/07	436 600	1331	5 378	328	81	829	4064	527	107
1907/08	451 000	1626	7 478	278	60	637	3574	708	126
1908/09	462 800	1930	10 298	240	45	538	3400	842	136
1909/10	471 500	2410	12 547	106	44,5	586	3523	805	134
1910/11	513 000	2675	14 007	192	36,6	603	3641	850	141

zuweisen, die im allgemeinen mit dem Namen Bestrebungen für die „Popularisierung der Elektrizität“ bezeichnet wird. Gerade in jüngster Zeit werden vielfach sogar von berufenster Seite Vorschläge ganz allgemeiner Natur und ohne Rücksicht auf die speziellen Verhältnisse gemacht, welche geeignet sind, die EW in den Augen der Konsumenten mit Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit herabzusetzen und den Werken, wenn dieselben diese Vorschläge ohne sachgemäße Abwägung aller maßgebenden Umstände anwenden, einen großen Schaden in finanzieller Hinsicht beifügen können. Außerdem werden den Gaswerken Abnehmer zugunsten der EW entzogen, welche im Interesse der Städte besser bei den ersteren verblieben.

Vor allem dürfte die heute krankhaft betriebene Propagierung der Verwendung der Elektrizität für Koch- und Heizzwecke verfrüht sein. Die Technik ist von der allgemeinen Einführung dieser Apparate noch sehr weit entfernt, insbesondere bei ländlicher Bevölkerung, denn so lange nicht jeder Klempner die heute noch sehr teuren elektrischen Koch- und Heizapparate reparieren kann,

kann von einer allgemeinen Verwendung derselben, besonders auf dem platten Lande, noch keine Rede sein. Außerdem steht der Preis des Stromes noch sehr hindernd im Wege. Wenn nachgewiesen wird, daß bei einem Strompreise von 10 Pf. pro KWstd das elektrische Kochen praktisch möglich ist, so soll dies nicht weiter bestritten werden. Es dürfte auch manchem EW möglich sein, den Strom für diese Zwecke zu dem angegebenen Preise in den Tages- und Nachtstunden abzugeben. Anders verhält es sich aber für die Stunden des Hauptlichtbetriebes und zu dieser Zeit wird in den Städten, wo die englische Geschäftszeit nicht allgemein üblich ist, auch gekocht. Hier würde aber für die meisten Werke die Festsetzung eines Strompreises für die genannten Zwecke von 10 Pf. pro KWstd ausgeschlossen sein, ganz abgesehen davon, daß die Werke sich auf diese Weise ihre Spitzenbelastung künstlich erhöhen würden. Man sollte deshalb die Propaganda für das Heizen und Kochen in denjenigen Orten, wo Gaswerk und EW in städtischer Verwaltung sind, dem Gaswerk vorläufig überlassen. Es bleiben dann dem Elektrizitätswerk noch genügend Verwendungsgebiete, wo eine tatkräftige Reklame am Platze ist und zur Popularisierung der Elektrizität beitragen kann. Verfehlt wäre es jedenfalls, wollte man den kleinen Abnehmern Gas und Elektrizität gleichzeitig einführen.

---

### III. Die Großabnehmer.

#### A. Bedeutung der Großindustrie für die wirtschaftliche Entwicklung der Gemeindewesen.

Während früher, wie im Eingang dargelegt wurde, die EW zunächst hauptsächlich der Lichtversorgung dienten, hat mit der Zeit eine Verschiebung der Verwendung elektrischer Energie zugunsten der elektrischen Kraftübertragung stattgefunden. Dieser Übergang entwickelt sich nun, wenn man die KW für Beleuchtung und Kraftbetrieb in Betracht zieht, ganz allmählich. Im Jahre 1898 betrug die Zahl aller angeschlossenen KW für Beleuchtung 88 000, für Kraft 31 000, also im Verhältnis von 74,8 % zu 25,2 % des gesamten Anschlußwertes von 119 000 KW. Im Jahre 1909 war der Anschlußwert der Beleuchtung 799 000 KW, derjenige der Motoren aber schon auf 785 000 KW gestiegen. Das Verhältnis hatte sich somit für die ersteren Anlagen auf 50,1 %, für letztere in 49,5 % geändert. Berücksichtigt man aber die viel größere Benutzungsdauer der Motoren, so folgt ohne weiteres, daß die Krafterzeugung diejenige der Lichtversorgung schon bedeutend überwiegt. Die Verbilligung der Elektromotoren führte den EW zunächst die Kleingewerbetreibenden zu, insbesondere, als die Tarife für Kraftzwecke wesentlich herabgesetzt wurden; diese waren jedoch noch viel zu hoch, als daß sich die Großindustrie mit ihrem bedeutenden Kraftbedarf des Strombezuges aus einer zentralen Erzeugungsstelle mit Erfolg hätte bedienen können. Dies wurde auch vielfach dadurch bedingt, daß die Wirkungsweise der ersten EW durch bestimmte Konzessionen oder Gemeindegrenzen sehr beschränkt war und die Werke den Gemeinden häufig sehr hohe Abgaben entrichten mußten. Bei dem gesteigerten Bedürfnis nach elektrischer Energie einerseits und dem vielfach herrschenden Partikularismus der verschiedenen Gemeinden andererseits entstanden mit der Zeit eine Anzahl kleinerer und

größerer Unternehmungen, die, alle für sich abgeschossen, nicht über die ihnen gezogenen Grenzen hinaus konnten und, derartig eingengt, je nach den Verhältnissen eine mehr oder weniger wirtschaftliche Bedeutung erlangten, teilweise aber auch kaum eine Rente abwarfen. Vielfach war auch die Ausnutzung der Zentrale eine vollkommen ungenügende, da der Bedarf zu den einzelnen Tagesstunden sehr schwankte. Daß dieser Zustand den Interessen der Gemeinden nicht entsprach, ist einleuchtend.

Zu denjenigen Faktoren, welche die wirtschaftliche Entwicklung eines Gemeindegewesens beeinflussen, gehören außer dem Verkehr vor allem Handel und Gewerbe, denn alle Betätigungen des geschäftlichen Lebens sind doch nur eine Folge der aus der Handels- und Gewerbetätigkeit entspringenden Bedürfnisse und Wohlstandsäußerungen. Als Träger des wirtschaftlichen Fortschritts müssen aber vor allem Großhandel und Großindustrie gelten, die den Gemeindegewesen neue Werte und Arbeitsgelegenheiten zuführen und mit ihrem Kapital befruchtend auf die technische und wirtschaftliche Entwicklung einwirken. Wenn hierbei speziell auf Kölner Verhältnisse hingewiesen werden darf, so muß zugestanden werden, daß hier die Verhältnisse nicht so günstig liegen als in anderen Großstädten der Rheinprovinz, z. B. in dem benachbarten Düsseldorf. Während nach den Angaben der Handelskammer in Köln innerhalb eines zwölfjährigen Zeitraumes die Zahl der Betriebe in Düsseldorf um 43 % zunahm, erhöhte sie sich in Köln nur um 26 %. Namentlich hat auch die Großindustrie in Düsseldorf wesentlich stärkere Fortschritte aufzuweisen. Es kommt dies auch darin zum Ausdruck, daß die Gesamtzahl der beschäftigten Personen innerhalb eines zwölfjährigen Zeitraumes in Köln um 50 %, in Düsseldorf dagegen um 83 % gewachsen ist, und daß die Durchschnittsgröße aller Betriebe sich dort von 4,2 auf 5,0, hier von 4,8 auf 6,2 Personen gehoben hat. Diesem Übelstande kann vor allem die kommunale Verwaltung durch verkehrspolitische Fürsorge fördernd entgegenwirken, indem sie diejenigen Einrichtungen trifft, welche die Industrie selbst heben. Im allgemeinen wird diejenige Stadt für den Erwerb die wirtschaftlich bevorzugte sein, welche bei verhältnismäßig günstigen Arbeiterverhältnissen die vorteilhaftesten Kraftbezugsbedingungen aufweist. Dazu gehört in der heutigen Zeit unstreitig die Lieferung billiger elektrischer

Energie. Es sind deshalb die Bestrebungen des Rhein.-Westf. Elektr.-Werkes Essen, die Lieferung der letzteren in großem Maßstabe und für weitere Gebietsteile in seine Hand zu bringen und besonders der Großindustrie sowie den Bahnen billigen Strom zu liefern, von großer Bedeutung für die fernere Ausgestaltung der elektrischen Kraftzentralen geworden.

Für die Rentabilität der letzteren sind beim Anschluß von Großabnehmern naturgemäß die im vorigen Kapitel näher erläuterten Faktoren von ganz besonderer Bedeutung, was aus den späteren Darstellungen noch mehr hervorgehen wird. Die besonderen Vorteile, welche der Großindustrie aus dem Strombezug von einem EW gegenüber einer eigenen Krafterzeugungsanlage erwachsen, sind nun die folgenden:

### 1. Volle Beweglichkeit in der Ausdehnung des Unternehmens.

Bei einer eigenen Anlage ist die Produktion durch die Größe der Kraftmaschine begrenzt. Bei einer Erweiterung der Fabrikanlagen muß entweder unter hohen Kosten eine neue Betriebsmaschine aufgestellt oder die vorhandene durch eine größere ersetzt werden, was häufig mit noch viel mehr Schwierigkeiten verbunden ist.

### 2. Ersparnis an Anlagekapital.

Das für die Beschaffung einer eigenen Maschinenanlage erforderliche Kapital kann nutzbringender im Geschäft verwendet werden.

### 3. Unempfindlichkeit bei ungünstigen Konjunkturen.

Nimmt das Erträgnis irgendeines Fabrikbetriebes infolge ungünstiger Zeitverhältnisse vorübergehend ab, so wird dasselbe bei einer eigenen Anlage durch die andauernden Lasten des investierten hohen Kapitals noch mehr im ungünstigen Sinne beeinflußt. Beim Strombezug übernimmt dieses Risiko der Stromlieferant.

### 4. Größere Einfachheit und Sicherheit des Betriebes.

Beim Strombezug ist der Abnehmer der Verantwortlichkeit und Mühen enthoben, welche der Betrieb einer eigenen Anlage

mit sich bringt; er kann sich infolgedessen in noch höherem Maße den Angelegenheiten seines eigenen Geschäftes widmen. Da die Krafterzeugungsanlagen in Fabriken selten über größere Maschinenreserven verfügen, so werden Störungen hier viel häufiger vorkommen und länger dauern als beim Strombezug aus größeren Kraftzentralen, wo auf die jederzeitig vorhandene Reserve der allergrößte Wert gelegt wird.

#### 5. Raumersparnis.

Der für die Aufstellung einer Einzelanlage erforderliche Raum ist jedenfalls bedeutend größer als beim Strombezug von einem EW, insbesondere, wenn eine Dampfanlage gewählt und den event. später notwendig werdenden Erweiterungen von vornherein Rechnung getragen wird. Mit Rücksicht auf die dauernd steigenden Bodenpreise, welche eine möglichst günstige Ausnutzung der Grundstücke erfordern, wird der für die eigene Anlage notwendige Raum in den meisten Fällen nutzbringender für die direkten Fabrikationszwecke Verwendung finden können.

#### 6. Billigere Betriebskosten.

In vielen Fällen, insbesondere, wenn der jährliche Strombezug eine größere Höhe erreicht, werden sich auch billigere Betriebskosten als bei einer eigenen Anlage ergeben, zumal wenn bei der letzteren eine genügende Reserve vorgesehen wird.

## **B. Begriff der Großabnehmer und Einteilung derselben.**

Was zunächst den Begriff Großabnehmer anbelangt, so ist derselbe allgemein ebenso wenig genau festzulegen, wie z. B. eine Abgrenzung von Handwerk und Fabrik einwandfrei durchzuführen ist. Wenn die letztere schon aus dem Grunde erwünscht ist, daß für beide Betriebe eine besondere Rechtslage geschaffen wurde, und deshalb Fabrik und Handwerk in Anwendung auf die Gesetze unterschiedlich zu behandeln sind, so lehren doch die Verhandlungen im Reichsamt des Innern, daß eine Trennung inolge der mannigfaltigen Berührungspunkte beider und der vielen gemischten Betriebe, die, ohne die handwerksmäßige Erzeugung

verlassen zu haben, dennoch sich zu Fabriken herausbildeten, sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich ist. Ähnlich verhält es sich mit dem Begriff Großabnehmer. Für ein Elektrizitätsunternehmen hängt die Bezeichnung Groß- und Kleinabnehmer wesentlich von der Leistungsfähigkeit des betreffenden Werkes ab. Was für ein kleineres Werk vielleicht schon ein Großabnehmer ist, kann von einem Großkraftwerk event. nur als Kleinverbraucher bezeichnet werden, insofern, als dessen Versorgung in letzterem Fall ohne weiteres, wie man sagt „nebenbei“ erfolgen kann, und eine bessere Ausnutzung der Zentrale hierdurch nicht bedingt ist. Es wird sich deshalb auch in diesem Fall ein wesentlicher Einfluß dieser Stromversorgung auf den Betrieb und das finanzielle Ergebnis des großen Werkes kaum nachweisen lassen. Anders liegt die Sache aber, wenn derselbe Konsument an ein kleineres Werk angeschlossen werden soll, dessen Belastungsfaktor hierdurch verbessert wird, oder welches hierfür vielleicht je nach den Tagesstunden, zu welchen der Abnehmer den Strom benötigt, zunächst umfassende Verstärkungen des Netzes, event. auch eine Erweiterung der Zentrale vornehmen muß. Ferner kann ein Konsument, welcher heute infolge günstiger Konjunkturverhältnisse für ein Werk als Großabnehmer bezeichnet werden muß, zu anderer Zeit vielleicht gezwungen sein, den Betrieb einzuschränken, und dann nur als Kleinverbraucher gelten.

Es wird nun seit einer Reihe von Jahren von einigen Werken nach dem Vorgehen des Rhein.-Westf. EW Essen, für den Begriff Großabnehmer die Voraussetzung eines jährlichen Mindeststromverbrauches von ca. 50 000 KWstd, entsprechend einem Anschlußwert der Anlage von ca. 25—50 KW, gemacht, welcher allerdings für die größeren EW etwas niedrig gegriffen ist, wenn auch die Zahl derartiger Konsumenten selbst bei diesen nicht so groß ist, als man zunächst annehmen sollte. Um einige Beispiele anzuführen, ist nachstehend die Anzahl der Abnehmer von jährlich 50 000 und mehr KWstd für einige EW aus den Geschäftsjahren 1910 und 1911 zusammengestellt, wobei die Bahnanlagen nicht berücksichtigt wurden.

Köln . . . . .	40
Rheydt . . . . .	26
Barmen . . . . .	21
Siegen . . . . .	28

Elberfeld . . . . .	11
Chemnitz . . . . .	29

Die Festsetzung dieser relativ geringen Höhe des Mindeststromverbrauches ist bei dem RWE verständlich, wenn man berücksichtigt, daß dasselbe in seinen Stromlieferungsverträgen mit Gemeinden sich die Versorgung der Großabnehmer im Allgemeinen selbst vorbehält. Bei den größeren Werken, insbesondere denjenigen mit speziellen Großabnehmertarifen, wird jedoch vielfach ein jährlicher Mindeststromverbrauch von 100 000 KWstd vorausgesetzt, welcher auch den folgenden Untersuchungen zugrunde gelegt werden soll.

Mit Rücksicht auf den Einfluß dieser Konsumenten auf den Betrieb eines EW können dieselben eingeteilt werden in solche, welche

- I. den Strom während der Tagesstunden bis zum Anbruch der Dunkelheit entnehmen;
- II. die Zentrale während des ganzen Tages beanspruchen;
- III. die Stromentnahme auf die Nachtstunden allein beschränken.

Zu der ersten Kategorie von Abnehmern gehören vor allem die Ziegeleien, welche die elektrische Energie fast ausschließlich während der Sommermonate und auch dann nur bis zum Anbruch der Dunkelheit benötigen. Ferner wären hierhin alle diejenigen gewerblichen Anlagen zu rechnen, welche beim Anschluß an EW mit Doppeltarifsystemen unter dem Druck der letzteren in der Lage sind, ihren Betrieb ausschließlich auf die Tagesstunden zu verlegen, sei es nun, daß sie ihre Fabrikation und den maschinellen Betrieb mit Anbruch der Dunkelheit unterbrechen, sei es, daß sie von diesem Zeitpunkte an eine eigene Krafterzeugungsanlage in Anspruch nehmen.

In die zweite Klasse fällt wohl der größte Teil aller Großabnehmer, insbesondere in denjenigen Städten, wo sie uneingeschränkt durch irgendwelche Tarifbestimmungen den Strom zu jeder beliebigen Tageszeit zu einem einheitlichen Preise entnehmen können. Eine besondere Klasse bilden hier diejenigen Konsumenten, welche zwar einen gewissen Teil ihres gesamten Strombedarfes tagsüber entnehmen, die EW jedoch in höherem Maße während der Hauptlichtperiode beanspruchen, wie dies z. B. von den Warenhäusern geschieht. Hier wären auch die

städtischen Bahnen anzuführen, welche in vielen Orten infolge des regeren Verkehrs nach Schluß der normalen Arbeitszeit um 7 Uhr abends sowie infolge der Beleuchtung der Wagen eine größere Belastung der EW während der Abendstunden verursachen.

Für die dritte Kategorie kommen Großabnehmer meistens nur dann in Frage, wenn sie von seiten der EW zur Stromentnahme während der Zeit der geringsten Belastung in den Nachtstunden durch ganz besondere Tarifvergünstigungen angeregt werden.

Eine Prüfung des prozentualen Stromverbrauches einiger Großabnehmer während der verschiedenen Tagesstunden hat zu folgendem Resultat geführt.

Tabelle 9.  
Mittelwerte der Stromentnahme während der

	Tagesstunden %	Hauptlicht- periode %	Nachtstunden %
Fabriken . . . . .	80	15	5
Druckereien . . . . .	70	10	20
Theater . . . . .	10	70	20
Warenhäuser . . . . .	30	60	10
Ziegeleien . . . . .	100	—	—
Straßenbeleuchtung . . . . .	—	80	20
Wasserwerke . . . . .	95	5	—
Restaurants . . . . .	5	55	40
Walzwerke . . . . .	50	24	26

Zu erwähnen wären ferner noch die Bergwerke, deren Energiebedarf ganz bedeutend, aber zu den einzelnen Tagesstunden sehr verschieden ist. Da die Gruben vielfach in der Zeit von morgens 7 bis abends 11 Uhr fördern, so können zum Zweck der gleichmäßigeren Stromentnahme die Wasserhaltungen während der Nachtstunden in Betrieb genommen werden, soweit die vorhandenen Pumpen hierfür ausreichen. Auch bieten die elektrischen Fördermaschinen einen gewissen Ausgleich, da sie zu verschiedenen Stunden des Tages während des Schichtwechsels zur Seilfahrt für die Belegschaft laufen, während welcher der übrige Betrieb größtenteils ruht.

## C. Einfluß der Großabnehmer auf die Betriebsergebnisse von EW.

### I. Allgemeines.

Um den Einfluß der vorhin erwähnten verschiedenen Gattungen von Großabnehmern mit Ausnahme der Bahnen, welche später besonders behandelt werden sollen, auf die Betriebsergebnisse der EW kennen zu lernen und an Hand spezieller Beispiele zu möglichst allgemein gültigen Resultaten zu gelangen, wurden die Untersuchungen an drei verschiedenen EW vorgenommen, welche infolge ihrer charakteristischen Unterschiede hierfür besonders geeignet erschienen. Von allen drei Zentralen, im Folgendem kurz Werk I, II und III genannt, ist in den nachstehenden Fig. 2—5 die Belastungskurve an einem Sommer- und Wintertage des Jahres 1911 dargestellt. Die erstere, welche zunächst im wesentlichen als Beleuchtungszentrale einer Großstadt errichtet worden war, sich aber im Laufe der Jahre durch eine günstige Tarifpolitik mehr und mehr den Anschluß von Motoren zu sichern verstanden hat, zeigt auch heute noch im Winter die charakteristische Spitze der Abendbelastung eines Lichtwerkes trotz des zurzeit in Kraft befindlichen Doppeltarifs. Es hängt dies mit den Verhältnissen einer Großstadt zusammen, wo die besseren Geschäfte, Restaurants usw. infolge der größeren Wertschätzung des elektrischen Lichtes auf dasselbe trotz des wesentlich höheren Strompreises in den Abendstunden nicht verzichten können, während andererseits die Abgabe des Kraftstromes noch nicht eine derartige Höhe erreicht hat, um eine ähnliche Belastung des Werkes auch während der Tagesstunden im Winter herbeizuführen. Da die Versorgung der Großindustrie größtenteils durch ein besonderes Netz mit einer wesentlich höheren Spannung als der übrige Teil der Konsumenten erfolgt, so war es möglich, in Fig. 2 auch die Belastungskurve derselben einzutragen. Wie ersichtlich, nimmt der Stromverbrauch der Großabnehmer im Winter unter dem Einfluß des Doppeltarifs bei Beginn der Lichtperiode gegen 5 Uhr wesentlich ab, um nach Beendigung derselben, um 9 Uhr abends, nochmals anzusteigen. Ein gewisser Teil setzt allerdings auch in der Sperrzeit trotz der höheren Preise den Strombezug fort. Man sieht hieraus schon, daß die Großindustrie nicht in allen Fällen ihren Betrieb auf

bestimmte Tagesstunden beschränken kann, und deshalb ein Doppeltarif für derartige Abnehmer unzweckmäßig ist. Anders gestaltet sich die Belastungskurve im Sommer, Fig. 3, wo durch den Einfluß der Motorenanschlüsse die maximale Leistung der

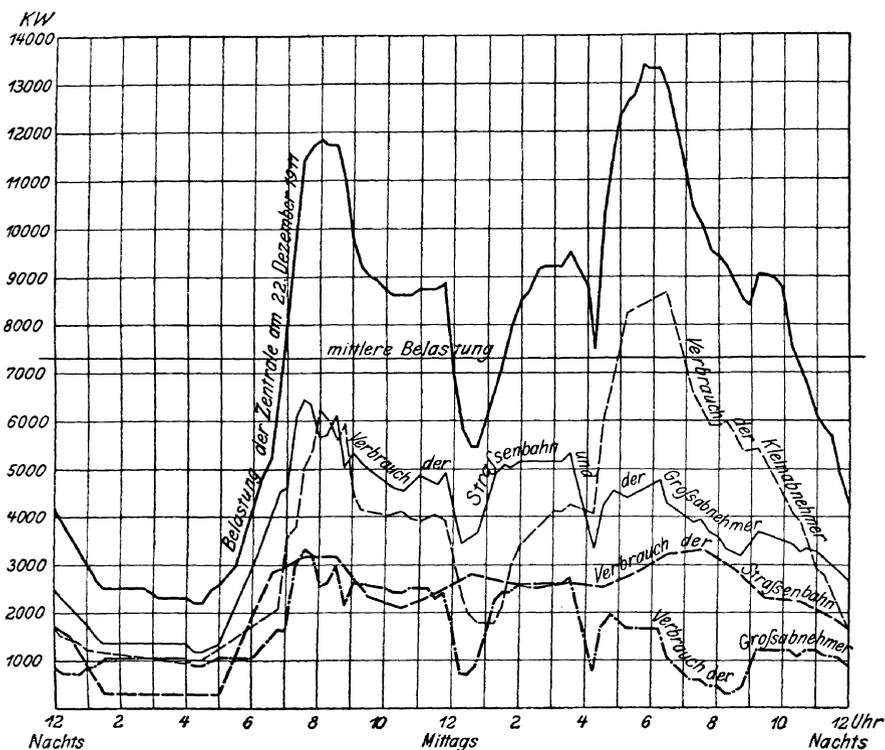


Fig. 2. Elektrizitätswerk I. (Winter.)

Zentrale am Tage (nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr) diejenige während der Abendstunden übersteigt. Hier ist auch die gleichmäßigere Belastung durch die Großindustrie zu erwähnen, da in den Sommermonaten eine Einschränkung durch den Doppeltarif nicht stattfindet. Das steile Abfallen dieser Kurve gegen Abend weist jedoch darauf hin, daß ein gewisser Teil der Industrie ihren Betrieb auf den Doppeltarif eingerichtet hat und denselben auch im Sommer schon gegen 6 Uhr abends beendet bzw. durch eine eigene Zentrale bewerkstelligt. In diesen beiden Figuren ist außer dem Stromverbrauch der städtischen Bahnen auch noch eine Kurve eingetragen worden, welche sich durch Subtraktion des

Stromverbrauches der Bahnen und Großverbraucher von der Gesamtbelastung des Werkes ergeben hat und somit die Belastung desselben durch Licht- und kleinere Motorenanlagen darstellt. Wie ersichtlich, ist die letztere während der einzelnen Tages-

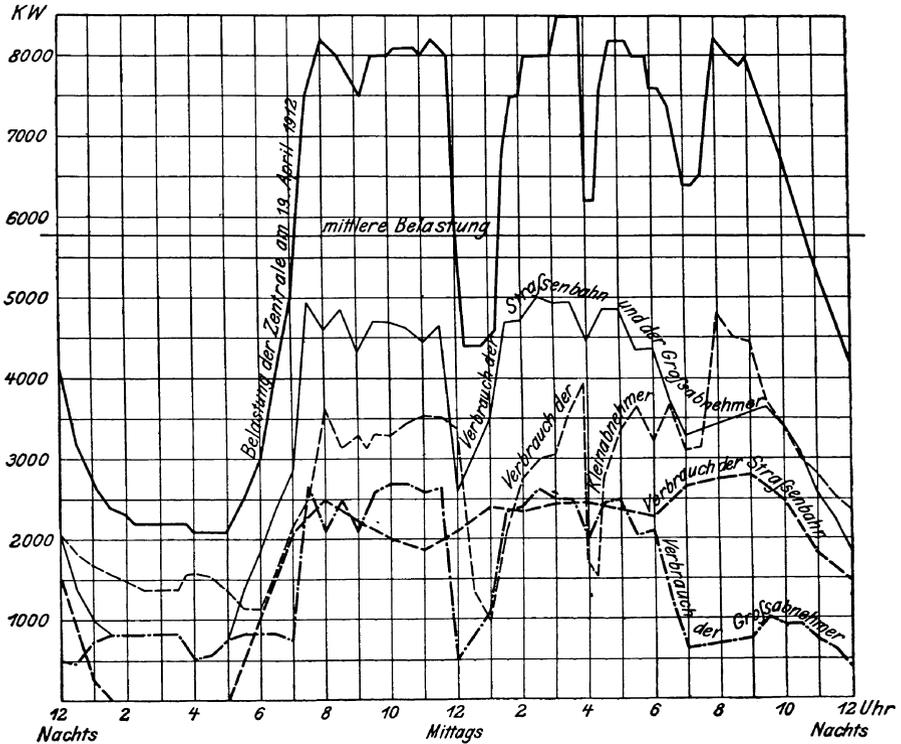


Fig. 3. Elektrizitätswerk I. (Sommer.)

stunden sehr ungünstig; auch tritt hier besonders in den Wintermonaten der Einfluß der Lichtanschlüsse auf die Spitzenbelastung noch deutlicher hervor. Während der Nachtstunden ist der Stromverbrauch im Sommer und Winter noch sehr schlecht, was in den beiden Tageskurven auch entsprechend zum Ausdruck kommt. Die folgende Tabelle 10 gibt eine Aufstellung über die mittleren Tages- und maximalen Abendbelastungen und deren Verhältnis zueinander während der einzelnen Monate des Jahres 1907/08 und 1910/11, d. h. vor und nach Anschluß der Großindustrie. Wie ersichtlich, ist dieses Verhältnis in den wenigen Jahren schon

bedeutend günstiger, also die Belastung der Zentrale unter dem Einfluß der Kraftanschlüsse wesentlich besser geworden.

Tabelle 10.

Mittlere Tagesbelastung  
Maximale Abendbelastung

Monat	Vor Anschluß der Groß- industrie 1907/08			Nach Anschluß der Groß- industrie 1910/11		
	Mittl. Tagesbel.	Max. Abendbel.	Ver- hältnis	Mittl. Tagesbel.	Max. Abendbel	Ver- hältnis
	KW	KW		KW	KW	
April . . . . .	31 000	5780	1,87	4900	6 900	1,40
Mai . . . . .	3 200	5200	1,62	4900	6 600	1,35
Juni . . . . .	3 000	4220	1,41	5300	7 000	1,32
Juli . . . . .	3 200	4320	1,35	5200	6 200	1,19
August . . . . .	3 200	5100	1,60	5300	7 000	1,32
September . . . . .	3 200	6340	1,98	5600	9 200	1,64
Oktober . . . . .	3 500	7900	2,16	5800	10 100	1,74
November. . . . .	4 000	8040	2,0	6300	10 600	1,68
Dezember . . . . .	4 200	8080	1,93	6800	10 700	1,57
Januar . . . . .	4 000	8000	2,0	6800	10 400	1,53
Februar. . . . .	4 000	7800	1,95	6700	10 100	1,51
März . . . . .	4 000	7100	1,78	6200	9 300	1,50

Ein noch etwas günstigeres Bild der Belastungsverhältnisse geben die beiden Kurven des EW II, welches von vornherein zur Versorgung der Industrie errichtet worden war und diesen Charakter auch sehr deutlich an seinen täglichen Belastungskurven, von denen in Fig. 4 je eine an einem Sommer- und Wintertage des Jahres 1911 dargestellt wurde, beweist. Während die Belastung des Werkes in den Sommermonaten tagsüber mit Ausnahme der Mittags- und Vesperpause ziemlich gleichmäßig ist, zeigt die Kurve der Wintermonate auch hier eine gewisse Erhöhung während der Hauptlichtperiode. Es ist selbstverständlich, daß sich diese Spitze auch bei Werken, welche größtenteils nur industrielle Anlagen mit Strom versorgen, infolge des gegen Abend hinzutretenden Lichtbetriebes nicht vollständig ausgleichen lassen wird. Das Verhältnis der mittleren Tagesbelastung zur maximalen Abendbelastung erreicht deshalb auch hier eine ähnliche Größe wie bei dem EW I, was aus nachstehender Tabelle 11 hervorgeht.

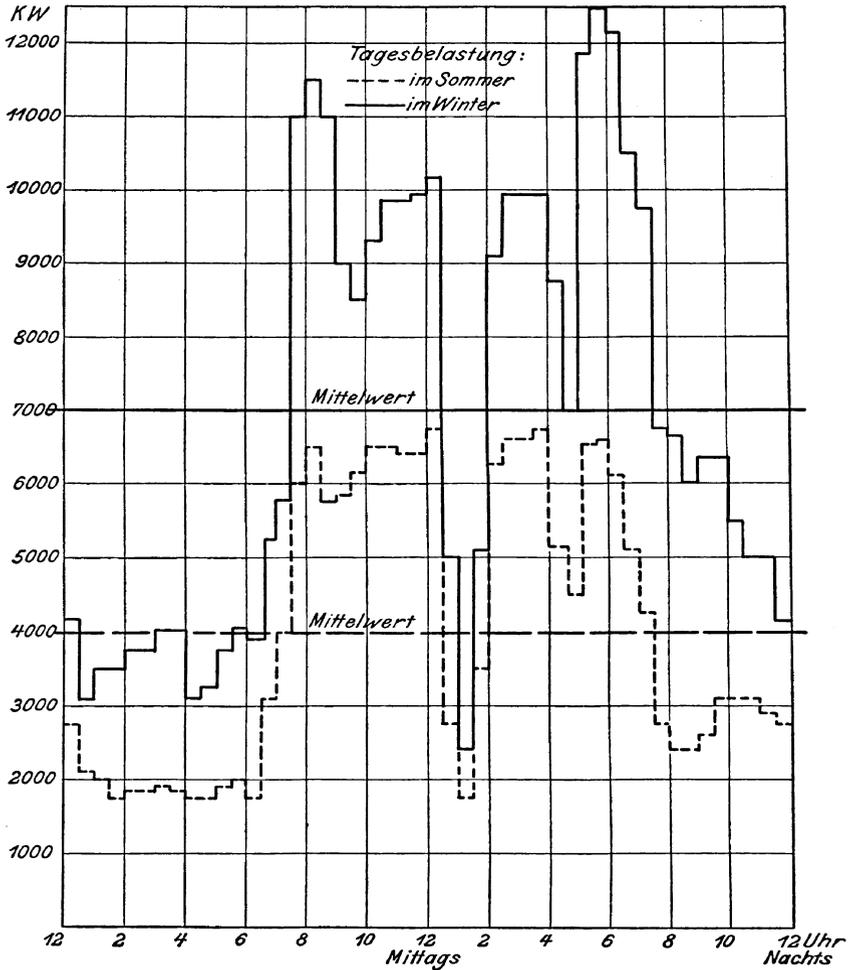


Fig. 4. Elektrizitätswerk II.

Tabelle 11.

Mittlere Tagesbelastung  
 Maximale Abendbelastung  
 im Jahre 1910/11.

EW	Sommer	Winter
I	$\frac{5000}{7500} = 1,5$	$\frac{7300}{13400} = 1,85$
II	$\frac{4000}{6700} = 1,67$	$\frac{7000}{12500} = 1,79$
III	$\frac{117}{330} = 2,80$	$\frac{410}{835} = 2,04$

In den Nachtstunden ist die Belastung etwas günstiger als beim EW I.

Als drittes soll ein Werk in Betracht gezogen werden, welches wesentlich kleiner als die beiden vorhergehenden ist und ursprünglich lediglich zur Erzeugung von Gleichstrom für den Betrieb einer Kleinbahn errichtet worden war, bald jedoch auch die Lieferung von Drehstrom für Licht- und Kraftkonsumenten aufnahm. Die Belastungskurven dieses Werkes, welche für zwei

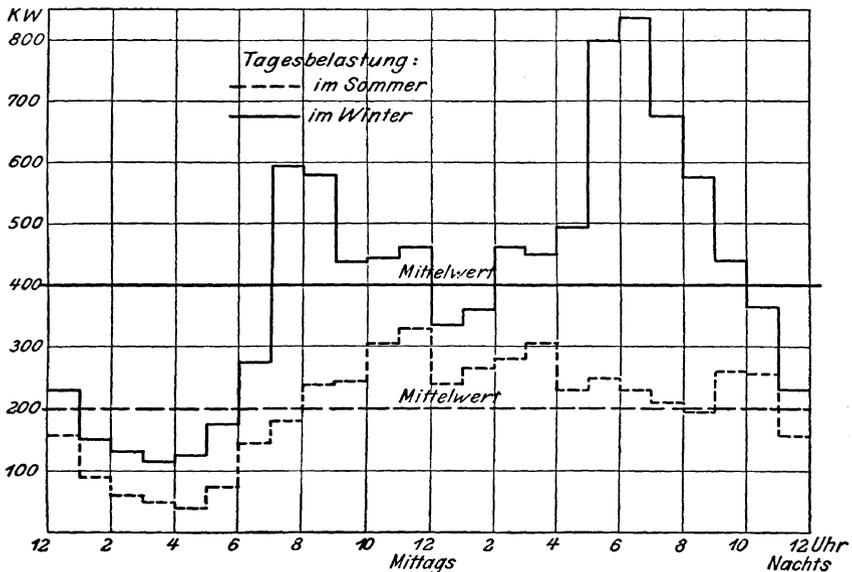


Fig. 5. Elektrizitätswerk III.

charakteristische Tage des Jahres 1911 in der Fig. 5 dargestellt wurden, sind, wie ersichtlich, wesentlich ungünstiger, was auch in dem Verhältnis der mittleren Tages- zur maximalen Abendbelastung zum Ausdruck kommt, welche nach der vorhergehenden Tabelle 11 im Sommer 1 : 2,80, im Winter 1 : 2,04 betrug.

## 2. Einfluß auf die festen und veränderlichen Betriebskosten sowie die Ausnutzung der Zentrale.

Um nun den Einfluß der Großabnehmer auf die festen und veränderlichen Betriebskosten eines EW näher zu untersuchen, soll ein beliebiges Betriebsjahr und zwar das Jahr 1910/11 der vor-

genannten drei Werke herausgegriffen und an Hand des damals vorhandenen Zustandes der Einfluß der früher charakterisierten Gattungen von Großkonsumenten geprüft werden. Zu diesem Zweck wird angenommen, daß in jedem Jahr ein neuer Großkonsument hinzugewonnen wird, welcher das Werk, wie alle übrigen, in einer bestimmten Weise beansprucht. Wird dann die Betriebskostenberechnung auf eine Reihe von Jahren für die verschiedenen Fälle der Beanspruchung der Zentrale durchgeführt, so läßt sich hieraus ein anschauliches Bild über die Veränderung der Gestehungskosten gewinnen.

### a) Das EW I.

Im Jahre 1910/11 besaß dieses Werk eine gesamte Maschinenleistung von 15 000 KW.

Die Anlagekosten der Zentrale, ausschließlich Leitungsnetz, Hausanschlüsse usw. betragen:

1. Gebäude . . . . .	2 089 481 M.
2. Dampfmaschinen . . . . .	1 245 886 „
3. Dynamos . . . . .	929 179 „
4. Kessel . . . . .	866 584 „
5. Werkzeuge . . . . .	36 651 „
6. Abwasserkanal . . . . .	61 800 „
7. Gleisanschluß . . . . .	105 879 „
Summe	<u>5 335 460 M.</u>

Da das Grundstück dem Wasserwerk gehört, so erscheinen die Kosten desselben nicht in der vorstehenden Aufstellung, sondern nur ein entsprechender Pachtsatz in den festen Betriebskosten. Als Anschaffungswert pro KW der Gesamtleistungsfähigkeit der Zentrale sollen im folgenden 340 M. angenommen werden. Die Gesamtzahl der im Jahre 1910/11 erzeugten KWstd war 37 510 324 bei einer maximalen Belastung des Werkes in den Abendstunden von 10 700 KW, tagsüber von ca. 9000 KW. Der Belastungsfaktor, d. h. das Verhältnis der maximalen Abendbelastung zur gesamten Zentralenleistung, betrug in diesem Jahre infolgedessen  $\frac{10\,700}{15\,000} = 0,715$  und die Ausnutzung der Zentrale, d. h. das Verhältnis der erzeugten KWstd zu der Gesamtzahl der-

jenigen KWstd, welche von der gesamten Zentralenleistung in 8760 Stunden erzeugt werden könnten,

$$\frac{37\,510\,324}{15\,000 \cdot 8760} = 28,5 \%$$

Rechnet man als Reserve ungefähr 20% der gesamten Leistung aller Maschinen, so beträgt dieselbe im vorliegenden Fall 3000 KW, entsprechend der größten Leistung eines der vorhandenen Turbinenaggregate.

Die Erzeugung der vorgenannten KWstd verursachte nun laut Geschäftsbericht die folgenden Unkosten, wobei hervorgehoben sei, daß letztere in den folgenden Rechnungen nur insoweit berücksichtigt sind, als sie ausschließlich auf die Zentrale selbst entfallen.

**A. Feste Kosten.**

1. Zinsen und Abschreibungen des Anlagekapitals	506 522 M.
2. Allgemeine Verwaltung:	
a) Gehälter und Pensionen . . . . .	47 438 M.
b) Pacht und Mieten . . . . .	21 000 „
c) Unkosten . . . . .	17 778 „
	86 216 „
	Summe 592 738 M.

oder pro maximales KW 55,40 M. bzw. pro erzeugte KWstd 1,58 Pf.

**B. Veränderliche Kosten.**

1. Kohlen . . . . .	(1,83 Pf. pro KWstd)	686 877 M.
2. Löhne . . . . .		128 030 „
3. Betriebsmaterialien . . . . .	(0,024 Pf. pro KWstd)	9 105 „
4. Unterhaltung der Maschinen usw. . . . .	(0,112 Pf. pro KWstd)	42 031 „
5. Kühlwasser . . . . .	(0,10 Pf. pro KWstd)	37 638 „
6. Gasverbrauch und Kohlenstifte . . . . .		8 462 „
7. Akk.- Unterhaltung . . . . .		3 892 „
8. Reparaturen . . . . .	(0,079 Pf. pro KWstd)	29 594 „
		Summe 945 629 M.

Bei einer Erzeugung von 37 510 324 KWstd betragen somit die veränderlichen Kosten pro KWstd 2,52 Pf. und die gesamten

mittleren Gesteungskosten  $1,58 + 2,52 = 4,10$  Pf. pro KWstd. Es soll nun angenommen werden, daß in den folgenden Jahren je ein Großkonsument hinzugewonnen wird, welcher das Werk mit 1000 KW dauernd belastet.

1. Beschränkt derselbe sich mit der Energieentnahme zunächst lediglich auf die Tagesstunden bis zum Anbruch der Dunkelheit, so ergibt sich folgende Rechnung:

Da die maximale Zentralenleistung tagsüber ca. 9000 KW betrug und unter Berücksichtigung der erforderlichen Reserven ca. 12 000 KW zur Verfügung stehen, so ist das Werk ohne weiteres in der Lage, den neuen Großabnehmer zu versorgen. Nutzt derselbe an 300 Tagen die ihm ungefähr zur Verfügung stehenden 3500 Tagesstunden gleichmäßig aus, so kann derselbe im ganzen  $3500 \cdot 1000 = 3\,500\,000$  KWstd jährlich entnehmen, so daß die im EW zu erzeugenden KWstd auf 41 010 324 steigen. Da eine Erweiterung des Werkes nicht erforderlich war, so werden die festen Kosten die gleichen wie früher, also 592738 M. sein, und da der Konsument auch das Zentralenmaximum nicht erhöht, wie vorhin 55,40 M. pro KW max. betragen. Durch die vermehrte Stromabgabe ermäßigen sich dieselben jedoch pro KWstd von 1,58 Pf. auf 1,45 Pf.

Infolge der größeren Stromabgabe werden sich ferner die veränderlichen Kosten teilweise erhöhen. Sie betragen nunmehr:

a) Kohlen . . . . .	750 877 M.
b) Löhne (wie vorher) . . . . .	128 030 „
c) Betriebsmaterialien . . . . .	9 955 „
d) Unterhaltung . . . . .	45 951 „
e) Kühlwasser . . . . .	41 138 „
f) Gasverbrauch, Kohlenstifte (wie vorh.)	8 462 „
g) Akk.-Unterhaltung (wie vorher) . .	3 892 „
h) Reparaturen . . . . .	32 359 „
Summe	<u>1 020 664 M.</u>

oder pro erzeugte KWstd 2,49 Pf.

Mit Rücksicht darauf, daß eine Erweiterung der Zentrale nicht erforderlich war, konnten die Löhne, welche von der Größe des Verbrauches unabhängig sind und nur durch die Zahl der vorhandenen Maschinen und Kessel und deren Betriebsstunden be-

stimmt werden, in gleicher Höhe wie vorher eingesetzt werden. Das gleiche gilt von den Kosten für Gasverbrauch und Akk.-Unterhaltung. Die letzteren werden sich auch bei einer Erweiterung des Werkes nicht erhöhen, da die Akk.-Batterie im vorliegenden Fall lediglich zu Zwecken der Notreserve für die Erregerumformer dient und sehr groß bemessen ist.

Die gesamten Gestehungskosten betragen nunmehr  $1,45 + 2,49 = 3,94$  Pf. und sind somit durch die größere Tagesabgabe um  $4,10 - 3,94 = 0,16$  Pf. pro KWstd gefallen, was bei der Gesamt-erzeugung von 41 010 324 KWstd. einer Ersparnis pro Jahr von insgesamt 65 616 M. entspricht. Infolge der besseren Ausnutzung der Zentrale steigt dieselbe von 28,5 % auf

$$\frac{41\ 010\ 324}{15\ 000 \cdot 8760} = 31,2 \%$$

Führt man die Rechnung in gleicher Weise für die weiteren Jahre unter Voraussetzung desselben Zuwachses von 3 500 000 KWstd bzw. der Tagesbelastung von 1000 KW durch, so findet man, wie aus nachstehender tabellarischer Übersicht 12 hervorgeht, daß mit wachsender Stromabgabe die festen und veränderlichen Ausgaben und damit auch die gesamten Gestehungskosten bis zum vierten Jahre allmählich sinken, während gleichzeitig die Ausnutzung der Zentrale entsprechend steigt. Erst im vierten Jahre wird infolge ansteigender Tagesbelastung auf 13 000 KW eine Erweiterung des Werkes erforderlich, und zwar hätte die Zentralenleistung unter Voraussetzung einer Reserve von 20 % theoretisch

nummehr  $\frac{13\ 000}{0,80} = 16\ 250$  KW zu betragen, so daß mit einer Er-

höhung des Anlagekapitals von  $1250 \cdot 340 = 425\ 000$  M. zu rechnen wäre. Es ist hier wie in den folgenden Rechnungen die theoretische Annahme gemacht worden, daß die Erweiterung der Zentrale nur in dem Maße geschieht, als der hinzutretende Großabnehmer dies erfordert, wobei weiter vorausgesetzt wird, daß das Werk vorher vollkommen ausgebaut war und die Erweiterung sich auf alle Teile desselben einschl. Gebäude usw. zu erstrecken hat. Wie die Rechnung sich unter den gleichen Verhältnissen der Stromlieferung in praxi gestalten wird, soll später noch gezeigt werden. Das Anlagekapital wird infolgedessen nunmehr 5 760 460 M. und die festen Kosten 633 460 M. oder 48,70 M. pro KW max. betragen.

Tabelle

		Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . KW		15 000	15 000	15 000	15 000	16 250
Zentralen-Max. abds. „		10 700	10 700	10 700	10 700	10 700
Zentralen-Belastung tagsüber . . . . . „		9 000	10 000	11 000	12 000	13 000
Erzeugte KWstd . . . .		37 510 324	41 010 324	44 510 324	48 010 324	51 510 324
Anlagekapital . . . M.		5 335 460	5 335 460	5 335 460	5 335 460	5 760 460
Feste Kosten	Abschr., Zinsen usw. . . . . M.	506 522	506 522	506 522	506 522	547 244
	Verwaltung . . . „	86 216	86 216	86 216	86 216	86 216
	Summa . . . . . „	592 738	592 738	592 738	592 738	633 460
	Summa pro KW max. . . . . Pf.	55,40	55,40	54	49,50	48,7
	Summa pro KWstd „	1,58	1,45	1,33	1,235	1,23
Veränderliche Kosten	Kohlen . . . . . M.	686 877	750 877	814 877	878 877	942 877
	Löhne . . . . . „	128 030	128 030	128 030	128 030	138 680
	Betriebsmaterial . „	9 105	9 955	10 805	11 655	12 505
	Unterhaltung . . „	42 031	45 951	49 871	53 791	57 711
	Kühlwasser . . . „	37 638	41 138	44 638	48 138	51 638
	Gas- und Wasser- verbrauch . . . „	8 462	8 462	8 462	8 462	9 167
	Akk.-Unterhaltung „	3 892	3 892	3 892	3 892	3 892
	Reparaturen . . . „	29 594	32 359	35 124	37 889	40 654
	Summa . . . . . „	945 629	1 020 664	1 095 699	1 170 734	1 257 124
	Summa pro KWstd Pf.	2,52	2,49	2,46	2,44	2,44
Ges. Gestehungskost. Belastungsfaktor . . „	Pf. 4,10 0,715	3,94 0,715	3,795 0,735	3,675 0,80	3,671 0,80	
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	28,5	31,2	33,9	36,6	36,2	

Durch die jährlich wachsende Stromabgabe sind die letzteren von 1,58 Pf. allmählich auf 1,235 Pf. pro KWstd, wie aus der Tabelle 12

hervorgeht, gefallen und betragen nunmehr  $\frac{633\ 460}{51\ 510\ 324} = 1,23\text{ Pf.}$ ,

nähern sich aber in den folgenden Jahren immer mehr und mehr dem Werte 1,20 Pf. Die veränderlichen Ausgaben dagegen, welche ebenfalls in den ersten drei Jahren bis auf 2,44 Pf. gefallen waren, beginnen in den folgenden Jahren ganz langsam unter dem Einfluß der gleichmäßig wachsenden Unkosten, von denen auch die Löhne sich entsprechend erhöhen, wieder anzusteigen. Die jährliche Zunahme derselben ist jedoch gegenüber den allmählich

12.

5	6	7	8	9	10	11
17 500	18 750	20 000	21 500	22 500	23 750	25 000
10 700	10 700	10 700	10 700	10 700	10 700	10 700
14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
55 010 324	58 510 324	62 010 324	65 510 324	69 010 324	72 510 324	76 010 324
6 185 460	6 610 460	7 035 460	7 460 460	7 885 460	8 310 460	8 735 460
587 619	627 994	668 367	708 744	749 119	789 494	829 869
86 216	86 216	86 216	86 216	86 216	86 216	86 216
673 835	714 210	754 583	794 960	835 335	875 700	916 085
48,00	47,70	47,20	46,80	46,40	46,10	45,80
1,225	1,22	1,215	1,211	1,209	1,208	1,205
1 006 877	1 070 877	1 134 877	1 198 877	1 262 877	1 326 877	1 390 877
149 330	159 980	170 630	181 280	191 930	202 580	213 230
13 355	14 205	15 055	15 905	16 755	17 605	18 455
61 631	65 551	69 471	73 391	77 311	81 231	85 151
55 138	58 638	62 138	65 638	69 138	72 638	76 138
9 872	10 577	11 282	11 987	12 692	13 397	14 102
3 892	3 892	3 892	3 892	3 892	3 892	3 892
43 419	46 184	48 949	51 714	54 479	57 244	60 009
1 343 514	1 429 904	1 516 294	1 602 684	1 689 074	1 775 664	1 861 854
2,442	2,443	2,445	2,446	2,447	2,448	2,449
3,667	3,663	3,660	3,657	3,656	3,655	3,654
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
35,9	35,6	35,4	35,2	35,0	34,8	34,7

fallenden festen Ausgaben sehr gering, so daß auch die gesamten Gesteungskosten in den weiteren Jahren allmählich fallen. Die Ausnutzung der Zentrale, die in den ersten drei Jahren durch die vermehrte Stromabgabe gestiegen ist, sinkt vom vierten Jahre ab gleichmäßig infolge der erforderlich werdenden Erweiterungen. Nicht berücksichtigt sind bei diesen Rechnungen die Vorteile, welche sich durch zeitweise günstigere Ausnutzung der Betriebsmittel, insbesondere der Maschinen und Kessel durch die Mehrbelastung am Tage ergeben können. Zum Teil kommen dieselben darin zum Ausdruck, daß trotz der Erhöhung der Stromabgabe in den ersten Jahren eine Vergrößerung der Ausgaben für Löhne

nicht entstanden ist. Es kann allerdings auch der Fall eintreten, daß durch die Belastung eines Großabnehmers vorübergehend eine schlechtere Ausnutzung eines Maschinensatzes bedingt wird, wenn z. B. diese Stromentnahme die Inbetriebsetzung eines neuen Aggregates erforderlich macht, ohne daß dasselbe voll belastet werden kann. Derartige Fälle können aber meistens durch zeitweise mäßige Überlastung der in Betrieb befindlichen Maschinen oder durch Inbetriebnahme eines kleineren Satzes umgangen werden.

2. Dehnt der Konsument die Stromentnahme auf die sämtlichen Stunden des Tages gleichmäßig aus, so ist er in der Lage, an 300 Tagen des Jahres insgesamt ca.  $7000 \cdot 1000 = 7\,000\,000$  KWstd zu entnehmen. Die nachfolgende Tabelle 13, welche die Ergebnisse der Rechnungen enthält, zeigt, daß in diesem Fall schon im zweiten Jahre eine Erweiterung der Zentrale vorzunehmen ist, für welche ein entsprechender Betrag wie vorher in Rechnung gestellt wurde. Es wachsen infolgedessen die gesamten Anlagekosten durch die in jedem Jahre erforderliche Vergrößerung der Zentrale stetig an. Dies hindert jedoch nicht, daß die festen Ausgaben, pro KWstd gemessen, infolge der beträchtlichen Zunahme der Stromabgabe und der günstigen Ausnutzung des Werkes allmählich sinken, und zwar im Laufe von elf Jahren von 1,58 Pf. auf 0,863 Pf. Gleichzeitig fallen aus diesem Grunde auch die veränderlichen Kosten von 2,52 Pf. auf 2,363 Pf. Die gesamten Gestehungskosten werden durch diese Konsumenten somit auch nur im günstigen Sinne beeinflusst und fallen allmählich von 4,10 Pf. auf 3,226 Pf., während die Ausnutzung der Zentrale entsprechend von 28,5 % auf 48 % ansteigt.

Als spezieller Fall muß hier der Anschluß eines Großabnehmers noch besonders erwähnt werden, welcher die Zentrale während der Hauptlichtperiode mit einer wesentlich höheren Leistung als in den übrigen Tagesstunden beansprucht. Um auch diese Betriebe in ihrem Einfluß auf die Gestehungskosten zu untersuchen, soll angenommen werden, daß die Zentrale ein Warenhaus anschließt, welches dieselbe während der Hauptlichtperiode mit 1000 KW belastet und während dieser wenigen Stunden im Jahr ca. 1 000 000 KWstd entnimmt. Tagsüber soll die Belastung an 3500 Stunden im Jahr ca. 300 KW und der Stromverbrauch annähernd eine Million KWstd betragen. Die Rechnung ergibt, daß

in diesem Fall die festen und veränderlichen Kosten, wenn in jedem Jahr ein solcher Großabnehmer hinzukommt, allmählich steigen, während die Ausnutzung der Zentrale in gleichem Maße abnimmt. Derartige Konsumenten sind infolgedessen für den Betrieb eines Werkes recht ungünstig. Die einzelnen Daten der Rechnung sind in nachfolgender Tabelle 14 zusammengestellt.

3. Als dritte Möglichkeit soll dann noch vorausgesetzt werden, daß der Großabnehmer den Strom nur während der Nachtstunden bezieht. Bei einer Belastung von ca. 1000 KW ist derselbe imstande, in der Zeit nach beendigtem Hauptlichtbetrieb bis 6 Uhr morgens ca. 2 000 000 KWstd jährlich zu verbrauchen. Die nachfolgende Tabelle 15 zeigt, daß, so lange die vorhandene Zentralenleistung für die Versorgung der Konsumenten ausreicht, die festen und veränderlichen Gestehungskosten mit wachsender Stromabgabe allmählich sinken, während gleichzeitig die Ausnutzung des Werkes entsprechend ansteigt. Sobald jedoch die weiteren Anschlüsse eine Erweiterung desselben erforderlich machen, im vorliegenden Beispiel also im achten Jahre, werden die Gestehungskosten des Stromes allmählich größer und die Ausnutzung der Zentrale gleichzeitig schlechter. Es beweist dies, daß eine Erweiterung des Werkes für die Versorgung eines Großabnehmers, der nur während weniger Nachtstunden den Strom bezieht, sich im allgemeinen nicht lohnt, während andererseits eine größere Stromabgabe in dieser Zeit ohne Vergrößerung der Zentrale, die Gestehungskosten der letzteren im günstigen Sinne wesentlich beeinflußt. Wie aus der Tabelle 15 hervorgeht, überwiegt in den ersten fünf Jahren das Abendmaximum, während vom sechsten Jahre ab die Leistung in den Nachtstunden am größten ist und infolgedessen auch fernerhin für die Erweiterung des Werkes maßgebend bleibt.

Der große Vorteil liegt in diesem Fall vor allem darin, daß die größere Stromabgabe in den Nachtstunden während der ersten sieben Jahre zu einer wesentlich günstigeren Ausnützung der Maschinen und Kessel beiträgt und zwar in noch höherem Maße, als wenn die Stromabgabe während der Tagesstunden erfolgt wäre, da der größte Teil aller Betriebsmittel in den Nachtstunden unbenutzt zur Verfügung steht und die wenigen in Betrieb befindlichen Aggregate vielfach auch noch schlecht belastet sind. Nach den Tageskurven des EW I betrug die Belastung nach beendigtem

Tabelle

	Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . KW	15 000	15 000	15 875	17 125	18 375
Zentralen-Max. abds. „	10 700	11 700	12 700	13 700	14 700
Zentralen-Belastung . .					
tagsüber . . . . . „	9 000	10 000	11 000	12 000	13 000
Erzeugte KWstd . . . .	37 510 324	44 510 324	51 510 324	58 510 324	65 510 324
Anlagekapital . . . . M.	5 335 460	5 335 460	5 632 960	6 057 960	6 482 960
Feste Kosten . . . . M.	592 738	592 738	621 347	661 722	702 096
„ „ pro KW max. Pf.	55,40	50,7	49	48,3	47,7
„ „ pro KWstd . .	1,58	1,33	1,205	1,13	1,07
Veränderl. Kosten . . M.	945 629	1 095 699	1 253 704	1 415 083	1 576 462
„ „ pr. KWstd Pf.	2,52	2,46	2,44	2,42	2,41
Ges. Gestehungskost. . Pf.	4,10	3,79	3,64	3,55	3,480
Belastungsfaktor . . . „	0,715	0,78	0,80	0,80	0,80
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	28,5	33,9	37,1	39	40,7

Tabelle

	Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . KW	15 000	15 000	15 875	17 125	18 375
Zentralen-Max. abds. „	10 700	11 700	12 700	13 700	14 700
Zentralen-Belastung					
tagsüber . . . . . „	9 000	9 300	9 600	9 900	10 200
Erzeugte KWstd. . . . .	37 510 324	39 510 324	41 510 324	43 510 324	45 510 324
Anlagekapital . . . . M.	5 335 460	5 335 460	5 632 960	6 057 960	6 482 960
Feste Kosten . . . . M.	592 738	592 738	621 347	661 722	702 096
„ „ pro KW max. Pf.	55,40	50,7	48,90	48,30	47,80
„ „ pro KWstd „	1,58	1,50	1,495	1,522	1,543
Veränderl. Kosten . . M.	945 629	988 580	1 039 469	1 093 696	1 147 995
„ „ pr. KWstd Pf.	2,52	2,50	2,500	2,575	2,525
Ges. Gestehungskost. Pf.	4,10	4,00	3,995	4,037	4,068
Belastungsfaktor . . „	0,715	0,78	0,80	0,80	0,80
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	28,5	30,1	29,85	29	28,3

Straßenbahnbetrieb in den Nachtstunden zwischen  $\frac{1}{2}$  2 und 5 Uhr im Mittel ca. 1300 KW. Eine Mehrbelastung von 2000 KW könnte somit ohne weiteres von einer 3000 KW-Turbine abgegeben werden. Wäre letztere nun nachts an Stelle einer 2000 KW-

13.

5	6	7	8	9	10	11
19 625	20 875	22 125	23 375	24 625	25 875	27 125
15 700	16 700	17 700	18 700	19 700	20 700	21 700
14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
72 510 324	79 510 324	86 510 324	93 510 324	100 510 324	107 510 324	114 510 324
6 907 960	7 332 960	7 757 960	8 182 960	8 607 960	9 032 960	9 457 960
742 472	782 847	823 222	863 597	903 972	944 347	984 722
47,30	46,9	46,50	46,20	45,9	45,6	45,3
1,025	0,985	0,953	0,924	0,905	0,878	0,863
1 737 841	1 899 220	2 060 599	2 227 978	2 383 357	2 544 736	2 706 215
2,39	2,388	2,385	2,38	2,371	2,367	2,363
3,41	3,373	3,338	3,304	3,276	3,245	3,226
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
42,3	43,5	44,8	45,8	46,4	47,4	48

14.

5	6	7	8	9	10	11
19 625	20 875	22 125	23 375	24 625	25 875	27 125
15 700	16 700	17 700	18 700	19 700	20 700	21 700
10 500	10 800	11 100	11 400	11 700	12 000	12 300
47 510 324	49 510 324	51 510 324	53 510 324	55 510 324	57 510 324	59 510 324
6 907 960	7 332 960	7 757 960	8 182 960	8 607 960	9 032 960	9 457 960
742 472	782 847	823 222	863 597	903 972	944 347	984 722
47,30	46,90	46,50	46,15	45,90	45,60	45,40
1,563	1,583	1,598	1,615	1,63	1,643	1,655
1 202 258	1 256 521	1 310 784	1 365 047	1 419 310	1 473 573	1 527 836
2,53	2,54	2,545	2,55	2,56	2,565	2,57
4,093	4,123	4,143	4,165	4,19	4,208	4,225
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
27,7	27,1	26,6	26,2	25,8	25,4	25,0

Turbine in Betrieb, so würde sich schon hierdurch eine Dampfersparnis von ca.  $7,2 - 6,7 \text{ kg} = 0,5 \text{ kg}$  pro KWstd ergeben. Setzt man voraus, daß während dieser kurzen Zeit von der kleineren Turbine nur 1 300 000 KWstd pro Jahr erzeugt wurden, so beträgt

Tabelle

	Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . KW	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Zentralen-Max. abds. „	10 700	10 700	10 700	10 700	10 700
Zentralen-Belastung tagsüber . . . . . „	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000
Zentralen-Bel. nachts „	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000
Erzeugte KWstd . . . .	37 510 324	39 510 324	41 510 324	43 510 324	45 510 324
Anlagekapital . . . . M.	5 335 460	5 335 460	5 335 460	5 335 460	5 335 460
Feste Kosten . . . . M.	592 738	592 738	592 738	592 738	592 738
„ „ pro KW max. Pf.	55,40	55,40	55,40	55,40	55,40
„ „ pro KWstd . „	1,58	1,50	1,43	1,365	1,305
Veränderl. Kosten . M.	945 629	988 580	1 031 534	1 074 488	1 117 442
„ „ pr. KWstd Pf.	2,52	2,51	2,48	2,47	2,455
Ges. Gestehungskost. . Pf.	4,10	4,0	3,91	3,83	3,76
Belastungsfaktor . . „	0,715	0,715	0,715	0,715	0,715
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	28,5	30,0	31,6	33,1	34,6

die Dampfersparnis hierfür ca. 650 000 kg oder bei einem Preise der Kohle von 15,40 M. pro Tonne 10 010 M. pro Jahr. Ähnlich verhält es sich mit den Kesseln. In der folgenden Tabelle 16 ist die Zahl der erforderlichen Kessel während der Nachtstunden für die an einem Wintertage vorhandenen Belastungen ausgerechnet und zwar unter der Voraussetzung, daß die letzteren von einer 3000-KW- bzw. 2000-KW-Turbine gedeckt werden.

Tabelle 16.

Zeit	Belastung KW	Erforderlicher Dampf in kg	Erforderliche Kesselheizfläche in qm	Zahl der Kessel	Beanspruchung der Kessel pro qm in kg
12 Uhr	4000	28 700	1150	4	24
1 „	3000	20 100	805	3	22,4
2 „	1500	11 700	470	2	19,5
3 „	1300	10 140	407	2	16,9
4 „	1300	10 140	407	2	16,9
5 „	1500	11 700	470	2	19,5
6 „	3400	22 780	912	3	25,4

Angenommen ist ferner eine normale Beanspruchung der Kessel, wie dieselbe bei den in diesem Werk vorhandenen Wasserrohrkesseln stattfindet, von ca. 25 kg pro qm Heizfläche sowie ferner

15.

5	6	7	8	9	10	11
15 000	15 000	15 000	16 250	17 500	18 750	20 000
10 700	10 700	10 700	10 700	10 700	10 700	10 700
9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000
10 000	11 000	12 000	13 000	14 000	15 000	16 000
47 510 324	49 510 324	51 510 324	53 510 324	55 510 324	57 510 324	59 510 324
5 335 460	5 335 460	5 335 460	5 760 460	6 185 460	6 610 460	7 035 460
592 738	592 738	592 738	633 460	673 835	714 210	754 583
55,40	55,40	55,40	48,70	48,00	47,70	47,20
1,25	1,20	1,15	1,185	1,215	1,24	1,268
1 160 396	1 203 350	1 246 304	1 300 613	1 354 922	1 409 231	1 463 540
2,44	2,43	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46
3,68	3,63	3,57	3,615	3,655	3,69	3,728
0,715	0,735	0,800	0,80	0,80	0,80	0,80
36,2	37,7	39,2	37,6	36,2	35	34

eine Heizfläche der einzelnen Kessel von 300 qm. Da durch das An- und Absetzen der Kessel Verluste entstehen, wird man selbstverständlich nicht den Variationen des Dampfverbrauches mit der Zahl der in Betrieb befindlichen Kessel genau folgen können. Man muß vielmehr, um auch beim Defektwerden irgend eines Flansches oder Armaturteiles usw. gesichert zu sein, eine reichliche Anzahl von Kessel unter Druck halten. Wird nun die Zentrale während der Nachtstunden von 2 bis 6 Uhr mit ca. 2000 KW höher belastet, so ergibt sich die folgende Aufstellung.

Tabelle 17.

Zeit	Belastung KW	Erforderlicher Dampf in kg	Erforderliche Kesselheizfläche in qm	Zahl der Kessel	Beanspruchung der Kessel pro qm in kg
12 Uhr	4000	28 700	1150	4	24
1 „	3000	20 100	805	3	22,4
2 „	3500	23 450	940	3	26
3 „	3300	22 100	885	3	24,6
4 „	3300	22 100	885	3	24,6
5 „	3500	23 450	940	3	26,0
6 „	3400	22 780	912	3	25,4

Man sieht hieraus, daß in diesem Fall die Kessel bedeutend besser ausgenutzt werden als vorher, ganz abgesehen davon, daß



der Zeit von 2 bis 6 Uhr möglich gewesen wäre. Es müssen vielmehr mit Rücksicht auf Störungen auch zu dieser Zeit zwei Kessel in Betrieb sein.

Die für die bisher besprochenen drei Fälle der Stromentnahme gewonnenen Resultate sind in Fig. 6 graphisch aufgetragen worden. Außer den Gestehungskosten pro KWstd enthält die Figur auch die Kurven der jeweiligen Zentralenleistung sowie der Ausnutzung des Werkes. Besonders auffallen die Kurven der Gestehungskosten beim Anschluß eines Warenhauses sowie eines Nachtkonsumenten, welche beide unter den vorhin erläuterten Bedingungen den Betrieb des Werkes ungünstig beeinflussen.

In praxi werden sich die gewonnenen Resultate und damit auch die Kurven in ihrem Verlauf dadurch etwas anders gestalten, daß die Erweiterung der Zentrale nicht der Leistung des hinzukommenden Abnehmers entsprechend bemessen wird, sondern daß stets größere Einheiten zur Aufstellung gelangen. Da man die Baulichkeiten der Zentralen in den meisten Fällen für die Erweiterung der maschinellen Einrichtungen in den ersten Jahren von vornherein entsprechend vorsieht, so wird, falls während dieser Zeit beim Hinzutreten eines Großabnehmers eine Vergrößerung des Werkes erforderlich ist, dieselbe sich im allgemeinen auf die Neuaufstellung eines Maschinensatzes, event. mit Kessel beschränken. Die Größe der letzteren wird ebenfalls den vorhandenen Aggregaten, ohne Rücksicht auf die zunächst geforderte Mehrleistung angepaßt werden müssen. Für die Berechnung der Gestehungskosten in den einzelnen Betriebsjahren wäre ferner der durch die stetige Zunahme der Kleinabnehmer hervorgerufenen Mehrbelastung des Werkes entsprechend Rechnung zu tragen.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden, für die Praxis maßgebenden Grundsätze wurden die vorhin besprochenen Rechnungen für das Werk I noch einmal durchgeführt und in diesem Fall den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend als erste Erweiterung die Neuaufstellung einer 5000 KW-Turbine nebst Schaltanlage vorgesehen, da die übrigen Einrichtungen wie Kessel usw. für die größere Leistung noch ausreichen. Die Kosten dieser Vergrößerung wurden mit 250 000 M. oder 50 M. pro KW in Ansatz gebracht. Durch die letztere wäre nunmehr das Werk vollkommen ausgebaut, so daß für die später notwendig werdenden Erweiterungen der Bau eines vollständig neuen Werkes mit einem An-

schaffungspreis von 340 M. pro KW angenommen werden mußte. Den Rechnungen, deren Resultate in der Fig. 7 in Kurvenform eingetragen sind, wurde ferner eine Zunahme des jährlichen Stromverbrauches der Kleinkonsumenten von ca. 2 Millionen KWstd zu-

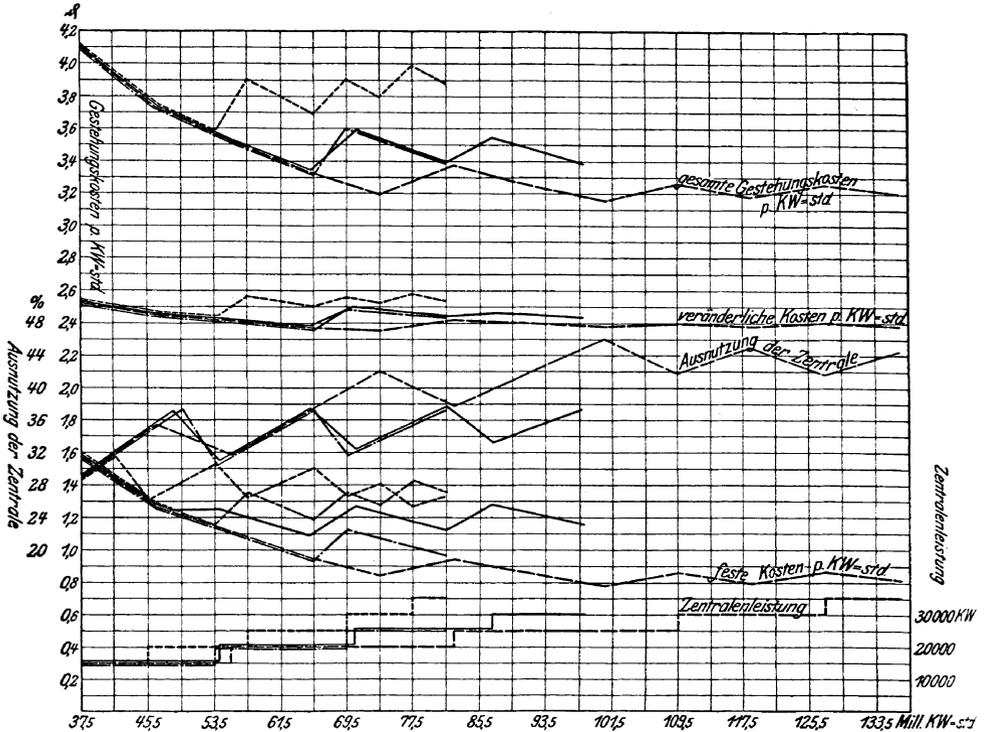


Fig. 7. Elektrizitätswerk I. Stromerzeugungskosten.

- Stromentnahme der Großabnehmer „Tagsüber“.
- - - - - „ „ „ „Tag und Nacht“.
- . - . - „ „ „ „Nachtsüber“.
- · · · · „ „ „ „Warenhaus“.

grunde gelegt. Infolge der sprunghaften Erweiterung des Werkes ergeben auch die Kurven einen zickzackförmigen Verlauf, indem die Gesteherungskosten im Augenblick der erfolgten Vergrößerung stark ansteigen, um allmählich mit der besseren Ausnutzung der Zentrale wieder zu fallen. Im allgemeinen macht sich jedoch bei diesen Kurven unter dem Einfluß der gleichmäßig zunehmenden Belastung durch die Kleinkonsumenten eine etwas mehr sinkende

Tendenz der Gesteungskosten gegenüber den früheren Kurven bemerkbar, was am deutlichsten bei den Kurven der Ausnutzung der Zentrale zu Tage tritt. Abweichend hiervon zeigt nur die Kurve der gesamten Gesteungskosten im Fall der größeren Abendbelastung (Warenhaus), welche in der Fig 7 klein gestrichelt eingetragen ist, ein allmähliches Ansteigen, wenn dieselben auch für kurze Zeit, d. h. während der gleichbleibenden Zentralenleistung, wieder etwas sinken. Der Grund hierfür liegt, wie schon hervorgehoben wurde, in der sehr ungünstigen Belastung des Werkes während der Hauptlichtperiode, der gegenüber die geringe Stromentnahme bei Tage keine Rolle spielt.

### b) Das EW II.

Dieses Werk wurde im Jahre 1908 mit einer Maschinenleistung von 6000 KW errichtet, mußte aber schon bald infolge seiner äußerst günstigen Entwicklung durch eine Dampfturbine von 5000 KW erweitert werden, so daß die gesamte Leistungsfähigkeit desselben im Jahre 1910 11000 KW betrug. Die Anschaffungskosten der Zentrale waren die folgenden:

1. Grundstücke . . . . .	83 784 M.
2. Anschlußgleis und Kohlenförderung.	332 900 „
3. Gebäude . . . . .	896 725 „
4. Maschinen- und Kesselanlagen . . .	1 533 312 „
5. Schaltanlage . . . . .	113 353 „
6. Akkumulatoren . . . . .	8 744 „
7. Geräte und Werkzeuge . . . . .	34 916 „
8. Mobiliar . . . . .	23 689 „
9. Apparate . . . . .	7 720 „
10. Diverses . . . . .	20 625 „
	Summa 3 055 768 M.

Als Anschaffungspreis der Zentrale nach dem vollen Ausbau kann mit einem Preise von 200 M. pro KW gerechnet werden, welcher auch den folgenden Untersuchungen zugrunde gelegt worden ist.

Die Gesamtzahl der im Jahre 1910 von dem Werke erzeugten KWstd betrug 23 789 440 bei einer maximalen Belastung in den Abendstunden von 7200 KW und tagsüber von 6500 KW. Der

Belastungsfaktor war in diesem Jahr infolgedessen  $\frac{7200}{11000} = 0,665$

und die Ausnutzung der Zentrale  $\frac{23\,789\,440}{11\,000 \cdot 8760} = 24,7\%$ .

Zur Erzeugung der vorgenannten KWstd wurden die folgenden Kosten aufgewendet.

#### A. Feste Kosten:

1. Zinsen, Abschreibungen usw. . . . .	260 000 M.
2. Verwaltung . . . . .	85 330 „
	<u>345 330 M.</u>

oder 48 M. pro maximales KW bzw. 1,45 Pf. pro KWstd.

#### B. Veränderliche Kosten:

1. Kohlen (1,56 Pf. pro KWstd) . . . . .	371 650 M.
2. Löhne . . . . .	33 000 „
3. Betriebsmaterialien (0,137/KWstd) . . . . .	3 250 „
4. Unterhaltung usw. (0,182 Pf./KWstd) . . . . .	43 308 „
	<u>Summa 451 208 M.</u>

Bei einer Erzeugung von 23 789 440 KWstd pro Jahr betragen somit die veränderlichen Kosten 1,9 Pf. pro KWstd und die gesamten Gestehungskosten  $1,45 + 1,90 = 3,35$  Pf. pro KWstd. Wird nun, wie im vorigen Beispiel angenommen, daß pro Jahr ein Großkonsument mit einem Anschlußwert von 1000 KW hinzugewonnen wird, so werden die vorhin berechneten Gestehungskosten des Werkes wie folgt beeinflusst.

1. Der Großabnehmer nimmt den Strom nur während der Tagesstunden ab. Unter Voraussetzung einer Reserve von 20 % kann das Werk somit maximal 8800 KW gleichzeitig abgeben. Da die maximale Belastung tagsüber nur 6500 KW beträgt, ist dasselbe ohne weiteres in der Lage, einen Tageskonsumenten mit 1000 KW Anschlußwert zu versorgen. Bei 3500 Betriebsstunden pro Jahr ergibt sich infolgedessen eine jährliche Mehrerzeugung von 3 500 000 KWstd. Nimmt man außerdem für die Kleinabnehmer einen jährlichen Zuwachs von 2 000 000 KWstd an, so steigt die Jahrerzeugung gleichmäßig um 5,5 Millionen KWstd. Es ergeben sich dann für die einzelnen Jahre die in der folgenden

Fig. 8 dargestellten Werte. Eine Erweiterung der Werkes ist erst im zweiten Jahre erforderlich und zwar ist hierfür die tagsüber abgegebene Leistung maßgebend, welche auch in den folgenden Jahren stets die größere ist. Wie in dem vorigen Beispiel nehmen auch hier die festen Kosten im Laufe der Jahre stetig ab, während die veränderlichen Ausgaben bis zum vierten Jahr etwas sinken,

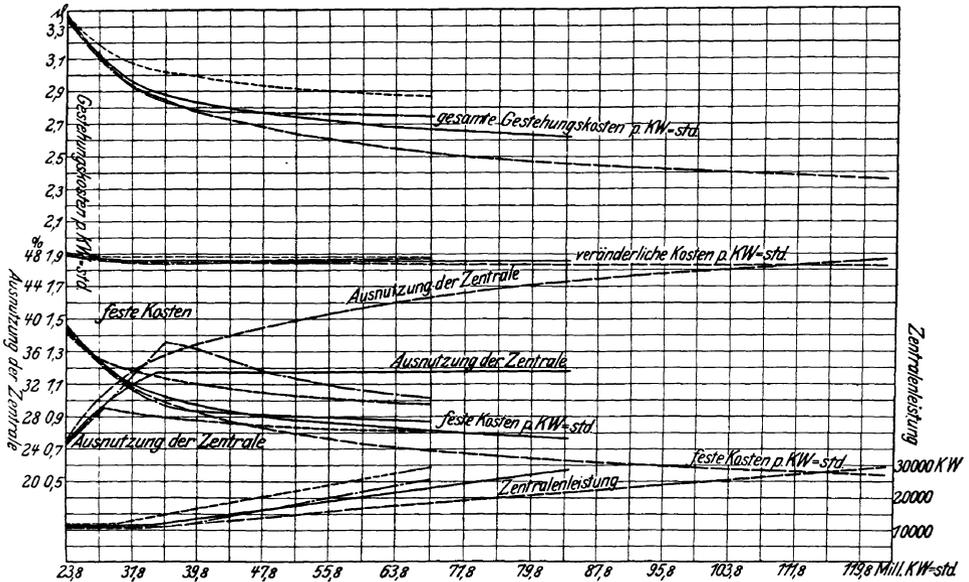


Fig. 8. Elektrizitätswerk II. Stromerzeugungskosten.

—	Stromentnahme der Großabnehmer	„Tagsüber“.
- - -	„	„
- · - · -	„	„
· · · · ·	„	„
- - - - -	„	„

von diesem Zeitpunkt aber infolge der mit den Erweiterungen proportional anwachsenden Kosten für Betriebsmaterialien und Löhne allmählich steigen, ohne jedoch dadurch die gesamten Gestehungskosten in ihrer sinkenden Tendenz beeinflussen zu können. Die Ausnutzung der Zentrale, welche in den ersten fünf Jahren gestiegen war, bleibt in den folgenden Jahren ungefähr auf dem höchsten Werte von 33,5 %.

2. Im Fall, daß der Konsument seine Stromentnahme auf den ganzen Tag ausdehnt und die 7000 Stunden des Jahres voll ausnutzt, ergibt sich eine jährliche Mehrbelastung der Zentrale von

rund 9 Millionen KWstd, unter der Voraussetzung eines gleichzeitigen jährlichen Zuwachses der Kleinabnehmer von 2000 000 KWstd. Der günstige Einfluß der größeren Stromabgabe auf die Gesteungskosten kommt auch hier deutlich zum Ausdruck, indem nach der Kurve in Fig. 8 die festen Kosten von 1,45 Pf. in den nächsten elf Jahren auf 0,54 Pf. pro KWstd, die veränderlichen Kosten von 1,9 Pf. auf 1,828 Pf. und somit die mittleren Gesamtkosten von 3,35 Pf. auf 2,368 Pf. pro KWstd sinken. Die Ausnutzung des Werkes steigt gleichzeitig allmählich von 24,7 % auf 47,3 %.

Als spezieller Fall ist ferner noch die Einwirkung einer größeren Belastung während der Abendstunden dargestellt. Während dieselbe sich in dem Beispiel des Werkes I durch ein gleichmäßiges Anwachsen der Gesteungskosten und dementsprechendes Fallen der Kurve der Ausnutzung der Zentrale bemerkbar machte, sind im vorliegenden Fall die Verhältnisse durch die größere Tagesbelastung der Kleinverbraucher etwas günstiger geworden. Wie ersichtlich, fallen hier die Kosten pro KWstd allmählich, wenn auch die Ausnutzung unter dem Einfluß der ungünstigen Abendbelastung etwas sinkt.

3. Nimmt ein Großkonsument den Strom nur während der Nachtstunden mit 2 Millionen KWstd jährlich ab, und wird der Stromverbrauch der Kleinkonsumenten wie früher berücksichtigt, so überwiegt in den ersten drei Jahren das Maximum des Abends, ohne daß hierdurch eine Erweiterung des Werkes erforderlich wird. Die Gesteungskosten sinken in diesem Zeitraum infolgedessen, während gleichzeitig die Ausnutzung der Zentrale steigt. Im vierten Jahr wird unter dem Einfluß des Maximums während der Nachtstunden, welches von jetzt ab maßgebend bleibt, die erste Vergrößerung notwendig. Von hier ab beginnen die veränderlichen Kosten wieder zu steigen und die Ausnutzung zu sinken; da jedoch gleichzeitig die festen Kosten in höherem Maße fallen, kann das Gesamtergebnis nur ein allmähliches Fallen der Gesteungskosten in den weiteren Jahren sein.

Betrachtet man jetzt den Einfluß der Großkonsumenten auf die Gesteungskosten vom Standpunkt der Praxis, d. h. unter der Voraussetzung, daß die Erweiterung des Werkes sprunghaft und mit größeren Maschineneinheiten erfolgt, so ergeben sich die in Fig. 9 graphisch aufgetragenen Gesteungskosten. Es ist hier-

bei vorausgesetzt, daß die Erweiterung des Werkes den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend zunächst durch eine 7500-KW-Turbine nebst Zubehör erfolgt, deren Preis 230 000 M. beträgt, wodurch der Ausbau der ersten Zentrale beendet ist. Für die

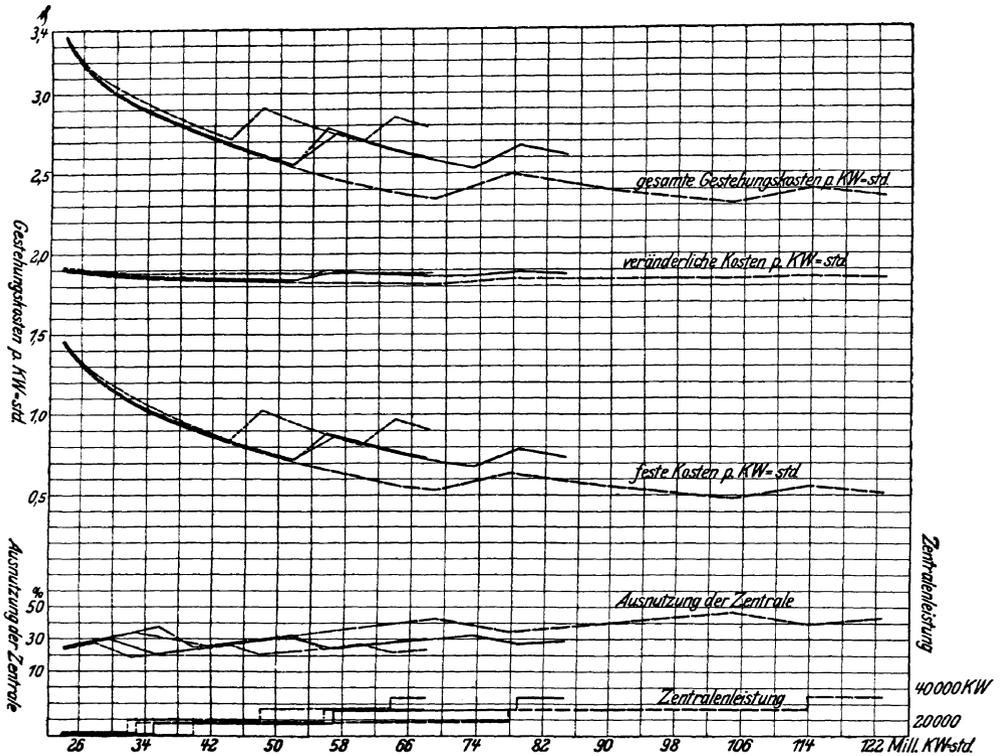


Fig. 9. Elektrizitätswerk II. Stromerzeugungskosten.

— Stromabnahme „Tagsüber“.  
 - - - - - „ „ „Tag und Nacht“.  
 - · - · - - „ „ „Nachtsüber“.  
 · · · · · „ „ „Warenhaus“.

weitere Vergrößerung wurde der Neubau eines zweiten Werkes zugrunde gelegt, dessen Kosten ca. 1 500 000 M. betragen, und welches zunächst zwei Turbinen von je 7500 KW Leistung aufnehmen soll. Wie ersichtlich, zeigen die Kurven infolge der gleichmäßig zunehmenden Belastung der Kleinverbraucher eine sinkende Tendenz, wobei die Ausnutzung des Werkes allmählich zunimmt. Wenn auch durch die notwendigen Erweite-

rungen vorübergehend Erhöhungen der Gestehungskosten eintreten, so werden diese doch durch die steigende Stromabgabe und die wachsende Ausnutzung wieder ausgeglichen. Eine Ausnahme macht die erstmalige Aufstellung der 7500 KW-Turbine, deren relativ geringer Anschaffungspreis, wie aus den Kurven hervorgeht, ohne Einfluß auf die Gestehungskosten bleibt, indem diese auch während dieser Zeit gleichmäßig fallen. Zum Ausdruck kommt diese Erweiterung lediglich in der Kurve der Ausnutzung der Zentrale, welche hier, wie auch bei allen späteren Erweiterungen, vorübergehend fällt. Das in dem vorigen Beispiel für den Anschluß eines Warenhauses Gesagte trifft auch hier in ähnlichem Maße zu. Bei Gelegenheit des ersten Ausbaues, also im zweiten Jahre, betrugen die Gesamtkosten 3,03 Pf. pro KWstd; dieselben fallen im Laufe der nächsten Jahre allmählich auf 2,715 Pf., um im folgenden sechsten Jahre durch die vorgenommene Erweiterung auf 2,91 Pf. anzusteigen. Sie erreichen somit nicht die ursprüngliche Höhe von 3,03 Pf. Die veränderlichen Gestehungskosten halten sich annähernd auf der gleichen Höhe von 1,88 Pf.

### c) Das EW III.

Als letztes der drei Werke, welche in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden, bleibt noch das EW III übrig, welches sich von den beiden vorgenannten Zentralen vor allem durch seine bedeutend kleinere Maschinenleistung und seine wesentlich höheren Gestehungskosten unterscheidet. Das Werk besaß im Jahre 1910 eine gesamte Maschinenleistung von 1040 KW und erzeugte hiermit insgesamt 2 272 372 KWstd; die Anlagekosten der Zentrale betragen 943 863 M. oder ca. 900 M. pro installiertes Maschinenkilowatt. Aus dem relativ hohen Preise geht schon hervor, daß das Werk von vornherein für eine wesentlich größere Maschinenleistung eingerichtet wurde, als bis jetzt aufgestellt worden ist. Die erforderlichen Vergrößerungen können infolgedessen durch Aufstellung neuer Maschinensätze ohne weiteres vorgenommen werden, weshalb in den nachstehenden Berechnungen für diese ein Anschaffungspreis von 200 M. pro KW zugrunde gelegt wurde. Bei einer maximalen Belastung während der Abendstunden von 850 KW betrug der Belastungsfaktor bei der obigen Zentralenleistung ca. 0,82, d. h. unter Berücksichtigung einer Reserve von

20 % ist die Zentrale in ihrem jetzigen Ausbau an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt. Durch die Erzeugung von 2 272 372 KWstd im Jahre 1910 entstanden die folgenden Betriebskosten.

A. Feste Kosten:

1. Zinsen und Abschreibungen . . . . .	83 800 M.
2. Allgemeine Verwaltung . . . . .	7 400 „
	Summa 91 200 M.

oder 107 M. pro maximales KW bzw. 4,0 Pf. pro KWstd.

B. Veränderliche Kosten:

1. Kohlen (2,7 Pf. pro KWstd) . . . . .	61 334 M.
2. Löhne . . . . .	15 176 „
3. Betriebsmaterialien (0,11 Pf. pro KWstd) . . . . .	1 502 „
4. Unterhaltung (0,423 Pf. pro KWstd) . . . . .	9 600 „
5. Sonstiges (0,07 Pf. pro KWstd). . . . .	2 588 „
	Summa 90 200 M.

oder 3,97 Pf. pro KWstd.

Die gesamten Gesteungskosten betragen infolgedessen 7,97 Pf. pro KWstd und die Ausnutzung der Zentrale

$$\frac{2\,272\,372}{8760 \cdot 1040} = 24,9 \%$$

Bei den nachfolgender Betrachtungen ist nun vorausgesetzt, daß jährlich ein Großkonsument hinzugewonnen wird, welcher das Werk mit 200 KW belastet, während die jährliche Mehrleistung durch den Stromverbrauch der Kleinabnehmer ca. 100 KW beträgt.

1. Betrachtet man zunächst den Fall, daß dieser Großabnehmer den Strom nur während der Tagesstunden braucht und hierbei die ihm jährlich zur Verfügung stehenden 3500 Stunden vollständig ausnutzt, so ist eine sofortige Erweiterung des Werkes erforderlich, da anderenfalls die nötige Reserve nicht mehr vorhanden ist. Unter Berücksichtigung einer gleichzeitigen Mehrbelastung durch die Kleinabnehmer ergibt sich für die Zentrale eine jährliche Zunahme der Stromerzeugung von 800 000 KWstd, während sich gleichzeitig das Anlagekapital auf 973 863 M. erhöht. Es ist hierbei nur die theoretisch erforderliche Erweiterung,

und zwar durch eine Dampfturbine, vorausgesetzt, während das Werk ursprünglich mit Dampfmaschinen ausgerüstet war. In der folgenden Fig. 10 sind die sich hierbei ergebenden Betriebskosten für eine Reihe von Jahren graphisch aufgetragen. Unter

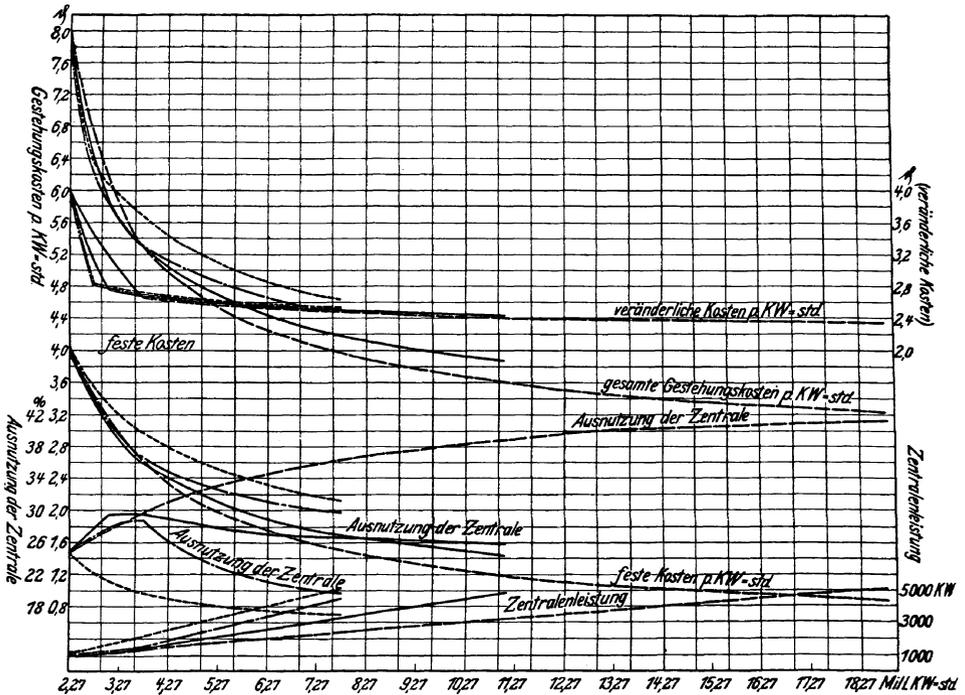


Fig. 10. Elektrizitätswerk III. Stromerzeugungskosten.

—————	Stromentnahme der Großabnehmer „Tagsüber“.
- - - - -	„ „ „ „Tag und Nacht“.
.....	„ „ „ „Nachtsüber“.
- · - · -	„ „ „ „Warenhaus“.

dem Einfluß des Maximums während der Tagesstunden wird eine jährliche Vergrößerung notwendig, wodurch die festen Kosten gleichmäßig ansteigen, während sie, auf die KWstd bezogen, wie in den beiden vorigen Fällen, allmählich sinken und zwar in elf Jahren von dem Werte 4,0 Pf. auf 1,443 Pf. pro KWstd. Bei den veränderlichen Kosten sind zunächst im ersten Jahr die sinkenden Kohlenkosten hervorzuheben, welche sich unter Berücksichtigung einer Dampfturbine etwas günstiger als vorher

ergeben. Die veränderlichen Ausgaben und damit auch die gesamten Gestehungskosten werden infolgedessen durch die weitere Belastung des Werkes im Laufe der Jahre allmählich fallen. Wie aus einem Vergleich der Zahlen dieser Abbildung mit den entsprechenden Werten der Zentralen I und II hervorgeht, kommt bei dem vorliegenden kleineren Werk der günstige Einfluß der Tagesbelastung noch wesentlich mehr in der Reduktion der Gestehungskosten zum Ausdruck als bei den bisher untersuchten Zentralen. Bei den letzteren ermäßigten sich nach den früheren Berechnungen die Gestehungskosten innerhalb eines Zeitraumes von elf Jahren wie folgt:

## EW I.

Feste Kosten/KWstd	von 1,58	auf 1,205 Pf.,	also um 24	%
Veränderliche	„ 2,52	„ 2,45	„ „	2,8
Gesamt-	„ 4,10	„ 3,65	„ „	11,0

## EW II.

Feste Kosten/KWstd	von 1,45	auf 0,768 Pf.,	also um 47	%
Veränderliche	„ 1,90	„ 1,86	„ „	2,1
Gesamt-	„ 3,35	„ 2,628	„ „	22,0

## EW III.

Feste Kosten/KWstd	von 4,0	auf 1,443 Pf.,	also um 64	%
Veränderliche	„ 3,97	„ 2,435	„ „	39
Gesamt-	„ 7,97	„ 3,88	„ „	51

Während bei dem EW II die Ermäßigung der festen und Gesamtkosten schon ungefähr doppelt so groß ist als beim EW I, ist dieselbe beim EW III noch beträchtlicher. Die veränderlichen Kosten werden bei den ersten zwei Werken ungefähr in gleichem Maße beeinflusst, was auch mit Rücksicht auf die beiderseitige Verwendung von Turbinen zu erwarten war. Beim EW III tritt aber, wie ersichtlich, auch hier eine wesentliche Ersparnis ein, deren Grund in der Verwendung von Dampfturbinen für die Erweiterungen gegenüber den vorhandenen unökonomischen Dampfmaschinen zu suchen ist. Im übrigen muß die bedeutende Reduktion der festen Kosten des Werkes III auf die relativ geringe Höhe der für die Erweiterungen aufzuwendenden Kapitalien zurückgeführt werden, da dasselbe von vornherein viel zu groß bemessen worden war, und dieser Umstand naturgemäß den späteren Erweiterungen zugute kommen muß. Bei dem EW I war das Anlagekapital pro KW auch wesentlich höher als bei dem EW II,

und zwar im Verhältnis von 340 : 200. Die in gleichem Maße niedrigeren Kosten der Erweiterungen des letzteren Werkes kommen infolgedessen auch in der wesentlich größeren Abnahme der festen Kosten in der vorstehenden Zusammenstellung zum Ausdruck. Ferner darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß bei dem EW I eine jährliche Zunahme der Stromabgabe an die Kleinverbraucher zunächst nicht in Rechnung gezogen worden war. Jedenfalls ist somit bei der Versorgung der Großindustrie auf die Anlagekosten des Werkes bzw. der Erweiterungen besonderer Wert zu legen, indem dieselben so niedrig wie möglich gehalten werden müssen.

2. Im zweiten Fall der Stromentnahme der Großabnehmer während des ganzen Tages wächst die jährliche Zentralenleistung insgesamt um 1,5 Millionen KWstd, von denen die Kleinabnehmer 100 000 KWstd verbrauchen. Wie die Kurve in Fig. 10 zeigt, wird die Ausnutzung der Zentrale mit jedem Jahr besser, und die Gestehungskosten fallen im Laufe von elf Jahren von 7,98 Pf. auf 3,235 Pf. pro KWstd. Bei erhöhter Strombelastung während der Abendstunden sinken die Gestehungskosten durch die Belastung der Kleinabnehmer ebenfalls, und zwar im Laufe von elf Jahren von 7,98 Pf. auf 4,64 Pf. pro KWstd, während die Ausnutzung der Zentrale von Jahr zu Jahr schlechter wird und im Laufe desselben Zeitraumes von 24,9 auf 17,0 % zurückgeht. Die prozentualen Ermäßigungen sind auch in diesen beiden Fällen im Vergleich zu den Resultaten bei den anderen Werken aus den früher angegebenen Gründen wesentlich höher.

3. Würde der Großabnehmer den Stromverbrauch auf die Nachtstunden beschränken und pro Jahr ca. 400 000 KWstd entnehmen, so beträgt die jährliche Mehrabgabe einschließlich derjenigen für die Kleinkonsumenten ca. 500 000 KWstd. Für die Erweiterung ist in den beiden ersten Jahren das Maximum der Belastung während der Abendstunden maßgebend, während von diesem Zeitpunkt ab die Nachtbelastung überwiegt. Ein merklicher Einfluß auf die Gestehungskosten tritt jedoch durch die Erweiterungen nicht ein; dieselben fallen im Laufe der Jahre nach Fig. 10, wie bei den anderen zwei Werken, ganz allmählich. Die Ausnutzung der Zentrale steigt in den ersten drei Jahren etwas, da beim gleichen Zuwachs an KWstd eine kleinere prozentuale Erweiterung der Zentrale erforderlich wird als in den späteren

Jahren. Vom 3. Jahre ab nimmt die Ausnutzung unter dem Einfluß der jährlichen Vergrößerung um 375 KW allmählich etwas ab.

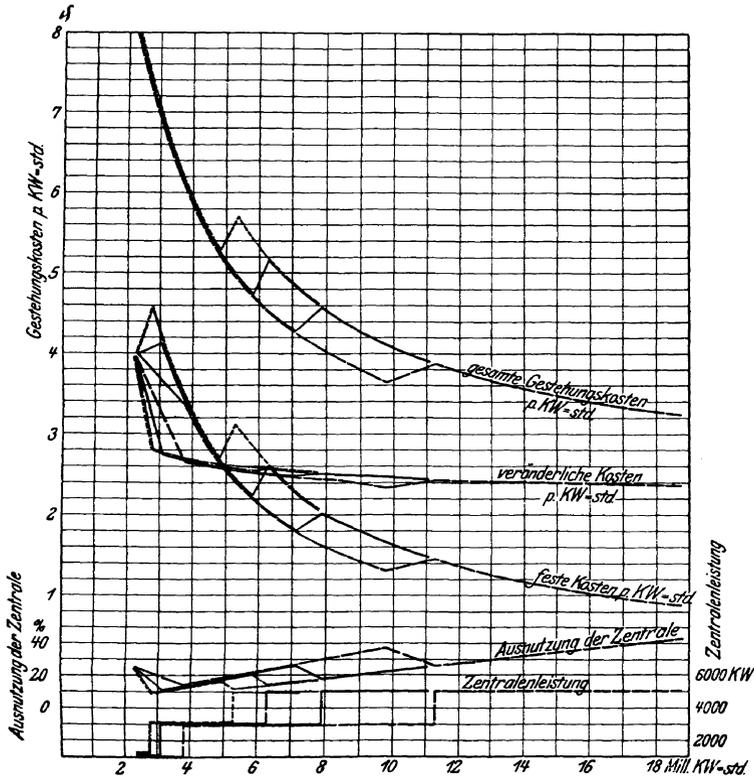


Fig. 11. Elektrizitätswerk III. Stromerzeugungskosten.

- Stromabnahme „Tagsüber“.
- - - - - „ „ „Tag und Nacht“.
- · · · · „ „ „Nachtsüber“.
- · - · - · „ „ „Warenhaus“.

Wird wie in den vorigen Beispielen die Erweiterung der Zentrale den praktischen Verhältnissen entsprechend, also sprunghaft, durch Turbinen von ca. 2000 KW Leistung vorgenommen, so ergibt sich auch bei diesem Werk, wie aus Fig. 11 hervorgeht, ein ähnliches Bild des Verlaufes der Gestehungskosten wie bisher, nämlich ein vorübergehendes Ansteigen im Augenblicke der Vergrößerung und ein gleichmäßiges Sinken derselben mit wachsender Belastung. Die Kurven der Ausnutzung der Zentrale zeigen das umgekehrte Verhältnis.

### 3. Allgemeine Folgerungen.

Die bisher gewonnenen Resultate sind an Hand bestimmter Einzelbeispiele abgeleitet worden, derart, daß für die drei in Betracht gezogenen Werke der jährliche Neuanschluß eines Großabnehmers angenommen wurde, welcher mit einer bestimmten Leistung, deren Höhe der Größe der Zentrale angepaßt war, die letztere zu verschiedenen Tagesstunden belastete. Hierbei war ferner die theoretische Voraussetzung gemacht, daß der einzelne Großkonsument die ihm für die Stromabnahme zur Verfügung stehenden jährlichen Betriebsstunden auch vollständig ausnutzte, nämlich 3500 Stunden bei der Stromentnahme tagsüber bis zur Hauptlichtperiode, 7000 Stunden bei einem gleichmäßigen Stromverbrauch während des ganzen Tages und 2000 Stunden bei einer Stromentnahme während der Nachtstunden, d. h. nach Beendigung des Hauptbetriebes gegen elf Uhr abends bis 7 Uhr morgens. Führt man die Rechnungen für kleinere Betriebsstundenzahlen durch, so ergeben sich für die Gesteungskosten ähnlich verlaufende Kurven wie vorher, welche jedoch infolge der geringeren Ausnutzung der Zentrale etwas höher liegen. Als Beispiel hierfür

Tabelle

	Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . . KW	15 000	15 000	20 000	20 000	20 000
Zentralen-Max. abds. „	10 700	12 200	13 700	15 200	16 700
Zentralen-Belastung tagsüber . . . . . „	9 000	10 500	12 000	13 500	15 000
Erzeugte KWstd . . . . .	37 510 324	41 510 324	49 510 324	49 510 324	53 510 324
Anlagekapital . . . . . M.	5 335 460	5 335 460	5 585 460	5 585 460	5 585 460
Feste Kosten . . . . . M.	592 738	592 738	616 835	616 835	616 835
„ „ pro KW max. . . . . Pf.	55,40	48,6	45	40,6	37
Feste „ pro KWstd . . . . . „	1,58	1,43	1,355	1,25	1,155
Veränderl. Kosten . . . . . M.	945 629	1 031 534	1 122 980	1 208 888	1 294 796
„ „ pro KWstd . . . . . Pf.	2,52	2,49	2,47	2,44	2,425
Ges. Gesteungskost. Pf.	4,10	3,92	3,825	3,69	3,58
Belastungsfaktor . . . . .	0,715	0,815	0,685	0,76	0,835
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	28,5	31,6	26	28,3	30,6

ist nachstehend eine Tabelle 18 über die Gestehungskosten des EW I in den einzelnen Jahren angeführt, wobei vorausgesetzt ist, daß die Großkonsumenten bei einer maximalen Belastung des Werkes während des ganzen Tages mit 1000 KW im Jahre nur 2 000 000 KWstd abnehmen, während der Verbrauch der Kleinkonsumenten wie vorher 2 000 000 KWstd ist. Vergleicht man die Werte dieser Tabelle mit den entsprechenden Kurven in Fig. 7, so ergibt sich, daß die Betriebskosten in gleicher Weise infolge der Erweiterungen der Zentrale etwas ansteigen, um allmählich wieder zu fallen. Die Gestehungskosten sind im einzelnen, wie schon bemerkt, etwas höher, und zwar infolge der geringeren Menge der Stromabgabe bei gleicher Beanspruchung der Zentrale; die Ausnutzung des Werkes ist infolgedessen auch im Vergleich gegen früher wesentlich schlechter.

Wählt man dagegen bei den gleichen Betriebsstunden wie in den ersten Beispielen die Belastung der Zentrale kleiner als vorher, so wird zunächst hierdurch die pro Jahr abzugebende Gesamtleistung in KWstd etwas kleiner, wodurch sich infolge der geringeren Ausnutzung des Werkes die Gestehungskosten etwas erhöhen müssen. Die Erweiterungen bzw. die dadurch bedingten

18.

5	6	7	8	9	10	11
25 000	25 000	25 000	30 000	30 000	35 000	35 000
18 200	19 700	21 200	22 700	24 200	25 700	27 200
16 500	18 000	19 500	21 000	22 500	24 000	25 500
57 510 324	61 510 324	65 510 324	69 510 324	73 510 324	77 510 324	81 510 324
7 285 460	7 285 460	7 285 460	8 985 460	8 985 460	10 685 460	10 685 460
778 335	778 335	778 335	939 835	939 835	1 101 335	1 101 335
42,7	39,5	36,7	41,4	38,8	43	40,6
1,355	1,265	1,19	1,35	1,28	1,425	1,355
1 463 006	1 551 914	1 637 822	1 769 382	1 855 290	1 986 804	2 072 712
2,55	2,53	2,50	2,55	2,525	2,57	2,545
3,90	3,795	3,69	3,90	3,80	3,995	3,90
0,73	0,79	0,85	0,756	0,805	0,735	0,778
26,3	28,05	29,9	26,4	28	25,35	26,7

Tabelle

	Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . KW	11 000	11 000	18 500	18 500	18 500
Zentralen-Max. abds. „	7 200	8 700	10 200	11 700	13 200
Zentralen - Belastung tagsüber . . . . . „	6 500	8 000	9 500	11 000	12 500
Erzeugte KWstd . . . . .	23 789 440	32 789 440	41 789 440	50 789 440	59 789 440
Anlagekapital . . . . M.	3 055 768	3 055 768	3 285 768	3 285 768	3 285 768
Feste Kosten . . . . M.	345 330	345 330	364 880	364 880	364 880
„ „ pro KW max. . . . . M.	48	39,7	35,80	31,2	27,70
Feste „ pro KWstd . . . . . Pf.	1,45	1,05	0,873	0,72	0,61
Veränderl. Kosten . . M.	451 208	609 218	772 228	930 238	1 088 248
„ „ pro KWstd . . . . . Pf.	1,9	1,86	1,845	1,83	1,82
Ges. Gestehungskost. Pf.	3,35	2,91	2,718	2,55	2,430
Belastungsfaktor . .	0,655	0,79	0,55	0,634	0,715
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	24,7	34,0	25,80	31,40	37,0

Tabelle

	Vorhandene Zentrale	1	2	3	4
Zentralenleistung . . KW	11 000	11 000	18 500	18 500	18 500
Zentralen-Max. abds. „	7 200	8 200	9 200	10 200	11 200
Zentralen - Belastung tagsüber . . . . . „	6 500	7 500	8 500	9 500	10 500
Erzeugte KWstd . . . . .	23 789 440	29 289 440	34 789 440	40 289 440	45 789 440
Anlagekapital . . . . M.	3 055 768	3 055 768	3 285 768	3 285 768	3 285 768
Feste Kosten . . . . M.	345 330	345 330	364 880	364 880	364 880
„ „ pro KW max. . . . . M.	48	42	39,60	35,80	32,60
Feste „ pro KWstd . . . . . Pf.	1,45	1,18	1,05	0,905	0,797
Veränderl. Kosten . . M.	451 208	547 762	649 316	745 870	842 424
„ „ pro KWstd . . . . . Pf.	1,9	1,87	1,865	1,855	1,84
Ges. Gestehungskost. Pf.	3,35	3,05	2,915	2,760	2,637
Belastungsfaktor . .	0,655	0,745	0,497	0,551	0,605
Ausnutzung der Zentrale . . . . . %	24,7	30,5	21,5	24,9	28,3

19.

5	6	7	8	9	10	11
18 500	26 000	26 000	26 000	26 000	33 500	33 500
14 700	16 200	17 700	19 200	20 700	22 200	23 700
14 000	15 500	17 000	18 500	20 000	21 500	23 000
68 789 440	77 789 440	86 789 440	95 789 440	104 789 440	113 789 440	122 789 440
3 285 768	4 785 768	4 785 768	4 785 768	4 785 768	6 285 768	6 285 768
364 880	492 380	492 380	492 380	492 380	619 880	619 880
24,80	30,40	27,80	25,60	23,80	27,90	26,10
0,531	0,634	0,568	0,515	0,47	0,545	0,506
1 246 258	1 444 268	1 602 678	1 760 288	1 918 298	2 098 308	2 256 318
1,81	1,86	1,845	1,84	1,835	1,85	1,84
2,341	2,494	2,413	2,355	2,305	2,395	2,346
0,795	0,622	0,68	0,74	0,795	0,665	0,71
42,5	34,2	38	42	46	38,8	42

20.

5	6	7	8	9	10	11
18 500	18 500	18 500	26 000	26 000	26 000	26 000
12 200	13 200	14 200	15 200	16 200	17 200	18 200
11 500	12 500	13 500	14 500	15 500	16 500	17 500
51 289 440	56 789 440	62 289 440	67 789 440	73 289 440	78 789 440	84 289 440
3 285 768	3 285 768	3 285 768	4 785 768	4 785 768	4 785 768	4 785 768
364 880	364 880	364 880	492 380	492 380	492 380	492 3 0
29,9	27,6	25,5	32,40	30,4	28,60	27
0,711	0,643	0,585	0,728	0,672	0,626	0,585
938 978	1 035 532	1 132 086	1 268 640	1 365 948	1 462 502	1 559 056
1,83	1,825	1,815	1,87	1,865	1,86	1,85
2,541	2,468	2,400	2,598	2,537	2,486	2,435
0,66	0,715	0,770	0,585	0,624	0,662	0,70
31,70	35,0	38,5	29,7	32,20	34,6	37,40

vorübergehenden Erhöhungen der Betriebskosten werden ferner etwas zeitlich verschoben. Als Beispiel soll das Werk II herangezogen und angenommen werden, daß die Belastung durch die jährlich hinzutretenden Großabnehmer nicht 1000 KW, sondern 500 KW beträgt. Die jährliche Zunahme der Stromabgabe ist infolgedessen, wenn die Kleinabnehmer wie früher 2 000 000 KWstd verbrauchen, 5,5 Millionen gegenüber 9,0 Millionen KWstd im anderen Falle. Es ergeben sich dann die in den beiden Tabellen 19 und 20 gegenübergestellten Werte der Betriebskosten und der Ausnutzung der Zentrale, welche naturgemäß ebenfalls gegen früher etwas zurück bleibt.

Aus den bisherigen Berechnungen geht nun hervor, daß, wie schon im Eingang behauptet wurde, die Zeitdauer und das Zeitmoment der Stromentnahme auf die Selbstkosten der Erzeugung von maßgebender Bedeutung sind. Die erstere insofern, als die Belastung der Energieeinheit umso geringer wird, je länger die Benutzungsdauer ist, was auch aus folgender Entwicklung hervorgeht.

Bezeichnet

S die Selbstkosten der Zentrale,

a die pro Stunde abgegebene Energie,

t die Zeitdauer des Verbrauches in Stunden,

dann ist  $S = c \cdot a \cdot t$ , wo c ein Proportionalitätsfaktor bedeutet. Nun ist aber  $p = c' \cdot a$ , wo p = Preis pro KWstd, also

$$a = \frac{p}{c'}$$

$$S = \frac{c}{c'} \cdot p \cdot t = c'' \cdot p \cdot t,$$

d. h. der Preis pro KWstd kann bei konstantem S um so kleiner sein, je größer t ist.

Ferner zeigen die Rechnungen, daß die Selbstkosten auch durch das Maximum der Zentralenbelastung bestimmt sind, und deswegen alle diejenigen Abnehmer, welche zu einer Vergrößerung desselben beitragen, unter Umständen eine Erhöhung der gesamten Gestehungskosten des Werkes herbeiführen können. Es werden deshalb derartige Konsumenten mit einem größeren Anteil der Selbstkosten zu belasten sein als diejenigen, welche die Zentrale

nur zu Zeiten außerhalb des Maximums beanspruchen. Im besonderen ergibt sich weiter, daß vor allem die festen Kosten umso mehr sinken, je mehr die Ausnutzung des Werkes unter dem Einfluß der Belastung der Abnehmer zunimmt. Es muß somit ein Konsument, welcher den Strom Tag und Nacht in gleicher Weise entnimmt, auf die Gestehungskosten am günstigsten einwirken können, wie dies auch rechnerisch für die zweite Gattung der Abnehmer gefunden wurde, insbesondere, wenn durch ihn das Maximum nicht über die Leistung der Zentrale hinaus erhöht wird. Im andern Fall spielt die erforderlich werdende Erweiterung insofern eine Rolle, als hierdurch die festen Kosten beeinflußt werden, welche allerdings, wie schon hervorgehoben wurde, für die Erhöhung bzw. Erniedrigung der Gesamtkosten vor allem in Betracht kommen. Je niedriger also in diesem Fall das Anlagekapital gehalten werden kann, bzw. je billiger die für einen Konsumenten erforderlichen Erweiterungen usw. bewerkstelligt werden können, und je größer die Benutzungsstundenzahl desselben ist, umso günstiger wird sich die Versorgung des Abnehmers für die ganze Zentrale gestalten können. Es kommt dies in dem Fall zum Ausdruck, wo der letztere nur die Aufstellung eines neuen Maschinensatzes erfordert, da der übrige Teil des Werkes schon für eine größere Leistung ausgebaut ist, wie z. B. beim EW III. Die Gestehungskosten fallen deshalb auch hier prozentual am meisten. Daß eine möglichste Ermäßigung des Anlagekapitals der Erweiterungen allein eine Reduktion der Gestehungskosten nicht gewährleistet, zeigt das Beispiel der Nachtkonsumenten, wo das Ergebnis infolge der geringen Zahl von Benutzungsstunden, welche überhaupt in diesem Fall zur Verfügung stehen, mit jeder Erweiterung schlechter und schlechter wird. Trotz sinkender Ausnutzung des Werkes können ferner unter Umständen die gesamten Gestehungskosten desselben noch etwas fallen, wenn die festen Kosten durch eine sinkende Tendenz hierzu beitragen. In den veränderlichen Kosten macht sich, wie die Rechnungen zeigen, die bessere Ausnutzung nur in einem wesentlich geringeren Maße bemerkbar, insofern es sich um eine Zentrale handelt, die technisch auf der Höhe steht und nicht wie im Fall III durch Aufstellung neuer Maschinensätze mit größerer Ökonomie bedeutend verbessert werden kann.

Aus dem Vorhergesagten folgt nun unmittelbar, daß diejenigen Konsumenten, welche zu einer besseren Ausnutzung des

Werkes, ohne daß hierdurch eine Erweiterung desselben erforderlich wird, am meisten beitragen, für das letztere die wertvollsten sind und ihnen infolgedessen auch die billigsten Preise eingeräumt werden können, da durch deren Anschluß die festen Kosten nur im günstigen Sinne beeinflußt werden und diese somit auch bei der Preisstellung nur zum Teil oder überhaupt nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Die veränderlichen Kosten, insbesondere die Kohlenausgaben, können in diesem Fall durch die günstigere Belastung der Betriebsmittel ebenfalls sinken, während die Löhne die gleichen bleiben, da der Betrieb in derselben Weise wie früher geführt werden muß. Für diesen Fall kommen also vor allem die Konsumenten in Frage, welche den Strom nur während der Tages- und Nachtstunden entnehmen. In zweiter Linie wären dann diejenigen Abnehmer zu nennen, welche ebenfalls zu einer besseren Ausnutzung der Zentrale beitragen, für die jedoch eine Erweiterung des Werkes oder des Netzes vorzunehmen ist. In diesem Fall werden in den Strompreisen auch die Kapitalkosten Berücksichtigung finden müssen. Trotzdem kann sich jedoch hier unter Umständen infolge der für die Stromentnahme im Laufe des Jahres zur Verfügung stehenden größeren Zeitdauer bei wirklicher Ausnutzung derselben für die Zentrale ein noch günstigerer Effekt als im vorigen Fall ergeben. Am höchsten wird naturgemäß der Preis für diejenigen Abnehmer sein müssen, welche durch die Art und Zeitdauer ihrer Stromentnahme eine Verschlechterung des ursprünglichen Betriebszustandes herbeiführen.

Um nun die bisher gewonnenen Resultate allgemein verwerten und den Einfluß irgendeines neu angemeldeten Großkonsumenten auf die Gestehungskosten eines Werkes ohne weiteres feststellen zu können, wurde versucht, die Abhängigkeit der Gestehungskosten bei Werken verschiedenster Größe von der Ausnutzung der Zentrale in Kurven darzustellen. Zu diesem Zweck mußten zunächst die ungefähren Anlagekosten der Zentrale, ausschließlich Leitungsnetz, mit wachsender Leistung festgestellt werden, was mit Hilfe der Statistik der V. D. EW. geschah. Eine Aufstellung der Kosten der Werke mit Dampfbetrieb ergab nun, wie zu erwarten war, teilweise beträchtliche Differenzen in den Kosten pro KW der gesamten Zentralenleistung, insbesondere bei den größeren Werken. Immerhin ließen sich jedoch durch sorgfältige Nachprüfung

der Gründe der verschiedenen Unterschiede Mittelwerte finden, welche in der folgenden Tabelle 21 zusammengestellt sind. Dieselbe gibt ferner noch die Ausgaben für die allgemeine Verwaltung sowie der veränderlichen Betriebskosten für die KWstd, welche in gleicher Weise mit Hilfe der Statistik der V. D. EW. und durch besondere Nachfrage erhalten wurden.

Tabelle 21.  
Dampfwerke.

Zentralen- leistung KW	Anlagekapital der Zentrale		Ausgaben für Allgem. Ver- waltung M	Mittlere ver- änderl. Betriebs- kosten pro er- zeugte KWstd. Pf.
	insgesamt M	pro KW M		
500	500 000	1000	8 000	5,3
1 000	760 000	760	12 000	5,0
2 000	1 200 000	600	18 000	4,8
3 000	1 650 000	550	25 000	4,5
4 000	2 000 000	500	30 000	4,3
5 000	2 350 000	470	35 000	4,1
7 000	3 185 000	455	47 000	3,7
10 000	4 300 000	430	63 000	3,3
15 000	6 255 000	417	90 000	2,8
20 000	8 240 000	412	117 000	2,4

Für Werke mit Gasmotorenbetrieb, welche in wesentlich ge-ringerer Anzahl vorhanden sind, war es nur möglich, für kleine Zentralen derartige Zahlen zu gewinnen, welche in nachstehender Tabelle 22 zusammengestellt sind.

Tabelle 22.  
EW mit Gasmotorenantrieb.

Zentralen- leistung KW	Anlagekapital der Zentrale		Ausgaben für Allgem. Ver- waltung M	Mittlere ver- änderl. Betriebs- kosten pro erzeugte KWstd Pf.
	insgesamt M	pro KW M		
500	400 000	800	8 000	7,3
1000	750 000	750	12 000	5,5
2000	1 400 000	700	18 000	5,0

Wie ersichtlich, scheinen die Anlagekosten der kleineren Werke mit Gasmotoren etwas niedrigerer als bei Dampfbetrieb zu sein, während sie sich bei Leistungen über 1000 KW etwas

teurer stellen. Die veränderlichen Betriebskosten sind jedoch bei diesen Werken allgemein etwas höher, als bei Dampfwerken gleicher Größe.

Vergleicht man die gefundenen Werte der Anlagekosten mit denjenigen moderner EW, so ergibt sich, daß die letzteren im allgemeinen etwas niedriger sind. Es liegt dies zunächst daran, daß es sich um Mittelwerte handelt, welche auch die älteren Werke einschließen, bei denen in früheren Jahren vielfach ein noch größerer Wert als heute auf die äußere Ausstattung gelegt wurde und zwar größer als für ein derartiges kaufmännisches Unternehmen erforderlich gewesen wäre. Es gilt dies insbesondere von vielen Werken in kommunaler Verwaltung. Außerdem wird naturgemäß durch die Verwendung der Dampfturbine in neuerer Zeit eine wesentliche Raum- und Dampfersparnis erzielt, wodurch sich das Anlagekapital für Grundstück, Maschinenhaus, Kessel usw. beträchtlich niedriger als bei Dampfmaschinen ergibt. Hierzu kommt, daß die Kosten der Dampfturbinen in den letzten Jahren bedeutend gesunken sind. Während vor ca. 6 Jahren die ersten 3000-KW-Parsons-Turbinen mit Einphasengeneratoren für 1500 Touren noch mit 325 000 M. einschließlich Kondensation und betriebsfertiger Herstellung bezahlt wurden, konnte ein EW in Westfalen im Jahre 1911 eine Zölly-Turbine für 7500 KW Drehstrom-Leistung bei 1500 Touren mit Kondensation usw. zum Preise von 230 000 M. und eine AEG-Turbine für 12 500 KW zum Preise von 368 000 M. erhalten. Der Preis der Turbinenanlage pro KW ist somit im Laufe von ca. 4 Jahren von ca. 100 M. auf ca. 30 M. pro KW gesunken. Der Einfluß moderner Dampfturbinenanlagen macht sich ferner infolge des geringeren Dampfverbrauches gegenüber den Dampfmaschinen auch in den veränderlichen Kosten bemerkbar. Wie ein Vergleich der gefundenen Mittelwerte der letzteren mit den

Tabelle

Ausnutzung . . . . . %	10	20	30	40
Erzeugte KWstd . . . . .	876 000	1 752 000	2 628 000	3 504 000
Feste Kosten . . . . . M.	72 800	72 800	72 800	72 800
Veränderl. Kosten . . . „	43 800	87 600	131 400	175 200
Summa . . . . . „	116 600	160 400	204 200	248 000
Summa pro KWstd . Pf.	13,3	9,18	7,75	7,08

veränderlichen Kosten moderner Turbinenwerke zeigt, sind erstere infolge der großen Zahl der Zentralen mit Dampfmaschinen teilweise höher.

Es wurden nun für die in der vorletzten Tabelle 21 angegebenen Zentralenleistungen die Gesteungskosten des Stromes für verschiedene Fälle der Ausnutzung des Werkes zwischen 10 % und 100 % ausgerechnet und für Zinsen, Abschreibung usw. durchweg 8 % der Anlagekosten, im übrigen aber die vorhin gefundenen Werte für allgemeine Verwaltung sowie die veränderlichen Betriebskosten in Ansatz gebracht. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß, wie früher festgestellt wurde, sich die veränderlichen Gesteungskosten mit der Ausnutzung der Zentrale allmählich etwas ermäßigen. Diese Tatsache ist in den nachfolgenden Berechnungen außer acht gelassen, da es sich nur um zehntel Pf. handelt und diese geringe Differenz bei den ohnehin nur angenäherten Werten der Herstellungskosten nicht in Betracht kommt. Es ergeben sich auf diese Weise z. B. für eine Zentrale von 1000 KW Leistung die folgenden Kosten:

Herstellungskosten laut Tabelle 760 000 Mk.

A. Feste Kosten:

1. Allgemeine Verwaltung laut Tabelle . . . . .	12 000 M.
2. Zinsen und Abschreibungen . . . . .	8 % = 60 800 „
	Summa 72 800 M.

B. Veränderliche Kosten laut Tabelle 21 5,0 Pf. pro KWstd.

Wie vorausszusehen war, nehmen die gesamten Gesteungskosten pro KWstd mit wachsender Ausnutzung der Zentrale allmählich ab. In gleicher Weise wurden diese Kosten auch für die übrigen Zentralenleistungen ausgerechnet und die Resultate

23.

50	60	70	80	90	100
4 380 000	5 256 000	6 132 000	7 008 000	7 884 000	8 760 000
72 800	72 800	72 800	72 800	72 800	72 800
219 000	262 800	306 600	350 400	394 200	438 000
291 800	335 600	379 400	423 200	467 000	510 800
6,66	6,38	6,18	6,05	5,92	5,82

graphisch aufgetragen, wobei die in Fig. 12 gezeichneten Kurven I—X, von denen jede einer bestimmten Größe des Werkes entspricht, entstanden.

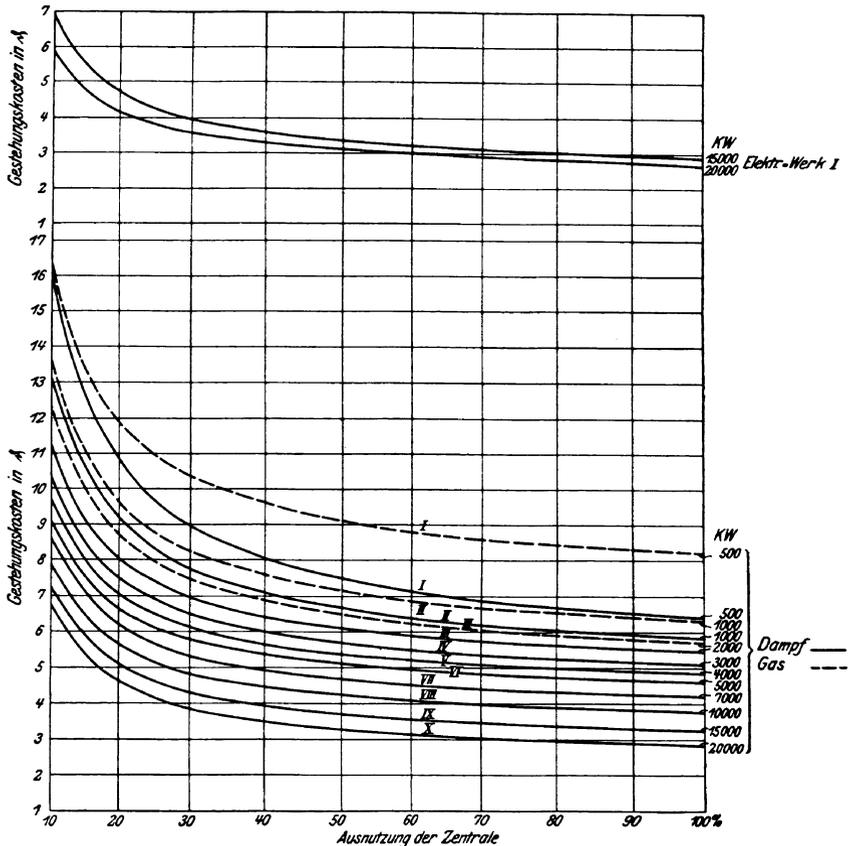


Fig. 12. Gestehungskosten in ihrer Abhängigkeit von der Leistung und Ausnutzung der Zentrale.

Um nun die Anwendungsmöglichkeiten der Kurven an einem praktischen Beispiel zu erläutern, möge eine Zentrale für 4000-KW Leistung vorausgesetzt werden, welche zurzeit 10 512 000 KWstd pro Jahr erzeugt. Die Ausnutzung derselben, d. h. das Verhältnis der erzeugten KWstd zur maximalen Leistung mal 8760 Stunden beträgt somit 30 %. Die Selbstkosten des Stromes stellen sich infolgedessen nach der Kurve V in Fig. 12 auf ca. 6,1 Pf. pro KWstd.

Es soll nun ein Großkonsument mit einem Jahresverbrauch von 2 000 000 KWstd bei 1000 KW Anschlußwert angenommen werden, welcher den Strom nur während der Tagesstunden oder Nachtstunden entnimmt, das Maximum der Zentrale infolgedessen nicht vergrößert, so daß auch keine Erweiterung derselben erforderlich wird. Die Ausnutzung des Werkes wird sich infolgedessen nunmehr

auf  $\frac{12\,512\,000}{8760 \cdot 4000} = 36\%$  erhöhen und die Gesteungskosten

sich gleichzeitig, wenn man der Kurve für 4000 KW nachgeht, auf 5,8 Pf. pro KWstd ermäßigen. Würde der Konsument auch während der Abendstunden den Strom abnehmen, d. h. die maximale Belastung der Zentrale um 1000 KW erhöhen, so daß eine Erweiterung des Werkes erforderlich ist, so wird die Ausnutzung

der Zentrale nunmehr  $\frac{12\,512\,000}{8760 \cdot 5000} = 29\%$ .

Die mittleren Gesteungskosten ergeben sich jetzt, wenn man für diese Ausnutzung den Schnittpunkt mit der 5000-KW-Kurve VI bestimmt, zu 5,9 Pf. pro KWstd. Dieselben sind also in diesem Fall infolge der Erweiterung des Werkes etwas höher als bei der Stromentnahme außerhalb der Abendstunden, aber etwas niedriger als vor Anschluß des Großkonsumenten, trotzdem die Ausnutzung der Zentrale von 30% auf 29% gefallen ist. Es kann natürlich auch, wie aus den Kurven hervorgeht, infolge der Vergrößerung des Werkes eine Erhöhung der Gesteungskosten eintreten, wie diese sich in den früheren Berechnungen zuweilen ergeben hat.

Mit Hilfe derartiger Kurven ist es somit leicht möglich, den Einfluß jedes größeren Neuanschlusses sofort festzustellen. Es wird natürlich zweckmäßig jedes einzelne Werk die Kurven für den speziellen Fall festlegen, wobei auch der Umstand berücksichtigt werden muß, daß die späteren Erweiterungen event. lediglich durch Aufstellung neuer Maschinen und Kessel erfolgen können, ohne daß eine Vergrößerung der Baulichkeiten erforderlich wird, wie dies bei den Kurven der Fig. 12 vorausgesetzt ist. Es sind deshalb in Fig. 12 die Kurven für das EW I besonders eingetragen, wobei angenommen wurde, daß die Erweiterung dieses Werkes auf 20 000 KW, den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend, lediglich durch Aufstellung einer 5000-KW-Turbine möglich ist, deren Kosten wie in den früheren Rechnungstabellen mit 250 000 M. angenommen wurden. Als Anlage-

kosten dieses Werkes mit 15 000 KW Leistung sind ferner wie früher 5 335 480 M. zugrunde gelegt und die veränderlichen Kosten mit einem Mittelwert von 2,45 Pf. pro KWstd eingesetzt, während die festen Kosten wie vorher berücksichtigt wurden. Wie ersichtlich, ergeben die neuen Kurven unter diesen Umständen etwas günstigere Werte als vorher.

Um diese auf ihre Anwendbarkeit zu prüfen, soll angenommen werden, daß die Versorgung eines Teiles der Großabnehmer mit einem Jahresverbrauch von ca. 7 000 000 KWstd dem EW I entzogen würde. Da die letzteren den Strom größtenteils nur während der Tages- und Nachtstunden, also außerhalb der Hauptlichtperiode, entnehmen, wird hierdurch die Größe der Maschinenanlage nicht beeinflußt; es ist vielmehr nur eine Verschlechterung der Ausnutzung der Zentrale und damit eine Erhöhung der mittleren Gestehungskosten zu erwarten. Wie die Kurve zeigt, betragen diese bei der ursprünglichen Ausnutzung von ca. 28,5 % ca. 4,0 Pf. Geht nun die letztere bei der gleichen Maschinenleistung durch Wegfall der Großabnehmer auf

$$\frac{37\,510\,324 - 7\,000\,000}{8760 \cdot 15\,000} = 23,4 \%$$

zurück, so erhöhen sich die Gestehungskosten nach der Kurve auf ca. 4,3 Pf. pro KWstd, wodurch dem EW allein schon ein Verlust von  $30\,510\,324 \cdot 0,3 = 91\,500$  M. pro Jahr entsteht.

## D. Die Straßenbahnen.

### I. Allgemeines.

Unter den Großabnehmern von EW spielen die Straßenbahnen eine ganz besonders hervorragende Rolle, weshalb ihnen auch eine von den bisher betrachteten Konsumentengattungen getrennte Behandlung zuteil werden muß. Hiermit soll jedoch nicht etwa gesagt sein, daß die Straßenbahnen, als Großkonsumenten betrachtet, in ganz besonderer Weise die EW belasten. Es wird vielmehr im nachstehenden noch gezeigt werden, daß sie sich wohl in eine der drei Klassen von Großabnehmern einreihen lassen und zwar würde die zweite in Frage kommen, event. mit dem besonderen Charakteristikum der

stärkeren Inanspruchnahme des Werkes während eines Teiles der Hauptbeleuchtungsperiode, was allerdings nicht für alle Bahnen zutrifft. Die Sonderstellung der Bahnen liegt vor allem darin, daß sie in den meisten Fällen die ersten Großabnehmer waren, welche an die EW zum Anschluß kamen und infolge ihrer günstigen Inanspruchnahme der Zentralen den letzteren erst die Möglichkeit gaben, ihre Strompreise erheblich zu reduzieren und sie für private Großkonsumenten im Wettbewerb mit den Kosten eigener Stromerzeugungsanlagen konkurrenzfähig zu machen. Ferner gestattet gerade der Betrieb der Straßenbahnen, über welchen von den meisten Werken genaue Statistiken geführt werden, den früher an Hand von selbstgewählten Einzelbeispielen festgestellten Einfluß der Großabnehmer durch Zahlen aus der Praxis nachzuweisen und die bisher gewonnenen Resultate in vollem Umfange zu bestätigen.

Um die Eigenschaften des Straßenbahnbetriebes näher kennen zu lernen, sind in nachstehender Fig. 13 die Kurven des Stromverbrauches einiger städtischer Bahnen während der einzelnen Tagesstunden eingetragen. Dieselben wurden an Wintertagen aufgenommen; für die Kölner EW ist auch die Kurve eines Sommertages eingezeichnet. Wie ersichtlich, ist der Stromverbrauch während der Nachtstunden im allgemeinen ziemlich unbedeutend. Derselbe beschränkt sich in den meisten Städten auf die Beleuchtung der Depots und Wagenhallen sowie die für Reparaturzwecke und etwaige Probefahrten benötigte Energie. Der eigentliche Betrieb beginnt gegen 5 Uhr morgens und zeigt einen Höchstwert zwischen 7 und 8 Uhr infolge des Verkehrs des zu den Bureaus und Geschäften eilenden Publikums. Nach diesen Stunden geht der Stromverbrauch bis nach 10 Uhr etwas herunter, um sodann während der Mittagszeit um 12 Uhr ein zweites Maximum zu erreichen. Den größten Stromverbrauch zeigen die Bahnen in den meisten Städten nach Schluß der Fabriken und Bureaus um 7 Uhr abends, insbesondere im Winter durch den hinzutretenden Lichtbedarf der Wagen. Die Kurve des Energieverbrauches nimmt dann nach dieser Zeit schnell ab und erreicht im allgemeinen gegen 2 Uhr nachts ihr Minimum. Im Sommer und an Sonntagen ist diese Kurve etwas anders. Wie aus der Kurve V in Fig. 13 hervorgeht, nimmt der Verkehr schon um 5 Uhr morgens allmählich zu und erreicht ein Maximum eben-

falls gegen 7 Uhr abends infolge des aus den Bureaus und Fabriken bzw. an Sonntagen des von den Ausflugsorten heimkehrenden Publikums. Die Belastung nimmt aber bald ab, um

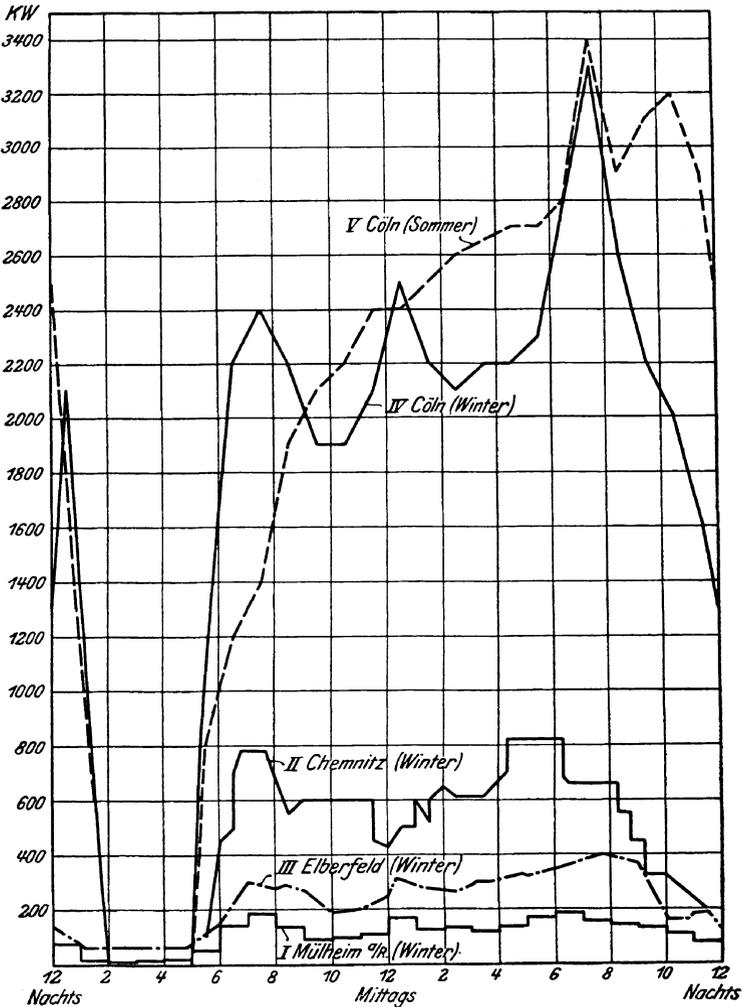


Fig. 13. Stromverbrauch städtischer Straßenbahnen.

gegen  $\frac{1}{2}$  9 Uhr durch den einsetzenden Lichtbetrieb der Wagen nochmals für kurze Zeit anzusteigen. Von 10 Uhr ab fällt dieselbe jedoch wieder und erreicht wie im Winter um 2 Uhr nachts ihr Minimum. Die Stromentnahme zu den verschiedenen Tages-

stunden, welche naturgemäß in einzelnen Städten große Unterschiede aufweisen kann, wird besonders im Winter durch Schneefälle stark beeinflusst. Immerhin zeigen doch die angeführten Kurven, daß die Belastung sich auf den ganzen Tag erstreckt und während der Hauptlichtperiode ein Maximum erreicht. Das letztere fällt jedoch im allgemeinen nicht zeitlich mit dem Maximum des Licht- und Kraftbetriebes zusammen, so daß also die EW nicht derartig ungünstig beansprucht werden, wie dies im anderen Fall möglich wäre. Es geht dies auch aus der nachstehenden Tabelle 24 hervor, welche die Maximalwerte der Belastung der Kölner EW in den letzten 10 Jahren zeigt.

Tabelle 24.

Jahr	Max. Belastg. der Zentrale KW	Höchste Beanspruchung der Zentrale		Belastung durch Bahn während des Hauptlicht- betriebes KW
		Licht u. Kraft KW	Bahnbetr. KW	
1902/03	3 220	1 917	1303	1303
1903/04	3 968	2 948	2020	1020
1904/05	4 595	3 065	2100	1530
1905/06	6 400	3 520	2880	2880
1906/07	7 700	5 000	3400	3100
1907/08	8 080	5 240	3300	2840
1908/09	8 900	6 220	3460	2680
1909/10	9 400	6 990	3940	2410
1910/11	11 000	7 510	3510	3190
1911/12	13 700	10 150	4340	3550

In den Jahren 1902/03 und 1905/06 fiel somit das Maximum des Straßenbahnbetriebes mit dem Maximum für Licht und Kraft zusammen, während in allen übrigen Jahren eine zeitliche Verschiebung vorhanden ist. Der Ausgleich infolge der letzteren betrug z. B.

im Jahre	1903/04 . .	1000 KW	= 20	%	} der Summe der Höchstleistungen
	1904/05 . .	570	= 11	%	
	1906/07 . .	700	= 8,3	%	
	1907/08 . .	460	= 5,4	%	
	1908/09 . .	780	= 8,0	%	
	1909/10 . .	1530	= 14	%	
	1910/11 . .	20	= 0,2	%	
	1911/12 . .	790	= 5,5	%	

## 2. Einfluß der Straßenbahnen auf die Betriebsergebnisse der EW.

Wie alle Großkonsumenten, welche den Strom zu den Tagesstunden entnehmen, tragen auch die Straßenbahnen zu einer besseren Ausnutzung der Betriebsmittel bei und zwar aus Gründen, die schon im vorigen Kapitel näher erörtert wurden.

Was zunächst die Kessel anbelangt, so gibt die folgende Tabelle 25 über die pro Wärmeeinheit erzeugten Wstd in den drei Jahren vor und nach der Betriebseröffnung der Straßenbahnen einiger Städte einen direkten Beweis für diese Behauptung. Nach derselben stieg z. B. die Ausnutzung der Kessel des Werkes Elberfeld von 0,035 auf 0,074, in Königsberg von 0,068 auf 0,076 Wstd pro WE.

Tabelle 25.

Pro WE erzeugte Wattstunden (Ausnutzung der Kessel).

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bonn . . . . .	0,043	0,052	0,052	0,054	0,051	0,056
Köln . . . . .	0,053	0,057	0,060	0,073	0,074	0,088
Elberfeld . . . .	—	0,031	0,035	0,074	0,097	0,110
Königsberg . . .	0,045	0,050	0,068	0,076	0,075	0,079
Plauen . . . . .	0,073	0,066	0,071	0,077	0,075	0,077

Den gleich günstigen Einfluß der Tagesbelastung auf die Ausnutzung der Betriebsmittel zeigt weiter die Steigerung der Benutzungsdauer des Zentralenmaximums sowie der gesamten Leistungsfähigkeit des Werkes.

Tabelle 26.

$$\frac{\text{Erzeugte Energie}}{\text{Max. KW}} = \text{Benutzungsdauer der max. KW}$$

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bonn . . . . .	1320	1280	1300	1600	1340	1103
Köln . . . . .	2400	2600	2280	2160	2740	3310
Düsseldorf . . .	1805	1830	2167	3181	3198	3793
Elberfeld . . . .	921	1071	1447	2776	2514	2709
Rostock . . . . .	1362	1572	1882	1950	1993	2085

Wie aus den beiden Tabellen 26 und 27 hervorgeht, hat sich in vielen Fällen, z. B. in Düsseldorf und Köln, diese

Tabelle 27.  
Erzeugte Energie  
ges. Leistung der Zentrale  
 = Benutzungsdauer der ges. Leistungsfähigkeit.

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bonn . . . . .	220	284	430	554	538	864
Köln . . . . .	1388	840	913	706	1471	2188
Düsseldorf . . .	754	902	888	1481	1283	1235
Elberfeld . . . .	610	726	703	981	1094	1411
Rostock . . . . .	678	520	724	740	656	741

Benutzungsdauer ganz wesentlich gehoben, was noch deutlicher zum Ausdruck kommt, wenn die erzeugte Energie in Prozent zur max. Leistungsfähigkeit ausgerechnet wird, was in Tabelle 28 geschehen ist.

Tabelle 28.  
Erzeugte Energie in %  
 Max. Leistungsfähigkeit mal 8760 Std.  
 = Ausnutzung der Maschinen.

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bergen . . . . .	6,80	8,30	9,30	12,00	17,60	13,6
Bonn . . . . .	4,85	5,87	9,10	11,80	13,10	16,00
Köln . . . . .	19,4	9,6	10,50	24,80	31,3	37,80
Düsseldorf . . .	14,7	17,6	13,6	26,10	21,00	17,60
Elberfeld . . . .	6,97	8,29	8,05	11,20	12,49	16,13
Regensburg . . .	6,60	8,60	9,70	18,00	14,60	15,70
Rostock . . . . .	12,60	7,60	11,10	13,20	8,00	10,40

Hiernach ist z. B. in Köln und Düsseldorf die Ausnutzung der Maschinen von 10,5 bzw. 13,6 auf 24,8 bzw. 26,10, also auf das Doppelte gestiegen. Die bessere Ausnutzung der Betriebsmittel ist zunächst von größtem Einfluß auf die Betriebskosten. Es sind deshalb in den Tabellen 29—31 die festen und veränderlichen Kosten der Stromerzeugung verschiedener städtischer Werke vor und nach dem Anschluß der Straßenbahnen zusammengestellt worden, aus denen hervorgeht, daß die festen Gesteungskosten des Stromes vielfach sofort auf die Hälfte der bisherigen Kosten zurückgingen, wie z. B. in den Städten Köln und Rostock. Hierbei darf nicht außer acht gelassen werden, daß für die Versorgung

der Bahnen in beiden Städten vollständig neue Maschinen mit allem Zubehör aufgestellt werden mußten, deren Kosten z. B. für Köln ca. 2 Millionen Mark betragen.

Tabelle 29.  
Ausgaben in Pfennig pro nutzbare KWstd.

Köln	Vor Betriebsöffnung			Nach Betriebsöffnung		
	1. Zinsen und Abschr. . . . .	15,25	17,10	18,50	16,50	7,65
2. Brennmaterial. . . . .	3,93	4,51	5,32	4,47	2,94	2,46
3. Gehälter und Löhne. . . . .	2,74	3,14	3,10	2,48	1,27	1,36
4. Unterhaltung . . . . .	1,61	1,26	2,37	2,54	1,08	1,29
5. Sonstiges . . . . .	0,63	0,68	0,57	0,56	0,38	0,21
Summa 2-5	8,91	9,59	11,36	10,05	5,67	5,32

Tabelle 30.  
Ausgaben in Mark pro nutzbare KWstd.

Königsberg	Vor Betriebsöffnung			Nach Betriebsöffnung		
	1. Zinsen und Abschr. . . . .	14,00	11,40	9,40	7,35	7,40
2. Brennmaterial . . . . .	8,33	8,87	5,10	3,53	3,79	3,37
3. Gehälter und Löhne . . . . .	4,91	4,64	3,20	2,83	2,99	2,99
4. Schmiermaterial . . . . .	0,86	0,70	0,60	0,53	0,51	0,39
5. Unterhaltung . . . . .	2,62	2,78	1,90	1,37	1,20	1,46
6. Sonstiges . . . . .	1,33	1,28	1,00	0,79	0,98	3,53
Summa 2-6	18,05	18,27	11,80	9,05	9,47	11,74

Tabelle 31.  
Ausgaben in Mark pro nutzbare KWstd.

Rostock	Vor Betriebsöffnung			Nach Betriebsöffnung		
	1. Zinsen und Abschr. . . . .	21,50	22,20	18,50	10,60	11,50
2. Brennmaterial . . . . .	7,30	5,89	2,64	2,39	2,49	2,49
3. Schmiermaterial . . . . .	0,50	0,50	0,60	0,56	0,64	0,44
4. Gehälter und Löhne . . . . .	5,90	5,32	4,47	2,82	2,82	2,91
5. Unterhaltung . . . . .	1,60	1,38	0,96	0,84	1,38	1,10
6. Sonstiges . . . . .	6,70	7,16	4,80	3,88	2,93	2,52
Summa 2-6	22,00	20,25	13,47	10,49	10,26	9,46

Ein ähnlicher Einfluß läßt sich auch auf die veränderlichen Kosten feststellen; im besonderen sind z. B. die Kohlenkosten, Löhne, Unterhaltung usw. bei vielen Werken, wie z. B. Köln, Königsberg, Rostock ganz beträchtlich, teilweise bis zu 50 % unter die früheren Ausgaben gesunken. In Städten, wie z. B. Köln, in welchen die Straßenbahn in der zweiten Hälfte des Jahres in Betrieb kam, tritt dieser Rückgang der Ausgaben erst im darauffolgenden Jahre deutlich in die Erscheinung. Durch den Anschluß der Straßenbahnen wurde, wie schon hervorgehoben, in den meisten Fällen eine Erweiterung des Werkes erforderlich, was zunächst einen Rückgang der Einnahmen in Prozenten des Anlagekapitals verursachte. Dies war naturgemäß nur ein vorübergehender Zustand, da in den darauffolgenden Jahren die Einnahmen durch die vermehrte Stromabgabe und bessere Ausnutzung der Betriebsmittel wieder umso mehr anstiegen. In denjenigen Städten, in welchen die Straßenbahnen ohne weiteres angeschlossen werden konnten, macht sich die vermehrte Einnahme dagegen, wie aus der folgenden Tabelle 32 hervorgeht, schon im ersten Jahre nach der Betriebseröffnung bemerkbar.

Tabelle 32.

Einnahmen in Prozenten des Anlagekapitals.

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bonn . . . . .	13,70	15,70	19,70	22,20	21,60	25,60
Köln . . . . .	20,30	18,50	17,20	15,60	19,30	19,50
Düsseldori . . . .	19,10	23,20	35,60	63,00	35,72	40,50
Königsberg . . . .	19,30	22,50	21,80	23,90	25,00	27,30
Regensburg . . . .	7,06	7,90	8,30	11,20	12,20	13,40
Rostock . . . . .	16,30	14,50	15,30	18,60	17,80	17,00

Für die Stadt Köln trat durch die Erweiterung des Werkes zunächst ein Rückgang der Einnahmen von 17,2 % auf 15,6 % ein. Im Mittel der vier Jahre vor und nach Eröffnung des Bahnbetriebes stiegen dieselben jedoch von 642 000 M. auf 1 598 000 M., also um mehr als das Doppelte. Wenn auch ein Teil dieser Mehreinnahmen auf die gleichzeitig wachsende Stromabgabe der Licht- und Kraftkonsumenten zurückzuführen ist, so ist doch die Straßenbahn in wesentlich höherem Maße daran beteiligt.

Bezieht man die Einnahmen auf die gesamte, nutzbar abzugebende Energie, so findet man, wie Tabelle 33 zeigt, einen wesentlichen Rückgang derselben.

Tabelle 33.  
Einnahmen in Pfennig pro nutzbare KWstd.

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bonn . . . . .	71,10	63,10	49,89	44,46	42,31	43,16
Köln . . . . .	41,51	42,18	43,03	34,33	19,69	14,83
Düsseldorf . . .	49,18	46,31	37,73	27,16	23,53	19,08
Königsberg . . .	36,34	36,00	26,00	23,39	24,84	26,67
Regensburg . . .	44,75	42,35	40,34	27,48	27,36	27,81
Rostock . . . . .	41,40	40,46	35,50	25,10	25,90	24,55

Der Grund hierfür liegt vor allem an dem Strompreis der Bahnen, welcher in richtiger Erkenntnis der großen Vorteile der Versorgung dieser Großabnehmer bei allen Werken wesentlich niedriger als der allgemeine Verkaufspreis des Stromes, in einigen Fällen allerdings zu billig, bemessen wurde, wie später gezeigt werden soll. Immerhin ergibt jedoch eine Aufstellung der Bruttoüberschüsse vor und nach der Betriebsöffnung der Bahnen gemäß der nachstehenden Tabelle 34 für die meisten Werke ein wesentlich günstigeres Resultat.

Tabelle 34.  
Brutto-Überschuß in Prozenten des Anlagekapitals.

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
Bonn . . . . .	6,13	7,84	11,05	11,00	10,85	13,42
Köln . . . . .	14,50	13,00	11,30	9,45	12,24	10,65
Düsseldorf . . .	14,18	17,84	27,59	48,40	24,74	27,24
Königsberg . . .	9,70	11,08	11,90	14,60	15,47	15,44
Regensburg . . .	1,45	4,30	4,80	5,83	6,63	7,42
Rostock . . . . .	8,60	7,60	9,86	11,22	10,51	11,05

So stiegen z. B. in Köln die Brutto-Überschüsse im Mittel von 4 Jahren von 470 000 M. auf 997 000 M., also um 108 %, und der Reingewinn von 348 000 M. pro Jahr auf 740 000 M., d. h. um ca. 112 %. Da die Kölner Straßenbahn den Bahnstrom nicht zu den Selbstkosten, sondern mit einem gewissen Aufschlag erhält, so sind von obiger Summe die Stromeinnahmen für den gelieferten

Bahnstrom in Abzug zu bringen. Dieselben ergeben sich nach der folgenden Aufstellung im Mittel mit jährlich rund 100 000 M.

Jahr	Verbrauch der Bahn in KWstd.	Gezahlter Preis in Pf.	Selbstkosten in Pf.	Gewinn des EW
1902/03	4 287 000	8,62	7,15	63 000
1903/04	6 974 000	8,36	6,99	96 000
1904/05	7 681 000	8,01	6,51	110 000
1905/06	9 134 000	7,43	5,92	138 000
			Mittel	100 000

Die Tabelle 35 ergibt die Werte des Netto-Überschusses einiger EW nach Abzug eines einheitlichen Wertes von 7,5 % für Zinsen und Abschreibungen.

Tabelle 35.

Netto-Überschuß in Mark nach Abzug von 7,5 % für Zinsen und Abschreibung.

	Vor Betriebseröffnung			Nach Betriebseröffnung		
	Bonn . . . . .	15 365	3 849	41 755	41 466	44 681
Köln . . . . .	219 114	210 565	176 437	113 067	334 129	246 611
Düsseldorf . . .	126 625	184 578	342 303	667 248	464 863	520 839
Königsberg . . .	87 734	133 317	225 653	260 253	270 940	216 604
Rostock . . . . .	7 309	853	24 600	43 993	42 262	57 780

## E. Die industriellen Großabnehmer.

Wie die Straßenbahnen werden auch die übrigen Großkonsumenten je nach der Stromentnahme einen bestimmten Einfluß auf den Betrieb eines EW ausüben. Es läßt sich derselbe nur nicht in der gleichen einwandfreien Weise wie vorher allgemein nachweisen, da die Werke über deren Versorgung keine besonderen Statistiken führen und die letztere vielfach auch aus dem gleichen Kabelnetz wie diejenige der Kleinabnehmer erfolgt. Wenn deshalb wieder ein spezielles Beispiel herangezogen werden darf, so sei auf die nachfolgende Tabelle 36 hingewiesen, welche für das EW I diejenigen Faktoren vor und nach dem Beginn der Versorgung der Großindustrie im Jahre 1907/08 zusammenfaßt, die für eine bessere Ausnutzung der Zentrale in Frage kommen.

Tabelle

	1905/06	1906/07
Nutzbare Abgabe in KWstd. für Licht und Kraft	6 191 800	7 529 929
Desgl. für Bahnbetrieb . . . . .	9 134 010	11 053 060
Prozentuale Zunahme der Leistung der angeschl. Motoren . . . . .	38,4	27
Mittlere Leistung der angeschl. Motoren in PS	4	4
Benutzungsdauer eines angeschl. KW f. Licht und Kraft . . . . .	623	602
Benutzungsdauer des höchsten gleichzeitig be- nutzten KW für Licht und Kraft . . . .	1760	1640
Ausnutzung der Zentrale in Prozent . . . .	31,6	32,2
Kohlenkosten pro nutzbare KWstd in Pf . .	2,30	2,36
Kohlenverbrauch „ „ in kg . . . . .	1,69	1,65
Jährliche Gesamtverluste in Prozent . . . .	13,6	14,4
Erzeugungskosten pro nutzbare KWstd in Pf. .	4,90	4,90

Vor allem zeigt die Zusammenstellung im Jahre 1907 eine beträchtliche Steigerung der jährlichen Neuanschlüsse von Motoren, verbunden mit einer wesentlichen Erhöhung der Durchschnittsleistung der letzteren. Wenn auch hierzu die Kleinabnehmer mit beigetragen haben, so ist der Einfluß der Großindustrie doch jedenfalls entscheidend. Es würde z. B. den Kleinabnehmern nicht möglich gewesen sein, das Verhältnis der mittleren Tagesbelastung zur maximalen Abendbelastung, welches vor allem für die Reduktion der Gestehungskosten in Frage kommt, derart günstig zu beeinflussen, wie dies in der Tabelle 10 dargestellt wurde.

Vergleicht man nun zunächst die einzelnen eingetragenen Zahlen vor und nach dem Jahre 1907 miteinander, so findet man, daß dieselben nach diesem Zeitpunkt sich sämtlich in günstigem Sinne wesentlich geändert haben. Eine Ausnahme machen nur die Kohlenkosten pro nutzbare KWstd, welche im Jahre 1907/08 von 2,36 Pf. auf 2,46 Pf. stiegen. Da aber gleichzeitig der Kohlenverbrauch pro KWstd in demselben Zeitraum von 1,65 auf 1,60 Pf. gefallen ist, kann die Erhöhung der Kohlenkosten nur auf die ungünstigeren Einkaufspreise zurückgeführt werden. In den folgenden Jahren nehmen die Ausgaben für Kohlen, wie auch der Kohlenverbrauch, allmählich wieder bedeutend ab, woraus hervorgeht, daß unbedingt eine Verbesserung in der Ausnutzung der

36.

1907/08	1908/09	1909/10	1910/11	1911/12
9 614 558	13 543 179	16 855 353	20 432 062	27 006 024
12 574 600	12 944 600	11 577 484	11 651 000	13 112 430
39	38,6	22	11,5	17,3
4,6	5,4	5,25	5,27	5,45
630	674	684	728	846
1830	2180	2520	2730	2600
38	39,4	40,5	40,0	37,1
2,46	2,34	2,28	2,14	2,09
1,60	1,52	1,48	1,39	1,38
12,6	13,7	14,9	14,5	13,6
5,04	4,40	4,16	3,99	3,46

Betriebsmittel stattgefunden hat, da die Verluste sogar etwas ansteigen. Es ist dies auch nicht anders möglich, da, wie die Tabelle 36 zeigt, die Ausnutzung der Zentrale nach dem Jahre 1907 wesentlich gestiegen ist, und zwar von dem bisherigen Werte 32,2 % auf 39,4 % bzw. 40,5 %. Daß hierbei nicht der Einfluß der Straßenbahnen, sondern lediglich derjenige der übrigen Tageskonsumenten in Frage kommt, geht am besten daraus hervor, daß im Jahre 1909/10 der Verbrauch der Straßenbahnen infolge des Einbauens von Stromzählern in den einzelnen Wagen bedeutend abgenommen hat und trotzdem die Werte der Ausnutzung des Werkes wie alle übrigen Faktoren ihre steigende Tendenz unverändert beibehalten haben. Ferner darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß das Verhältnis des Bahnstromes zum Licht- und Kraftstrom, welches in den Jahren 1905 und 1906 noch ca. 1,5 betrug, im Laufe der Jahre immer mehr abgenommen und sich zu Gunsten des Licht- und Kraftstromes verändert hat; dasselbe betrug laut Tabelle im Jahre 1910/11 nur noch ca. 0,5. Für die Behauptung spricht ferner auch die Benutzungsdauer eines angeschlossenen KW für Licht und Kraft, welche im Jahre 1906/07 602 war, aber schon im folgenden Jahr auf 630 und dann allmählich bis auf 846 anstieg. Daß bei dieser günstigen Entwicklung auch die Gestehungskosten pro nutzbare KWstd, welche in den Jahren 1905/1907 ca. 4,90 Pf. betragen, sich allmählich erniedrigen mußten, ist einleuchtend,

wenn auch eine vorübergehende geringe Erhöhung derselben durch die teureren Kohlenpreise im Jahre 1907 nicht ausbleiben konnte.

In der nachfolgenden Fig. 14 sind die Kurven der Tages- und Abendbelastung des EW I in den einzelnen Monaten der

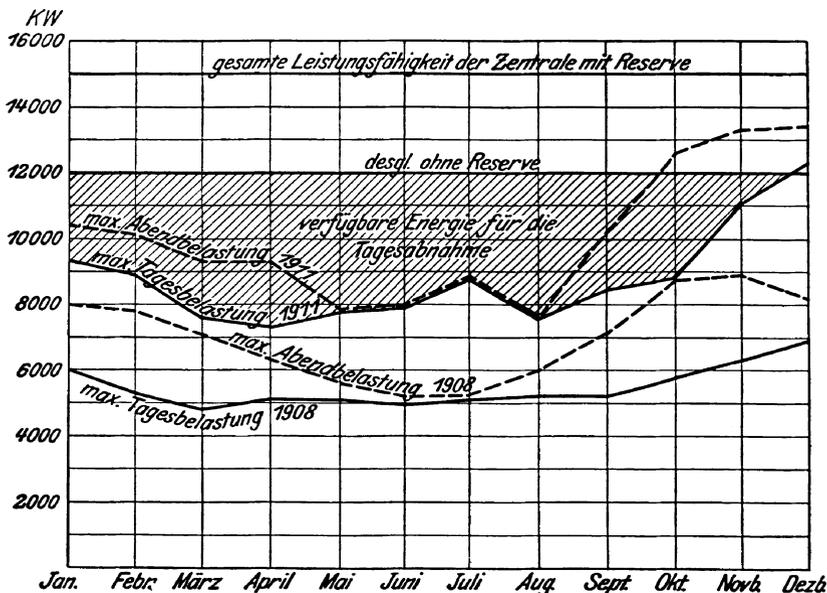


Fig. 14.

Jahre 1908 und 1911 aufgetragen, in welchen die Zentralenleistung maximal 15 000 KW und unter Berücksichtigung der Reserve von 3000 KW insgesamt 12 000 KW betrug. Es geht aus denselben deutlich hervor, wie die für die Tageskonsumenten verfügbare Energie, insbesondere unter dem Einfluß der Großindustrie, im Laufe der Jahre bedeutend kleiner geworden ist, wodurch sich auch die vorhin zahlenmäßig nachgewiesene Ausnutzung der Betriebsmittel erklärt.

Ein ähnlich günstiges Resultat zeigen auch die in der folgenden Tabelle 37 angegebenen Betriebsdaten des EW II, wengleich sich auch hier der Einfluß der vorgenommenen beträchtlichen Erweiterungen bei einigen Werten bemerkbar macht. Hervorgehoben muß jedoch werden, daß bei diesem Werk ein Einfluß der Straßenbahnen nicht in Frage kommt.

Tabelle 37.

	1909	1910	1911
Nutzbar abgegebene KWstd für Licht und Kraft . . .	12 098 241	21 239 205	31 701 665
Benutzungsdauer eines angeschl. KW für Licht und Kraft . . . . .	992	1300	1310
Benutzungsdauer der angeschl. KW am Tage des höchsten Verbrauches . . . . .	4,80	6,48	7,47
Benutzungsdauer der ges. Leistungsfähigkeit des Werkes	2221	1730	1563
Benutzungsdauer der maximalen KW. . . . .	3028	3304	3116
Jährlicher Verlust . . . . .	9,2%	10,7 %	10,4 %
Pro WE erzeugte Wattstunden	0,110	0,118	0,114
Betriebskosten pro nutzbare KWstd in Pf. . . . .	3,14	3,24	3,22

Als ein letztes Beispiel für die Entwicklung eines EW durch die Versorgung der Industrie, insbesondere Großabnehmer, seien noch die Oberschlesischen EW erwähnt, welche im Jahre 1897 von der AEG als Generalunternehmerin ausgeführt wurden und sich im Laufe der Jahre zu einem der bedeutendsten Elektrizitäts-Unternehmen entwickelt haben. Die Werke mit ihren beiden Zentralen in Zaborce und Chorzow versorgen den größten Teil der Gemeinden und industriellen Anlagen des Oberschlesischen Industriegebietes mit elektrischer Energie und erzeugten im Geschäftsjahr 1911 rund 114,6 Millionen KWstd, von denen ca. 83 %, also rund 100 Millionen KWstd nutzbar abgegeben wurden. Von diesen entfallen auf die Großindustrie und Straßenbahnen ca. 86,6 Millionen, während der übrige Teil von dem Kleingewerbe und der Straßenbeleuchtung verbraucht wird.

Die Entwicklung des Werkes geht noch besser aus der nachfolgenden Tabelle 38 der erzeugten KWstd in den letzten 12 Jahren hervor, in welcher die bedeutende Zunahme der Stromabgabe für die Großindustrie inkl. Straßenbahn von ca. 89 % in dem Jahre 1904, und von 45,5 und 43 % in den Jahren 1906 und 1908 besonders auffällt. In der Zusammenstellung sind weiter noch die Werte der Benutzungsdauer der maximalen Zentralenbelastung

eingetragen, welche unter dem Einfluß der bedeutenden Kraftabgabe tagsüber und während der Nachtstunden mit jedem Jahr günstiger werden.

Tabelle 38.  
Nutzbar abgegebene Energie in Kilowattstd.

	Großindustrie	Straßenbahnen	Summa	Benutzungsdauer der maximalen Zentralbelastung
1900	2 202 391	2 155 212	4 357 603	1 874
1901	3 000 244	2 459 569	5 459 813	2 025
1902	3 875 386	2 815 337	6 690 723	2 074
1903	5 485 574	2 449 167	7 934 741	2 129
1904	12 209 606	2 793 665	15 003 271	2 633
1905	15 175 306	2 787 086	17 962 392	2 655
1906	22 907 106	3 213 710	26 120 816	2 949
1907	28 913 149	3 947 493	32 860 642	2 908
1908	42 827 864	4 234 430	47 062 294	3 172
1909	51 817 444	4 325 921	56 143 365	3 281
1910	67 660 988	4 135 013	71 796 001	3 482
1911	80 685 942	5 918 467	86 604 409	3 134

Daß zu diesem Ergebnis außer der vorteilhaften örtlichen Lage des Werkes in einem reinen Industriegebiet vor allem die glückliche Wahl des Tarifsystems beigetragen hat, ist unzweifelhaft. Das letztere, auf dessen Hauptgrundzüge schon im Abschnitt B hingewiesen wurde, hat für Abnehmer außer einem billigen Strompreise noch den ganz besonderen Vorzug, daß für die Berechnung der Stromkosten nur diejenige Belastung berücksichtigt wird, welche von den Höchstverbrauchsmessern während der Hauptlichtperiode angezeigt wird. Der Abnehmer ist infolgedessen in der Lage, außerhalb der letzteren den Strom nach Belieben, d. h. ohne Rücksicht auf die Belastung des Werkes, zu entnehmen. Für das letztere wird andererseits durch diese Festsetzung erreicht, daß die maximale Belastung in den Wintermonaten abends nur ganz unwesentlich höher als am Tage wird und infolgedessen ein ausgesprochenes Abendmaximum überhaupt nicht vorhanden ist. Zur Darstellung dieser Tatsache wurden nachstehend für die einzelnen Monate des letzten Halbjahres 1911 die mittleren und maximalen Belastungen während der Tages-, Abend- und Nacht-

stunden, sowie ihr Verhältnis zueinander eingetragen. Hiernach ist in den Monaten Juli, August und September die mittlere Tagesleistung etwas höher als die maximale Abendbelastung, so daß also das Werk den ganzen Tag über ziemlich gleichmäßig arbeitet, zumal auch die Nachtbelastung ca. 50 % der mittleren Tagesleistung beträgt.

Tabelle 39.

1911	Mittlere Tagesbel. = a	Maximale Abendbel. = b	Maximale Tagesbel. = c	Mittlere Nachtbel. = d	$\frac{b}{a}$	$\frac{b}{c}$	$\frac{d}{a}$
Juli . . .	17 750	15 750	18 250	9 500	0,89	0,865	0,54
August . .	19 000	16 750	19 300	10 500	0,88	0,866	0,55
September	19 250	17 300	19 500	10 750	0,90	0,89	0,56
Oktober .	20 000	20 750	20 500	11 500	1,03	1,01	0,575
November.	21 500	25 750	22 500	11 700	1,2	1,14	0,545
Dezember .	23 000	25 100	25 400	11 500	1,09	0,99	0,50

In den folgenden Wintermonaten ist die maximale Abendbelastung auch nur unbedeutend höher als die mittlere Tagesleistung und ziemlich gleich der maximalen Belastung am Tage. Die Beanspruchung des Werkes während der Nachtstunden ist in dieser Zeit wiederum ca. 50—55 % der mittleren Tagesleistung. Es liegen hier somit Verhältnisse vor, wie sie kaum günstiger in einer anderen Zentrale anzutreffen sind. Um diese noch weiter zu verbessern, hat das Werk im letzten Geschäftsjahr den Versuch gemacht, in größerem Maßstabe Strom aus fremden Zentralen zu beziehen, in der Erwägung, daß besonders bei Bergwerken die eigenen Anlagen zu gewissen Zeiten größere Energiemengen zur Verfügung haben, in denen die Betriebsmittel der EW auf das höchste beansprucht sind. Es liegt auf der Hand, daß ein derartiges Zusammenarbeiten für beide Teile nur von Vorteil sein kann. So wurden im Jahre 1911 im ganzen ca. 4,3 Millionen KWstd bezogen und hierfür ein Preis von 1,6 Pf. pro KWstd bezahlt.

Um nun für vorliegenden Fall den Einfluß der Versorgung der Großindustrie nochmals besonders darzulegen, sind in der nachstehenden Fig. 15 die jährlichen prozentualen Zunahmen der Belastungen der Groß- und Kleinabnehmer sowie der Benutzungsstunden der maximalen Zentralenleistung in Kurvenform aufgetragen. Während die Belastung der Industrie mit jedem Jahr

um ganz beträchtliche Werte, die im Minimum 20 % betragen, größer wird, ist die Zunahme der Kleinabnehmer bedeutend geringer. Dieselbe nimmt sogar von einem Werte von 62 % im Jahre 1901 allmählich mit jedem Jahr mehr und mehr ab, um im Jahre

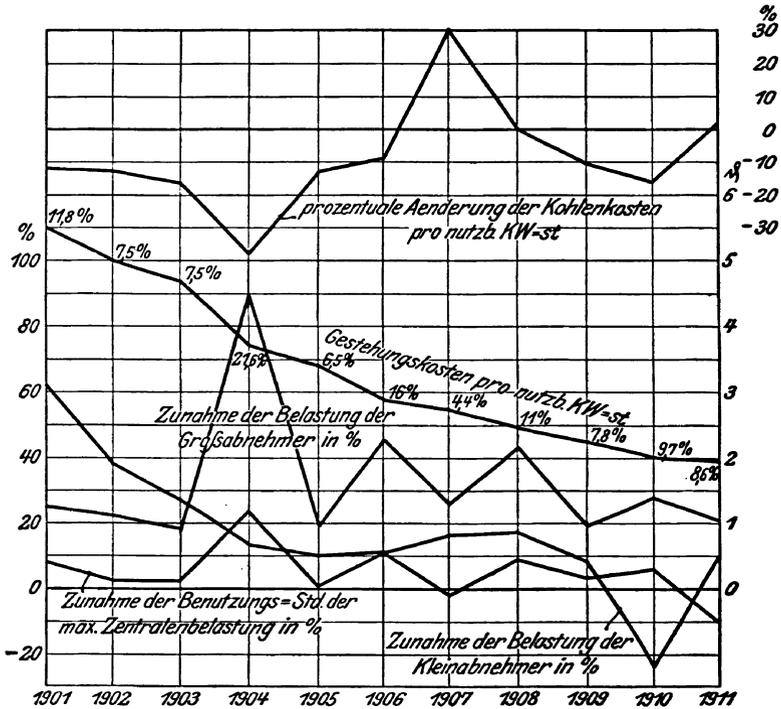


Fig. 15.

1907 vorübergehend etwas anzusteigen. Vom Jahre 1909 ab, wo diese Belastungszunahme nur noch ca. 8 % beträgt, fällt sie sogar bis auf — 23 %, steigt im folgenden Jahr 1910 dagegen wieder auf den früheren Wert. Es geht hieraus zunächst hervor, daß hier den größten Einfluß auf die Betriebsergebnisse die Versorgung der Großindustrie ausübt, wenngleich auch die relativ geringe Stromversorgung der Kleinabnehmer ebenfalls etwas dazu beigetragen hat. Daß diese Behauptung zutrifft, läßt auch die Kurve der Benutzungsstunden des Zentralenmaximums deutlich erkennen, welche sich, wie ersichtlich, in ihrem ganzen Verlauf der Großabnehmerkurve vollständig anpaßt und vor allem auch die großen

Spitzen in den Jahren 1904, 1906 und 1908 aufweist. In der Fig. 15 wurden ferner noch die jährlichen Kohlenkosten pro nutzbare KWstd eingetragen, eine Kurve, welche im allgemeinen das Spiegelbild der vorigen beiden Kurven gibt und deshalb im Jahre 1904 infolge der besonders günstigen Ausnutzung des Betriebes einen bedeutenden Abfall zeigt. Das plötzliche Ansteigen der Kosten im Jahre 1907 ist, wie schon bei Gelegenheit der Untersuchung des EW I hervorgehoben wurde, lediglich auf das rapide Ansteigen der Kohlenpreise zurückzuführen. Die Kurve der gesamten Gesteungskosten pro nutzbare KWstd zeigt ein andauerndes Fallen, und insbesondere im Jahre 1904 infolge der bedeutenden Zunahme des Stromverbrauches der Großindustrie ein plötzliches beträchtliches Sinken von 4,67 Pf. auf 3,664 Pf., also um 21,6%. Selbst im Jahre 1907 behält die Kurve ihre gleichmäßig fallende Tendenz bei; die Mehrausgabe für Kohlen wurde in diesem Jahr durch wesentliche Ersparnisse an den übrigen Betriebsausgaben ausgeglichen.

## F. Einfluß der Großabnehmer auf die Tarifpolitik.

### 1. Strompreise für Kleinverbraucher.

Während schon die Bahnanlagen auf eine Reduktion der bisherigen Strompreise hinwiesen, kam vor einigen Jahren noch ein weiterer Gesichtspunkt mit Rücksicht auf die Großabnehmer hinzu, nämlich die große Verbesserung der Sauggasanlagen. Die letzteren sind seit jener Zeit in einer Weise vervollkommenet worden, daß in ihnen den Großabnehmern ein relativ billiges und zugleich verhältnismäßig bequemes Mittel geboten ist, ihren Bedarf an elektrischer Energie selbst herzustellen. Wenn auch diese Vorteile sich im Laufe der Zeit als nicht so erheblich erwiesen und sogar große Mängel der Sauggasanlagen bekannt wurden, so gaben dieselben doch Veranlassung, daß die bisherigen Strompreise einer genauen Revision unterzogen und in den meisten Werker, insbesondere den größeren städtischen Zentralen, erheblich reduziert wurden. Die Preisermäßigung hat dann weiter eine bedeutend lebhaftere Anschlußbewegung im Gefolge, wodurch die erlittene

finanzielle Einbuße in den meisten Fällen mehr als ausgeglichen wurde.

Was im speziellen z. B. die EW der Stadt Köln anbelangt, so betragen die Einnahmen für die an Privatkonsumenten nutzbar abgegebene KWstd im Jahre

1895/96 . . . . .	61,22 Pf.	1903/04 . . . . .	34,17 Pf.
1896/97 . . . . .	57,47 „	1904/05 . . . . .	27,14 „
1897/98 . . . . .	54,18 „	1905/06 . . . . .	27,91 „
1898/99 . . . . .	53 „	1906/07 . . . . .	23,95 „
1899/00 . . . . .	52,40 „	1907/08 . . . . .	21,49 „
1900/01 . . . . .	52,80 „	1908/09 . . . . .	17,05 „
1901/02 . . . . .	53,00 „	1909/10 . . . . .	15,28 „
1902/03 . . . . .	47,40 „	1910/11 . . . . .	13,94 „

Wie ersichtlich, nimmt die Durchschnittseinnahme nach Eröffnung der Straßenbahnen im Jahre 1901/02 infolge Tarifermäßigung stark ab, während sich gleichzeitig die Zahl der Konsumenten und die Größe der Anschlußwerte bedeutend erhöht. Die Zunahme der letzteren betrug pro Jahr

vor der Bahneröffnung	ca. 143 Abnehmer bzw.	463 KW
nach der Bahneröffnung	ca. 481 „ „	1271 KW

Die Stromabgabe für Licht und Kraft an Private stieg gleichzeitig im Jahresdurchschnitt vor dem Anschluß der Bahn um ca. 176 000 KWstd, nachher um ca. 1 000 000 KWstd. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die wirtschaftliche Lage in den Jahren 1902—1906 nach der Bahneröffnung eine günstigere als in den Jahren 1897—1901 war und die Entwicklung der EW innerhalb dieser Zeit mithin auch ohne Hinzukommen der Bahn eine schnellere gewesen sein würde, als in den vorhergegangenen Jahren.

## 2. Strompreise für Bahnanlagen.

Nach den vorstehenden Ausführungen liegt nun der Schluß nahe, daß im allgemeinen die EW mit Stromabgabe für Bahnbetrieb ein wesentlich besseres finanzielles Ergebnis als diejenigen Werke haben müssen, welche lediglich den Strom an Privatkonsumenten verkaufen. Um diese Frage zu untersuchen, wurde an Hand der Statistik der V. D. EW, Jahrgang 1911 eine Zusammenstellung der Einnahmen und Ausgaben von ca. 208 Werken mit und ohne Straßen-

bahnbetrieb angefertigt, und die Mittelwerte der Ergebnisse in nachstehender Tabelle 40 getrennt für Städte von 10—50 000, 50 000 bis 100 000 und über 100 000 Einwohner zusammengetragen. Wie ein Vergleich der Städte mit derselben Einwohnerzahl zeigt, ist das gesamte Anlagekapital der Werke pro KW der Gesamtleistungsfähigkeit der Zentrale in Orten ohne Straßenbahnbetrieb bedeutend höher als im anderen Fall. Es ist dies auf den günstigen Einfluß des letzteren zurückzuführen, welcher in vielen Fällen nur eine Vergrößerung des Werkes für die Abendstunden erforderte, da die Maschinen tagsüber ohne weiteres zur Verfügung standen. Es werden infolgedessen in Städten mit Straßenbahnbetrieb die jährlichen Ausgaben für Zinsen und Abschreibungen und, der besseren Ausnutzung der Betriebsmittel wegen, auch die gesamten Ausgaben pro nutzbare KWstd kleiner, wie aus der Tabelle 40 hervorgeht. Dem gegenüber sind aber die Einnahmen pro nutzbare KWstd bei Werken ohne Straßenbahn höher, was in der Hauptsache auf den Strompreis der Straßenbahn zurückzuführen ist.

Tabelle 40.

Finanzielle Ergebnisse der E.-W. in Städten mit und ohne Straßenbahnbetrieb.

	Einwohnerzahl	Einnahme pro KWstd. aus Straßenbahn- betrieb	Gesamte Ein- nahme pro nutz- bare KWstd.	Gesamte Aus- gabe pro nutz- bare KWstd.	Brutto-Über- schuß in % des Anlage- kapitals	Netto-Über- schuß in % des Anlage- kapitals	Zahl der Werke	Stromabgabe für Straßenbahn	Anlagekapital pro KW der Leistung der Zentrale
		Pf.	Pf.	Pf.	%	%	KWSt.	M.	
Städte ohne Straßenbahn- betrieb	10 000— 50 000	—	27,77	13,21	10,73	4,15	70	—	1926
	50 000—100 000	—	21,13	9,73	11,84	4,68	13	—	1239
	über 100 000	—	23,11	9,86	12,49	5,12	21	—	1147
Städte mit Straßen- bahnbetrieb	10 000— 50 000	12,31	23,17	10,66	9,76	4,25	32	310 500 (28 %)	1076
	50 000—100 000	10,84	19,75	8,16	12,19	4,35	38	690 000 (27,6%)	1043
	über 100 000	9,67	17,00	6,33	13,88	7,59	34	5 400 000 (24,6 %)	710
							208		

Wie die Zusammenstellung zeigt, ist das Verhältnis des Verbrauches der Straßenbahn zur gesamten Stromabgabe ungefähr 28 %, in Städten über 100 000 Einwohner sinkt dasselbe auf etwa 25 %. Es ist leicht ersichtlich, daß unter den Umständen der Strompreis für die Bahn für das Gesamtergebnis sehr in Betracht kommt, um so mehr, als er in den meisten Fällen, besonders, wenn sich die Bahn in städtischer Regie befindet, an die Grenze der Selbstkosten herankommt, vielfach sogar unter derselben festgesetzt worden ist. Wenn auch die Verrechnung des Stromes für die Stadt als solche in diesem Fall gleichgültig ist, so darf dieser Umstand doch bei einem Vergleich der Erträge verschiedener EW nicht außer acht gelassen werden.

Wie die Tabelle 40 zeigt, ist der mittlere Preis des Straßenbahnstromes bei einem Verbrauch von

jährlich	310 500 KWstd	. . . . .	12,31 Pf.
„	690 000	„ . . . . .	10,84 „
„	5400 000	„ . . . . .	9,67 „

Man sieht schon hieraus, wenn der letztere Preis zunächst als richtig angenommen wird, daß die beiden anderen zu niedrig sein müssen. Ein weiterer Beitrag für die vielfach unrichtige Festlegung des Straßenbahnstrompreises bietet die nachstehende Aufstellung 41 verschiedener Städte, nach welcher der Bahnstrom für den jährlichen Verbrauch zu billig, zuweilen sogar unter den Selbstkosten abgegeben wird. Hierbei ist noch besonders zu berücksichtigen, daß zum Vergleich nur die veränderlichen Kosten eingetragen sind, welche sich event. noch um einen gewissen Betrag für Zinsen, Tilgung usw. erhöhen.

Tabelle 41.

Stadt	Bahnstrom = KWstd.	Ausgaben pro erz. KWstd. exkl. Zinsen und Tilgung	Einnahmen für den Bahnstrom pro KWstd.
1	85 390	10,60	10,0
2	289 340	9,55	10,0
3	364 782	7,46	5,0
4	389 849	8,77	7,16
5	697 494	6,48	6,80
6	956 090	5,26	6,54
7	1 124 312	6,76	6,44

Als Vergleich hierzu gibt die nachstehende Aufstellung 42 den Verbrauch und die Kosten des Bahnstromes einiger größerer Städte, wodurch das Vorhergesagte noch mehr bestätigt wird.

Tabelle 42.

Stadt	Bahnstrom = KWstd.	Ausgaben pro erz. KWstd. exkl. Zinsen u. Tilgung	Einnahmen für den Bahnstrom pro KWstd.
Ludwigshafen . . .	1 066 957	5,17 Pf.	12,00 Pf.
Bonn . . . . .	1 250 881	4,65 „	10,48 „
Remscheid . . . .	1 191 122	5,57 „	8,00 „
Hagen . . . . .	1 294 505	2,32 „	7,49 „
M.-Gladbach . . .	1 315 893	3,38 „	14,70 „
Kassel . . . . .	2 374 103	6,91 „	11,05 „
Schöneberg . . . .	10 119 471	4,59 „	8,27 „
Köln . . . . .	11 651 000	3,10 „	6,97 „
Frankfurt . . . . .	13 879 425	3,47 „	8,21 „
München . . . . .	13 988 272	2,80 „	8,31 „
Dresden . . . . .	14 987 124	5,14 „	11,03 „
Hamburg . . . . .	21 696 946	—	12,50 „

Was die Brutto- und Nettoüberschüsse in Prozenten des Anlagekapitals anbelangt, so wachsen diese, wie ersichtlich, in den einzelnen Kategorien mit der Größe der Einwohnerzahl. Die ersteren sind in Städten von 10—50 000 Einwohnern, mit Straßenbahnbetrieb, etwas kleiner, in den beiden anderen Kategorien dagegen etwas größer als bei Städten ohne Straßenbahn. Der Nettoüberschuß stellt sich in den kleineren Städten für beide Fälle annähernd gleich, für Städte von 50—100 000 Einwohnern ist er sogar noch etwas kleiner, während in Großstädten über 100 000 Einwohner der günstige Einfluß des Straßenbahnbetriebes voll in die Erscheinung tritt. Im letzteren Fall spielt naturgemäß auch das relativ geringe Anlagekapital pro KW der Gesamtleistungsfähigkeit des Werkes eine große Rolle, welches hier nur ca. 710 M. in den übrigen Fällen dagegen 1000—2000 M. beträgt.

### 3. Großabnehmertarife.

#### a) Allgemeines.

In der Einleitung wurde schon erwähnt, nach welchen Gesichtspunkten die Ausgestaltung eines Tarifs im allgemeinen zu

erfolgen hat und hierbei hervorgehoben, daß für das Werk zunächst die Selbstkosten des Stromes in Betracht gezogen werden müssen, um unter allen Umständen eine Rentabilität der Anlage zu sichern. Als weitere Folge hiervon sind dann alle jene Faktoren zu berücksichtigen, welche auf die Gesteungskosten von besonderem Einfluß sind und zwar wurden als die wesentlichsten die folgenden gefunden:

1. Die maximale Inanspruchnahme der Zentrale.
2. Der Jahresverbrauch.
3. Das Zusammenfallen des Maximums der Anschlußanlage mit der maximalen Belastung des Werkes.
4. Die Benutzungsdauer.

Da der Tarif sowohl für den Erzeuger als auch für den Verbraucher Vorteile erzielen muß, so kommt ferner der Abnehmer in Frage und zwar ist zunächst von dessen Standpunkt die Wertschätzung der elektrischen Energie als Licht- und Kraftquelle zu prüfen, um einen Anhalt zu gewinnen, in welchem Maße der Konsument neben den direkten Betriebsausgaben auch zur Tragung der Kapitalkosten herangezogen werden kann.

Für einen Großbetrieb sind dann außer diesen Umständen in den einzelnen Fällen noch weitere Gesichtspunkte zu berücksichtigen, die sich durch die größere Stromentnahme und die Eigenart des Konsumenten ergeben; insbesondere muß vor allem hier noch mehr den wirtschaftlichen Verhältnissen des letzteren Rechnung getragen werden. Vom Standpunkte der Wertschätzung und Leistungsfähigkeit sollten die Großabnehmer im allgemeinen höher belastet werden als die Kleinverbraucher. Da sie jedoch meistens in der Lage sind, sich den Strom in einer eigenen Anlage selbst herzustellen, so ist die Wertschätzung in diesem Fall begrenzt durch die Höhe dieser Betriebskosten. Dem Kleinverbraucher ist es seltener möglich, den Strom selbst zu erzeugen; seine Wertschätzung wird infolgedessen zunächst durch die besonderen Vorteile und erst in zweiter Linie durch die Selbstkosten bestimmt sein. Der Großabnehmer wird deshalb den Preis elektrischer Energie fast ausschließlich nach den Kosten der KWStd einer eigenen Stromerzeugungsanlage beurteilen, welche naturgemäß zu allen Tagesstunden annähernd die gleichen sind. Er wird aus diesem Grunde auch beim Strombezug die Berechtigung einer Tarifierhöhung in den Stunden der Hauptlichtperiode oder

vielleicht sogar eines getrennten Licht- und Krafttarifes nicht einsehen wollen.

Wenn nun nach den bisherigen Darlegungen die Kosten der Erzeugung wesentlich von der Beanspruchung des Abendmaximums abhängen, so sollten diese doch aus vorstehendem Grunde bei einem Großabnehmer nicht in dem Maße in Betracht gezogen werden, wie dies im allgemeinen bei den Kleinverbrauchern notwendig ist. Es muß ferner auch noch hierbei berücksichtigt werden, daß bei einer richtigen Tarifpolitik und einer steigenden allgemeinen Anwendung des elektrischen Stromes sich zwar das abendliche Maximum erhöhen wird, jedoch voraussichtlich nicht in dem Maße, wie die Ausnutzung des Werkes ansteigt. Es ist aus diesen Gründen auch ein Doppeltarif mit erhöhtem Strompreis während der Hauptbeleuchtungsperiode im allgemeinen nicht zu empfehlen. Man würde dadurch dem Großbetrieb, welcher in den meisten Fällen seine Fabrikation nicht bei Anbruch der Dunkelheit einstellen kann, Einschränkungen in der Stromentnahme aufzwingen, die jedenfalls nicht im Interesse des Werkes sind.

Da die festen Kosten sich mit der Zeitdauer des Verbrauches ändern, so werden, wie schon früher dargelegt, die Selbstkosten und damit auch die Strompreise um so geringer sein können, je mehr die Zeitdauer, d. h. die Benutzungsstundenzahl zunimmt.

Der Besitzer einer eigenen Anlage wird aber im allgemeinen auf Benutzungsstunden keine Rücksicht nehmen und wie schon hervorgehoben, nur die Kosten pro KWstd bei Selbsterzeugung als maßgebend anerkennen. Es würde deshalb aus diesem Grunde nicht zweckdienlich sein, wollte man Großabnehmern den Tarif lediglich nach Betriebsstunden abstufen, wie dies allerdings von verschiedenen EW geschieht. Hierbei kommt noch besonders in Betracht, daß es in diesem Fall unmöglich ist, schon im voraus den mittleren Strompreis angeben zu können. Derselbe wird sich vielmehr erst am Ende des Jahres, sobald die maximale Beanspruchung der Zentrale bekannt ist, aus der Zahl der Benutzungsstunden feststellen lassen, was gleichfalls nicht im Sinne eines kaufmännischen Unternehmens ist, da dieses in der Lage sein muß, auch im voraus seine Ausgaben für Licht- und Kraftzwecke mit hinreichender Genauigkeit bestimmen zu können. Der Großabnehmer tariff muß deshalb vor allem einfach und ohne viele Klauseln und Bestimmungen sein, die dem betreffenden Konsumenten nur

unter ganz bestimmten Voraussetzungen zuteil werden. Da im allgemeinen bei einem Großkonsumenten der Motorenbetrieb und die dadurch entstehenden Kosten die Ausgaben für Beleuchtung wesentlich übersteigen, so sollten auch bei der Aufstellung eines Stromtarifs die Preise in erster Linie unter diesem Gesichtspunkte erwogen werden. Wenn auch, wie früher festgestellt wurde, von jedem Konsumenten eine bestimmte Summe pro Kilowatt aufzubringen ist, so wird man doch bei einem Großabnehmer zweckmäßig eine andere Form des Tarifs wählen und diese Kosten auf die Verbrauchseinheit verteilen, um dadurch den Tarif durchsichtiger und verständlicher zu machen. Nicht unerwähnt darf ferner bleiben der beim Anschluß eines Großindustriellen vielfach von Seiten des Stromlieferanten verlangte Abschluß eines längeren Vertrages. So berechtigt dieser auch vom Standpunkt des EW aus sein mag, insbesondere wenn dasselbe beträchtliche Aufwendungen für Kabel, vielleicht sogar Maschinen und dgl. zu machen hat, so darf doch nicht unberücksichtigt bleiben, daß im Laufe der Zeit große Änderungen in den Produktionsverhältnissen eintreten können, wodurch der Abnehmer vielleicht genötigt ist, unter ganz anderen Bedingungen zu arbeiten, als dies beim Abschluß des Vertrages vorauszusehen war. Man sollte deshalb die Dauer des letzteren im Interesse des Abnehmers auf das geringstmögliche Maß beschränken; ein Großindustrieller wird vielfach eher geneigt sein, etwas höhere Preise zu zahlen, als sich auf lange Jahre zu binden. Ausdem gleichen Grunde sollte auch die Festsetzung eines jährlichen Mindeststromverbrauches nach Möglichkeit unterbleiben.

Nach dem Vorstehenden dürften nun für einen Großabnehmer-tarif außer den allgemeinen Gesichtspunkten noch folgende besondere Erwägungen in Betracht zu ziehen sein.

1. Vor Abgabe eines Preises sind zunächst die vorliegenden Verhältnisse des Abnehmers genau zu studieren und der Einfluß der Stromversorgung desselben auf das Werk sorgfältig zu prüfen.

2. Es sind weiter die Kosten der Erzeugung des Stromes in einer eigenen Anlage in Betracht zu ziehen.

3. Die Strompreise sollten im wesentlichen nach dem Verbrauch abgestuft werden.

4. Dieselben können außerdem noch nach dem Zeitpunkt des Stromverbrauches insofern festgesetzt werden, als für Tages-

und Nachtkonsumenten im allgemeinen ein etwas geringerer Preis in Ansatz gebracht werden kann. Für Konsumenten, welche den Strom auch während der Hauptlichtperiode gebrauchen, wird ein höherer Durchschnittspreis in Frage kommen, jedoch sollte eine Erhöhung des Preises während der Abendstunden allein (Doppeltarif) vermieden werden.

5. Die Zeitdauer des Verbrauches, d. h. die jährlichen Benutzungsstunden sind insofern in Betracht zu ziehen, als je nach der Höhe derselben ein besonderer Extrarabatt bewilligt wird. Bei Konsumenten mit größerer Betriebsdauer kann man auch diejenigen Stundenzahlen ermitteln, welche bei einem bestimmten Einheitspreis zur Deckung der festen Kosten erforderlich sind. Der dieses Maß überschreitende Verbrauch kann dann zu einem wesentlich billigeren Preise abgegeben werden.

#### **b) Selbstkosten der Stromlieferung.**

Tritt man nun der Frage näher, wie die Gestehungskosten und zwar sowohl die festen als auch die veränderlichen auf einen Großabnehmer abzuwälzen sind, so ist ohne weiteres klar, daß die letzteren, welche direkt vom Verbrauch abhängig sind, unmittelbar im Verhältnis der Stromentnahme getragen werden müssen. Hierbei ist allerdings zu prüfen, ob und in wie weit durch den Anschluß des betr. Abnehmers eine Verbilligung der ursprünglichen Kosten event. durch die bessere Ausnutzung der Betriebsmittel möglich ist, was an Hand der früher gefundenen Kurve der Gestehungskosten für die verschiedene Ausnutzung des Werkes leicht geschehen kann. Man gelangt auf diese Art zu einer Einteilung der Großabnehmer nach der Zeit der Stromentnahme. Für diejenigen Anlagen, welche in der Lage sind, den Strom nur in den Tages- oder Nachtstunden zu entnehmen, wird man infolgedessen den Strom im allgemeinen mit einem geringen Aufschlage auf die direkten Betriebsausgaben abgeben können, da die Stromentnahme, wie aus den früheren allgemeinen Darlegungen hervorgeht, zu einer günstigeren Ausnutzung des Werkes und damit zu einer Verminderung der Gestehungskosten beitragen wird. Vorausgesetzt ist hierbei natürlich, daß die vorhandenen Betriebsmittel für die Versorgung ohne weiteres ausreichen. Falls die näheren Umstände es gestatten, sollte jedoch auch hier ein kleiner Teil der festen Kosten mit in Anrechnung gebracht werden, da nach den Betriebskostenkurven

auch die Tagesabgabe einen gewissen Anteil an denselben fordert. Ob man event. auch noch einen Teil der übrigen festen Kosten für Verzinsung und Abschreibung in solchem Fall mit einrechnen darf, hängt im wesentlichen von den Kosten bei einer eigenen Stromerzeugungsanlage ab. Das gleiche gilt in noch höherem Maße bei einer Abnahme während des ganzen Tages. Hierbei ist aber außerdem noch vor allem eine event. erforderlich werdende Erweiterung des Werkes in Rechnung zu ziehen und deren Einfluß auf die Selbstkosten zu berücksichtigen. Es kann dies ebenfalls zweckmäßig durch Aufstellung der früher beschriebenen Betriebskostenkurven geschehen.

Außer dieser Klassifizierung der Abnehmer nach den Tagesstunden kann dieselbe auch nach der Jahreszeit vorgenommen werden, wie dies vielfach auch in der Weise geschieht, daß Konsumenten, welche nur während der Hochsommermonate Strom abnehmen wie z. B. Ziegeleien, aus obigen Gründen billigere Preise erhalten.

Aus dem Vorhergesagten geht nun hervor, daß für die Versorgung von Großabnehmern die Durchführung eines einheitlichen Tarifschemas im allgemeinen unmöglich ist, da die Betriebsverhältnisse von Fall zu Fall sehr verschieden sind, ohne deren Berücksichtigung die Interessen des Lieferanten sowohl als auch die des Abnehmers nicht gewahrt werden können. Wenn deshalb von den einzelnen Werken trotzdem das Schema eines Normaltarifs und zwar im allgemeinen bis zu einer Abnahme von jährlich ca. eine Million KWstd aufgestellt wird, so kann dasselbe nach den früheren Erwägungen nur die Grundlage bilden. Die genaue Preisfestlegung wird erst das Resultat der weiteren Verhandlungen beider Parteien sein können, wobei dann im allgemeinen je nach den Verhältnissen auf die Preise des Normaltarifs noch gewisse Vergünstigungen zu gewähren sein werden. Außer besonderen Rabatten kämen hier der Anschluß an zwei unabhängige Kabel, kostenlose Herstellung der Anschlüsse und dgl. in Frage.

Für die Aufstellung eines Normaltarifs ist nun für das EW zunächst die genaue Kenntnis der Selbstkosten erforderlich, für deren Festsetzung außer den bisher in Rechnung gezogenen Kosten des elektrischen Stromes in der Zentrale, auch noch die Unkosten, welche durch den Betrieb des Leitungsnetzes entstehen, zu berücksichtigen sind. Wie schon früher hervorgehoben wurde, sind die

letzteren im Gegensatz zu den Kosten der Zentrale größtenteils feste Kosten, da die Unterhaltung und Bedienung des Netzes dieselben Ausgaben verursacht, gleichgültig ob viel oder wenig Energie durch dasselbe fortgeleitet wird. Das gleiche gilt auch für das Ablesen der Zähler, Ausschreiben und Einkassieren der Rechnungen usw., deren Kosten stets unabhängig von der Höhe des Konsums sind.

In denjenigen Anlagen, wo für den Anschluß der Großabnehmer besondere Leitungen von der Zentrale verlegt worden sind, werden naturgemäß nur deren Unterhaltungs- und Betriebskosten in die Rechnung einzuführen sein, während im andern Fall die anteiligen Kosten des gesamten Leitungsnetzes berücksichtigt werden müssen.

Bei dem EW I wird der größere Teil der Großabnehmer durch eine besondere Anlage mit höherer Spannung, als für das übrige Stadtnetz vorgesehen ist, versorgt. Es ist zu diesem Zweck eine besondere Transformatorstation errichtet, welche die Spannung des Stromes auf 6000 Volt erhöht, und an welche sich die Hauptspeisekabel für die Großindustrie anschließen.

Die Kosten dieser Anlage waren die folgenden

1. Kabelanlage . . . . .	486 700 M.	
2. Transformatoren und Schaltstationen . . . . .	94 300 „	
		Summa 581 000 M.

Die durch den Betrieb dieser Anlage jährlich entstehenden Kosten sind die folgenden

a) Feste Kosten

1. Amortisation und Verzinsung . . . . .	42 700 M.	
2. Allgemeine Verwaltung . . . . .	25 200 „	67 900 M.

b) Veränderliche Kosten

1. Betriebsmaterialien . . . . .	960 M.	
2. Unterhaltung und Löhne . . . . .	10 500 „	11 460 M.
		Summa 79 360 M.

Der Stromverbrauch der Großabnehmer dieses Werkes betrug im Jahre 1910/11 bei einer maximalen Belastung von ca. 2000 KW ca. 6 800 000 KWstd, so daß die Zentrale bei einem Energieverlust von ca. 5 % in den Kabeln ca. 7 150 000 KWstd zu erzeugen hatte.

Hierzu wären noch die in den Transformatoren auftretenden Verluste hinzuzuaddieren. Unter der Voraussetzung, daß 2 Transformatoren von je 1000 KW Leistung mit einem Eisenverlust von je ca. 4750 Watt und einem Kupferverlust von ca. 12,3 KW tagsüber vollbelastet während 10 Stunden in Betrieb sind, während in der übrigen Zeit ein 1000 KW-Transformator nur mit einer durchschnittlichen Belastung von 200 KW allein arbeitet, ergibt sich die folgende Rechnung.

Die Erregung der beiden Transformatoren erfordert

$$\begin{array}{r} 2 \cdot 10 \cdot 300 \cdot 4,75 = 28\,500 \text{ KWstd} \\ 1 \cdot 14 \cdot 300 \cdot 4,75 = 19\,950 \quad ,, \\ 1 \cdot 24 \cdot 65 \cdot 4,75 = 7\,410 \quad ,, \\ \hline 55\,860 \text{ KWstd} \end{array}$$

Die Kupferverluste beider Transformatoren betragen

$$\begin{array}{r} 1,23 \% \text{ von } 6\,000\,000 \text{ KWstd} = 73\,800 \text{ KWstd} \\ 0,140 \% \quad ,, \quad 1\,150\,000 \quad ,, = 1\,617 \quad ,, \\ \hline 75\,417 \text{ KWstd} \end{array}$$

sodaß ein jährlicher Gesamtverlust von 131 277 KWstd entsteht. An den Sammelschienen der Zentrale müssen infolgedessen zur Verfügung stehen  $7\,150\,000 + 131\,277 = 7\,281\,277$  KWstd bei einer maximalen Belastung von

2000 KW Sekundärleistung der 1000 KW-Transformatoren.

$2 \cdot 0,5 = 1,0$  KW für Erregung der 1000 KW-Transformatoren.

$2 \cdot 12,3 = 24,6$  KW für Belastungsverluste der 1000 KW-Transformatoren.

100,0 KW für Verluste im Hochspannungskabel

Summa 2125,6 KW

Auf Seite 17 waren die Gesamtausgaben der Zentrale berechnet mit 70 M. pro max. KW als feste Kosten und 1,95 Pf. pro KWstd als veränderliche Kosten.

Es ergeben sich infolgedessen für vorliegenden Fall:

$$\begin{array}{r} 2\,126 \cdot 70 = 148\,820 \text{ M.} \\ 7\,281\,277 \cdot 1,95 = 141\,985 \quad ,, \\ \hline \text{Summa } 290\,805 \text{ M.} \end{array}$$

Das Anlagekapital des Netzes betrug wie vorhin berechnet 581 000 M., d. h. 290 M. proK W.

Die Gesamtausgaben der Zentrale und im Leitungsnetz sind infolgedessen:

1. Stromkosten in der Zentrale . . .	290 805 M.
2. Stromkosten im Leitungsnetz . . .	79 360 „
Summa	370 165 M.

Bei einer nutzbaren Stromabgabe von 6 800 000 KWstd betragen somit die Selbstkosten pro KWstd 5,44 Pf.

Nach den früheren Berechnungen waren die durchschnittlichen Gestehungskosten des Stromes in der Zentrale mit 4,10 Pf. pro KWstd gefunden worden. Rechnet man hierzu noch die durch das Leitungsnetz entstehenden Kosten von  $\frac{79\,360}{6\,800\,000} = 1,2$  Pf., so ergeben sich die gesamten Selbstkosten mit 5,3 Pf. pro KWstd, ein Wert, welcher mit dem nach der Agtheschen Methode gefundenen gut übereinstimmt.

Obschon die einzelnen Werte der Betriebsausgaben für das Leitungsnetz in den verschiedenen Monaten naturgemäß schwer festzustellen sind, so läßt sich doch an Hand der vorhin berechneten Werte die Agthesche Kurve mit genügender Genauigkeit bestimmen.

Es betragen:

1. Für die Zentrale

Die festen Kosten inkl. Verzinsung und Abschreibung . . . . .

70 M. pro KWmax

Die veränderlichen Kosten . . . . .

2. für das Netz

Die festen Kosten inkl. Zinsen und Abschr.

$$\frac{67900}{2000} \cong 34 \text{ M. pro KWmax}$$

Die veränderlichen Kosten  $\frac{11\,460}{6\,800\,000} \cong . \quad 0,2 \text{ Pf. pro KWstd}$

Die Gleichung der Kurve lautet somit

$$y_1 = 104 \cdot KW + 0,0215 \cdot x$$

Berechnet man die Gestehungskosten pro 1 KW für verschiedene Betriebsstundenzahlen, so ergeben sich die folgenden Selbstkosten.

500 Std. pro KWstd	23,00 Pf.	5000 Std. pro KWstd	4,23 Pf.
1000 „ „ „	12,55 „	5500 „ „ „	4,05 „
1500 „ „ „	9,10 „	6000 „ „ „	3,88 „
2000 „ „ „	7,35 „	6500 „ „ „	3,75 „
2500 „ „ „	6,33 „	7000 „ „ „	3,63 „
3000 „ „ „	5,62 „	7500 „ „ „	3,54 „
3500 „ „ „	5,15 „	8000 „ „ „	3,45 „
4000 „ „ „	4,75 „	8500 „ „ „	3,37 „
4500 „ „ „	4,45 „		

Die vorstehenden Kosten würden, wie schon eingangs hervorgehoben, ohne weiteres für die Feststellung des Tarifs verwendet werden können, wenn das Maximum der Zentrale gleich der Summe der bei den Abnehmern installierten KW wäre. Da jedoch die Summe dieser im allgemeinen größer als die maximale Belastung der Zentrale ist, so wurden im folgenden die Selbstkosten unter Zugrundelegung der installierten KW berechnet. Diese Werte bieten dann annähernd einen richtigen Maßstab für die Verkaufspreise.

Es ergibt sich auf diese Weise die folgende Aufstellung:

1. Für die Zentrale	
die festen Kosten inkl. Zinsen und Abschreibung . . . . .	21 M. pro KW-Anschlußwert
die veränderlichen Kosten wie vorher . . . . .	1,95 Pf. pro KWstd
2. für das Netz	
die festen Kosten inkl. Zinsen und Abschreibung $\frac{67\ 000}{3000} \cong$ . .	23 M. pro KW-Anschlußwert
die veränderlichen Kosten wie vorher . . . . .	0,2 Pf. pro KWstd

Die Gleichung der Kurve ist in diesem Fall

$$y_2 = 44 \cdot KW + 0,0215 \cdot x$$

Es ergeben sich dann für die verschiedenen Betriebsstundenzahlen die folgenden Werte

500 Std. pro KWstd	10,95 Pf.	5000 Std. pro KWstd	3,04 Pf.
1000 „ „ „	6,75 „	5500 „ „ „	2,95 „
1500 „ „ „	5,08 „	6000 „ „ „	2,88 „

2000 Std. pro KWstd	4,35 Pf.	6500 Std. pro KWstd	2,83 Pf.
2500 „ „ „	3,91 „	7000 „ „ „	2,78 „
3000 „ „ „	3,62 „	7500 „ „ „	2,74 „
3500 „ „ „	3,40 „	8000 „ „ „	2,70 „
4000 „ „ „	3,25 „	8500 „ „ „	2,67 „
4500 „ „ „	3,13 „		

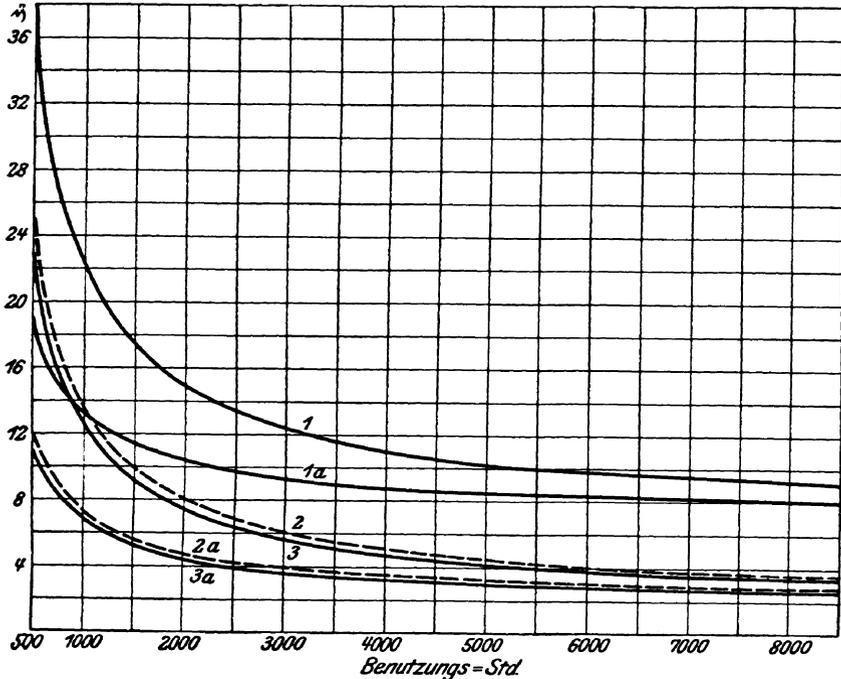


Fig. 16. Gestehungskosten pro nutzbare KWstd.

- 1 EW III bezogen auf die maximalen KW.
- 1a „ „ „ „ den Anschlußwert.
- 2 „ II „ „ die maximalen KW.
- 2a „ „ „ „ den Anschlußwert.
- 3 „ I „ „ die maximalen KW.
- 3a „ „ „ „ den Anschlußwert.

Die auf diese Weise gefundenen Selbstkosten sind in Fig. 16 in Kurvenform aufgetragen. (Kurve 3 und 3a.)

Es soll nun noch als ein weiteres Beispiel das EW II herangezogen werden, wo die Verhältnisse insofern etwas anders liegen, als dasselbe nur ein einziges Leitungsnetz besitzt, aus welchem neben den Großabnehmern auch die Kleinaabnehmer versorgt

werden. Es muß hier allerdings hervorgehoben werden, daß in diesem Fall die Kleinverbraucher einen ganz geringen Prozentsatz der Anschlüsse darstellen im Vergleich zu dem EW I, bei welchem die Zahl der Großabnehmer noch sehr beschränkt ist, und deshalb die anteiligen Kosten des gesamten Kabelnetzes die Gesteuerungskosten für diese Konsumenten sehr stark belasten würden. Es können infolgedessen beim EW II, ohne daß die Richtigkeit der Rechnung beeinträchtigt wird, die Gesamtausgaben des Netzes in die letztere eingeführt werden.

Die Gesamtkosten des EW II waren nun die folgenden:

Grundstücke . . . . .	83 784,16 M.
Anschlußgleise und Kohlenförderung . . .	332 900,04 „
Gebäude (Kraftwerk) . . . . .	896 725,50 „
Maschinen- und Kesselanlage . . . . .	1 533 312,84 „
Schaltanlage (Kraftwerk) . . . . .	113 353,44 „
Akkumulatoren . . . . .	8 744,45 „
Geräte, Werkzeuge usw. . . . .	86 948,11 „
Schaltstationen mit Einrichtungen . . . .	544 849,45 „
Kabelnetz . . . . .	4 328 821,78 „
Transformatoren . . . . .	463 740,20 „
Hausanschlüsse und Zähler . . . . .	241 868,70 „
	<hr/>
	Anlagekosten insgesamt 8 635 048,67 M.

Hiervon für Verzinsung und Abschreibung usw.

$$8,5 \% = 733 979,14 \text{ M.}$$

Verwaltungskosten . . . . . 85 331,00 „

Es sind der Berechnung der festen Quote somit

zugrunde zu legen . . . . . 819 310,14 M.

Die maximale Leistung der Zentrale betrug 7200 KW.

Die festen Kosten sind deshalb  $\frac{819 310}{7200} = 113,79 \text{ M. pro}$

KW<sub>max</sub> bzw.  $\frac{819 310}{16 332} = 50 \text{ M. pro KW-Anschlußwert.}$

Die veränderlichen Betriebskosten betragen

Kohlen . . . . .	371 650,04 M.
Betriebslöhne . . . . .	50 688,49 „
Schmier- und Putzmaterial . . . . .	3 250,10 „
	<hr/>
	425 588,63 M.

	Übertrag	425 588,63 M.
Unterhaltung der Zentrale . . . . .		9 725,71 „
Grundstücks- und Anschlußgleis-Unterhalt.		2 728,39 „
Maschinen- und Kesselunterhaltung . . . .		18 686,24 „
Kabelnetz-Unterhaltung . . . . .		34 380,91 „
Schaltstationen-Unterhaltung . . . . .		2 171,38 „
Hausanschluß- und Zähler-Unterhaltung . .		6 776,38 „
Transformatoren-Unterhaltung . . . . .		1 207,93 „
	zusammen	501 265,57 M.

Hochspannungsseitig wurden in der Zentrale

erzeugt . . . . .	23 789 450 KWstd
hiervon ab 5 % Leitungsverlust . . . . .	1 189 473 „
bleiben	22 599 977 KWstd

Die beweglichen Kosten betragen daher

$$\frac{501\,265,57\text{ M.}}{22\,599\,977\text{ KWstd}} = 2,218\text{ Pf. pro KWstd}$$

Die Gleichungen der Betriebskostenkurven sind somit

$$y_1 = 114 \cdot \text{KW} + 0,022 \cdot x$$

bzw.  $y_2 = 50 \cdot \text{KW} + 0,022 \cdot x$

Die Betriebskosten für ein KW und verschiedene Betriebsstundenzahlen ergeben sich dann wie folgt:

	auf ein KW <sub>max</sub> bezogen	auf den Anschlußwert bezogen
500 Std. pro KWstd	25,00 Pf.	12,22 Pf.
1000 „ „ „	13,60 „	7,20 „
1500 „ „ „	9,80 „	5,53 „
2000 „ „ „	7,90 „	4,70 „
2500 „ „ „	6,75 „	4,20 „
3000 „ „ „	6,00 „	3,89 „
3500 „ „ „	5,45 „	3,58 „
4000 „ „ „	5,05 „	3,46 „
4500 „ „ „	4,75 „	3,32 „
5000 „ „ „	4,48 „	3,20 „
5500 „ „ „	4,28 „	3,11 „
6000 „ „ „	4,10 „	3,03 „
6500 „ „ „	3,96 „	2,97 „
7000 „ „ „	3,83 „	2,92 „
7500 „ „ „	3,72 „	2,87 „
8000 „ „ „	3,63 „	2,83 „
8500 „ „ „	3,54 „	2,79 „

Führt man die gleichen Rechnungen auch für das dritte der in Betracht gezogenen Werke durch, so ergibt sich folgendes.

Nach den früheren Aufstellungen betrug das Anlagekapital der Zentrale 943 863 M. und die festen Kosten 91 200 M. = 107 M. pro  $KW_{\max}$ .

Hierzu kommen noch die anteiligen Kosten des Netzes im Betrage von 389 664 M., wofür 28 644 M. für Verzinsung, Abschreibung usw. in Rechnung zu setzen sind. Da die anteiligen Kosten für allgemeine Verwaltung usw. 7737 M. betragen, so ergibt sich für das Netz an festen Kosten ein Gesamtbetrag von 36 381 M. oder 43 M. pro  $KW_{\max}$ .

Die gesamten festen Kosten der Zentrale und des Netzes betragen infolgedessen 127 581 M. oder 150 M. pro maximales KW bzw. 59 M. pro KW-Anschlußwert.

Die veränderlichen Betriebskosten waren:

Kohlen . . . . .	61 334,38 M.
Schmier- und Putzmaterial . . . . .	2 502,53 „
Wasser . . . . .	91,87 „
Löhne . . . . .	15 176,62 „
Unterhaltung. . . . .	10 828,94 „
Verschiedenes . . . . .	2 717,51 „
Summa	92 651,85 M.

Bei einer jährlichen nutzbaren Stromabgabe an die Großkonsumenten von ca. 1 260 000 KWstd betragen infolgedessen die veränderlichen Kosten pro KWstd

$$\frac{92651,85}{1260000} = 7,35 \text{ Pf.}$$

Die Gleichung der Betriebskostenkurve bezogen auf die maximalen KW ist deshalb

$$y_1 = 150 \cdot KW + 0,0735 \cdot x$$

und auf den Anschlußwert

$$y_2 = 59 \cdot KW + 0,0735 \cdot x$$

Es ergeben sich nun für die verschiedenen Benutzungsstunden die folgenden Gestehungskosten

auf ein $KW_{\max}$ bezogen		auf den Anschlußwert bezogen	
500 Std. pro KWstd	37,40 Pf.		19,10 Pf.
1000 „ „ „	22,35 „		13,25 „
1500 „ „ „	17,30 „		11,30 „
2000 „ „ „	14,85 „		10,30 „
2500 „ „ „	13,40 „		9,75 „
3000 „ „ „	12,30 „		9,30 „
3500 „ „ „	11,60 „		9,05 „
4000 „ „ „	11,10 „		8,80 „
4500 „ „ „	10,70 „		8,67 „
5000 „ „ „	10,30 „		8,54 „
5500 „ „ „	10,00 „		8,45 „
6000 „ „ „	9,85 „		8,34 „
6500 „ „ „	9,65 „		8,26 „
7000 „ „ „	9,45 „		8,20 „
7500 „ „ „	9,35 „		8,13 „
8000 „ „ „	9,23 „		8,10 „
8500 „ „ „	9,12 „		8,05 „

Die Betriebskosten der beiden letzten Werke sind ebenfalls in der Fig. 16 in Kurvenform aufgetragen. (Kurven 2, 2a und 1, 1a.)

### e) Betriebskosten von Einzelanlagen.

Für die Aufstellung eines Großabnehmertarifes sind nun, wie schon hervorgehoben, außer den eigenen Gestehungskosten die jährlichen Ausgaben bei Errichtung einer besonderen Stromerzeugungsanlage in Betracht zu ziehen. Bis zu Anfang dieses Jahrhunderts kamen als Konkurrenten der EW nur die stationären Dampfmaschinen- und Leuchtgasmotoren-Anlagen in Frage, so daß es den EW in den meisten Fällen nicht schwer fallen konnte, ihre Preise unter Einrechnung eines reichlichen Nutzens aufrecht zu erhalten. Seit ungefähr 10 Jahren traten jedoch noch zwei nicht zu unterschätzende Konkurrenten hinzu, nämlich die Sauggasanlagen und die Dieselmotoren. Während bei den Dampfanlagen nur ca. 10 % der in den Kohlen vorhandenen Energie in Arbeit umgesetzt werden konnte, gestattete die Vergasung der Kohlen in besonderen Generatoren die ungefähr doppelte Energieausbeute zu erreichen. In noch höherem Maße wird die Verbrennungswärme bei dem Dieselmotor in Arbeit umgesetzt, und

Tabelle  
Betriebskosten

Maximale Leistung	Betriebsstunden	Jahresverbrauch	Anlagekosten					Gesamt-Anlagekosten	Verzin-Abschrei-u. Unter-Maschinenanlage
			Preis des kompletten Motors einschließlich Fundament, Rohrleitung und Montage	Preis der kompletten Sauggasanlage einschl. Montage	Preis des kompletten elektrischen Teiles	Preis des Maschinenraumes			
K. W.	pro Jahr	ca. KWSt.	M.	M.	M.	M.	M.		
50	1000	50 000	15 000	3 900	3 500	4 800	27 200	2 688	
100	1000	100 000	27 000	5 700	5 500	7 200	45 400	4 584	
100	2000	200 000	27 000	5 700	5 500	7 200	45 400	4 584	
100	3000	300 000	27 000	5 700	5 500	7 200	45 400	4 584	
100	4000	400 000	27 000	5 700	5 500	7 200	45 400	4 584	
125	4000	500 000	35 000	5 800	6 700	8 500	56 000	5 700	
150	4000	600 000	37 000	6 000	8 200	9 200	60 400	6 144	
160	4400	700 000	40 000	6 000	9 000	9 400	64 400	6 600	
170	4700	800 000	42 000	7 000	9 800	9 600	68 400	7 056	
180	5000	900 000	43 500	8 000	10 800	10 000	72 300	7 476	
200	5000	1 000 000	50 000	8 000	12 000	10 000	80 000	8 400	
300	5000	1 500 000	78 000	15 000	16 000	16 000	125 000	13 050	
334	6000	2 000 000	82 000	18 000	17 500	20 000	137 500	14 100	
500	6000	3 000 000	120 000	27 500	22 000	27 000	196 500	20 340	
570	7000	4 000 000	130 000	30 000	24 000	30 000	214 000	22 080	
715	7000	5 000 000	160 000	45 000	30 000	32 000	267 000	28 200	

zwar kommen hier als Brennmaterialien Rohöle, Paraffin- und in letzterer Zeit auch Teeröle als Nebenprodukte der Gasfabrikation in Frage. Während der Preis der beiden ersteren noch ca. 8—10 M. pro 100 kg beträgt, eröffnete die Möglichkeit der Benutzung von Teerölen infolge ihrer geringen Kosten von ca. 4 M. pro 100 kg dem Dieselmotor ganz neue Anwendungsgebiete. Die großen Erfolge dieser Anlagen gaben auch den Konstrukteuren von Dampfmaschinen, insbesondere von Lokomobilen, einen weiteren Ansporn, die bisherigen Ausführungen nach der Richtung des Brennstoffverbrauchs zu verbessern. Der Erfolg blieb auch hier nicht aus, so daß heute besonders die Heißdampflokobile durch ihre günstige Ausnutzung des Brennmaterials und geringe Raumbeanspruchung als ein nicht zu unterschätzender Konkurrent der EW

43.

## von Sauggasanlagen.

		Jährliche Betriebskosten						Kosten der KWSt.		
Gebaude	Brennungshaltung	Bedienung	Schmier- Putz- Material	Kühl- Wasser	Brennstoff- kosten		Gesamtbetriebs- kosten pro Jahr		a	b
					Anthrazit	Braun- kohlen- Briketts	a	b		
		M.	M.	M.	a	b	a	b	Pf.	Pf.
360		600	262	105	907	—	4 923	—	9,85	—
540		600	390	200	1 725	—	8 039	—	8,04	—
540		1200	780	380	3 450	—	10 934	—	5,47	—
540		1500	1170	460	5 175	—	13 429	—	4,47	—
540		2000	1560	720	6 900	—	16 304	—	4,08	—
637		2000	1748	900	8 664	—	19 649	—	3,93	—
690		2000	1980	1050	10 260	—	22 124	—	3,7	—
705		2200	2217	1200	11 975	—	24 898	—	3,55	—
720		2350	2444	1370	13 687	—	27 627	—	3,45	—
750		2500	2887	1510	15 262	—	30 386	—	3,38	—
750		2500	3375	1620	16 650	12 000	33 295	28 645	3,33	2,86
1200		5000	4162	2270	—	18 000	—	43 682	—	2,91
1500		6000	4950	2870	—	24 000	—	53 420	—	2,67
2025		6000	5850	4020	—	36 000	—	74 235	—	2,47
2250		7000	7182	5060	—	47 880	—	91 452	—	2,29
2400		7000	9047	6575	—	65 800	—	119 022	—	2,28

angesehen werden muß. Wenn an dieser Stelle nicht die Dampfturbine als eine weitere Erfindung der letzten Jahre erwähnt wird, so geschieht dies aus dem Grunde, weil diese im allgemeinen für mittlere und kleine Anlagen nicht angewendet wird und im anderen Fall den erwähnten übrigen Antriebsmotoren gegenüber keine wesentlichen Vorzüge und Ersparnisse bietet. Ihre Verwendung ist außer in großen Anlagen, wie später noch dargelegt werden soll, besonders da am Platze, wo Dampf außer zu Antriebszwecken noch zum Kochen und Heizen in größeren Mengen gebraucht werden muß. In diesen Anlagen, also z. B. in chemischen- und Zuckerfabriken tritt die Turbine als Gegendruck- und Anzapfturbine unter den Konkurrenten der EW an die erste Stelle; es ist den letzteren dann in den wenigsten Fällen möglich,

Tabelle  
Betriebskosten von

Maxi- male Lei- stung	Betriebs- stunden	Jahres- Verbrauch	Anlagekosten				Gesamt- Anlage- Kosten
			Preis der kompl. Lokomobile einschl. Fundament, Rohrleitung und Montage	Preis des kompl. elektrischen Teiles	Preis des Maschinen- raumes	Preis des Schorn- steines einschl. Funda- ment	
			ca. Kwstd.	M.	M.	M.	
K. W.	pro Jahr						
50	1000	50 000	22 000	3 500	4 500	2300	32 300
100	1000	100 000	33 000	5 500	6 000	2600	47 100
100	2000	200 000	33 000	5 500	6 000	2600	47 100
100	3000	300 000	33 000	5 500	6 000	2600	47 100
100	4000	400 000	33 000	5 500	6 000	2600	47 100
125	4000	500 000	41 000	6 700	6 500	2700	56 900
150	4000	600 000	45 000	8 200	6 800	2800	62 800
160	4400	700 000	48 000	9 000	6 800	2800	66 600
170	4700	800 000	50 000	9 800	7 200	3000	70 000
180	5000	900 000	52 000	10 800	7 700	3100	73 600
200	5000	1 000 000	55 000	12 000	7 700	3100	77 800
300	5000	1 500 000	70 000	16 000	9 500	4000	99 500
335	6000	2 000 000	75 000	17 500	11 000	4700	108 200
500	6000	3 000 000	—	—	—	—	—
570	7000	4 000 000	—	—	—	—	—
715	7000	5 000 000	—	—	—	—	—

den Wettbewerb bei angemessenen Preisen erfolgreich durchzuführen.

Um nun einen Anhalt für die entstehenden Kosten bei Verwendung der vorstehenden Antriebsmotoren zu gewinnen, wurden die Anschaffungskosten derartiger Anlagen von ca. 50 bis 800 KW und die jährlich entstehenden Betriebskosten für verschiedene Betriebsstundenzahlen aufgestellt. Bei den Anlagekosten sind außer dem Preise der maschinellen und elektrischen Einrichtungen auch die anteiligen Kosten des erforderlichen Maschinenraumes und event. eines Schornsteines entsprechend berücksichtigt.

Was zunächst die Betriebskosten für Sauggasanlagen anbelangt, so wurde angenommen, daß für Maschinengrößen bis ca. 300 PS als Brennmaterial Anthrazit im Preise von 2,30 M. pro

44.

## Lokomobilen.

Jährliche Betriebskosten							
Verzinsung, Abschreibung und Unterhaltung		Bedienung	Schmier- und Putz-Material	Wasser pro PS St.	Kohlen-Kosten	Gesamt-Betriebs-Kosten pro Jahr	Kosten der KWst.
Maschinen-anlage	Gebäude						
3 060	510	600	217	100	1 240	5 725	11,4
4 620	645	600	360	145	2 295	8 665	8,66
4 620	645	1200	720	270	4 500	11 955	5,98
4 620	645	1800	1080	390	6 210	14 745	4,91
4 620	645	2400	1440	510	8 190	17 805	4,45
5 724	690	2400	1596	630	10 146	21 186	4,24
6 384	720	2400	1890	720	11 880	23 994	4,00
6 840	720	2640	2112	830	13 780	26 923	3,84
7 080	765	2820	2200	940	15 764	29 568	3,70
7 656	810	3000	2475	1030	17 531	32 502	3,61
8 040	810	3000	2700	1110	18 000	33 660	3,36
10 320	1012	6000	3825	1410	26 325	48 892	3,26
11 100	1177	6000	4650	1833	34 200	58 960	2,95
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—

100 kg zur Verwendung kommt und für die PSstd ca. 0,5 kg im Mittel hiervon erforderlich sind. Für die größeren Aggregate wurden als Brennmaterial Braunkohlenbriketts, deren Preis ca. 1 M. pro 100 kg beträgt, vorgesehen; der Brennstoffverbrauch ist in diesem Fall ca. 0,8 kg pro PSstd.

Für die Berechnung der Betriebskosten von Lokomobilen soll die Verwendung von Steinkohlen mit einem Preise von 1,50 M. pro 100 kg vorausgesetzt sein; der Kohlenverbrauch pro effektive PSstd beträgt in diesem Fall je nach der Leistung 1,0 bis 0,55 kg.

Die Betriebskosten von Dieselmotoranlagen wurden sowohl für Gasöl- als auch für Teerölbetrieb ausgerechnet und für sie die schon erwähnten Preise von 10 M. bzw. 4 M. pro 100 kg zu-

Tabelle  
Betriebskosten von

Maxi- male Leistung	Be- triebs- stunden	Jahres- Ver- brauch	Anlagekosten				Verzinsung, Ab- schreibung und Unterhaltung	
			Preis des kompl. Diesel- motors einschl. Fundament, Rohr- leitung, Montage	Preis des kompl. elektr. Teiles	Preis des Maschinen- raumes	Gesamt- Anlage- kosten	Maschinen- anlage	Ge- bäude
			K.W.	pro Jahr	K.W.Std.	M.		
50	1000	50 000	28 000	3 500	3 200	34 700	3 780	240
100	1000	100 000	46 000	5 500	5 600	57 100	6 180	420
100	2000	200 000	46 000	5 500	5 600	57 100	6 180	420
100	3000	300 000	46 000	5 500	5 600	57 100	6 180	420
100	4000	400 000	46 000	5 500	5 600	57 100	6 180	420
125	4000	500 000	54 000	6 700	5 600	66 300	7 284	420
150	4000	600 000	60 000	8 200	5 700	73 900	8 184	427
160	4400	700 000	64 000	9 000	5 700	78 700	8 760	427
170	4700	800 000	68 000	9 800	5 800	83 800	9 336	435
180	5000	900 000	72 000	10 800	6 000	88 800	9 936	450
200	5000	1 000 000	80 000	12 000	6 000	98 000	11 040	450
300	5000	1 500 000	108 000	16 000	6 400	130 400	14 880	480
335	6000	2 200 000	120 000	17 500	8 000	145 500	16 500	600
500	6000	3 000 000	160 000	22 000	9 600	191 600	21 840	720
570	7000	4 000 000	180 000	24 000	10 000	214 000	24 480	750
715	7000	5 000 000	200 000	30 000	12 000	242 000	27 600	900

grunde gelegt. Als Treibölverbrauch ist im ersteren Fall ein Mittelwert von 0,185 kg und bei Teeröl von ca. 0,21 kg pro effektive PSstd angenommen. Die Firmen garantieren für derartige Anlagen bei einem Heizwert des Teeröls von ca. 9000 WE pro kg die folgenden Verbrauchsziffern für die PSstd je nach der Belastung.

1. Stehende oder einfach wirkende Viertaktmaschinen.

$\frac{4}{4}$ Last	200 g
$\frac{3}{4}$ „	205 g
$\frac{1}{2}$ „	230 g

2. Liegende doppelwirkende Tandem-Viertaktmaschinen

$\frac{4}{4}$ Last	205—210 g
$\frac{3}{4}$ „	210—215 g
$\frac{1}{2}$ „	240—245 g

45.

## Dieselanlagen.

Jährliche Betriebskosten							Kosten der K.W.Std.	
Bedienung	Schmier- und Putzmaterial	Kühlwasser	Brennstoffkosten		Gesamtbetriebskosten pro Jahr		Gasöl	Teeröl
			Gasöl	Teeröl	Gasöl	Teeröl		
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Pfg.	Ffg.
600	225	105	1 387	630	6 337	5 580	12,65	11,0
600	360	200	2 775	1 240	10 535	9 100	10,53	9,10
1200	720	380	5 550	2 300	14 450	11 200	7,2	5,60
1500	1080	460	8 325	4 460	17 965	14 100	6,0	4,70
2000	1440	720	11 100	5 840	21 860	16 600	5,5	4,15
2000	1672	900	14 060	7 000	26 336	19 276	5,27	3,87
2000	1800	1050	16 650	8 738	30 111	22 200	5,02	3,70
2200	2006	1200	19 536	8 870	34 129	23 464	4,88	3,35
2350	2200	1370	22 607	10 265	38 298	25 955	4,80	3,26
2500	2270	1510	25 437	11 550	42 103	28 216	4,67	3,14
2500	2400	1620	27 750	12 600	45 760	30 610	4,58	3,06
2500	3375	2270	41 625	18 900	65 130	42 405	4,35	2,83
3000	4650	2870	55 500	25 200	83 120	52 820	4,16	2,64
3000	6300	4020	87 250	37 800	123 130	73 680	4,10	2,46
3500	7780	5060	110 722	50 274	152 292	91 844	3,80	2,30
3500	8225	6575	152 162	69 090	198 962	155 890	3,79	2,29

## 3. Liegende Zweitaktmaschinen

$\frac{4}{4}$ Last . . . . .	220 g
$\frac{3}{4}$ „ . . . . .	225 g
$\frac{1}{2}$ „ . . . . .	260 g

Für sämtliche Verbrauchsziffern kommt noch ein bei allen Belastungen gleichbleibender Zündölzusatz von 1 kg Gasöl oder Paraffinöl für je 100 PS Nennleistung hinzu. Die Anordnung des stehenden Viertaktmotors wird bis zu Leistungen von 1500 PS ausgeführt (250 PS pro Zylinder). Für größere Leistungen bis vorläufig 5000 PS baut die Maschinenfabrik Augsburg—Nürnberg liegende doppelt wirkende Viertaktmaschinen in Tandem- und Zwillings-Tandemanordnung. Für Leistungen von 600—700 PS

Tabelle 46.

Leistung KW	Betr. Std.	KWst.	Kosten pro KWstunde in Pfennig				Loko- mobile
			Dieselmotoren Gasöl	Teeröl	Sauggas- motoren		
50	1000	50 000	12,65	11,00	9,85	} Anthra- zit	11,40
100	1000	100 000	10,53	9,10	8,04		8,66
100	2000	200 000	7,20	5,60	5,47		5,98
100	3000	300 000	6,00	4,70	4,47		4,91
100	4000	400 000	5,55	4,15	4,08		4,45
125	4000	500 000	5,27	3,87	3,93		4,24
150	4000	600 000	5,02	3,70	3,70		4,00
160	4400	700 000	4,88	3,35	3,55		3,84
170	4700	800 000	4,80	3,26	3,45		3,70
180	5000	900 000	4,67	3,14	3,38		3,61
200	5000	1 000 000	4,58	3,06	3,33	3,36	
300	5000	1 500 000	4,35	2,83	2,91	} Braun- kohle	3,26
335	6000	2 000 000	4,16	2,64	2,67		2,95
500	6000	3 000 000	4,10	2,46	2,47		—
570	7000	4 000 000	3,80	2,30	2,29		—
715	7000	5 000 000	3,79	2,29	2,28		—

Tabelle

Leistung der Maschinen  KW	500 Betriebsstunden			1000 Betriebsstunden		
	Jahres- Leistung  KWstd.	Teerölbetr.		Jahres- Leistung  KWstd.	Teerölbetr.	
		ohne Reserve  Pf.	mit Reserve  Pf.		ohne Reserve  Pf.	mit Reserve  Pf.
50	25 000	19,01	34,7	50 000	11,00	18,80
100	50 000	15,50	25,00	100 000	9,1	14,6
150	75 000	14,30	23,00	150 000	8,3	13,00
200	100 000	13,48	21,97	200 000	7,74	12,00
250	125 000	12,90	21,00	250 000	7,2	11,30
300	150 000	12,30	20,1	300 000	7,00	10,78
350	175 000	11,90	19,50	350 000	6,8	10,40
400	200 000	11,50	18,90	400 000	6,50	10,00
500	250 000	10,80	17,80	500 000	6,10	9,40
600	300 000	10,1	16,80	600 000	5,9	9,00
700	350 000	9,70	16,1	700 000	5,6	8,88
800	400 000	9,30	15,50	800 000	5,48	8,55
E. W. I . . . . .		10,95 Pf.			6,75 Pf.	
E. W. II . . . . .		12,2 „			7,2 „	
E. W. III . . . . .		19,10 „			13,25 „	

liefert diese Firma einfach wirkende Viertaktmotoren und für größere Leistungen von 500—4000PS liegende einfach- und doppeltwirkende Zweitakttypen und zwar die einfach wirkenden Motoren in Zwei- und Vierzylinderbauart, die doppelt wirkende Type in Einzylinder- und Zwillingsanordnung.

Bei den Rechnungen für die drei Antriebsarten, welche in den Tabellen 43—45 zusammengestellt sind, wurden die Kosten des erforderlichen Maschinenraumes einheitlich mit 80 M. pro qm Grundfläche angenommen. Für Verzinsung und Abschreibungen sind  $4\frac{1}{2}$  bzw. 6 % von den Anschaffungskosten der maschinellen Anlage und  $4\frac{1}{2}$  bzw.  $2\frac{1}{2}$  % von den Gebäudekosten eingesetzt. Die Unterhaltungskosten wurden im ersteren Fall mit 1 % bei den Gebäuden mit  $\frac{1}{2}$  % berücksichtigt.

Stellt man die gesamten Betriebskosten pro KWstd für die einzelnen Antriebsarten nochmals besonders zusammen, so ergibt die Tabelle 46, daß für die kleineren Anlagen bis ca. 100 KW Leistung einschließlich sich im praktischen Betrieb der Saugmotor etwas günstiger stellt, während für die

47.

2000 Betriebsstunden			3000 Betriebsstunden			4000 Betriebsstunden		
Jahres- Leistung	Teerölbetr.		Jahres- Leistung	Teerölbetr.		Jahres- Leistung	Teerölbetr.	
	ohne Reserve	mit Reserve		ohne Reserve	mit Reserve		ohne Reserve	mit Reserve
KWstd.	Pf.	Pf.	KWstd.	Pf.	Pf.	KWstd.	Pf.	Pf.
100 000	6,90	10,8	150 000	5,65	8,25	200 000	5,3	7,0
200 000	5,6	8,0	300 000	4,70	6,40	400 000	4,15	5,5
300 000	5,0	7,30	450 000	4,10	5,60	600 000	3,70	4,75
400 000	4,70	6,8	600 000	3,80	5,1	800 000	3,4	4,40
500 000	4,50	6,50	750 000	3,60	5,00	1 000 000	3,25	4,10
600 000	4,30	6,30	900 000	3,50	4,70	1 200 000	3,11	4,00
700 000	4,20	6,10	1 050 000	3,40	4,60	1 400 000	3,05	3,98
800 000	4,10	6,00	1 200 000	3,35	4,50	1 600 000	3,00	3,97
1 000 000	3,99	5,75	1 500 000	3,30	4,4	2 000 000	2,85	3,73
1 200 000	3,79	5,44	1 800 000	3,15	4,18	2 400 000	2,73	3,54
1 400 000	3,64	5,23	2 100 000	3,00	4,03	2 800 000	2,64	3,44
1 600 000	3,56	5,08	2 400 000	2,90	3,92	3 200 000	2,62	3,35
	4,35 Pf.		3,62 Pf.			3,25 Pf.		
	4,7 „		3,89 „			3,46 „		
	10,30 „		9,30 „			8,80 „		

weiteren Maschinengrößen der Dieselmotor mit Teerölbetrieb die kleinsten Betriebskosten aufweist. Bei Anlagen von 300 bis 700 KW und Verwendung von Braunkohlenbriketts für Sauggasanlagen sind die Betriebskosten der letzteren ungefähr die gleichen wie bei Dieselmotoren mit Teerölbetrieb.

Da somit die Dieselmotoren als Konkurrenten der EW vor allen anderen Antriebsmotoren in Betracht gezogen werden müssen, sind die Betriebskosten derselben nochmals besonders für Verwendung von Teeröl und von Maschinengrößen von 50—800 KW ausgerechnet und hierbei jährliche Betriebsstundenzahlen von 500—4000 vorausgesetzt worden, wodurch sich Jahresleistungen von 25 000—3 200 000 KWstd ergeben (Tabelle 47).

Während bei den Sauggas- und Lokomobilen-Anlagen im allgemeinen die Aufstellung besonderer Reservemaschinen in Einzelanlagen nicht erforderlich ist und der Raumersparnis und Kosten wegen auch in den meisten Fällen deshalb unterbleibt, ist dieselbe bei Dieselmotorenanlagen der häufigeren Reinigungs- und Revisionsarbeiten wegen schwerlich zu umgehen. Es wurde deshalb auch in den Betriebskostenberechnungen diesem Umstand Rechnung getragen und die jährlichen Ausgaben für Anlagen mit und ohne Reserveaggregate zusammengestellt.

Von der Erwägung ausgehend, daß im Fall eine Reserve-maschine aufgestellt wird, diese in den wenigsten Fällen,

Tabelle 48.

Leistung der Haupt-Betriebsmaschine	Leistung der Reserve-Maschine.
50 KW	50 KW
100 „	50 „
150 „	100 „
200 „	150 „
250 „	150 „
300 „	200 „
350 „	250 „
400 „	300 „
500 „	350 „
600 „	400 „
700 „	500 „
800 „	600 „

höchstens nur bei ganz kleinen Anlagen, in der Größe der Betriebsmaschine gewählt wird, konnte auch für die vorliegende Rechnung die Reservemaschine kleiner vorgesehen werden und zwar nach vorstehender Tabelle 48.

Die geringere Leistung der Reservemaschine gestattet auch in Zeiten schwächerer Belastung mit etwas günstigerem Wirkungsgrad zu arbeiten.

#### d) Vergleich der Betriebskosten von Einzelanlagen mit den Gesteuerungskosten elektrischer Kraftzentralen.

Um nun auf Grund der bisherigen Unterlagen einen Tarif aufzustellen, muß zunächst untersucht werden, wie sich die früher berechneten Gesteuerungskosten zu den Betriebskosten einer Einzelanlage verhalten. Da sich, wie aus Tabelle 46 hervorgeht, die Kosten bei einer Dieselmotorenanlage mit Teerölbetrieb im allgemeinen am günstigsten stellen, sind die letzteren allein zum Vergleich herangezogen worden. Hervorgehoben muß jedoch werden, daß die Betriebskosten der Dieselmotoren unter der Voraussetzung der günstigsten Ausnutzung d. d. h. für dauernde Vollbelastung ausgerechnet sind. Diese wird aber in einem industriellen Betriebe nur selten andauernd vorhanden sein können, so daß die Betriebskostenzahlen der Einzelanlagen im allgemeinen etwas zu günstig sind, da mit sinkender Belastung der Brennstoffverbrauch und damit auch die Betriebskosten etwas zunehmen.

Für die drei in Betracht gezogenen Werke hatten sich die Gleichungen der Betriebskosten bezogen auf ein KW des Anschlußwertes ergeben:

$$\begin{array}{ll} \text{Werk I} & \dots \dots \dots y = 44 + 0,0215 \cdot x \\ \text{„ II} & \dots \dots \dots y = 50 + 0,022 \cdot x \\ \text{„ III} & \dots \dots \dots y = 59 + 0,0735 \cdot x \end{array}$$

Rechnet man auf Grund der vorstehenden Gleichungen die Stromkosten für verschiedene Betriebsstundenzahlen aus, und vergleicht sie mit den in Tabelle 47 gewonnenen Resultaten für Dieselmotoren, so ergibt sich folgendes:

Wenn die gesamten festen Betriebskosten berücksichtigt werden, liegen die Gesteuerungskosten des EW I bei 500 Betriebsstunden bis zu einer Leistung von ungefähr 500 KW, entsprechend einer Jahreserzeugung von 250 000 KWstd, unterhalb derjenigen

einer Dieselanlage, wenn diese ohne Reservemaschine ausgeführt wird. Diese Leistung geht nun mit wachsenden jährlichen Betriebsstundenzahlen herunter und beträgt bei

1000 Betriebsstd.	400 KW,	entsprechend	400 000 KWstd
2000	„ 300	„ „	600 000 „
3000	„ 250	„ „	750 000 „
4000	„ 250	„ „	1000 000 „

Bei dem EW II sind für 500 Betriebsstunden die eigenen Gesteuerungskosten von einer Leistung der Dieselanlage von 350 KW an höher; bei 1000 bis 3000 Stunden liegt die Grenze für dieses Werk bei 300 bzw. 250 KW, dieselbe geht zurück auf 200 KW bei 4000 jährlichen Benutzungsstunden. Wesentlich ungünstiger liegen die Verhältnisse für das EW III. Wie die Tabelle 47 zeigt, sind die Betriebskosten der Dieselanlage von 1000 Stunden ab für sämtliche Maschinenleistungen durchweg günstiger als die Selbstkosten dieses EW; nur bei den geringeren Betriebsstundenzahlen von 500 sind die letzteren bei einer Leistung der Anlage von 50 KW günstiger.

Wird jedoch eine besondere Reservemaschine aufgestellt, so zeigt die Tabelle, daß die Betriebskosten der Einzelanlagen sich gegenüber den Selbstkosten des EW II nur bei 4000 Stunden und einer Leistung von ca. 700 KW, entsprechend 2 800 000 KWstd Erzeugung, etwas günstiger stellen, während bei einer geringeren Ausnutzung die Kosten der Dieselanlage höher sind. Im Vergleich mit den Gesteuerungskosten des EW I sind die letzteren jedoch durchweg größer. Die gleichen ungünstigen Verhältnisse, welche vorher für das Werk III festgestellt worden waren, ergeben sich auch in diesem Fall. Nach der Tabelle sind die Gesteuerungskosten des Werkes gegenüber einer Dieselanlage mit Reservemaschine günstiger:

bei 500 Stunden bis zu einer Leistung von 400 KW
1000 „ „ „ „ „ „ 150 „
2000 „ „ „ „ „ „ 100 „

Bei größeren Benutzungsstundenzahlen sind die Kosten einer Einzelanlage in allen Fällen billiger. Berücksichtigt muß allerdings werden, daß Anschlüsse mit einer Million jährlichem Verbrauch für ein derartig kleines Werk kaum in Frage kommen werden.

Um nun die auf diese Weise für die drei einzelnen Werke gewonnenen Resultate auch für andere Zentralen verschiedener Größe zu erhalten, wurden Mittelwerte der gesamten Betriebskosten pro nutzbare KWstd für Werke von 500—20 000 KW Leistung festgestellt, wie solche auf Seite 75 für die Zentrale allein gefunden worden waren. Auf Grund einer Rundfrage bei einer großen Zahl von Werken und mit Hilfe der St. d. V. E. wurden deshalb zunächst die gesamten Kosten der Zentrale und des Netzes für die verschiedenen Leistungen ermittelt und hierbei in Rücksicht gezogen, daß bei den Netzkosten nur der auf die Großkonsumenten entfallende Anteil in Anrechnung gebracht werden darf. Obgleich sich hierbei, wie zu erwarten war, infolge der großen Mannigfaltigkeit der speziellen Verhältnisse zuweilen größere Differenzen ergaben, so war es doch möglich, durch Feststellung und Gegeneinanderabwägen der verschiedenen besonderen Faktoren, welche in einzelnen Fällen eine abnormale Höhe der Anschaffungskosten usw. bedingten, Mittelwerte der letzteren zu finden, welche auf hinreichende Genauigkeit Anspruch machen können und die für die weiteren Untersuchungen zu gebrauchen waren. Da die Zahl der Werke mit Gasmotoren für eine einigermaßen zuverlässige Feststellung der Mittelwerte zu gering war, sind nur Dampfwerke in Betracht gezogen worden. Es ergaben sich auf diese Weise die folgenden Zahlen:

Tabelle 49.

Zentralenleistung	Gesamtkosten für Zentrale und Leitungsnetz der Großkons.	Gesamtkosten pro KW Zentralenleistung	Gesamte veränderliche Betriebskost. pro nutzbare KWstd.
KW	M.	M.	Pf.
500	700 000	1400	11,1
1 000	1 068 000	1068	10,0
2 000	1 800 000	900	9,2
3 000	2 550 000	850	8,4
4 000	3 200 000	800	7,7
5 000	3 850 000	770	7,1
7 000	5 285 000	755	6,1
10 000	7 300 000	730	5,0
15 000	10 755 000	717	4,0
20 000	14 240 000	712	3,4

Vergleicht man die vorstehenden Mittelwerte mit denjenigen von ganz modernen Zentralen, so findet man, daß sie bei den letzteren im allgemeinen niedriger sind. Es liegt dies daran, daß, wie schon früher hervorgehoben, gerade in jüngster Zeit die Zentralen infolge der rapid gesunkenen Preise der Dampfturbinen nicht unwesentlich billiger hergestellt werden können; außerdem ist zu berücksichtigen, daß die gefundenen Mittelwerte auch die älteren Werke mit Dampfmaschinenbetrieb einschließen.

Für die Berechnung der festen Ausgaben wurde nun außer den Kosten für allgemeine Verwaltung ein durchschnittlicher Betrag von 8 % für Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals vorgesehen, wodurch sich für die einzelnen Werke die folgenden Gleichungen für die Gestehungskosten pro 1 KW ergeben.

500 KW Zentrale . . . . .	$y = 128 + 0,11 \cdot x$
1 000 „ „ . . . . .	$y = 97,4 + 0,10 \cdot x$
2 000 „ „ . . . . .	$y = 81 + 0,092 \cdot x$
3 000 „ „ . . . . .	$y = 76,5 + 0,084 \cdot x$
4 000 „ „ . . . . .	$y = 71,5 + 0,077 \cdot x$
5 000 „ „ . . . . .	$y = 68,5 + 0,071 \cdot x$
7 000 „ „ . . . . .	$y = 67 + 0,061 \cdot x$
10 000 „ „ . . . . .	$y = 64,7 + 0,050 \cdot x$
15 000 „ „ . . . . .	$y = 63,5 + 0,040 \cdot x$
20 000 „ „ . . . . .	$y = 62,8 + 0,034 \cdot x$

Berechnet man unter Benutzung dieser Gleichungen die gesamten Gestehungskosten pro KWstd der einzelnen Werke für verschiedene jährliche Benutzungstundenzahlen von 500—4000 in gleicher Weise, wie dies früher für die in Betracht gezogenen drei Einzelwerke geschehen ist, so ergeben sich die in Fig. 17—19 eingetragenen Kurven. Zum Vergleich sind in diesen Zeichnungen auch die Werte für Dieselmotorenanlagen mit Reservemaschinen bei den gleichen Benutzungstunden angegeben und zwar für Einzelanlagen von 50 KW, 100 KW, 200 KW, 400 KW und 800 KW Leistung. Nur bei der 500 KW-Zentrale wurden hiervon abweichend Dieselanlagen von 50 KW, 100 KW, 200 KW, und 400 KW Leistung angenommen, in der Erwägung, daß eine derartige Zentrale im äußersten Fall Großkonsumenten mit einem gesamten Anschlußwert von 80 % der gesamten Leistungsfähigkeit des Werkes versorgen kann, wenn für Reserve 20 % der Ma-

schinenleistung zur Verfügung bleiben soll; im vorliegenden Fall also maximal 400 KW.

Vergleicht man nun die für die einzelnen Zentralenleistungen gefundenen Selbstkostenkurven mit den Betriebskosten der Diesel-

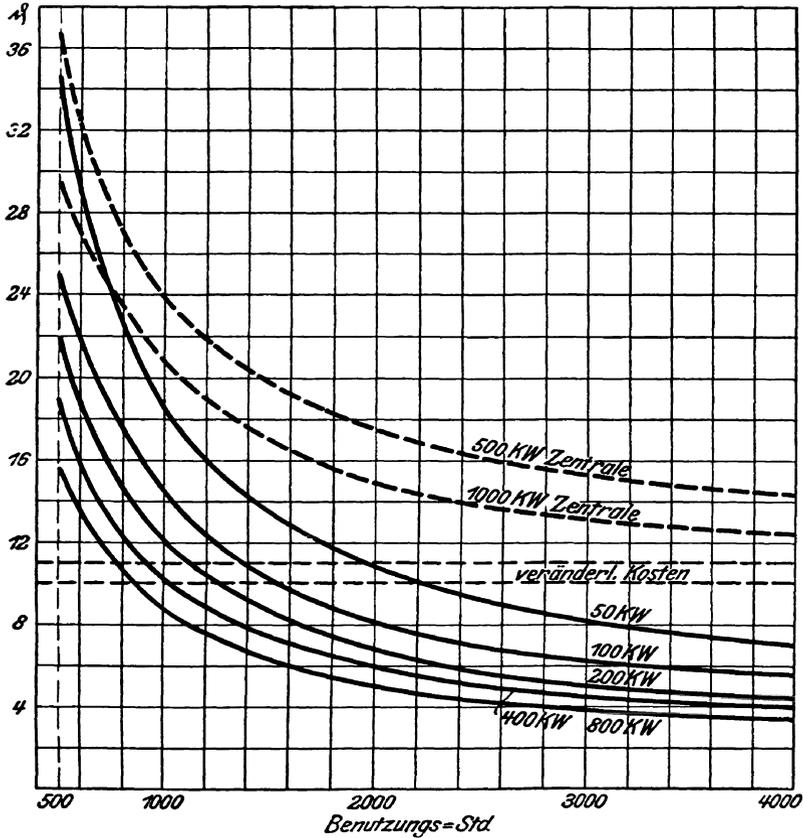


Fig. 17.

--- Ges. Betriebskosten pro KWstd einer Dampfzentrale.  
 ——— „ „ „ „ „ Dieselanlage.

anlagen, so sieht man, daß die ersteren insbesondere bei den kleineren Werken von 500 KW bis 2000 KW Leistung wesentlich höher liegen, mit wachsender Zentralenleistung aber allmählich sinken, ohne jedoch die Werte der Betriebskosten der großen Dieselanlagen, besonders bei den höheren Benutzungszahlen zu erreichen. Die Gestehungskosten der EW fallen mit wachsender Benutzungszahlen

stundenzahl wesentlich langsamer, als dies bei den Dieselanlagen der Fall ist. Es ergibt sich auf diese Weise z. B., daß die Betriebskosten einer Dieselanlage von 50 KW schon bei 1300 jährlichen

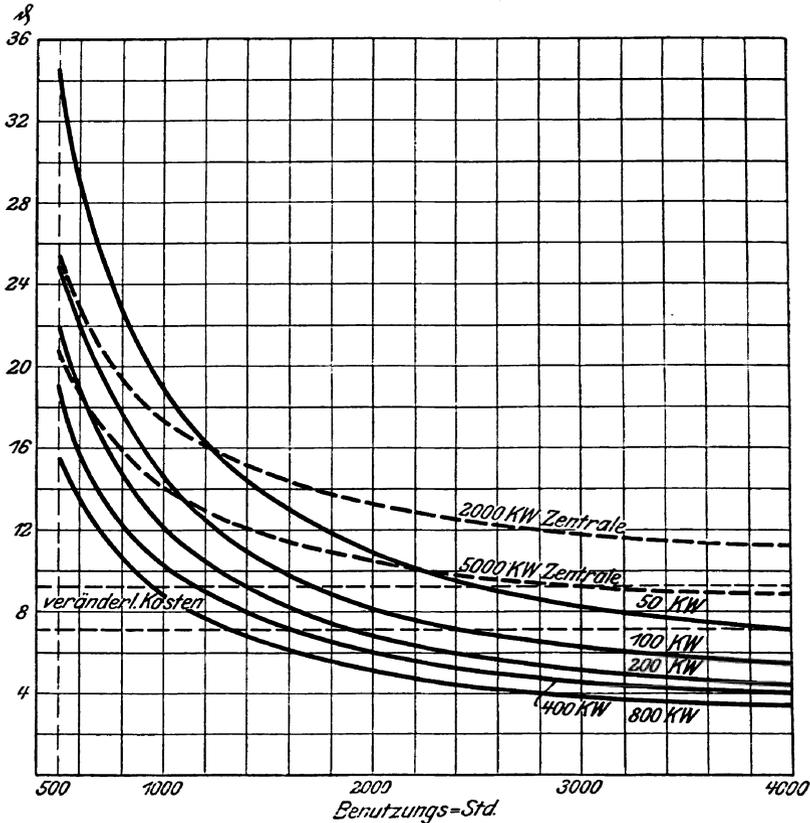


Fig. 18.

--- Ges Betriebskosten pro KWstd einer Dampfzentrale.  
 ——— „ „ „ „ „ Dieselanlage.

Benutzungsstunden niedriger sind, als die Gesteuerungskosten einer Dampfzentrale von 2000 KW bei der gleichen Ausnutzung, und bei 4000 Betriebsstunden ungefähr den gleichen Wert von 6,86 Pf. der Gesteuerungskosten einer 10 000 KW-Zentrale erreichen.

Bei den mittleren Zentralenleistungen von 2000 bis 5000 KW sind die Gesteuerungskosten, wie aus Fig. 18 ersichtlich, bei den unteren Betriebsstundenzahlen von 500—1000 niedriger als die

Betriebskosten der kleineren Dieselanlagen von 50—100 KW. Bei der höheren Ausnutzung stellen sich jedoch auch hier noch die Dieselanlagen durchweg günstiger, selbst bei den kleinsten Größen von 50 KW Leistung.

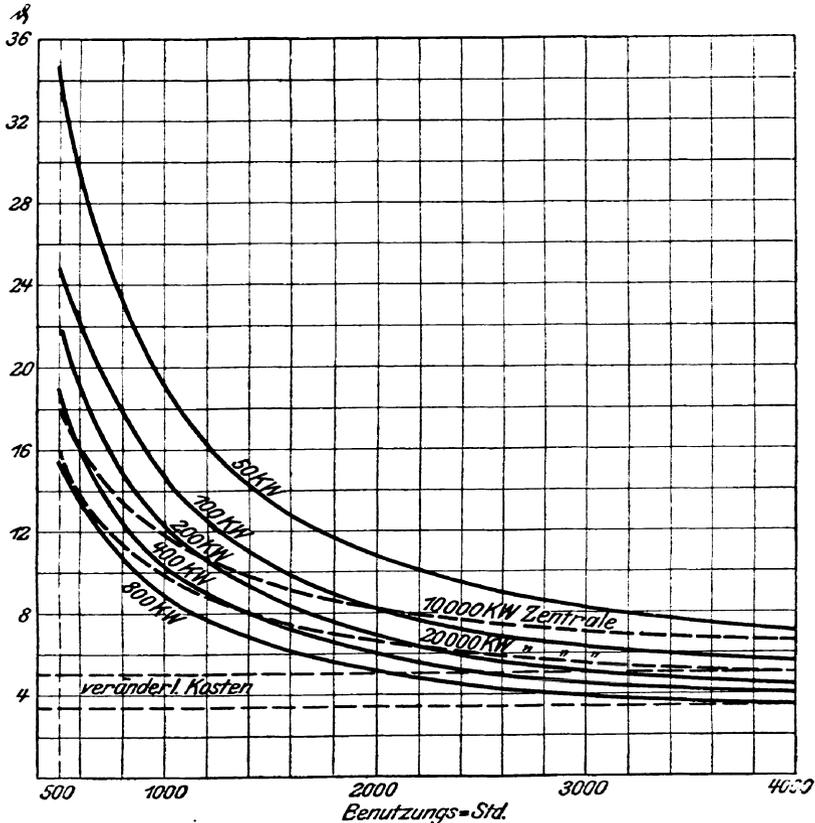


Fig. 19.

--- Ges. Betriebskosten pro KWstd einer Dampfzentrale.  
 ——— „ „ „ „ „ Dieselanlage.

Für die großen Werke mit einer Gesamtleistungsfähigkeit von 10 000 bis 20 000 KW liegen die Werte der Selbstkostenkurven bei Betriebsstundenzahlen von 500—2000 im Mittel unterhalb derjenigen der Dieselanlagen, sofern man Größen derselben bis 200 KW in Betracht zieht; bei höheren Ausnutzungen sind jedoch die Betriebskosten der letzteren noch etwas günstiger. Für die Einzelanlagen von 400—800 KW ergeben sich die Betriebskosten durch-

weg billiger als die Gesteungskosten der EW, selbst bei den größten Leistungen der letzteren, sofern die Ausnutzung eine jährliche Betriebsstundenzahl von 1000 und mehr erreicht. Unterhalb dieses Wertes dagegen stellen sich die Gesteungskosten der Zentralen bis zu Leistungen der Dieselanlagen von ca. 400 KW etwas günstiger. Die Betriebskostenkurve einer 800 KW-Dieselanlage wird jedoch auch bei der größten in Betracht gezogenen Zentralenleistung von ca. 20 000 KW nicht erreicht.

Bei den vorstehenden Betrachtungen ist, wie schon hervorgehoben wurde, vorausgesetzt, daß bei allen Dieselanlagen eine Reservemaschine zur Aufstellung kommt, wie dies aus Betriebsrücksichten nicht zu umgehen sein wird, und daß ferner die Motoren dauernd annähernd vollbelastet, also mit dem günstigsten Wirkungsgrad arbeiten. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, so werden sich naturgemäß die gefundenen Betriebskosten im ersten Fall etwas günstiger stellen, im zweiten Fall dagegen erhöhen.

Aus den bisherigen Rechnungen und Darlegungen folgt nun, daß bei den einzelnen Werken von einer gewissen Leistung ab, nur ein Teil der gesamten festen Kosten in dem Stromtarif der Großabnehmer berücksichtigt werden darf, wenn der letztere mit den Betriebskosten einer Dieselanlage soll konkurrieren können. Wie hoch dieser anteilige Prozentsatz bemessen werden kann, ist für den einzelnen Fall ohne weiteres rechnerisch festzustellen.

Für eine Dieselanlage von ca. 300 KW mit Reservemaschine betragen z. B. nach der Tabelle 47 bei 1000 jährlichen Benutzungstunden, entsprechend einer Erzeugung von 300 000 KWstd die Betriebskosten pro KWstd 10,78 Pf. Die gesamten Stromkosten dürfen somit im äußersten Fall für obigen Energieverbrauch  $10,78 \cdot 300\,000 = 32\,340$  M. erreichen. Nach Einsetzung der vorstehenden Zahlengrößen in die Betriebskostengleichung des EW III ergibt sich

$$32\,340 = x \cdot 300 + 0,0735 \cdot 300\,000, \text{ wo } x = 34 \text{ M.}$$

Es dürfen somit in vorliegendem Fall nur höchstens 58 % der gesamten festen Kosten berücksichtigt werden.

Die veränderlichen Kosten der drei EW betragen nach den früheren Untersuchungen

2,15 Pf.	pro KWstd	für das	EW	I
2,20	„	„	„	II
7,35	„	„	„	III

Es ergibt sich hieraus, daß dieselben bei den ersten beiden Werken in allen Fällen kleiner sind als die Betriebsausgaben von Dieselmotorenanlagen, so daß also stets ein wenn auch kleiner Anteil der festen Kosten mit angerechnet werden kann.

Dies trifft sogar für den Fall zu, daß der Konsument schon eine Reservemaschine besitzt oder ausnahmsweise in der Lage ist, auf eine jederzeitige Betriebsbereitschaft verzichten zu können und also von der Aufstellung eines besonderen Reservesatzes absehen kann.

Beim EW III übersteigen jedoch schon bei wesentlich geringeren Leistungen die veränderlichen Kosten diejenigen der Einzelanlagen.

In den Fig. 17—19 sind die veränderlichen Gestehungskosten bei den verschiedenen Zentralenleistungen ebenfalls eingetragen, so daß die Höhe derselben im Vergleich zu den Betriebskosten der Dieselanlagen bei den verschiedenen Ausnutzungen der letzteren ohne weiteres ersichtlich ist.

Bezeichnet man mit

- a die gesamten festen Betriebskosten einer Zentrale,
- x den gesuchten prozentualen Anteil derselben,
- b die veränderlichen Gestehungskosten pro KWstd,
- c die nutzbar abgegebenen KWstd,
- d die Betriebskosten pro KWstd einer Dieselanlage,

so ist

$$\frac{x \cdot a + b \cdot c}{c} = d$$

oder

$$x = \frac{c(d - b)}{a}$$

Es folgt, daß x negativ werden muß, so bald die veränderlichen Betriebskosten des Werkes b höher sind als die Betriebskosten der Dieselanlage d.

Berechnet man nun mit Hilfe dieser Gleichung und der auf Seite 127 und 128 tabellarisch zusammengestellten Werte für verschiedene Zentralen denjenigen prozentualen Anteil der festen Kosten, welcher berücksichtigt werden darf, wenn die Selbstkosten im Maximum die Höhe der Betriebskosten einer Dieselanlage mit Reserveaggregat erreichen sollen, so ergeben sich für die beiden

extremen Fälle, nämlich der Konkurrenz mit einer kleinen Dieselanlage von 50 KW und einer großen von 800 KW Leistung die

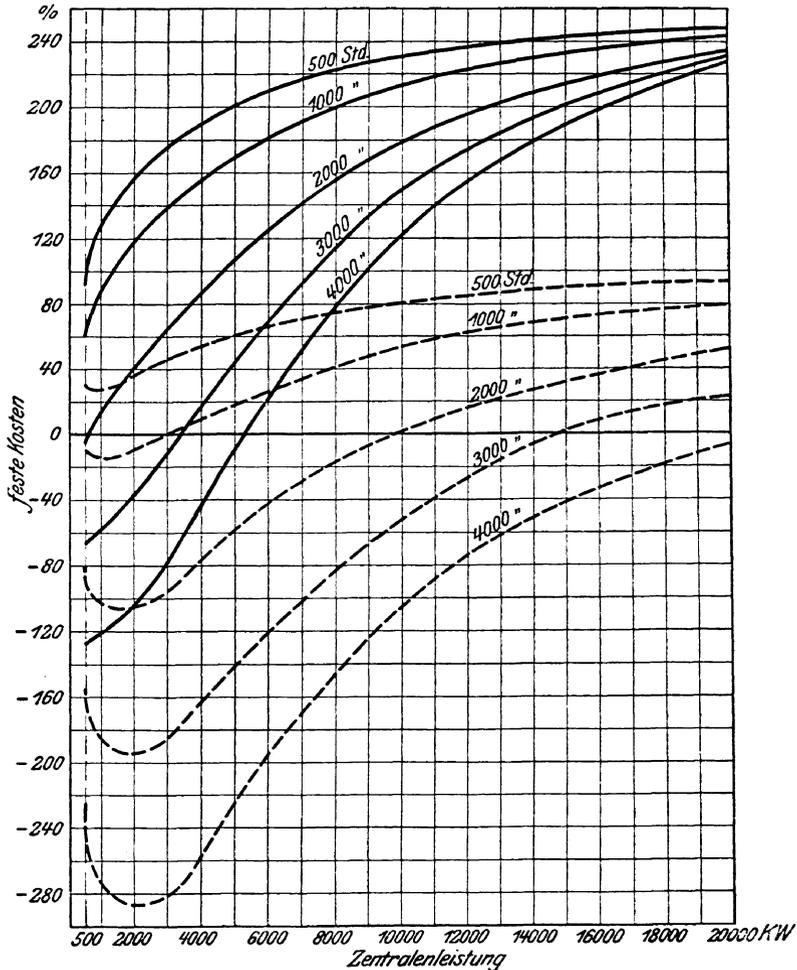


Fig. 20.

in vorstehender Fig. 20 dargestellten Kurven. Bei der Zentrale von 500 KW wurde eine maximale Leistung der Einzelanlage von 400 KW vorausgesetzt.

Die negativen Werte ergeben sich, wie schon bemerkt, in allen Fällen, wo der Betrieb der Einzelanlagen billiger als die ver-

änderlichen Kosten des Werkes ist. Die für die kleineren EW von 500 und 1000 KW bei den größeren Betriebsstundenzahlen und Anschlußanlagen von 400 bzw. 800 KW gefundenen negativen Werte dürften in Praxi niemals in Frage kommen und wurden lediglich der Vollständigkeit halber mit aufgenommen. Die über 100 % gefundenen positiven Werte bei den größeren Werken und kleineren Betriebsstunden deuten ferner darauf hin, daß in diesen Fällen auch die veränderlichen Kosten mit einem gewissen Aufschlag berechnet werden können.

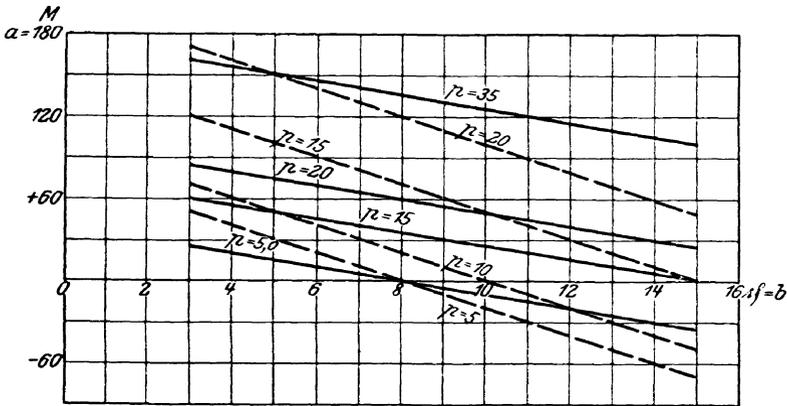


Fig. 21.

———— 500 Betr. Std.      - - - - 1000 Betr. Std.

Bezeichnet

- p = den Verkaufspreis des Stromes pro KWstd,
- x = Zahl der jährlichen Benutzungsstunden,
- z = Leistung in KW.
- x · z = Kilowattstunden pro Jahr,
- a = feste Kosten pro KW,
- b = veränderliche Kosten pro KWstd,

so ist

$$p \cdot x \cdot z = a \cdot z + b \cdot x \cdot z$$

$$a = (p - b) x$$

d. h. die festen Kosten pro KW, welche im Preise berücksichtigt werden dürfen, sind abhängig von der Differenz des Strompreises und der veränderlichen Kosten pro KWstd sowie der Betriebs-

stundenzahl. Hierbei ist der Strompreis  $p$  begrenzt durch die Betriebskosten der Dieselanlage.

Der Wert  $a$  ist nun für verschiedene Beträge von  $p$ ,  $b$  und  $x$  berechnet und in den Fig. 21—23 graphisch aufgetragen worden und zwar für

$x = 500$ Std.	$p = 35$ Pf.	20 Pf.	15 Pf.	5 Pf.
	$b = 3$ „	bis 15 „		
$x = 1000$ „	$p = 20$ „	15 „	10 „	5 „
	$b =$	wie vorher		
$x = 2000$ „	$p = 15$ Pf.	10 „	5 „	3 „
	$b =$	wie vorher		
$x = 3000$ „	$p = 10$ Pf.	5 „	3 „	
	$b =$	wie vorher		
$x = 4000$ „	$p = 10$ Pf.	5 „	3 „	
	$b =$	wie vorher		

Mit diesen Kombinationen dürften alle in Praxi vorkommenden Fälle gedeckt sein.

Die Diagramme gestatten nun bei einer der vorstehenden Betriebsstundenzahlen für beliebige Werte von  $p$  und  $b$  denjenigen Betrag  $a$  der festen Kosten sofort aufzufinden, welcher im Maximum berücksichtigt werden darf, wenn der Strompreis  $p$  nicht überschritten werden soll.

Sind umgekehrt die festen und veränderlichen Kosten  $a$  und  $b$  gegeben, so läßt sich an Hand der Kurven für eine der Betriebsstundenzahlen  $x$  der zugehörige Strompreis  $p$  finden. Die Kurven werden auch hier negativ für alle Werte von  $p < b$ .

In diesem letzteren Falle muß nun geprüft werden, ob die Versorgung des Großabnehmers nicht besondere weitere Vorteile für das Werk mit sich bringt, welche gestatten, den Verkaufspreis des Stromes event. noch unterhalb der Grenze der veränderlichen Gesteuerungskosten festzusetzen. Die Untersuchung wird zweckmäßig mit Hilfe der in Fig. 12 dargestellten Kurven geschehen, indem der Einfluß des Großabnehmers auf die Ausnutzung des Werkes und damit auf die gesamten Erzeugungskosten festgestellt wird. Man findet dann, daß eine derartige Preisreduktion in vielen Fällen möglich ist. Hervorgehoben soll nur werden das Beispiel der Nachtkonsumenten. Die Stromentnahme der letzteren, welche in den meisten Fällen ohne Zentralenerweiterung möglich

ist, wird wie früher dargestellt, unbedingt eine Verbesserung der Ausnutzung des Werkes herbeiführen. Da der Betrieb während der Nachtstunden ohnedies unterhalten werden muß, so werden

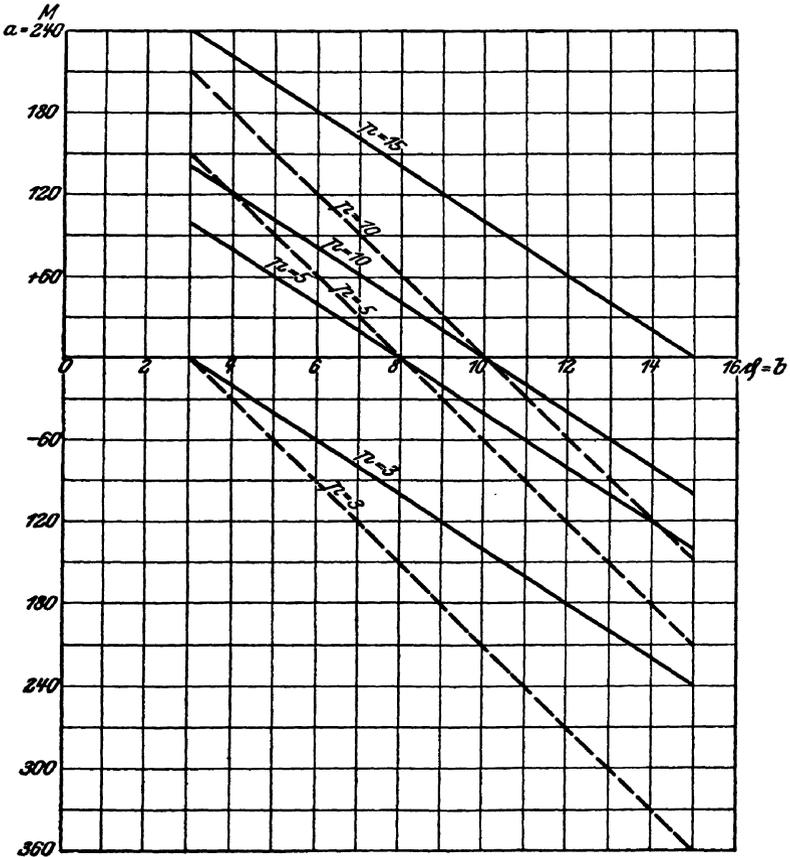


Fig. 22.

———— 2000 Betr. Std.      - - - 3000 Betr. Std.

die Kapitalkosten, Gehälter und Löhne durch die Versorgung des Konsumenten gar nicht berührt. Die Mehrausgaben bestehen nur in dem etwas größeren Verbrauch von Kohlen, Putz- und Schmiermaterial, welcher jedoch wiederum durch die günstigere Ausnutzung der Betriebsmittel, auf die KWstd bezogen, niedriger sein wird. Einem derartigen Abnehmer könnte somit ein Preis eingeräumt

werden, welcher nur die reinen Kosten für Kohlen, Putz- und Schmiermaterialien einschließt.

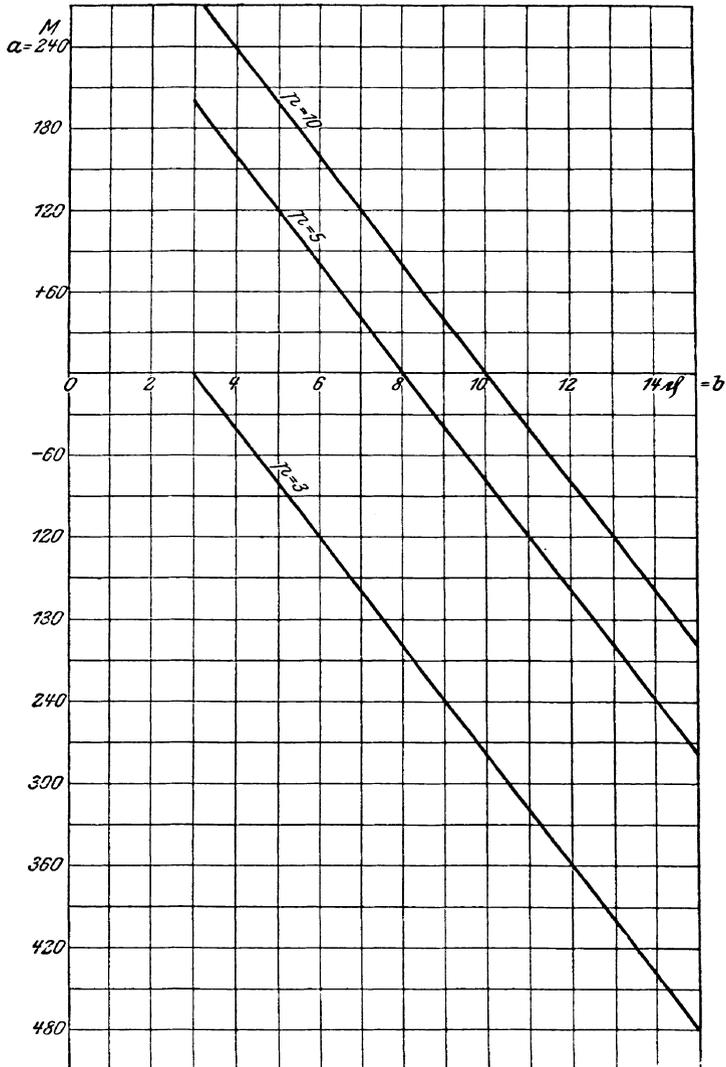


Fig. 23. 4000 Betr. Std.

Um nun ein ungefähres Bild zu gewinnen, bis zu welcher äußersten Grenze die einzelnen Werke in solchen Fällen event. mit ihren Preisen heruntergehen können, wurden an Hand der Sta-

tistik der V. d. EW. für Dampfwerke von 500—20 000 KW Leistung die mittleren Ausgaben pro KWstd für Brenn-, Putz- und Schmiermaterial festgestellt. Dieselben betragen:

Tabelle 50.

Leistung der Zentrale	Ausgaben für Brenn-, Putz- und Schmiermaterial pro erz. KWstd
1 000 KW	3,6 Pf.
2 000 „	3,4 „
3 000 „	3,2 „
4 000 „	3,0 „
5 000 „	2,8 „
6 000 „	2,7 „
7 000 „	2,5 „
10 000 „	2,4 „
15 000 „	2,1 „
20 000 „	1,8 „

Es wären dies somit diejenigen Preise, welche im äußersten Fall einem Großabnehmer unter gewissen Voraussetzungen eingeräumt werden könnten, wobei dem Werke selbst immer noch ein wenn auch bescheidener Nutzen infolge der besseren Ausnutzung der Betriebsmittel verbleibt.

## G. Bestehende Großabnehmertarife.

### 1. Allgemeines.

Nach den bisherigen Darlegungen wird nun für das EW der Tarif am geeignetsten sein, welcher sich eng an die Selbstkostenkurve anschließt und die Preise sowohl nach der Zeitdauer und dem Zeitmoment des Verbrauches sowie nach der Höhe desselben abstuft. Von diesen Erwägungen ausgehend, haben die Oberschlesischen EW einen Tarif vorgeschlagen, welcher noch heute bei diesen Werken in Kraft ist und dort ganz bedeutende Erfolge erzielt hat. Bei diesem System wird mit Hilfe von Höchstverbrauchsmessern die höchste mittlere Jahresbelastung in KW bei jedem Konsumenten festgestellt und rechnerisch diejenige Betriebsstundenzahl ermittelt, die bei einem bestimmten Einheitspreis zur Deckung der festen Kosten pro KW erforderlich ist.

Der hierüber hinausgehende Konsum wird zu einem wesentlich geringeren Preise berechnet, welcher nur die veränderlichen Kosten deckt. Nach dem Tarif der Oberschl. EW ergibt nun die vom Höchstverbrauchsmesser angegebene Belastung in KW mit 500 multipliziert, diejenige KWstundenzahl, für welche ein Preis von 40 Pf. pro KWstd. zu zahlen ist. Die übrige Stromentnahme kostet dann nur 4 Pf. pro KWstd. Auf die für das ganze Jahr bezahlten Beträge werden noch besondere Rabatte gewährt, welche je nach Höhe der Gesamtsumme abgestuft sind. Dieselben steigen für Großabnehmer bis zu 60 %. Wenn auch dieser Tarif theoretisch am besten den Interessen des Stromlieferanten gerecht wird, so hat derselbe doch nicht diejenige Aufnahme gefunden, welche man im allgemeinen erwarten sollte. Es wird demselben vor allem der Vorwurf gemacht, daß die Zeitdauer des Verbrauches gegenüber der absoluten Höhe desselben zu sehr bewertet und auf die besonderen Produktions- und Konsumtionsverhältnisse zu wenig Rücksicht genommen wird. Das erstere trifft allerdings in gewissem Sinne bei Abnehmern mit kleinen Benutzungsstunden zu, für welche die Preise unter Umständen eine zu große Höhe erreichen können. Der Tarif wird infolgedessen für reine Lichtanlagen oder solche Anlagen, bei welchen der Lichtbetrieb vorwiegt, wie z. B. für Warenhäuser weniger geeignet sein. So zahlt z. B. ein Abnehmer von jährlich 100 000 KWstd bei 1000 Benutzungsstunden ohne Berücksichtigung etwaiger Geldrabatte 22 Pf. pro KWstd, während für einen anderen mit dem gleichen Verbrauch, aber der doppelten Betriebsstundenzahl, der Preis des Stromes nur 13 Pf. beträgt. Theoretisch richtig ist unbedingt, daß der erstere der beiden das Werk mit maximal 1000 KW und der letztere nur mit 500 KW belastet. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß in einem Großbetrieb vorübergehende unbeabsichtigte Mehrbelastungen, welche über das Maß der normalen Leistung hinausgehen, vorkommen und dieselben dann den Durchschnittspreis des Stromes ganz beträchtlich erhöhen können. Das Kölner EW versorgt z. B. Großabnehmer mit Strom, bei welchen die höchste mittlere Belastung im Jahr größer als der gesamte Anschlußwert ist. Dem Konsumenten wird deshalb, wie schon früher dargelegt, ein Tarif besser zugesagt, welcher vor allem nach dem Verbrauch abgestuft ist, wobei auch der Zeitdauer der Stromentnahme durch Gewährung besonderer Rabatte, je nach den Benutzungsstunden,

Rechnung getragen werden kann. Ganz abgesehen davon, daß ein solcher Tarif für den Konsumenten verständlicher ist, gestattet er auch leichter die gesamten Jahresausgaben für den Strombezug im Voraus ungefähr zu bestimmen, was für einen industriellen Betrieb von großem Wert ist. Eine derartige Strompreisberechnung sichert ferner dem Werk eine größere Bewegungsfreiheit in der Preisfestsetzung und infolgedessen die Möglichkeit einer besseren Berücksichtigung der vorliegenden speziellen Verhältnisse des Konsumenten. Wenn der Tarif der Oberschl. EW deshalb nur bei einer kleineren Anzahl von Elektr.-Werken zur Anwendung gekommen ist und sogar bei einigen, welche ihn versuchsweise eingeführt hatten, wieder abgeschafft wurde, so kann doch der Erfolg desselben in Oberschlesien als ein Beweis dafür gelten, daß das Prinzip der Trennung der Ausgaben in feste und bewegliche durchaus berechtigt ist, wenn auch die Form des Tarifs mit Rücksicht auf den Abnehmer vielleicht noch gewisse Änderungen wünschenswert erscheinen läßt. Immerhin ist derselbe jedoch für die Versorgung industrieller Unternehmungen mit größeren Benutzungsstundenzahlen, wo zwischen Licht- und Kraftstrom kein Unterschied gemacht wird, auch in der vorliegenden Gestalt als die beste Lösung zu betrachten.

## 2. Einteilung der Großabnehmertarife und Beispiele.

Die z. Z. für Großabnehmer in Anwendung befindlichen Tarife lassen sich nun in fünf Klassen einteilen und zwar:

- a) Reine KWstd-Tarife, abgestuft nach der Höhe des Verbrauchs, ohne Berücksichtigung der Zeitdauer.
- b) Desgleichen mit Benutzungsstundenrabatten, jedoch ohne Berücksichtigung des Zeitpunktes der Stromentnahme.
- c) Reiner Benutzungsstundentarif.
- d) Tarife mit Grundtaxe und Einheitspreisen.
- e) Spezialtarife mit Benutzungsstundenrabatten unter Berücksichtigung des Zeitpunktes der Stromentnahme.

Von insgesamt 62 Werken, deren Großabnehmertarif bekannt war, verwendet die Mehrzahl und zwar

- 21 den reinen KWstd-Tarif (nach a),
- 11 den Tarif mit Benutzungsstundenrabatten (nach b),
- 6 den reinen Benutzungsstundentarif (nach c),

10 den Tarif mit Grundtaxe und Einheitspreisen (nach d),  
 5 einen Spezialtarif nach (e), während bei  
 9 Werken mehrere dieser Tarife gleichzeitig in Kraft sind.

Es sind nun im Folgendem einige typische Beispiele von Großabnehmertarifen nach der obigen Einteilung kurz zusammengestellt worden, wobei zu berücksichtigen ist, daß bei verschiedenen Werken der Strompreis für Niederspannung angegeben wurde, während der größere Teil den Strom hochspannungsseitig mißt.

### a) Reine KWstd-Tarife.

#### I. Städt. EW Bielefeld.

Der Preis des hochgespannten Drehstromes für Kraftbetriebe beträgt bei einem Jahresverbrauch von

	pro KWstd.		pro KWstd.
25 000 KWstd . .	10,0 Pf.	350 000 KWstd . .	7,1 Pf.
30 000 „ . .	9,5 „	400 000 „ . .	7,0 „
40 000 „ . .	9,0 „	450 000 „ . .	6,9 „
50 000 „ . .	8,7 „	500 000 „ . .	6,8 „
60 000 „ . .	8,5 „	550 000 „ . .	6,7 „
70 000 „ . .	8,4 „	600 000 „ . .	6,6 „
80 000 „ . .	8,3 „	700 000 „ . .	6,5 „
90 000 „ . .	8,2 „	800 000 „ . .	6,4 „
100 000 „ . .	8,1 „	900 000 „ . .	6,3 „
150 000 „ . .	7,8 „	1 000 000 „ . .	6,2 „
200 000 „ . .	7,5 „	1 100 000 „ . .	6,1 „
250 000 „ . .	7,3 „	1 200 000 „ . .	6,0 „
300 000 „ . .	7,2 „		

Die Vergütung der Ermäßigung erfolgt am Schluß des Rechnungsjahres. In keiner der vorstehend angeführten Stufen wird weniger bezahlt als der Höchstbetrag der vorhergehenden Stufe.

#### 2. EW Frankfurt am Main.

Bei einem Jahresverbrauch von 20 000—1 000 000 KWstd Preise pro KWstd abgestuft von 15—7 Pf., hochspannungsseitig gemessen.

#### 3. EW Ludwigshafen am Rhein.

a) Bei jährlich 1 000 000 KWstd Hochspannungsstrom 8,4 Pf. pro KWstd für Licht und Kraft.

b) Bei einer jährlichen Garantie von mindestens 3000 M. Strombezug

von	0—10 000 KWstd	. . . . .	10 Pf. pro KWstd
„	10 000—20 000	„ . . . . .	9 „ „ „
	über 20 000	„ . . . . .	8 „ „ „

Für Licht und Kraft wird der Strom gemeinschaftlich gemessen und verrechnet und zwar für die Zeit vom 15. Oktober bis 15. Febr. von 5—9 Uhr abends mit 25 Pf. pro KWstd.

#### 4. EW Mülheim am Rhein.

Jahresverbrauch	60—100 000 KWstd	. 9 Pf. pro KWstd
	100—200 000	„ . 8 „ „ „
	200—300 000	„ . 7 „ „ „

hochspannungsseitig gemessen.

#### 5. EW Neuß.

Mindestabnahme 25 000 KWstd jährlich.

25 bis	50 000 KWstd	. . . . .	10 Pf. pro KWstd
50	„ 100 000	„ . . . . .	9 „ „ „
100	„ 150 000	„ . . . . .	8 „ „ „
150	„ 300 000	„ . . . . .	7 „ „ „
300	„ 600 000	„ . . . . .	6 „ „ „
600	„ 1 000 000	„ . . . . .	5 „ „ „
über	1 000 000	„ . . . . .	nach besonderer Vereinbarung.

#### 6. Neckar-Werke A. G. Eßlingen a. N.

Bei jährlicher Mindestabnahme von

100 000 KWstd	. . . . .	8 Pf. pro KWstd
150 000	„ . . . . .	7,75 „ „ „
200 000	„ . . . . .	7,5 „ „ „
250 000	„ . . . . .	7,25 „ „ „
300 000	„ . . . . .	7 „ „ „
500 000	„ . . . . .	6,8 „ „ „
750 000	„ . . . . .	6,6 „ „ „
1 000 000	„ . . . . .	6,4 „ „ „
über 1 000 000	„ . . . . .	6,2 „ „ „

hochspannungsseitig gemessen; bei Messung in der Niederspannung erhöhen sich die Preise um 5 %.

## 7. EW Rheydt.

Jahresverbrauch	50 000 KWstd	. . .	9 Pf. pro KWstd
	75 000	„ . .	8 „ „ „
	100 000	„ . .	7 „ „ „
	200 000	„ . .	6,5 „ „ „
	300 000	„ . .	6,0 „ „ „
	500 000	„ . .	5,5 „ „ „
	1 000 000	„ . .	5,0 „ „ „

Wird der Strom niederspannungsseitig gemessen, so erhöhen sich die vorstehenden Preise um 0,5 Pf. Bei über 2500 Benutzungsstunden wird der Strom bei Abnahme von 1 000 000 KWstd zu 4,5 Pf. geliefert.

## 8. EW Schwelm.

Mindestabnahme	360 000 KWstd	. . .	5,7 Pf. pro KWstd
bei	480 000	„ . . .	5,6 „ „ „
„	600 000	„ . . .	5,5 „ „ „
„	720 000	„ . . .	5,4 „ „ „
„	840 000	„ . . .	5,3 „ „ „
„	960 000	„ . . .	5,2 „ „ „
„	1 000 000	„ . . .	5,1 „ „ „
„	1 200 000	„ . . .	5,0 „ „ „
„	1 440 000	„ . . .	4,9 „ „ „
„	1 680 000	„ . . .	4,8 „ „ „
über	1 680 000	„ . . .	4,7 „ „ „

hochspannungsseitig gemessen.

## 9. EW Siegerland.

Bei einer monatlichen Entnahme in der Hochspannung von 0—250 000 KWstd Preise pro KWstd abgestuft von 10 bis 5,1 Pf., über 250 000 KWstd 5 Pf.

## b) KWstd-Tarife mit Benutzungsstundenrabatten, ohne Rücksicht auf Zeit.

## 1. EW Köln.

Die Basis für die Strompreise der Großabnehmer bildet der zurzeit gültige Doppeltarif, mit der Abänderung, daß auf Grund

der jeweils maßgebenden Betriebsverhältnisse Durchschnittspreise festgesetzt werden, auf welche bei über 2000 jährlichen Benutzungsstunden noch besondere Rabatte von 10—20 % gewährt werden. Die Bruttopreise betragen unter dieser Voraussetzung bei einer jährlichen Entnahme von 100 000 KWstd im Mittel 10 Pf. pro KWstd und nehmen ab bis auf 5,0 Pf. bei 1 000 000 KWstd.

## 2. EW Barmen.

Die Preise pro KWstd, hochspannungsseitig gemessen, sind gestaffelt für eine Jahresabnahme von 10 000—600 000 KWstd von 11,75—6 Pf., über 600 000 KWstd 6 Pf., mit Benutzungsdauer-  
rabatten:

über 1000 Benutzungsstunden	. . . . .	5 %
„ 1500	„ . . . . .	7,5
„ 2000	„ . . . . .	10
„ 2500	„ . . . . .	12,5
„ 3000	„ . . . . .	15
„ 3500	„ . . . . .	17,5
„ 4000	„ . . . . .	20
„ 4500	„ . . . . .	22,5
„ 5000	„ . . . . .	25

Benutzungsdauer bezogen auf angeschlossene KW.

## 3. EW Dortmund.

### Hochspannungstarif.

Ab 120 000 KWstd	. . . . .	9 Pf. pro KWstd
„ 180 000	„ . . . . .	8,5 „ „ „
„ 240 000	„ . . . . .	8 „ „ „
„ 300 000	„ . . . . .	7,5 „ „ „
„ 384 000	„ . . . . .	7 „ „ „
„ 480 000	„ . . . . .	6,5 „ „ „
„ 600 000	„ . . . . .	6 „ „ „

mit Benutzungsdauerrabatten:

Bei 2000 Benutzungsstunden	. . . . .	5 %
„ 3000	„ . . . . .	10
„ 4000	„ . . . . .	15
„ 5000	„ . . . . .	20
„ 6000	„ . . . . .	25

Die Betriebsstunden ergeben sich durch Division des Anschlußwertes in den gesamten Jahresverbrauch.

#### 4. Rh. EW Essen.

Krafttarif für die Bergische Kleineisenindustrie.

A. Preise für die KWstd, falls die Stromentnahme in der Niederspannung erfolgen kann.

		Bei Entnahme		
bis jährlich	6 000 KWstd . . . .	14	Pf. pro KWstd	
über „	6 000 „ . . . .	13	„	„
„ „	8 400 „ . . . .	12,5	„	„
„ „	12 000 „ . . . .	12	„	„
„ „	14 400 „ . . . .	11,5	„	„
„ „	19 200 „ . . . .	11	„	„
„ „	24 000 „ . . . .	10,5	„	„
„ „	36 000 „ . . . .	9,75	„	„
„ „	48 000 „ . . . .	9,25	„	„
„ „	60 000 „ . . . .	9	„	„
„ „	72 000 „ . . . .	8,75	„	„
„ „	84 000 „ . . . .	8,50	„	„
„ „	96 000 „ . . . .	8,25	„	„
„ „	120 000 „ . . . .	7,75	„	„

B. Preise für die KWstd, falls die Stromentnahme in der Hochspannung erfolgt.

		Bei Entnahme von:		
über jährlich	12 000 KWstd . . .	11,50	Pf. pro KWstd	
„ „	18 000 „ . . .	10,75	„	„
„ „	24 000 „ . . .	10	„	„
„ „	36 000 „ . . .	9,50	„	„
„ „	48 000 „ . . .	9	„	„
„ „	72 000 „ . . .	8,50	„	„
„ „	96 000 „ . . .	8	„	„
„ „	120 000 „ . . .	7,50	„	„
„ „	150 000 „ . . .	7,25	„	„
„ „	180 000 „ . . .	7	„	„
„ „	240 000 „ . . .	6,75	„	„
„ „	360 000 „ . . .	6,50	„	„
„ „	480 000 „ . . .	6,25	„	„
„ „	600 000 „ . . .	6	„	„

## Betriebsstunden-Rabatte

Auf die vorstehenden Preise werden am Ende eines jeden Rechnungsjahres folgende Betriebsstunden-Rabatte gewährt:

bei 750—1000 Betriebsstunden jährlich . . . .	7,5 %
über 1000—1250 „ „ . . . .	10
„ 1250—1500 „ „ . . . .	12,5
„ 1500—1750 „ „ . . . .	15
„ 1750—2000 „ „ . . . .	17,5
„ 2000—2300 „ „ . . . .	20
„ 2300—2750 „ „ . . . .	22,5
„ 2750 „ „ . . . .	25

Die Zahl der jährlichen Betriebsstunden wird durch Division der im ganzen Rechnungsjahre bezogenen KWstd durch den am Ende des Rechnungsjahres vorhandenen Anschlußwert ermittelt. Als Anschlußwert gilt allgemein die Summe der Einzelleistungen aller angeschlossenen Motoren und Apparate.

## 5. EW Leipzig.

Die Strompreise für Großabnehmer betragen bei einem jährlichen Bezug von

über 100 000— 200 000 KWstd . . . .	26	Pf. pro KWstd
„ 200 000— 300 000 „ . . . .	25	„ „ „
„ 300 000— 500 000 „ . . . .	24	„ „ „
„ 500 000— 750 000 „ . . . .	22,5	„ „ „
„ 750 000—1000 000 „ . . . .	21	„ „ „
„ 1000 000 „ . . . .	18	„ „ „

mit Benutzungsrabatten von

über 600— 800 Stunden . . . . .	10 %
„ 800—1000 „ . . . . .	20
„ 1000—1500 „ . . . . .	30
„ 1500—2000 „ . . . . .	40
„ 2000—2500 „ . . . . .	50
„ 2500 „ . . . . .	60

Die vorstehenden Rabattsätze erhöhen sich um weitere 10 %, wenn der Abnehmer statt Gleichstrom 10 000 voltigen Drehstrom bezieht und die erforderliche Umformung selbst vornimmt. Der Anschlußwert wird in der Regel zu Beginn des Kalenderjahres

bestimmt und gilt bis zum Ende desselben, ohne Rücksicht auf Vergrößerungen.

### 6. EW Mannheim.

#### Tarif für Kraftzwecke.

von	0— 10 000 KWstd	. . . .	20 Pf. pro KWstd
„	10 001— 20 000	„ . . . .	17 „ „ „
„	20 001— 30 000	„ . . . .	14 „ „ „
„	30 001— 50 000	„ . . . .	12 „ „ „
„	50 001—100 000	„ . . . .	11 „ „ „
„	100 001—200 000	„ . . . .	10 „ „ „
	Jede weitere	„ . . . .	9 „ „ „

mit nachstehenden Betriebsstundenrabatten:

Bei mehr als	300 Betriebsstunden	. . . . .	5 %
„ „ „	600	„ . . . . .	10 „
„ „ „	900	„ . . . . .	15 „
„ „ „	1200	„ . . . . .	20 „
„ „ „	1500	„ . . . . .	25 „
„ „ „	1800	„ . . . . .	30 „

mit der Maßgabe, daß der nach Abzug des Rabattes sich ergebende Durchschnittspreis der KWstd-Niederspannungsstrom 7 Pf. nicht unterschreiten darf. Die Betriebsstundenzahl ergibt sich durch Division der Installations-KW in den gesamten Jahresverbrauch. Für die Entnahme von Hochspannungsstrom ermäßigen sich die vorstehenden Sätze um 15 %. Denjenigen Konsumenten, welche in einem Jahr über 600 000 KWstd an Licht und Kraft verbrauchen und ihren gesamten Bedarf an elektr. Energie ausschließlich aus dem städt. Werk entnehmen, wird ein besonderer Konsumrabatt von 8 % auf den Betrag des Kraftstromes mit der Maßgabe bewilligt, daß hierdurch der Mindestpreis von 7 Pf. pro KWstd Niederspannung nicht unterschritten wird.

### 7. EW Westfalen A.-G. Bochum.

Über 48 000 KWstd bis 600 000 KWstd Hochsp.-Preise abgestuft von 10,5 Pf. bis 6,0 Pf. mit Benutzungsdauerrabatten von 2,5—25 % bei über 1500 bis über 6000 Benutzungsstunden.

## 8. Märkisches EW Eberswalde b. Berlin.

Die Messung des Stromes erfolgt in der Hochspannung.  
Bei einem Jahresverbrauch

	bis zu	30 000 KWstd.	. . . . .	14 Pf. pro KWstd
von	30 000	„ „	100 000	„ . . . . . 12 „ „ „
„	100 000	„ „	200 000	„ . . . . . 10 „ „ „
„	200 000	„ „	400 000	„ . . . . . 8 „ „ „
„	400 000	„ „	1000 000	„ . . . . . 7 „ „ „
darüber.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	6 „ „ „

Die angegebenen Preise beziehen sich nur auf den zwischen je zwei Gruppen liegenden Anteil des Gesamtverbrauches. Auf die für das Kalenderjahr hiernach berechneten und bezahlten Beträge werden folgende Rabatte gewährt: Bei einer jährlichen Betriebszeit von:

über 1500 Std.	. . . . .	2,5 %	über 4000 Std.	. . . . .	15 %
„ 2000	„ . . . . .	5 „	„ 4500	„ . . . . .	17,5 „
„ 2500	„ . . . . .	7,5 „	„ 5000	„ . . . . .	20 „
„ 3000	„ . . . . .	10 „	„ 5500	„ . . . . .	22,5 „
„ 3500	„ . . . . .	12,5 „	„ 6000	„ . . . . .	25 „

Die Betriebszeit ergibt sich durch Division des Jahresverbrauches durch die Summe der angeschlossenen KW.

## 9. Westfälisches Verbands-Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft Dortmund.

Die elektrische Energie — Hochspannung — kostet pro KWstd für Licht und Kraft zusammen bei einer monatlichen Stromentnahme

bis zu	700 KWstd	. . . . .	14 Pf. pro KWstd
über	700	„ . . . . .	13½ „ „ „
„	1 000	„ . . . . .	13 „ „ „
„	1 400	„ . . . . .	12½ „ „ „
„	1 800	„ . . . . .	12 „ „ „
„	2 200	„ . . . . .	11½ „ „ „
„	3 000	„ . . . . .	11 „ „ „
„	4 000	„ . . . . .	10½ „ „ „
„	5 000	„ . . . . .	10 „ „ „
„	6 000	„ . . . . .	9½ „ „ „

über	8 000 KWstd	. . . . .	9 Pf. pro KWstd
„	10 000	„ . . . . .	8½ „ „ „
„	15 000	„ . . . . .	8 „ „ „
„	20 000	„ . . . . .	7½ „ „ „
„	25 000	„ . . . . .	7¼ „ „ „
„	30 000	„ . . . . .	7 „ „ „
„	35 000	„ . . . . .	6¾ „ „ „
„	40 000	„ . . . . .	6½ „ „ „
„	45 000	„ . . . . .	6¼ „ „ „
„	50 000	„ . . . . .	6 „ „ „

Auf diese Preise kommen nachstehende Rabatte zur Vergütung:

Bei einer Benutzungszeit von

über 1500 Betriebsstd. pro Jahr und angeschl. KW	. 2½ %
„ 2000 „ „ „ „ „ „	. 5 „
„ 2500 „ „ „ „ „ „	. 7½ „
„ 3000 „ „ „ „ „ „	. 10 „
„ 3500 „ „ „ „ „ „	. 12½ „
„ 4000 „ „ „ „ „ „	. 15 „
„ 4500 „ „ „ „ „ „	. 17½ „
„ 5000 „ „ „ „ „ „	. 20 „
„ 5500 „ „ „ „ „ „	. 22½ „
„ 6000 „ „ „ „ „ „	. 25 „

Als Benutzungszeit gilt der Quotient aus: Verbrauchte KWstd pro Geschäftsjahr dividiert durch die im Mittel angeschlossenen Kilowatt.

### c) Reine Benutzungsstundentarife.

#### 1. BEW Berlin.

Der Preis der gelieferten Elektrizität richtet sich nach der Benutzungsdauer. Zur Ermittlung derselben wird außer dem KWstd-Zähler ein Belastungsanzeiger aufgestellt und vom 15. Sept. bis 15. März in den Nachmittagsstunden von 5—7 Uhr mittelst Zeitstromschließers eingeschaltet. Dieser Anzeiger mißt die durchschnittliche Belastung in KW während der Viertelstunde und registriert die höchste dieser Messungen während jeder Ableseperiode, von welcher er eingeschaltet wird.

Dividiert man das Mittel aus den drei höchsten Angaben des Belastungsmessers in den gesamten vom Elektrizitätszähler angegebenen Jahresverbrauch, so ergibt sich eine Ziffer, die im Sinne dieses Tarifes als Benutzungsdauer bezeichnet wird.

Der Preis beträgt bei einer jährlichen Benutzungsdauer von 2000 Stunden 10 Pf. pro KWstd.

Zwischen 2000 und 2250 Stunden	. . . . .	9	Pf. pro KWstd
„ 2250 „ 2500 „	. . . . .	8,5	„ „ „
„ 2500 „ 3000 „	. . . . .	8	„ „ „
„ 3000 „ 3500 „	. . . . .	7,5	„ „ „
„ 3500 „ 4000 „	. . . . .	7	„ „ „
über 4000 „	. . . . .	6,5	„ „ „

Bis zur Feststellung der Benutzungsdauer wird die KWstd mit 10 Pf. in Ansatz gebracht. Jährlicher Mindestverbrauch 100 000 KWstd und eine Benutzungsdauer von 2000 Stunden.

## 2. EW Halle a. S.

Elektrischer Strom für Groß- und Kleinkonsumenten zu Kraftzwecken während der ersten 300 Betriebsstunden 20 Pf. pro KWstd und während der übrigen Betriebsstunden 10 Pf. pro KWstd.

### d) Tarife mit Grundtaxe und Einheitspreisen.

#### 1. EW Düsseldorf.

Der Abnehmer hat eine Benutzungsdauer von 1000 Std. des Gesamt-Anschlußwertes im Jahre zu garantieren. Die ersten 1000 Betriebsstunden werden mit 13 Pf. berechnet. Darüber hinaus kostet jede KWstd hochspannungsseitig gemessen bei Anlagen

von 75 bis 100 KW Anschlußwert	. . . . .	6	Pf.
„ 100 „ 200 „	„ „ . . . . .	5	„
„ 200 „ 300 „	„ „ . . . . .	4,5	„
über 300 „	„ „ . . . . .	4	„

Benutzungsdauer bezogen auf die angeschlossenen KW.

#### 2. Oberschl. EW Gleiwitz.

Die ersten 500 Benutzungsstunden die KWstd 40 Pf., jede weitere KWstd 4 Pf. Zur Feststellung der Benutzungsdauer dient

ein Zähler mit Belastungsmesser und Zeitstromschließer. Der letztere hat den Zweck, den Belastungsmesser nur während der nachstehenden Sperrstunden mit dem Zähler zu verbinden:

Januar und November	von 4	Uhr	nachmittags	bis 9	Uhr	abends
Februar und Oktober	„ 5	„	„	„ 9	„	„
März und September	„ 6	„	„	„ 9	„	„
Dezember	„ 3½	„	„	„ 9	„	„

Von den sieben in jedem Kalenderjahr monatlich festgestellten Belastungen ist die dritte höchste für die Stromkostenberechnung maßgebend.

Auf die für das ganze Jahr in obiger Weise berechneten Beträge werden folgende Rabatte gewährt:

von	1 000	bis	10 000	M.	. . . . .	15	%
„	10 000	„	30 000	„	. . . . .	30	„
„	30 000	„	100 000	„	. . . . .	40	„
„	100 000	„	300 000	„	. . . . .	50	„
			über 300 000	„	. . . . .	60	„

Diese Rabattsätze beziehen sich nicht auf die ganze in einem Kalenderjahr festgestellte Summe, sondern nur auf die zwischen zwei der obigen Grenzen liegenden Beträge der Jahressumme und werden für jede Anlage bzw., wenn mehrere Zähler in derselben vorhanden sind, für jeden mit einem Zähler versehenen Teil der Anlage besonders verrechnet.

Erfolgt die Messung hochspannungsseitig und sind entweder keinerlei Transformatoren notwendig, oder werden diese mit den zugehörigen Verbindungsleitungen zur Stromübergabestelle auf Kosten des Abnehmers erstellt, oder endlich, wenn diese Einrichtungen auf Kosten des EW beschafft werden und der Abnehmer jährlich für Verzinsung, Amortisation und Unterhaltung dieser Einrichtungen 10 % des Anschaffungswertes derselben an das EW vergütet, so wird in diesen Fällen auf die vorstehend berechneten Nettobeträge ein Extrarabatt von 5 % gewährt.

Am Schlusse jedes Kalenderjahres wird auf die Gesamtkosten eine Prämie verteilt. Dieselbe bedingt einen Mindestbetrag für entnommene elektrische Energie von 50 000 M. jährlich und wird nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{x}{100\,000} \cdot 3\%$$

bis zum Höchstsatz von 24 %. Hierbei bedeutet x die Summe aller nach Vorstehendem berechneten Stromkosten in Mark. Die Prämie beträgt somit bei einer Jahresrechnung von

50 000 M.	. . . . .	1,5 %
100 000 „	. . . . .	3 „
200 000 „	. . . . .	6 „

auf die Gesamtbeträge und so weiter, bis bei 800 000 M. und darüber der Satz von 24 % erreicht ist.

### 3. EW Saarbrücken.

a) Bei einer jährlichen Mindestabnahme von 20 000 KWstd, der Garantieverpflichtung von 2000 Benutzungsstunden und einem zehnjährigen Vertragsabschluß:

Grundgebühr 100 M. pro Jahres-KW, Zuschlagspreis 5 Pf. pro KWstd, hochspannungsseitig gemessen.

b) Bei Lieferung von Niederspannung erhöht sich der Zuschlagspreis um einen Pfennig.

c) Bei einer jährlichen Mindeststromentnahme von 100 000 KWstd, der Garantieverpflichtung von 2000 Benutzungsstunden und einem zehnjährigen Vertragsabschluß:

Grundgebühr 70 M. pro Jahres-KW, Zuschlagspreis 2,5 Pf. pro KWstd, hochspannungsseitig gemessen.

Benutzungsdauer bezogen auf das auftretende Maximum.

### 4. EW Stuttgart.

Für jedes installierte KW Gleichstrom oder niedergespannten Drehstrom sind 108 M. als Grundtaxe zu errichten. Ferner ist eine jährliche Verwaltungstaxe von M. 36 zu zahlen. Außerdem werden pro KWstd die folgenden Zuschläge erhoben:

für die ersten	10 000 KWstd	. . . . .	8,5 Pf. pro KWstd
für die weiteren	10 000	„ . . . . .	8 „ „ „
„ „ „	20 000	„ . . . . .	7,5 „ „ „
„ „ „	40 000	„ . . . . .	7 „ „ „
„ „ „	80 000	„ . . . . .	6,5 „ „ „
„ „ „	140 000	„ . . . . .	6 „ „ „
„ „ „	300 000	„ . . . . .	5,5 „ „ „
„ „ „	600 000	„ . . . . .	5 „ „ „

Den Kraftstromabnehmern mit einem garantierten Jahresverbrauch von mindestens 3000 KWstd werden bei Berechnung der Grundtaxe zunächst 50 % des installierten Anschlußwertes in Rechnung gesetzt. In solchen Fällen, wo die Einrichtungen nicht mit 50% des installierten Anschlußwertes benutzt werden, kann die durchschnittliche tatsächliche Belastung durch Maximumzähler festgestellt werden. Als Maximum gilt das Mittel aus den Höchstbelastungen in den Monaten Oktober bis einschließlich März. Die Ermittlung des Maximums gilt auch für Licht- und Kraftabnehmer, bei welchen die Kraftstromentnahme mindesten 80% des Gesamtverbrauchs beträgt.

### e) Spezialtarife unter Berücksichtigung der Zeit.

#### 1. EW Aachen.

##### a) Tagesverbrauch.

0 bis	5 000 KWstd	. . . . .	15 Pf. pro KWstd
5 000 „	10 000 „	. . . . .	12 „ „ „
10 000 „	20 000 „	. . . . .	10 „ „ „
20 000 „	40 000 „	. . . . .	8 „ „ „
die weiteren	KWstd	. . . . .	6 „ „ „

##### b) Abendverbrauch.

0 bis	10 000 KWstd	. . . . .	30 Pf. pro KWstd
10 000 „	20 000 „	. . . . .	25 „ „ „
20 000 „	40 000 „	. . . . .	20 „ „ „
40 000 „	80 000 „	. . . . .	16 „ „ „
80 000 „	150 000 „	. . . . .	14 „ „ „
150 000 „	300 000 „	. . . . .	13 „ „ „
die weiteren	KWstd	. . . . .	12 „ „ „

niederspannungsseitig gemessen.

Wird der Strom auf der Hochspannungsseite gemessen, so wird auf obige Preise ein Rabatt von 5 % gewährt.

#### 2. EW Ulm.

a) Für die Zeit von abends 6 Uhr bis morgens 6 Uhr über 40 000 KWstd Jahresverbrauch Preis 12 Pf. pro KWstd.

b) Für die Zeit von morgens 6 Uhr bis abends 6 Uhr bei jährlich 20 000—390 000 KWstd 14—7 Pf. pro KWstd, hochspannungsseitig gemessen.

## 3. EW München-Gladbach.

Der Preis des Stromes beträgt bei einer jährlichen Abnahme von mehr als

	pro KWstd.		pro KWstd.
10 000 KWstd. . . . .	12 Pf.	150 000 KWstd . . . . .	6,0 Pf.
20 000 „ . . . . .	11 „	162 000 „ . . . . .	5,825 „
30 000 „ . . . . .	10,5 „	175 000 „ . . . . .	5,75 „
40 000 „ . . . . .	10,0 „	187 000 „ . . . . .	5,625 „
50 000 „ . . . . .	9,00 „	200 000 „ . . . . .	5,50 „
60 000 „ . . . . .	8,5 „	225 000 „ . . . . .	5,375 „
70 000 „ . . . . .	8,0 „	250 000 „ . . . . .	5,25 „
80 000 „ . . . . .	7,5 „	275 000 „ . . . . .	5,125 „
90 000 „ . . . . .	7,0 „	300 000 „ . . . . .	5,00 „
100 000 „ . . . . .	6,5 „	350 000 „ . . . . .	4,825 „
112 000 „ . . . . .	6,375 „	400 000 „ . . . . .	4,75 „
125 000 „ . . . . .	6,25 „	450 000 „ . . . . .	4,625 „
137 000 „ . . . . .	6,125 „	500 000 „ . . . . .	4,50 „

Während der Sperrzeit erhöhen sich vorstehende Preise um 1,0 Pf. pro KWstd. Für die nachts, d. h. zwischen 8 Uhr abends und 7 Uhr morgens entnommene Energie tritt eine Ermäßigung von 0,5 Pf. pro KWstd ein.

Bei weniger als 100 Benutzungsstunden monatlich	0,0 %	Rabatt
„ mehr „ 100	5,0 %	„
„ „ „ 125	7,5 %	„
„ „ „ 150	10,0 %	„
„ „ „ 180	10,5 %	„
„ „ „ 200	15,0 %	„

Preis für Licht 20,0 Pf. pro KWstd.

## 4. EW Elberfeld.

## a) Abendtarif.

30 001 bis 60 000 KWstd . . . . .	35,0 Pf. pro KWstd
60 001 „ 120 000 „ . . . . .	30 „ „ „
über 120 000 „ . . . . .	25 „ „ „

## b) Tages- und Nachttarif.

10 001 bis 50 000 KWstd . . . . .	10,0 Pf. pro KWstd
50 001 „ 100 000 „ . . . . .	9,5 „ „ „

100 001 bis	150 000	KWstd . .	9,0 Pf. pro KWstd
150 001	„ 200 000	„ . .	8,5 „ „ „
200 001	„ 300 000	„ . .	8,0 „ „ „
300 001	„ 500 000	„ . .	7,5 „ „ „
500 001	„ 750 000	„ . .	7,0 „ „ „
750 001	„ 1 000 000	„ . .	6,5 „ „ „
	über 1 000 000	„ . .	6,0 „ „ „

#### 5. Technische Betriebe der Stadt Osnabrück.

Der Preis der elektr. Energie (Hochspannung) beträgt für das im Jahr maximal abgenommene KW 160 M. bei einer Benutzungsdauer bis 2000 Stunden und für die weiteren über 2000 Benutzungsstunden im Jahr entnommenen KWstd 3,0 Pf. pro KWstd. Übersteigt die Benutzungsdauer 2000 Stunden im Jahr, so wird ein Nachlaß auf den gesamten Jahresbetrag für bezogene Energie gewährt, und zwar bei einem Maximum von

26— 50 KW von	2,5 %	151—300 KW von	12,5 %
51— 75 „ „	5,0 %	301—400 „ „	15,0 %
76—100 „ „	7,5 %	401—500 „ „	17,5 %
101—150 „ „	10 %	über 500 „ „	20,0 %

Das Maximum der Energieabnahme wird durch einen Maximumzeiger mit viertelstündiger Registrierperiode ermittelt.

#### 6. EW Hannover.

Für die in Form von Drehstrom mit 4750 Volt Spannung entnommene Energie ist zu zahlen:

a) eine Grundgebühr für die höchste, innerhalb eines jeden Monats während der Dauer einer Viertelstunde festgestellte Durchschnittsbelastung, und zwar

für die ersten 30 KW 9,0 M. monatlich, mindestens jedoch 180 M., für weitere 120 KW je 6,0 M. monatlich, für die über 150 KW hinausgehenden KW monatlich je 5 M.,

b) ein KWstd-Preis von 4,0 Pf. für jede in der Hochspannung gelieferte KWstd.

#### 7. EW Nürnberg.

Vorausgesetzt ist ein monatlicher Mindestverbrauch von 2000 KWstd und eine fünfjährige Verpflichtung.

Die Grundgebühr beträgt 6 M. pro Monat für jedes KW, zuzüglich 6,5 Pf. pro KWstd für die innerhalb eines Monats be-

zogenen ersten 2000 KWstd, je 5 Pf. für die innerhalb eines Monats bezogenen weiteren 3000 KWstd und 4,0 Pf. für alle weiteren KWstd. Der aus Grundgebühr und den Stromgebühren für die KWstd sich berechnende Einheitspreis darf im Monatsdurchschnitt jedoch nicht unter 7,0 Pf. betragen. Bei Lieferung von Hochspannungsstrom werden 5 % Rabatt gewährt.

### f) Verschiedene Tarife.

#### 1. EW Bremen.

Großabnehmer bei Lieferung von Hochspannungsstrom bei Tagesbetrieb 150 M. pro KW und Jahr oder 8—9 Pf. pro KWstd. Ein fester Großabnehmertarif existiert nicht, sondern es wird mit jedem Großabnehmer unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse ein besonderer Vertrag abgeschlossen.

#### 2. EW Chemnitz.

Unter Zugrundelegung einer jährlichen Stromverpflichtung

##### a) Kraft, ohne Sperrzeiten

50 000 KWstd . . . . .	10	Pf. pro KWstd
100 000 „ . . . . .	9	„ „ „
200 000 „ . . . . .	8	„ „ „
400 000 „ . . . . .	7	„ „ „
1 000 000 „ . . . . .	6,5	„ „ „

b) Kraft, mit Sperrzeiten durchgängig 1 Pf. weniger als unter a).

c) Kraft für Nachtbetrieb in der Zeit von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens

50 000 KWstd jährliche Mindestabnahme	6	Pf. pro KWstd
100 000 „ „ „	5,5	„ „ „
500 000 „ „ „	5	„ „ „

d) Kraft für Ziegeleien und sonstige Betriebe, welche nur etwa sechs Sommermonate arbeiten.

Hierfür gelten die Preise unter b).

e) Licht für Geschäftshäuser und Tagesbetriebe

50 000 KWstd jährliche Mindestabnahme	25	Pf. pro KWstd
100 000 „ „ „	24	„ „ „

f) Licht für Nacht-Fabrikbetriebe innerhalb der Zeit von abends 6 bis morgens 6 Uhr

10 000 KWstd jährliche Mindestabnahme	20 Pf. pro KWstd
20 000 „ „ „	15 „ „ „
50 000 „ „ „	10 „ „ „

Der Verbrauch über das garantierte Mindestquantum wird zu dem nächstniedrigen Preis verrechnet, nicht aber von 0 ab. Beim Einhalten von Sperrzeiten ermäßigen sich die Kraftpreise um einen Pfennig.

### 3. EW Magdeburg.

a) Für den Stromverbrauch der Fabriken zu Kraftzwecken Sondernachlaß von 10 % auf den tarifmäßigen Kraftstrompreis (18—11 Pf.). Gewährleistete Mindestabnahme 750 000 KWstd.

b) Stromverbrauch zu Kraftzwecken in den Nachtstunden von 8 Uhr abends bis 6 Uhr morgens fester Preis 10 Pf. ohne Abstufung.

c) Strom für Straßenbahn, 500 Volt Gleichstrom in der Zentrale gemessen, die KWstd 8 Pf.

3—4 000 000 KWstd Nachlaß	. . . . .	10 %
4—5 000 000 „ „	. . . . .	15
5—6 000 000 „ „	. . . . .	20
über 6 000 000 „ „	. . . . .	25

### 4. EW Mark A.-G. Hagen i. W.

a) Mindeststrombezug jährlich 12 000 KWstd.

12 000—600 000 KWstd Strompreise abgestuft von 14 bis 6 Pf. pro KWstd mit Benutzungsdauerrabatten von 5—25 %.

b) Nachtstrompreis (abends 8—7 Uhr morgens) Mindeststromverbrauch 12 000 KWstd.

12 000—600 000 KWstd Strompreise abgestuft von 6—4 Pf. pro KWstd ohne weitere Rabatte.

Die Rabattsätze kommen nur bis zu einem Mindestnettopreis von 5 Pf. für die KWstd Tagesbezug zur Anwendung.

### 5. Kreis-Elektrizitätsamt Düren.

a) Bei mehr als 100 KW Leistungsfähigkeit 25 Pf. pro KWstd für die ersten 400 Benutzungsstunden (bezogen auf die angeschlossenen KW), von da ab 6 Pf. pro KWstd. Bei garantiertem

Mindestquantum wird auf vorstehende Preise ein Nachlaß von 30 % gewährt. Die Energiemengen, welche über das Garantiequantum hinaus entnommen werden, werden mit 6 Pf. berechnet. Bei einer Benutzungsdauer von 3000—4500 Stunden werden 10 %, von 4500—6000 Std. 20 % und darüber 30 % Sonderrabatt gewährt.

b) Hochspannungstarif. Bei einer Abnahme von	
80 000—100 000 KWstd	Preis pro KWstd 9 Pf.
100 000—150 000	„ „ „ „ 8 „
150 000—200 000	„ „ „ „ 7,5 „
200 000—300 000	„ „ „ „ 7 „
über 300 000	„ „ „ „ 6 „

Auf die Preise werden folgende Rabatte gewährt:

bei mehr als 1000 Benutzungsstunden	. . .	5 %
„ „ „ 1500	„ . . .	7,5 „
„ „ „ 2000	„ . . .	10 „
„ „ „ 2500	„ . . .	12,5 „
„ „ „ 3000	„ . . .	15 „
„ „ „ 3500	„ . . .	17,5 „

Für die Berechnung der Benutzungsstunden wird der Anschlußwert zugrunde gelegt.

### 3. Vergleich der Tarife der Werke I, II und III mit den Betriebskosten von Dieselanlagen.

Untersucht man nun die Großabnehmertarife der in den engeren Kreis der Betrachtungen gezogenen drei Werke auf ihre Konkurrenzfähigkeit mit Dieselanlagen, so ist zunächst für die Zentrale I zu erwähnen, daß hier die früher angeführten Erwägungen für die Einführung eines reinen KWstd-Tarifs mit Rabatten auf die Benutzungsstunden maßgebend waren. Derselbe zeigt die folgenden Abstufungen nach Tabelle 51. Auf diese Preise werden noch je nach der Benutzungsstundenzahl besondere Rabatte bewilligt. Dieselben betragen für Benutzungsstunden

bis 2000 pro Jahr	. . . . .	0 %
von 2000 „ 2500	„ „ . . . . .	10 „
„ 2500 „ 3000	„ „ . . . . .	15 „
über 3000 „ „	„ „ . . . . .	20 „

Tabelle 51.

Jahresverbrauch	Monatsverbrauch	Preis pro KWstd	Feste Kosten pro KW	Veränderliche Kosten pro KWstd
KWstd	KWstd	Pfg.	M.	Pfg.
96 000	8 000	10	160	2
120 000	10 000	9,5	150	2
180 000	15 000	8,75	135	2
240 000	20 000	8,00	120	2
300 000	25 000	7,50	110	2
360 000	30 000	7,00	100	2
420 000	35 000	6,6	92	2
480 000	40 000	6,25	85	2
540 000	45 000	6,0	80	2
600 000	50 000	5 75	75	2
720 000	60 000	5,50	70	2
840 000	70 000	5,25	65	2
1 200 000	100 000	4,90	58	2

Die Benutzungsstunden werden mit Hilfe von Höchstverbrauchsmessern festgestellt; besondere Ermäßigungen auf diesen Tarif bei Stromabnehmern außerhalb der Hauptbeleuchtungsperiode werden von Fall zu Fall besonders vereinbart. Prüft man diesen Tarif genauer, so ergibt sich, daß derselbe sich auch in die Form desjenigen der Oberschles. EW. auflösen läßt.

Unter der Voraussetzung, daß die veränderlichen Kosten des EW I wie früher berechnet mit ca. 2 Pf. pro KWstd für sämtliche Tarifstufen angenommen werden, ergeben sich z. B. bei einem Jahresverbrauch von 96 000 KWstd und 2000 Benutzungsstunden für einen Durchschnittspreis der KWstd von 10 Pf. die festen Kosten nach der Gleichung auf Seite 135

$$a = (p - b) x, \quad \text{wo } p = 10 \text{ Pf.}, \quad b = 2,0 \text{ Pf.} \text{ und } x = 2000$$

mit  $a = 160$  M. gegenüber 44 M. der Selbstkostenkurve. Dieselben werden mit wachsendem Jahresverbrauch in den einzelnen Stufen kleiner, wie dies bei Konkurrenz mit den Einzelanlagen im vorigen Kapitel auch als notwendig dargestellt wurde.

Die anteiligen festen Kosten für 2000 Benutzungsstunden sind in der Tarifaufstellung, Tabelle 51, enthalten.

Für eine Kritik der einzelnen Strompreise ist nun zunächst das Verhältnis derselben zu den früher berechneten Selbstkosten festzustellen. Es sind zu diesem Zweck in der Fig. 24 außer

den Werten der Selbstkostenkurve  $y = 44 + 0,0215 \cdot x$  auch die Preiskurven für verschiedenen Jahresverbrauch bei Benutzungsstunden von 500—8000 eingetragen. Wie ersichtlich, ist der Tarif in den unteren Benutzungsstunden teilweise zu billig,

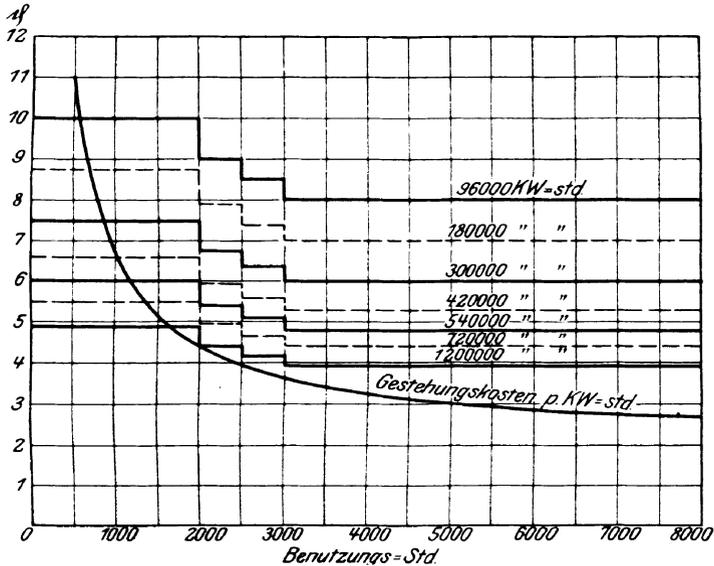


Fig. 24. Großabnehmertarif des Elektrizitätswerkes I.

und zwar umso mehr, je höher der Jahresverbrauch ist. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß derselbe für industrielle Großabnehmer bestimmt ist, deren jährliche Benutzungsstundenzahl im allgemeinen mindestens 2000 betragen dürfte.

Für diesen Teil der Kurven liegen die Strompreise bedeutend oberhalb der Selbstkosten, und zwar insbesondere für die höheren Benutzungsstunden. Wenn hiernach die Preise für die letzteren etwas zu teuer sind, so muß demgegenüber betont werden, daß der Tarif, wie schon früher bemerkt, nur die Grundlage für die weiteren Verhandlungen bieten soll, und für die dem Werke besonders wertvollen Konsumenten weitere Ermäßigungen in Aussicht genommen sind. Ferner wurde die Selbstkostenkurve unter Zugrundelegung der Kosten des Großkonsumentennetzes bestimmt. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß nach dem Tarif auch Großabnehmer versorgt werden müssen, deren Anschluß aus technischen Gründen nur an das allgemeine Stadtnetz er-

folgen kann, in welchem Fall die wesentlich höheren Kapitalkosten zu berücksichtigen sind und die Selbstkostenkurve dann höher liegt.

Einen Vergleich des Tarifs des Werkes I für 2000 und 4000 Benutzungsstunden mit den Stromerzeugungskosten einer Dieselanlage zeigt die nachfolgende

Tabelle 52.  
Strompreise pro KWstd in Pfennigen.

Jahresverbrauch in KWstd	2000 Benutzungsstunden			4000 Benutzungsstunden		
	Tarif	Dieselanl. m. ohne Reserve	Teerölbetr. mit Reserve	Tarif	Dieselanl. m. ohne Reserve	Teerölbetr. mit Reserve
100 000	9,00	6,90	10,80	8,0	6,70	10,5
200 000	7,86	5,60	8,00	7,0	5,3	7,0
300 000	6,75	5,00	7,30	6,0	4,5	6,0
400 000	6,30	4,70	6,80	5,6	4,15	5,5
500 000	5,62	4,50	6,50	5,0	3,90	5,0
600 000	5,40	4,30	6,30	4,8	3,70	4,75
700 000	5,17	4,20	6,10	4,6	3,55	4,5
800 000	4,95	4,10	6,00	4,4	3,40	4,4
1 000 000	4,72	3,99	5,75	4,2	3,25	4,10
1 200 000	4,40	3,79	5,44	3,92	3,11	4,0

Wie ersichtlich, können die Tarifpreise mit den Stromkosten einer Dieselanlage wohl konkurrieren. Dieselben sind durchweg niedriger als bei Aufstellung einer Dieselanlage mit Reservemaschine, dagegen etwas teurer als die Betriebskosten dieser Anlage, wenn auf eine Reserve verzichtet wird. Um einen ungefähren Anhalt zu gewinnen, wie hoch die festen Kosten pro max KW im Tarif berücksichtigt werden dürfen, ohne daß die in vorstehender Tabelle angegebenen Stromkosten einer Dieselanlage überschritten werden, wurden dieselben für 2000 und 4000 jährliche Benutzungsstunden nach der Gleichung  $a = (p - b) x$  unter der Voraussetzung ausgerechnet, daß die veränderlichen Kosten mit 2,0 Pf. pro KWstd eingesetzt werden. Es ergeben sich dann die in folgender Tabelle 53 zusammengestellten Werte.

Das EW II hat mit den an der Gründung beteiligten Gesellschaftern einen Vertrag abgeschlossen, laut welchem denselben als Großabnehmern der Strom zu den Selbstkosten, und zwar

Tabelle 53

KWstd	2000 Benutzungsstunden Dieselanlage		4000 Benutzungsstunden Dieselanlage	
	ohne Reserve M.	mit Reserve M.	ohne Reserve M.	mit Reserve M.
100 000	98	176	223	340
200 000	72	120	132	200
300 000	60	106	100	160
400 000	54	96	86	140
500 000	50	90	76	120
600 000	46	86	68	110
700 000	44	82	62	100
800 000	42	80	56	96
1 000 000	40	75	50	84
1 200 000	36	69	45	80

zu einer festen Quote pro KW zuzüglich einer veränderlichen Quote pro KWstd unter Voraussetzung, daß dieselben die erforderlichen Niederspannungsnetze selbst ausbauen, zur Verfügung gestellt werden muß. Der Preis betrug, wie früher berechnet, für das Jahr 1910/11 und bezogen auf die max KW 114 M. pro KW und 2,2 Pf. pro KWstd. Derselbe darf jedoch (feste und veränderliche Quote zusammen) 13 Pf. pro KWstd nicht übersteigen.

Für die übrigen Großabnehmer besitzt das Werk eine Reihe von Tarifen, von denen die wesentlichsten in folgendem kurz angeführt werden sollen.

a) Sondertarif I. Mindeststromverbrauch monatlich 1000 KWstd.

Strommessung durch Zähler mit Höchstverbrauchsmessern.

Der Grundpreis beträgt für alle Verwendungszwecke bei einem monatlichen Verbrauch von

	KWstd	pro KWstd	Mindestbetr.
über	8 000—10 000	9 Pf.	760 M.
„	10 000—15 000	8,5 „	900 „
„	15 000—20 000	8,0 „	1275 „
„	20 000—25 000	7,5 „	1600 „
„	25 000—30 000	7,0 „	1875 „
„	30 000—40 000	6,5 „	2100 „
„	40 000—50 000	6,25 „	2600 „
„	50 000	6,0 „	3125 „

## Besondere Rabatte

bei monatlich	100	Benutzungsstunden . . . . .	0	%
„	100—150	„ . . . . .	5	„
„	150—200	„ . . . . .	7,5	„
„	200—250	„ . . . . .	10	„
„	250—300	„ . . . . .	12,5	„
„	300—350	„ . . . . .	15	„
„	350—400	„ . . . . .	17,5	„
„	400—500	„ . . . . .	20	„
„	500	„ . . . . .	25	„

Der Tarif wird meistens von Großabnehmern gewählt, welche ausschließlich nur elektrische Energie für Kraftzwecke verwenden und nur Tagesbetrieb haben.

b) Sondertarif II. Mindeststromverbrauch monatlich 1000 KWstd während der Tageszeit und der Nachtzeit.

Strommessung durch Doppeltarifzähler. Ermittlung der Benutzungsstunden, getrennt für Tag- und Nachtverbrauch, unter Zugrundelegung des Anschlußwertes. Der Grundpreis beträgt bei einem monatlichen Verbrauch

Monatlicher Verbrauch	Morgens 7 bis abends 8 Uhr		Abends 8 bis morgens 7 Uhr	
	Preis pro KWstd	Mindestbetrag	Preis pro KWstd	Mindestbetrag
	Pf.	M.	Pf.	M.
über 5 000— 6 000	10,0	525	6,75	350
„ 6 000— 8 000	9,5	600	6,50	405
„ 8 000—10 000	9,0	760	6,25	520
„ 10 000—15 000	8,5	900	6,0	625
„ 15 000—20 000	8,0	1275	5,8	900
„ 20 000—25 000	7,5	1600	5,6	1160
„ 25 000—30 000	7,0	1875	5,4	1400
„ 30 000—40 000	6,5	2100	5,2	1620
„ 40 000—50 000	6,25	2600	5,1	2080
„ 50 000	6,0	3125	5,0	2550

Auf die sich durch den Tag- und Nachtstrombezug ergebenden Beträge werden folgende Rabatte gewährt:

bis zu 100 Std. Benutzungszeit . . . . .	0	%
über 100—125 „ . . . . .	5	
„ 125—150 „ . . . . .	7,5	

über 150—175 Std. Benutzungszeit . . . . .	10
„ 175—200 „ „ . . . . .	12,5
„ 200—225 „ „ . . . . .	15
„ 225—250 „ „ . . . . .	17,5
„ 250 „ „ . . . . .	20

Die Rabattsätze kommen nur bis zu einem Mindestnettopreis von 5 Pf. für die KWstd Tagesbezug und 4 Pf. für die KWstd Nachtbezug zur Anwendung. Ergibt sich für den Nachtbezug ein Nettopreis, der höher ist als derjenige für den Tagesbezug, so wird der Nachtbezug dem Tagesbezug zugezählt und der ganze Verbrauch einheitlich nach dem Tarif für den letzteren berechnet.

c) Nachtsondertarif. Stromverbrauch mindestens 1000 KWstd pro Monat. Strommessung erfolgt durch Zähler mit Höchstverbrauchsmesser. Der Grundpreis für die KWstd beträgt bei einem monatlichen Verbrauch

	pro KWstd	Mindestbetrag
über 8 000—10 000 KWstd	6,75 Pf.	500 M.
„ 10 000—15 000 „	6,50 „	675 „
„ 15 000—20 000 „	6,25 „	975 „
„ 20 000—25 000 „	6,0 „	1250 „
„ 25 000—30 000 „	5,75 „	1500 „
„ 30 000—40 000 „	5,5 „	1725 „
„ 40 000—50 000 „	5,25 „	2200 „
„ 50 000 „	5,0 „	2625 „

Die auf diese Preise gewährten Benutzungsstundenrabatte sind die folgenden:

bis 100 Std. Benutzungszeit . . . . .	0 %
über 100—150 „ „ . . . . .	5 „
„ 150—200 „ „ . . . . .	7,5 „
„ 200—250 „ „ . . . . .	10 „
„ 250—300 „ „ . . . . .	12,5 „
„ 300 „ „ . . . . .	15 „

Die Grundpreise sämtlicher Tarife verstehen sich für einen Richtpreis des Kohlsyndikats für Nußkohlen III von 130 M. pro 10 Tonnen. Erhöht das Syndikat den Richtpreis, so ist das EW II berechtigt, vom nächsten ersten April ab für die

Zeit bis 31. März des darauffolgenden Jahres den Grundpreis für die KWstd für je 5 volle Mark Erhöhung des Richtpreises um je 0,1 Pf. zu erhöhen.

Für einen Vergleich der Tarifpreise mit den Gestehungskosten des Werkes sind in der folgenden Fig. 25 außer den Werten

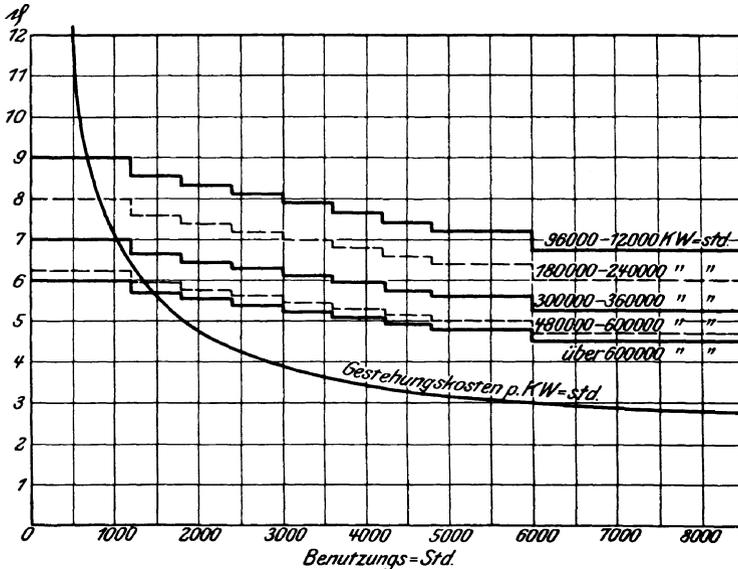


Fig. 25. Sondertarif für Großabnehmer des EW II.

der Selbstkostenkurve  $y = 50 + 0,22 \cdot x$  die Preise des Sondertarifs I, welcher hauptsächlich für Großabnehmer in Frage kommen dürfte, für verschiedene Benutzungsstunden eingetragen. Die Tarifpreise liegen auch hier, wie bei dem Werk I, in den unteren Stufen der Betriebsstunden etwas unterhalb der Selbstkosten, bei der größeren Ausnutzung, von ca. 1500 Std. ab, oberhalb derselben.

Einen Vergleich der einzelnen Tarifpreise für 2000 und 4000 Benutzungsstunden mit den jährlichen Betriebskosten einer Dieselmotoranlage gibt die folgende Tabelle 54.

Der Sondertarif I, welcher für den größten Teil aller Großabnehmer in Frage kommt, die den Strom während der üblichen Arbeitsstunden entnehmen, ist ein reiner KWstd-Tarif mit Benutzungsstundenrabatten und entspricht deshalb den Anforderungen, welche nach den früheren Darlegungen mit Bezug

auf Einfachheit und Durchsichtigkeit gestellt werden müssen. Die Preise sind, wie aus der Tabelle 54 hervorgeht, auch im allgemeinen den Betriebskosten einer Einzelanlage angepaßt. Der Tarif, welcher bis zu einem Jahresverbrauch von 600 000 KWstd ausgebaut ist, wäre in ähnlicher Weise noch weiter abzustufen.

Tabelle 54.

Strompreise pro KWstd bei 2000 (4000) jährlichen Benutzungsstunden in Pfennig.

Jahresverbrauch in KWstd.	Dieselanlage m. Teerölbetr.				Strompreise des E.-W. II					
	ohne Reserve		mit Reserve		Sondertarif I		Sondertarif II		Nachtarif	
100 000	6,90	6,70	10,80	10,5	8,32	7,65	8,75	7,87	6,25	5,74
200 000	5,60	5,30	8,00	7,0	7,40	6,80	7,63	6,87	5,78	5,31
300 000	5,00	4,50	7,30	6,0	6,94	6,38	7,25	6,52	5,55	5,10
400 000	4,70	4,15	6,80	5,5	6,00	5,52	6,9	6,21	5,08	4,68
500 000	4,50	3,90	6,50	5,0	5,79	5,31	6,5	5,85	4,85	4,46
600 000	4,30	3,70	6,30	4,75	5,55	5,10	6,5	5,85	4,62	4,25
700 000	4,20	3,55	6,10	4,50	5,55	5,10	6,2	5,58	4,62	4,25
800 000	4,10	3,40	6,00	4,40	5,55	5,10	5,85	5,26	4,62	4,25
1 000 000	3,99	3,25	5,75	4,10	5,55	5,10	5,68	5,11	4,62	4,25
1 200 000	3,79	3,11	5,44	4,00	5,55	5,10	5,5	4,95	4,62	4,25

In ähnlicher Weise wie der vorhergehende Tarif ist der Sondertarif II für diejenigen Konsumenten aufgestellt, welche einen durchgehenden Tag- und Nachtbetrieb haben. Die Durchschnittspreise sind hier im allgemeinen etwas höher als die Preise des Sondertarifs I. Je mehr die Stromentnahme während der Nachtzeit erfolgt, umso mehr kommen die wesentlich billigeren Preise des Nachttarifs zur Geltung. Die Verrechnung der Strompreise, insbesondere die Ermittlung der jährlichen Benutzungsstunden, erfolgt getrennt für den Tag- und Nachtverbrauch. In dem letzten der Sondertarife gewährt das EW II denjenigen Konsumenten noch besondere Vorteile, welche den Strom ausschließlich während der Nachtstunden von 8 Uhr abends bis 7 Uhr morgens entnehmen. Wie die Tabelle 54 zeigt, liegen die Preise wesentlich unterhalb der Stromkosten einer Dieselanlage mit Reservemaschine. In den mittleren Stufen kommen die Preise an die Betriebskosten der letzteren ohne Reserve heran, während sie bei größeren jährlichen Abnahmen, insbesondere bei höheren Benutzungsstunden, teurer

sind. Der Grund hierfür liegt vor allem darin, daß der Tarif nur bis zu einem Jahresverbrauch von 600 000 KWstd ausgebaut ist, und deshalb für einen größeren Verbrauch der gleiche Preis in Rechnung gezogen wurde.

Wie die bisherigen Erläuterungen zeigen, hat das EW II durch eine vielseitige Tarifausbildung den mannigfaltigsten Möglichkeiten der Stromentnahme Rechnung getragen und denselben auch die Strompreise mit Rücksicht auf die verschiedene Beeinflussung der Gesteungskosten in richtiger Weise angepaßt. Es läßt sich naturgemäß auch hier ohne weiteres in gleicher Weise, wie dies für das EW I geschehen ist, für die einzelnen Tarife der maximale zulässige Anteil der festen Kosten berechnen, wenn die Stromerzeugungskosten einer Einzelanlage nicht überschritten werden sollen.

Für die Versorgung der Großkonsumenten hat das EW III den folgenden Tarif aufgestellt.

Es kostet ohne irgendwelche Einschränkung bezüglich der Zeit des Verbrauches bei einer jährlichen Entnahme von

100—150 000 KWstd	eine KWstd	9 Pf.
150—200 000	„ „ „	8 „
200—300 000	„ „ „	7 „
300—500 000	„ „ „	6 „
über 500 000	„ „ „	5 „

Tabelle

Strompreise einiger Elektr.-Werke bei 2000

Jahresabgabe in KWstd	Dieselanlage				Neuß 2000 und 4000	Rheydt 2000 und 4000	Sieger- land 2000 und 4000	Köln	
	2000		4000					2000	4000
	ohne Reserve	mit Reserve	ohne Reserve	mit Reserve					
100 000	6,90	10,80	6,70	10,50	9	7,0	8,7	9,0	8,0
200 000	5,60	8,00	5,30	7,00	7	6,5	7,9	7,86	7,00
300 000	5,00	7,30	4,50	6,00	7	6,0	7,3	6,75	6,00
400 000	4,70	6,80	4,15	5,50	6	6,0	7,0	6,30	5,60
500 000	4,50	6,50	3,90	5,00	6	5,0	6,8	5,62	5,0
600 000	4,30	6,30	3,70	4,75	5	—	6,6	5,40	4,80
700 000	4,20	6,10	3,55	4,50	5	—	6,5	5,17	4,60
800 000	4,10	6,00	3,40	4,40	5	—	6,4	4,95	4,4
900 000	3,99	5,75	3,25	4,10	5	—	6,3	4,83	4,30
1 000 000	3,79	5,44	3,11	4,00	5	—	6,2	4,72	4,20

Weitere Rabatte je nach der Zahl der jährlichen Benutzungsstunden werden nicht gewährt. Vergleicht man die genannten Preise mit den Betriebskosten einer Dieselanlage, so ergibt sich, daß dieselben sehr günstig, jedoch im Verhältnis zu den früher berechneten Gestehungskosten dieses EW für die meisten Fälle der Stromlieferung zu billig sind. Wenn das letztere deshalb bei diesem Tarif jährliche Überschüsse erzielen will, so ist dies nur dadurch möglich, daß die Kleinkonsumenten dasjenige an Stromkosten mehr zahlen, was bei den Großkonsumenten zugesetzt wird.

#### 4. Die Großabnehmertarife anderer Elektrizitätswerke im Vergleich mit den Betriebskosten von Dieselanlagen.

Um auch über die Tarife anderer Werke einen Überblick gegenüber den Betriebskosten einer Einzelanlage zu gewinnen, sind in der nachstehenden Tabelle 55 für 10 Werke die Stromkosten für einen jährlichen Verbrauch von 100 000 bis 1 000 000 KWstd bei 2000 und 4000 Benutzungsstunden ausgerechnet und den Kosten einer Dieselanlage mit Teerölbetrieb gegenübergestellt worden. Wie ersichtlich, halten sich die Strompreise der meisten Werke mit wenigen Ausnahmen im allgemeinen in der Mitte zwischen den Betriebskosten dieser Anlagen ohne und mit Reserveaggregat. Sie sind niedriger,

55.

und 4000 jährlichen Benutzungsstunden.

Dortmund		Rh. Westf. EW.		Leipzig		Berlin		Oberschl. EW.		Düsseldorf	
2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	4000
8,55	7,65	6,6	6,0	15,6	10,4	10	7	10,35	7,00	13,0	13,0
8,07	7,22	5,78	5,25	15,0	10,0	10	7	9,5	6,51	9,5	13,0
7,12	6,37	5,57	5,06	14,4	9,6	10	7	8,83	6,32	9,0	7,75
6,65	5,95	5,36	4,88	14,4	9,6	10	7	8,55	6,01	8,75	7,0
6,17	5,52	5,15	4,70	13,5	9,6	10	7	8,34	5,78	8,75	7,0
5,7	5,1	4,95	4,50	13,5	9,0	10	7	8,19	5,62	8,75	7,0
—	—	—	—	13,5	9,0	—	—	7,93	5,51	8,50	7,0
—	—	—	—	12,6	8,4	—	—	7,80	5,43	8,50	7,0
—	—	—	—	12,6	8,4	—	—	7,59	5,29	8,50	6,62
—	—	—	—	10,8	7,2	—	—	7,82	5,22	8,50	6,62

wenn die festen Kosten der letzteren mit berücksichtigt werden, jedoch etwas höher in dem Fall, daß auf eine Reserve verzichtet wird. Bei dem Rhein.-Westf. EW sind die Preise durchweg am günstigsten, in einigen der unteren Stufen sogar billiger als die Betriebskosten einer Dieselanlage ohne Reservemaschine.

## 5. Betriebskosten von Gegendruck- und Anzapfturbinenanlagen.

Wenn auch im allgemeinen die Tarife gut geleiteter größerer EW nach den früheren Ausführungen mit den Betriebskosten von Einzelanlagen wohl konkurrieren können, so sind dieselben doch in allen denjenigen Fällen meistens unterlegen, wo Dampf für Heizzwecke in größeren Mengen erforderlich ist, so daß die Elektrizität gewissermaßen als Nebenprodukt gewonnen werden kann. Es kommen hier vor allem Zucker- und Papierfabriken in Frage, Anlagen, welche sich noch besonders durch äußerst hohe jährliche Benutzungsstundenzahlen auszeichnen.

Das Verfahren, hochgespannten Dampf in Kesseln zu erzeugen und zunächst einen Teil seines Wärmeinhaltes zur Arbeitsleistung zu benutzen, um ihn dann zu Heiz- und Kochzwecken weiterzuverwenden, ist schon längst bekannt und unter Benutzung von Kolbendampfmaschinen in vielen Anlagen ausgeführt. Die Verwendung der letzteren hat jedoch vielfach den großen Nachteil, daß durch Ölrückstände in dem Abdampf der Kolbenmaschinen die Heizkörper nach kurzer Zeit sehr verschmutzen, wodurch der Wärmedurchgang erheblich geringer wird. Bei Verwendung von Dampfturbinen ist dieser Übelstand von vornherein ausgeschlossen und kommt hier außerdem noch die große Dampfökonomie besonders in Betracht. Je nachdem nun die gesamte Heizdampfmenge und gleichzeitig mit ihr die in der Turbine erzeugte Energie vollständig ausgenutzt wird, oder die Heizdampf- abgabe unregelmäßig und vom Kraftbedarf des Betriebes unabhängig ist, verwendet man bekanntlich Gegendruck- oder Anzapfturbinen. Die letzteren arbeiten dann bei der Heizdampfentnahme Null als reine Kondensationsturbinen, bei der größten Heizdampfentnahme als Gegendruckturbinen, indem fast der ganze zugeführte Dampf durch den Heizdampfstutzen entweicht und der hinter der Anzapfstelle befindliche Niederdruckteil im

Vakuum mitläuft. Innerhalb dieser Grenzen können den Turbinen beliebige Heizdampfmengen entzogen werden. Die größere Anpassungsfähigkeit liegt infolgedessen darin, daß eine Abhängigkeit zwischen Heizdampfabgabe und Belastung im Gegensatz zu den reinen Gegendruckturbinen nicht vorhanden ist. Es ist ohne weiteres klar, daß für die Stromerzeugung nur die Differenz der Wärmeeinheiten des in die Maschine ein- und austretenden Dampfstromes erforderlich ist. Das vorher Gesagte soll an folgenden Beispielen noch etwas mehr erläutert werden:

Es sei eine Papierfabrik vorausgesetzt, welche stündlich eine Heizdampfmenge von 10 000 kg bei 2,5 Atm benötigt und Wasserrohrkessel für 12 Atm Überdruck mit Überhitzern für 325° C besitzt. Bekanntlich entspricht eine Wärmeeinheit einem mechanischen Wärmeäquivalent von 427 mkg, so daß eine PSstd =  $\frac{75 \cdot 3600}{427} = 632$  WE ist, welche man im allgemeinen als kalorisches PS-Äquivalent bezeichnet. Der von den Kesseln erzeugte Dampf besitzt nun 742 WE. Leitet man denselben in eine Gegendruckturbine, in welcher derselbe auf 2,5 Atm expandiert, so werden demselben unter Berücksichtigung der Verluste im ganzen 50 WE entzogen. Der Dampf geht also mit  $742 - 50 = 692$  WE zur Heizung.

Würde man den Dampf, anstatt in einer Turbine zu verwenden, vermittels eines Reduzierventils auf 2,5 Atm abdrosseln, so würde der Wärmeinhalt desselben an den Heizkörpern ebenfalls 742 WE, also ca. 7,2 % mehr betragen. Bei Verwendung einer Turbine muß somit eine um 7,2 % größere Dampfmenge, d. h. 1440 kg, von den Kesseln erzeugt werden, so daß die letzteren im ganzen 11 440 kg herzugeben haben. Bei einem Dampfverbrauch der Turbine von ca. 14 kg pro PSstd entspricht diese Dampfmenge einer Turbinenleistung von  $\frac{11400}{14} = 820$  PS.

Wird der Dampf durch ein Reduzierventil auf 2,5 Atm gebracht und der Kraftbedarf von 820 PS durch eine Kondensationsturbine erzeugt, so ergibt sich folgendes:

Bei einem Wirkungsgrad der Dampfturbine von ca. 65 % beträgt der Dampfverbrauch pro Stunde ca. 4,3 kg. Um 820 PS

zu erzeugen, sind also  $820 \cdot 4,3 = 3526$  kg Dampf erforderlich, gegenüber 1440 kg bei Verwendung einer Gegendruckturbine. Die Ursache dieses bedeutenden Unterschieds ist vor allem darin begründet, daß bei der Kondensationsturbine ein großer Teil des Wärmeinhalts des Dampfes unausgenutzt in den Kondensator geht. Es wird somit bei Aufstellung einer Gegendruckturbine eine stündliche Dampfmenge von

$$(10\,000 + 3526) - (10\,000 + 1440) = 2086 \text{ kg} = 15,4 \%$$

gespart.

Nimmt man Tag- und Nachtbetrieb, und zwar jährlich ca. 4000 Betriebsstunden, sowie einen Kohlenpreis von 15 M. pro Tonne und eine siebenfache Verdampfung an, so betragen die jährlich ersparten Kohlenkosten  $\frac{2086 \cdot 4000 \cdot 15}{7,0 \cdot 1000} \cong 18\,000$  M.

Im Fall, daß die der Leistung der Turbine entsprechende gesamte Dampfmenge für Heizzwecke nicht vollständig verwertet werden kann, wird sich, wie vorher erläutert, die Aufstellung einer Anzapfturbine empfehlen, d. h. einer gewöhnlichen Kondensationsturbine, welcher der erforderliche Heizdampf an einer dem gewünschten Dampfdruck entsprechenden Stelle entnommen wird. Der Betrieb dieser Turbine ergibt, wie die Rechnung ohne weiteres zeigt, gegenüber einer reinen Kondensationsturbine ähnliche Ersparnisse pro Jahr wie im vorigen Fall. Die folgenden Kurven Fig. 26 zeigen das Verhalten einer Anzapfturbine für eine normale Leistung von 450 KVA bei 12 Atm Admissionsdruck von 300 Grad Celsius und 3000 Touren pro Minute. Als Abszissen sind die Heizdampfentnahmen in kg bei 3 Atm Gegendruck und als Ordinaten der gesamte Dampfverbrauch aufgetragen. Die Sternchen geben den Dampfverbrauch der Turbine bei reinem Kondensationsbetrieb für drei verschiedene Belastungen an. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, beträgt z. B. der gesamte Dampfverbrauch der Turbine bei voller Belastung mit 450 KVA und gleichzeitiger Heizdampfentnahme von 5000 kg pro Stunde nur 6250 kg, während der Dampfverbrauch bei gleicher Belastung, jedoch ohne Heizdampfentnahme ca. 2900 kg erreicht. Es erklären sich hieraus ohne weiteres die niedrigen Stromerzeugungskosten einer solchen Anlage. In dem Diagramm ist außerdem noch durch die gestrichelte Linie der Dampfverbrauch angegeben,

wenn die Turbine bei den drei verschiedenen Fällen der Belastung als reine Gegendruckturbine arbeitet.

Um die günstigen Ergebnisse derartiger Anlagen noch an einigen Beispielen aus der Praxis zu erläutern, sei die ausgeführte Anlage einer Zuckerfabrik erwähnt. Dieselbe umfaßt

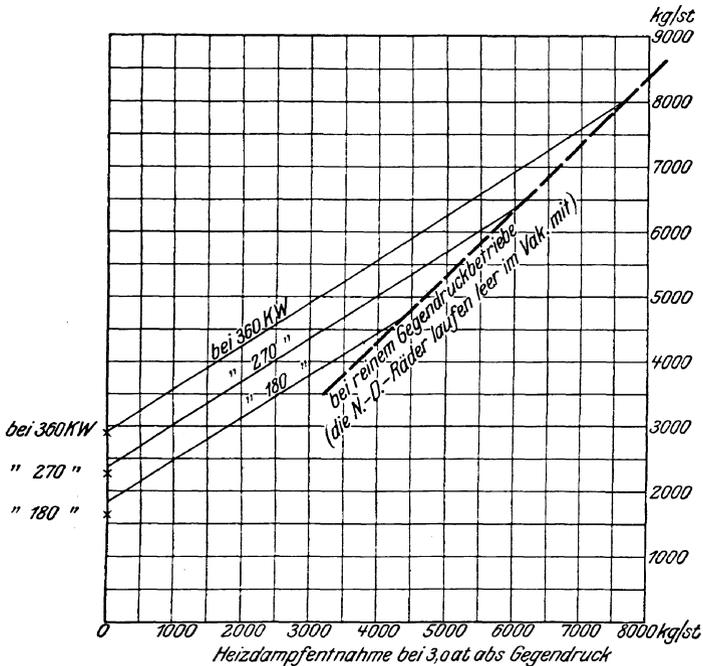


Fig. 26. Gesamt-Dampfverbrauch einschließlich Heizdampf von 3 at. ab Gegendruck und ca. 170° C.

Dampfturbine für Heizdampfentnahme mit automatischem Ventil.  
12 Atm. 300° C; 15° Kühlwassertemp.,  $n = 3000$ , 360 KW  
bei  $\cos \varphi = 0,90$

eine Anzapfturbine für eine Leistung von ca. 400 KW bei 15 Atm Druck am Einlaßventil und 1,5 Atm Gegendruck. Außerdem kann aus der Turbine noch Dampf von 4,0 Atm entnommen werden. Die Kosten der Anlage inkl. Kessel mit Ekonomisern usw. sowie einschließlich des elektrischen Teiles, bestehend aus Drehstrom-generator mit Schaltanlage usw., stellten sich auf ca. 167 000 M. Berücksichtigt man für die Stromerzeugung bzw. Berechnung der Kohlenkosten nur diejenigen WE, welche sich aus der Differenz der insgesamt zugeführten und der für Heizzwecke mit 1,5 bzw.

4,0 Atm Druck gebrauchten Dampfmengen ergeben, so betragen die gesamten Kosten pro KWstd, einschließlich Abschreibung und Verzinsung desjenigen Anlagekapitals, welches für die Stromerzeugung direkt in Frage kommt, bei einer Jahresproduktion von

900 000 KWstd	1,80 Pf. pro KWstd
600 000 „	2,42 „ „ „
300 000 „	4,27 „ „ „

In einer Papierfabrik, welche eine Anzapfturbodynamo für 3800 KW mit Oberflächenkondensation aufstellte, betragen die Anlagekosten inkl. Kessel und elektrischem Teil ca. 430 000 M. Bei einem Verbrauch von ca. 6 Tonnen Heiz- und Kochdampf pro Stunde und einer Jahreserzeugung von 26,8 Millionen KWstd bei 7200 Betriebsstunden ergab sich ein Preis pro KWstd von ca. 1,15 Pf. In einer ähnlichen Anlage mit nur 6 Millionen KWstd Jahreserzeugung bei ca. 5500 jährlichen Betriebsstunden betragen die jährlichen Unkosten ca. 2,5 Pf.

Wenn derartige Werke trotz der billigen Erzeugungskosten dazu übergehen, ihren ganzen Betrieb an ein Großkraftwerk anzuschließen, wie dies z. B. in letzterem Fall geschah, so sind hierfür jene Gründe allein maßgebend, welche schon früher in Kapitel III A. im einzelnen erörtert wurden.

## IV. Schlußbemerkungen.

### A. Allgemeines.

Aus den bisherigen Darstellungen geht nun hervor, daß die Versorgung der Großindustrie mit elektrischer Energie aus großen Kraftzentralen sowohl für die Abnehmer als auch für die EW von größter Bedeutung geworden ist. Für die ersteren insfern, als hierdurch eine Verbilligung der Anlagekosten gegenüber einer eigenen Kraftanlage und infolgedessen eine nutzbringendere Verwendung des Kapitals möglich ist, gleichzeitig aber auch eine leichtere Beweglichkeit in der Ausdehnung des Geschäftes erzielt wird.

Für die EW läßt sich der günstige Einfluß vor allem dahin definieren, daß durch Abgabe von Kraftstrom, dessen Verwendung größtenteils in den Stunden außerhalb der Hauptlichtperiode erfolgt, eine bessere und gleichmäßigere Ausnutzung der Betriebsmittel erreicht und hierdurch der Kostenanteil auf die Krafteinheit außerordentlich verringert wird.

Als weitere Folge hiervon ergeben sich dann günstigere Gesamtbetriebskosten und vor allem die Möglichkeit billigerer Strompreise, insbesondere wenn die Werke in der Lage sind, sich bei größeren Abgaben mit einem geringeren Gewinn pro KWstd des verkauften Stromes zu begnügen. Ein besonderer Vorteil erwächst hierdurch auch den kleineren Betrieben, indem dieselben auf diese Weise ebenfalls zu billigeren Strompreisen gelangen, als dies sonst möglich gewesen wäre. Auf die besondere Bedeutung der Heranziehung der Großindustrie für die Entwicklung eines Gemeindewesens wurde ebenfalls in einem früheren Kapitel eingegangen. Wenn auch im allgemeinen die Förderung des Handels und Handwerks für eine Stadt eine der wichtigsten Aufgaben bleiben muß, so können diese doch allein nicht als die eigentlichen Träger der Machtstellung einer Großstadt angesehen werden, da sie in der Hauptsache nur auf dem vorhandenen Wohlstand basieren, nicht aber weitere Entwicklungsmöglichkeiten schaffen.

Die Industrie dagegen bietet infolge des Umfangs ihres stehenden Kapitals und des Bedarfs an Arbeitskräften eine noch wesentlich bessere Grundlage für die künftige wirtschaftliche Entwicklung. Es bemühen sich deshalb auch vielfach Seestädte kraft ihres bedeutenden Handels, mit großen Opfern Industrie heranzuziehen.

Aus der früheren Entwicklung ist aber noch weiter ersichtlich, daß eine Versorgung der Industrie mit elektrischem Strom nur dann möglich ist, wenn sich die Strompreise innerhalb jener Grenzen halten, die durch die Errichtung von Einzelanlagen bzw. deren Betriebskosten gezogen sind. Diese sind aber, wie gezeigt wurde, unter dem Einfluß der gewaltigen Fortschritte der heutigen Technik, insbesondere durch den Bau der Dieselmotoren sehr enge, so daß nur gut geleitete Werke bei sorgfältigster Beobachtung aller Möglichkeiten der Verbesserung ihrer Betriebsergebnisse in der Lage sind, den Kampf mit dem Dieselmotor erfolgreich aufzunehmen.

Es sind deshalb im nachstehenden noch einige Gesichtspunkte zusammengestellt worden, nach welchen unter Umständen eine weitere Ermäßigung der Gestehungskosten eines EW möglich ist, ohne daß hierbei jedoch eine vollständige, erschöpfende Darstellung, welche über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen würde, beabsichtigt wird. Es sollen vielmehr nur die wesentlichsten derjenigen Punkte kurz hervorgehoben werden, auf welche bei manchen Werken nur ein geringer, vielleicht zu unbedeutender Wert gelegt wird. Nicht unerwähnt darf bleiben, daß auch die Organisation der EW einen großen Einfluß auf die Rentabilität, insbesondere bei der Versorgung der Großindustrie, ausüben kann, wie dies von Wippermann in der Schrift „Die Zukunft kommunaler Betriebe“ eingehend dargestellt worden ist.

Ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand muß jedoch aus dem vorgenannten Grund ebenfalls unterbleiben.

## **B. Gesichtspunkte für eine weitere Reduktion der Gestehungskosten.**

### **1. Konzentrationsbestrebungen.**

Die vorher angeführten Erwägungen und die Erkenntnis, daß nur durch große, mit allen technischen Neuerungen ausgerüstete Werke, deren Anlage- und Betriebskosten im Vergleich

zu denjenigen vieler kleiner Werke bedeutend niedriger sein werden, eine Versorgung der Großindustrie praktisch möglich ist, zeigten den Weg, welcher allein zu dem gewünschten Ziele führen konnte. Es haben sich dann auch allmählich die Verwaltungen vieler Städte, denen bisher die Eigenerzeugung der Elektrizität als ein sozialer Grundsatz galt, mit dem Gedanken vertraut gemacht, von der Erweiterung ihres Elektr.-Werkes Abstand zu nehmen und dazu überzugehen, den Strom aus Großkraftwerken zu beziehen. So wird denn allmählich der Weg der Zersplitterung in der Elektrizitätserzeugung verlassen, und es sind in allen Teilen Deutschlands große Überlandwerke teils im Entstehen, teils schon im Betrieb, denen die Bestrebungen des RWE in Essen, die Lieferung der elektr. Energie in großem Maßstabe und für weitere Gebiete in seine Hand zu bringen und besonders der Großindustrie, sowie den Bahnen billigen Strom zu liefern, als Vorbild dienen. Auch haben in den letzten Jahren mehrfach Zusammenschlüsse gleich interessierter Gemeinden stattgefunden, um auf derselben Grundlage ein gemeinsames EW zu errichten. Es werden ferner Verträge zur gegenseitigen Unterstützung und zum Ausgleich verschiedener Belastungen abgeschlossen, wodurch es möglich ist, an Reserven zu sparen und dadurch das Anlagekapital bzw. die festen Kosten für Verzinsung und Amortisation kleiner zu halten und die Gesteungskosten zu verringern. Auf Grund derartiger Gegenseitigkeitsverträge sind z. B. die Zentralen des RWE durch Kabelleitungen mit dem Verbandselektrizitätswerk Dortmund, mit dem städt. EW Dortmund, mit dem EW Westfalen, Bochum, und dem EW Mark, Hagen, verbunden; das EW Westfalen hat seinerseits wieder einen Stromlieferungsvertrag mit der Bergwerksgesellschaft Hibernia abgeschlossen.

Den Bestrebungen der Energielieferung auf große Entfernungen ist nun wirtschaftlich eine bestimmte Grenze gesetzt, welche durch die Kosten der zur Energieübertragung erforderlichen Leitungsanlage bedingt ist, deren Betrieb gegen die Transportkosten des Brennmaterials und den Betrieb der Zentrale selbst abgewogen werden muß, wobei zu beachten ist, daß in erster Linie die Sicherheit gewährleistet wird. Es sind daher in jedem einzelnen Fall die örtlichen Verhältnisse, die Art der Industrie, die Größe des Gebietes, die Dichte der Bevölkerung und die Art und Beschaffung des Brennmaterials genau zu prüfen.

Daß bei dem raschen Fortschritt, den die Versorgung der Industrie in den letzten Jahren genommen hat, auch zahlreiche Gründungen von unwirtschaftlichen Werken stattgefunden haben, ist nicht zu bestreiten. Der Grund der Mißerfolge liegt vielfach darin, daß, weniger aus Interesse für das Land und seine Bewohner als aus Sonderinteresse einzelner, ohne genügende Sachkenntnis und Hinzuziehung eines unabhängigen Sachverständigen Projekte verwirklicht wurden, deren Mißerfolge schon nach den ersten Betriebsjahren hervortraten.

Von seiten der Stadt Köln wurden schon im Jahre 1906 Untersuchungen im weitesten Maßstabe durchgeführt, ob durch eine Zentralisierung der von verschiedenen Städten nach und nach benötigten Erweiterungen ihrer elektrischen Zentralen eine billigere Erzeugung der Energie möglich wäre. Es fanden zu diesem Zweck gemeinsame Beratungen zwischen den Städten Köln, Düsseldorf, Neuß, München-Gladbach und Rheydt statt, und man hoffte, durch Errichtung eines gemeinsamen Werkes an einem günstig gelegenen Platz und bei Verwendung billigen Brennmaterials die Erzeugungskosten derart niedrig gestalten zu können, daß eine Erweiterung der in den genannten Städten bestehenden EW auch für die Zukunft unnötig und eine Versorgung der Großindustrie zu konkurrenzfähigen Preisen möglich wäre. In Anbetracht des großen Verbrauches an Heizmaterial wurde in erster Linie die Errichtung eines Werkes in einer Braunkohlengrube ins Auge gefaßt. Neben diesem Projekt sollte dann ein weiterer Vorschlag geprüft werden, nach welchem das Werk unmittelbar am Rhein zwischen Düsseldorf und Köln mit direktem Wasser- und Bahnanschluß errichtet wurde; hierbei mußte das Kabelnetz infolge der günstigeren zentralen Lage wesentlich billiger ausfallen. Es war ferner in diesem Fall die Möglichkeit geboten, Ruhrkohlen und englische Kohlen zu verwenden, wodurch das Werk unabhängiger und betriebssicherer gestaltet werden konnte. Die Rechnungen ergaben nun, daß bei dem Werk in der Braunkohlengrube die Kosten der Kohlen pro KWstd 0,8 Pf., für das Werk am Rhein 1,8 Pf. betragen. Trotzdem stellten sich aber die Erzeugungskosten der KWstd bei dem ersteren auf 7,68 Pf., bei dem letzteren auf 7,87 Pf., also für das Werk am Rhein nur 0,19 Pf. höher. Der günstige Einfluß der billigeren Braunkohlenfeuerung wird daher fast gänzlich aufgezehrt durch die höhere Amortisations- und Verzinsungsquote des teureren Kabel-

netzes. Es beweist dies, daß die Kohlenkosten allein nicht immer für die Wirtschaftlichkeit eines EW maßgebend sind. Da auf diese Weise sich die gesamten Gestehungskosten wesentlich höher ergaben als die bisher von den einzelnen Werken aufzuwendenden, und infolgedessen mehrere Städte zurücktraten, so wurde dieses Projekt fallen gelassen.

Es war nun noch die Möglichkeit gegeben, unter Beibehaltung der bestehenden Werke eine neue Zentrale zur gegenseitigen Unterstützung, besonders zur Zeit der großen Belastung in den Abendstunden, zu errichten, um auf diese Weise die Gestehungskosten der einzelnen Zentralen günstiger zu gestalten. Die Berechnungen zeigten jedoch, daß ein derartiges Unternehmen nicht rentabel sein kann, da die Erzeugungskosten der Belastungsspitzen für ein gemeinsames Werk der Städte Köln und Düsseldorf 12,83 Pf. pro KWstd und, wenn dieses Werk noch außerdem auf die Städte Duisburg, Krefeld, München-Gladbach, Rheydt, Neuß, Barmen und Elberfeld ausgedehnt wurde, 10,27 Pf. pro KWstd betragen. Der große Selbstkostenpreis war vor allem durch das Kabelnetz bedingt, welches für Verzinsung und Abschreibung allein rund 2,5 Pf. pro KWstd erforderte. In Anbetracht dieser Zahlen und da zur Zeit zwischen Düsseldorf und Köln auf dem linken Rheinufer hauptsächlich ländliche Verhältnisse bestehen, die vorderhand auf eine Reihe von Jahren den Absatz elektrischer Energie in größeren Mengen, der zur Rentabilität einer derartigen Großzentrale unbedingt erforderlich ist, ausschließen, wurde von der Errichtung eines gemeinsamen Werkes abgesehen. Spätere Versuche der Stadt Köln, durch Erwerb eines Braunkohlenfeldes und Anlage einer Kraftstation am Vorgebirge günstigere Bedingungen für die Erzeugung elektr. Energie zu erreichen, führten ebenfalls zu dem gleichen Ergebnis, daß ein derartiges Werk lediglich zum Zweck der Versorgung von Köln, bei allerdings billigeren Stromerzeugungskosten in der Zentrale, durch die höhere Aufwendung für das Kabelnetz ungünstig arbeitet, wobei ferner noch die Erschwerung des Gesamtbetriebes der Werke durch die große Entfernung von der Stadt und dem Sitze der Verwaltung berücksichtigt werden mußte. Diese Berechnungen und Erwägungen führten dann endlich zu dem Stromlieferungsvertrag mit dem auf der Grube Fortuna von anderer Seite errichteten „Rheinischen EW im Braunkohlenrevier“.

## 2. Verluste in elektrischen Kraftanlagen.

Aus dem Vorstehenden ist nun ersichtlich, daß bei der Errichtung eines Großkraftwerkes die billige Beschaffung des Brennstoffmaterials für die Wahl des Aufstellungsortes nicht ausschlaggebend sein darf, sondern daß der Transport elektr. Energie selbst bei Annahme der zweckmäßigsten Spannung einen großen Teil der Gestehungskosten des Stromes darstellen kann, insbesondere wenn derselbe auf weite Entfernungen durch Kabel geschehen muß. Hierbei sind nicht allein die Anlagekosten, sondern auch die bei Kabeln und sehr hohen Spannungen außer den gewöhnlichen Wattleistungsverlusten noch auftretenden dielektrischen Verluste in Rechnung zu ziehen. Bei den für die Versorgung der Stadt Köln auf eine Entfernung von ca. 20 km für 25 000 Volt Betriebsspannung verlegten Drehstromkabeln von je  $3 \cdot 120$  qmm Querschnitt beträgt z. B. der dielektrische Verlust in jedem Kabel ca. 1,2 KW pro km bei  $15^\circ$  C und sinusförmigem Verlauf der Stromkurve. Dies ergibt bei drei Kabeln schon einen dauernden jährlichen Verlust von ca. 631 000 KWstd, wobei die Ohmschen- und Transformatorverluste noch nicht berücksichtigt sind. Die dielektrischen Verluste werden sich noch wesentlich erhöhen, wenn die Temperatur der Kabel  $15^\circ$  überschreitet und die Stromkurve eine von der Sinusform abweichende Gestalt aufweist. Was die bei anderen Werken vorhandenen Gesamtverluste anbelangt, so zeigt die St. d. V. E. hierin große Differenzen. Unterscheidet man zunächst zwischen Gleichstrom- und Phasenstromwerken, so schwanken die Gesamtverluste bei den ersteren in den Grenzen von 5,9 und 46,5% und betragen im Mittel ca. 20%. Bei den Phasenstromwerken scheinen die Verluste etwas höher zu sein, was wohl darin seine Begründung findet, daß die Statistik auch die Überlandzentralen mit einschließt, welche infolge der großen Zahl von Transformatorstationen auch höhere Transformatorverluste ergeben. Die Gesamtverluste betragen nun bei den Phasenstromwerken 1,8 bis 44,3 %, im Mittel ca. 22 %. Eine Einteilung der Werke in solche mit und ohne Bahnbetrieb ergibt hinsichtlich der Verluste keine wesentlichen Differenzen, dieselben betragen im Mittel ca. 22 bzw. 23 %. Jedenfalls kann jedoch aus den großen Unterschieden in den gesamten Verlusten, welche sich selbst für Werke gleichen Systems und Charakters sowie ähnlicher Größe er-

geben, geschlossen werden, daß auch in dieser Beziehung noch manches geändert und verbessert werden kann, wenn diesem Umstand nur genügend Rechnung getragen wird. Die EW der Stadt Köln, bei welchen die Verluste durch das System der Einzeltransformatoren relativ hoch waren und im Jahre 1897 noch ca. 44 % betrugten, waren z. B. in der Lage, durch sorgfältige Auswahl der Transformatorentypen und größere Anwendung von Sekundäranschlüssen diese Verluste allmählich bis auf ca. 14 % im Jahre 1911/12 herunterzudrücken.

### 3. Wahl der Betriebskraft.

Wenn auch in Ländern, die reich an Kohlen oder Mineralölen usw. sind, die Elektrizität auf lange Zeit hinaus in Wärmekraftanlagen erzeugt werden wird, so sind doch diejenigen Staaten wie z. B. Bayern, die nur unter Aufwendung großer Mittel die Herbeischaffung der Kohlen usw. ermöglichen können, auf die Ausnutzung vorhandener Wasserkräfte angewiesen. Die Anlagekosten der letzteren stellen sich, wie schon früher hervorgehoben wurde, allerdings vielfach sehr hoch, und zwar entfällt der größte Teil derselben auf die Errichtung der Wasserbauten selbst. Es muß jedoch hierbei berücksichtigt werden, daß durch verschiedene Festsetzung der Tilgungszeiten dieser Kapitalien der Preis der elektrischen Energie sehr verschieden gestaltet werden kann. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend und insbesondere in der Erwägung, daß ein derartiges Wasserkraftwerk nur dann Aussicht auf Erfolg haben kann, wenn dasselbe für ein denkbar großes Absatzgebiet und möglichst großzügig errichtet wird, ist auch die Ausnutzung der bayerischen Wasserkräfte, insbesondere des Walchensees, beabsichtigt. Als erste Anlage dieses großen Projektes ist das EW Franken als Wärmekraftwerk gebaut worden, welches später als Reserve und zur Spitzendeckung des großen Wasserkraftwerkes dienen soll.

Als ein Beispiel dafür, daß kleine Wasserkraftanlagen, insbesondere wenn zu ihrer Unterstützung und Reserve noch eine Dampfzentrale unterhalten werden muß, in vielen Fällen keine großen Aussichten auf glänzende finanzielle Erfolge für die beteiligten Gemeinden bieten und eine erfolgreiche Versorgung der Großindustrie nicht zulassen, möge die Anlage einer Industrie-

stadt erwähnt werden. Die letztere erbaute im Jahre 1898 eine Talsperre und im Anschluß hieran ein Elektrizitätswerk, enthaltend drei Turbinen von je 360 PS Leistung. Um die Wasserkraft besser ausnutzen zu können und gleichzeitig hinreichende Reserve zu schaffen, wurde im Jahre 1905 in einer bestehenden Straßenbahnzentrale eine 1000pferdige Dampfturbinenanlage für Licht- und Kraftzwecke aufgestellt. Nach dem Geschäftsbericht des Jahres 1909 betragen die Einnahmen bei einer Gesamt-Erzeugung von ca. 2,3 Millionen KWstd pro Jahr 11,77 Pf. pro erzeugte KWstd und 18,12 Pf. pro verkaufte KWstd und die Ausgaben inkl. Zinsen und Abschreibungen usw. pro erzeugte KWstd 8,45 Pf. und pro verkaufte KWstd 13,02 Pf. Das finanzielle Ergebnis bzw. die Selbstkosten des Stromes waren also derart, daß unter den vorliegenden Verhältnissen an eine Stromlieferung für Großindustrielle zu konkurrenzfähigen Preisen nicht gedacht werden konnte. Außerdem war die Zentrale an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt, so daß zunächst eine Erweiterung derselben durch zwei Dampfturbinenaggregate von je 1000 KW Leistung nebst Dampfkesseln usw. notwendig wurde, welche das Anlagekapital des Werkes um ca. 500 000 M. erhöht hätte. Die Gesteuerungskosten pro KWstd hätten sich in diesem Fall in den folgenden Jahren ungefähr wie folgt gestellt:

Erzeugte KWstd	2 500 000	2 750 000	2 970 000	3 200 000	3 440 000
Gesteuerungskosten pro KWstd, gemessen auf der Sekundärseite der Transformatoren	15,2 Pf.	14,2 Pf.	13,2 Pf.	12,4 Pf.	11,7 Pf.
Mittelpreis nach Angebot RWE . . . .	8,8 „	7,95 „	7,95 „	7,95 „	7,95 „
Differenz gegen eigene Zentrale	6,4 „	6,25 „	5,25 „	4,45 „	3,75 „

Von seiten des RWE Essen wurde nun die Pachtung des Werkes unter Zugrundelegung der folgenden Strompreise für Kraft- und Lichtzwecke angeboten:

		Bis zu einem Verbrauch von jährlich				
		2 Millionen KWstd . . . . .	8,0 Pf. pro KWstd			
von	2—3	„ „ „ „ „ „ „ „	7 „ „ „ „			
„	3—4	„ „ „ „ „ „ „ „	6,5 „ „ „ „			
über	4	„ „ „ „ „ „ „ „	6 „ „ „ „			

Der Preis für Lichtstrom allein sollte 13,5 Pf. pro KWstd ohne Rücksicht auf die jährliche Abnahme betragen. Es ergaben sich unter dieser Voraussetzung die in obiger Zusammenstellung eingetragenen Mittelpreise. Vergleicht man die berechneten Gesteungskosten des Stromes bei Erweiterung des Werkes mit den auf Seite 146 und 147 angegebenen Strompreisen des RWE für Großabnehmer, so findet man, daß die letzteren wesentlich niedriger sind. Da ferner die direkte Versorgung der Großkonsumenten durch das RWE zu den angegebenen Großabnehmerpreisen eine Grundbedingung des Pachtvertrages war, und die Interessen der Stadt eine Unterstützung der eingesessenen Industrie durch Gewährung billiger Strompreise verlangten, konnten über die Annahme des Pachtangebots keine Zweifel bestehen.

Außer der Ausnutzung vorhandener Naturkräfte bzw. Naturprodukte, von welchen letzteren die Braunkohlen schon erwähnt wurden, scheint in letzterer Zeit die Verwendung von Torf, insbesondere, nach dem Verfahren der Görlitzer Maschinenbauanstalt, in Torfsauggasanlagen, größere Bedeutung zu gewinnen. Während die bisherigen Verfahren größtenteils die Gewinnung der Nebenprodukte des Torfs, insbesondere von Ammoniak zum Zweck hatten, und die Verfeuerung des Torfs unter gewöhnlichen Dampfkesseln nur zeitweise einen guten Erfolg erzielte, soll die Wärmeausnutzung bei dem neuen Sauggasverfahren ein wesentlich günstigeres Resultat ergeben haben. Nach den im Laufe des Jahres 1911 an der Ausstellungsanlage dieser Firma in Posen von 300 PS vorgenommenen Versuchen sollen sich bei einem Preise des Torfs von 4 M. pro Tonne die Betriebskosten der KWstd, am Schaltbrett gemessen, auf nur 0,6 Pf. gestellt haben. Wenn auch diese Zahl zunächst noch mit Vorsicht aufzunehmen ist, so dürfte doch mit Rücksicht auf die große Ausdehnung der Torfmoore eine rationelle Ausnutzung derselben von großer Bedeutung für die Industrie wie die gesamte Volkswirtschaft werden.

Die Gesteungskosten der Stromerzeugung im EW können nun ferner noch in einzelnen Fällen durch besondere Mittel reduziert werden, und zwar wird u. a. in letzter Zeit vielfach die Verwendung von Dieselmotoren sowie die Aufstellung von Turbodynamos in Gaszentralen für die Deckung der Spitzenbelastung in Vorschlag gebracht. Daß event. im letzteren Fall, insbesondere bei Anlagen, welche tagsüber bedeutend weniger belastet sind

als des Abends, Ersparnisse erzielt werden können, muß ohne weiteres zugegeben werden, da sich der Betrieb mit Turbodynamos infolge der billigeren Anschaffungs- und Betriebskosten bei geringeren Energieentnahmen unbedingt günstiger stellen muß als der der Gasmaschine. Im allgemeinen wird jedoch diese Maßnahme bei größeren Anlagen kaum in Frage kommen können. Was fernerhin die Verwendung von Dieselmotoren für Großkraftwerke anbelangt, so muß zunächst berücksichtigt werden, daß es sich hier vielfach um größere Maschineneinheiten handelt, für welche der Dieselmotor nicht gebaut werden kann. Für ortsfeste Maschinen sind zurzeit 5000 PS, entsprechend ca. 3400 KW in Zwillings-Tandemanordnung, als obere Grenze anzusehen. Eine wesentliche Erhöhung der Leistung über 6000 PS soll nach der Ansicht der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg ausgeschlossen sein, da die schwersten Stücke einer derartigen Maschine bei 94 Touren schon ca. 80 Tonnen wiegen. Hierzu kommt, daß auch das Anlagekapital von Dieselmotoren stets höher als dasjenige von Dampfturbinenanlagen ist, wenn

Tabelle 56.

Anlage- und Betriebskosten einer Zentrale für 30 000 KW mit Dampfturbinen- bzw. Dieselmotorenantrieb.

## a) Anlagekosten.

Gegenstand	Turbinenzentrale: 5 Turbinen à 6000 KW			Dieselmotoren: 12 Motoren à 4000 PS 12 Generatoren à 2500 KW		
	Anlage- kapital M.	Abschreibung		Anlage- kapital M.	Abschreibung	
		%	M.		%	M.
1. Grundstücke	—	—	—	—	—	—
2. Gebäude . .	1 025 000	3	30 750	2 250 000	3	67 500
3. Dampfkessel, Tanks usw.	1 500 000	10	150 000	350 000	10	35 000
4. Apparate u. Maschinen .	2 650 000	10	265 000	7 200 000	10	720 000
5. Akkumula- toren . . .	25 000	10	2 500	120 000	10	12 000
6. Hof-Wegean- lagen, Gleise	20 000	6	1 200	80 000	6	4 800
7. Leitungen . .	20 000	3	600	40 000	3	1 200
8. Zähler . . .	10 000	15	1 500	20 000	15	3 000
Ges. Kosten . .	5 250 000		451 550	10 060 000		843 500

dieser Umstand auch im allgemeinen bei Werken mit hohem Benutzungsfaktor nicht ausschlaggebend sein wird. Umso mehr fällt aber der größere Raumbedarf der Dieselmachine ins Gewicht, wodurch die Gebäudekosten trotz Wegfalls des Kesselhauses ungefähr die doppelte Höhe derjenigen bei Turbinenanlagen ergeben. Die Tabelle 56 gibt eine Zusammenstellung der Anlage- und Betriebskosten eines großen städt. EW für Turbinenantrieb sowie bei Verwendung von Dieselmotoren.

Bei einer angenommenen Jahresproduktion von 40 000 000 KWstd und einer 4 prozentigen Verzinsung der Anlagekosten ergeben sich für Verzinsung und Abschreibung folgende Werte:

	Turbinenzentrale	Dieselmotoren
Verzinsung . . . .	0,52 Pf. pro KWstd	1,00 Pf. pro KWstd
Abschreibung . . . .	1,13 „ „ „	2,11 „ „ „

b) Betriebskosten pro erzeugte KWstd.

Gegenstand	Dampfturbinen Pf.	Dieselmotoren Pf.
Betriebsarbeiterlöhne . . . . .	0,50	0,50
Kohlen bzw. Öl . . . . .	1,57	1,60 <sup>1)</sup>
Maschinen-Unterhaltung . . . . .	0,03	0,14
Putz- und Schmiermaterial . . . . .	0,02	0,20
Wasser, Gasverbrauch und Heizung . . . . .	0,20	0,10
Betriebsutensilien und Unkosten . . . . .	0,08	0,10
Gehälter und Pensionen . . . . .	0,42	0,42
Generalunkosten . . . . .	0,15	0,15
Unterhaltung der Gebäude . . . . .	0,02	0,02
„ der Leitungen . . . . .	0,08	0,08
„ der Akkumulatoren . . . . .	0,10	0,10
<b>Summe der Betriebskosten . . . . .</b>	<b>3,17</b>	<b>3,41</b>
dazu Verzinsung . . . . .	0,52	1,00
„ Abschreibung . . . . .	1,13	2,11
<b>Insgesamt . . . . .</b>	<b>4,82</b>	<b>6,52</b>

<sup>1)</sup> Bemerkung. Bei Dieselmotoren ist mit einem Teerölpreis von 4 M. pro 100 kg gerechnet. Zum Anlassen würde Gasöl zugesetzt werden. Falls eine Stadt in der Lage ist, alles Teeröl im eigenen Gaswerk erzeugen zu können, so würde ein Teerölpreis von etwa 2 M. pro 100 kg in Frage kommen. Der Preis pro erzeugte KWstd würde sich dann um 0,72 Pf. ermäßigen.

Wie ersichtlich, sind die jährlichen Betriebskosten pro KWstd bei Dieselmotorenbetrieb wesentlich höher, selbst unter der Voraussetzung, daß die Stadt den gesamten Teerölbedarf im eigenen Gaswerk erzeugt, was aber in den wenigsten Fällen, selbst in großen Werken wie Köln und Düsseldorf, möglich ist. Wird in der vorliegenden Berechnung der bei Dieselmotoren erforderliche wesentlich größere Grunderwerb entsprechend berücksichtigt, so verschiebt sich das Endergebnis noch mehr zugunsten der Turbinenanlage. Das Anlagekapital für die Dieselizeentrale ist schon jetzt ungefähr doppelt so hoch als bei Turbinenbetrieb, wodurch sich auch in gleicher Weise die festen Kosten für Verzinsung und Amortisation im ersteren Fall entsprechend höher stellen. Die Ausgaben für Löhne sind in beiden Fällen ungefähr gleich, da die schwierigere Bedienung der Gasmotoren durch die Mehrausgaben für den Kesselhausbetrieb annähernd ausgeglichen wird. Der Schmierölbedarf ist naturgemäß bei Dieselmotoren wesentlich höher. Was schließlich die Kosten des Brennstoffes in beiden Fällen anbelangt, so sind bei Verwendung der in vorstehender Tabelle 56 angenommenen großen Maschineneinheiten wesentliche Differenzen hierin nicht mehr vorhanden. Dieselben stellen sich in dem Fall für die Dieselmotoren etwas günstiger, daß bei städtischen Anlagen das Teeröl aus dem eigenen Gaswerk bezogen wird und hierfür ein Preis von 2 M. pro kg angenommen werden kann.

Mit Rücksicht auf die hohen Anlagekosten des Dieselmotors ist es auch verfehlt, denselben lediglich zur Deckung der Spitzen aufzustellen, wie dies verschiedentlich vorgeschlagen worden ist. Um in solchen Fällen die auf wenige Benutzungsstunden sich verteilenden festen Kosten möglichst zu reduzieren, müssen die Anlagekosten denkbar niedrig gehalten werden. Man verwendet deshalb hierfür zweckmäßiger die billigen Turbinen in Verbindung mit stark forcierbaren Hochleistungskeeseln, insbesondere mit Saugzug. Wenn die Dieselmotoren somit nur in kleineren Werken bis zu 1000 PS, in gewissen Fällen auch in mittelgroßen Werken bis zu 5000 PS Gesamtleistung mit den Dampfturbinen erfolgreich konkurrieren können, so werden dieselben doch auch in Großkraftwerken ihres besonderen Vorzugs, der sofortigen Betriebsbereitschaft wegen mit Vorteil Verwendung finden. Nach den bisherigen Feststellungen ist es möglich, auch die größten

Aggregate in wenigen Minuten parallel zu schalten und voll zu belasten, was bei Dampfturbinen, selbst wenn dieselben vollkommen vorgewärmt sind, eine wesentlich längere Zeitdauer beansprucht. Ferner ist der Dieselmotor naturgemäß bei Kohlenarbeiterstreiks von allergrößter Bedeutung. Es werden deshalb von diesen Gesichtspunkten aus in jüngster Zeit vielfach Kombinationen von Diesel- und Turbinenanlagen in Großkraftwerken ausgeführt, von denen an dieser Stelle nur das EW Halle genannt werden soll.

#### 4. Einkauf der Kohlen nach dem Heizwert.

Zum Zweck der Erniedrigung der Gesteungskosten könnte weiter ein größerer Wert auf den Einkauf des Brennmaterials gelegt werden, als dies bisher geschieht. Es sind auch schon von berufenster Seite Vorschläge über die Bewertung der Kohlen nach dem Heizwert gemacht worden, Bestrebungen, die jedoch bisher an dem Widerstand der Kohlenzechen scheiterten, welche darauf hinwiesen, daß vor allem drei Gründe gegen die Einführung des Heizwertes als Wertmaßstab für den Brennstoff sprechen, nämlich 1. die Unsicherheit des Verfahrens, 2. seine Unzweckmäßigkeit, 3. die hohen Kosten. Wenn auch die Schwierigkeiten, die einer einheitlichen Durchführung dieses Verfahrens im Wege stehen, nicht zu verkennen sind, so muß doch hervorgehoben werden, daß eine derartige Kohlenbewertung schon in vielen Betrieben eingeführt ist und sich auch noch weiterentwickeln wird. Erwägt man ferner, welche ungeheuren Mengen von Kohlen von der Industrie jährlich verfeuert werden, und daß selbst bei großen EW, wie die früheren Berechnungen ergaben, die jährlichen Kohlenausgaben ca. 70 % der veränderlichen Kosten ausmachen, so gelangt man ohne weiteres zu der Überzeugung, daß eine sorgfältigere Prüfung der Qualität der Kohlen von allergrößter Bedeutung für die Rentabilität ist. In vielen amerikanischen EW geschieht der Einkauf der Kohlen schon seit langer Zeit nach dem Heizwert. Die Berechnung kann auf folgende Weise geschehen: Vorausgesetzt sei, daß die gewählte Kohlensorte z. B. 12 M. pro Tonne kostet und nach der Analyse einen Heizwert von 7200 WE bei 10 % Feuchtigkeit und 8 % Ascherückständen hat. Die Kosten der Ascheabfuhr sollen 2 M. pro Tonne betragen. Die Nettokosten von einer Tonne Brennstoff sind daher  $1200 + 16 = 1216$  Pf. Der

wirkliche Heizwert einer Tonne Kohlen ist  $0,90 \cdot 7\,200\,000$  WE =  $6\,500\,000$  WE. Ein Pfennig liefert infolgedessen rund 5345 Wärmeeinheiten. Die Analyse, welche wöchentlich vorgenommen wird, ergebe bei einer anderen Sendung z. B. 7000 WE pro kg, 15 % Feuchtigkeit und 10 % Asche. Der effektive Heizwert pro Tonne ist dann  $0,85 \cdot 7\,000\,000$  WE =  $5\,950\,000$  WE. Der zu ermittelnde Kohlenpreis pro Tonne beträgt  $x$  Pf. Es ist dann

$$\frac{5\,950\,000}{x + 20} = 5345 \text{ oder } x = \text{rund } 11 \text{ M.}$$

Bedeutet  $k$  den Heizwert pro kg,  $p$  = Feuchtigkeitsgehalt in Prozent,  $q$  = Aschegehalt in Prozent, und ist der zu ermittelnde Kohlenpreis pro t =  $x$  Pf., so ergibt die Rechnung

$$\frac{10 \cdot k \cdot (100 - p)}{x + 2q} = 5345 \text{ oder } x = \frac{10 \cdot k \cdot (100 - p)}{5345} - 2q$$

Nach der Inkraftsetzung einer ähnlichen Heizwertbestimmung für den Einkauf der Kohlen der Straßenbahnzentrale in Cleveland Ohio erniedrigten sich die Erzeugungskosten pro KWstd um etwa 7 %.

## 5. Korrektion der Phasenverschiebung.

Das früher über die Kontrolle der gesamten Jahresverluste in EW Gesagte gilt in gleicher Weise auch von der Phasenverschiebung bzw. dem  $\cos \varphi$ , welchem man im allgemeinen nicht die Bedeutung beimißt, die er verdient, und den die meisten Werke als ein notwendiges Übel hinzunehmen pflegen, dessen Verbesserung nicht möglich ist.

In Fig. 27 sind die Werte des  $\cos \varphi$  der drei Zentralen, I II und III während eines ganzen Tages graphisch aufgetragen, und zwar bei dem ersteren Werk für je einen Wintertag des Jahres 1909 und 1911. Wie aus derselben hervorgeht, ist der  $\cos \varphi$  während der einzelnen Tagesstunden großen Schwankungen unterworfen und insbesondere im Werk I in einem Zeitraum von 2 Jahren bedeutend schlechter geworden, was wohl vor allem der eifrigeren Propagierung der Motorenanschlüsse bzw. der Großindustrie zuzuschreiben ist. Berücksichtigt muß hierbei werden, daß die Ablesungen für sämtliche Kurven nur

an Schalttafelinstrumenten gemacht wurden und die angegebenen Zahlen deshalb auch nur einen praktischen Wert haben. Während der Vormittagsstunden von 11—2 Uhr sind die Änderungen vor allem eine Folge des sehr schwankenden Stromverbrauches der

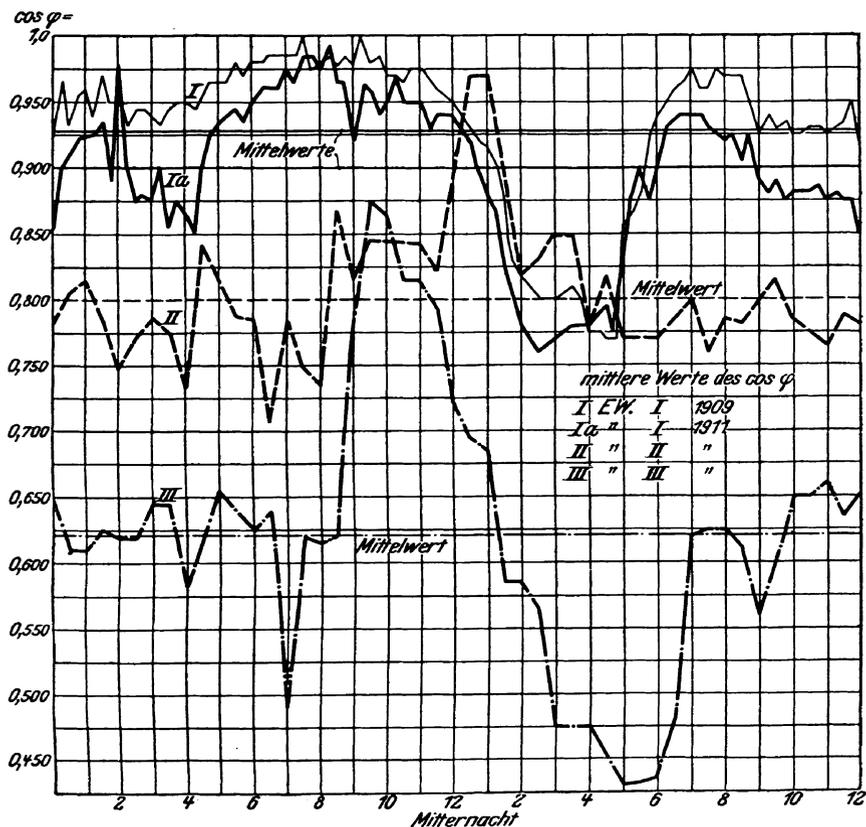


Fig. 27.

Straßenbahnen bzw. der Bahnsynchron-Umformer. Der  $\cos \varphi$  wird dann in den folgenden Stunden durch den allmählich im Winter ansteigenden Lichtkonsum besser und erreicht seinen günstigsten Wert mit annähernd Eins während der Zeit von 7 bis 9 Uhr abends. Mit abnehmendem Lichtkonsum und schwächer werdendem Bahnbetrieb wird auch der  $\cos \varphi$  in den folgenden Stunden schlechter und erreicht in der Zeit von 2—4 Uhr nachts seinen untersten Wert von ca. 0,76. Es beginnt sodann gegen

$\frac{1}{2}5$  Uhr wieder der Bahnbetrieb bzw. die Einwirkung der Synchronmotoren sowie des Lichtbetriebes, was sich in der Kurve an dem steilen Ansteigen derselben bemerkbar macht. Der  $\cos \varphi$  bleibt dann in der Zeit von morgens  $6\frac{1}{2}$  bis  $8\frac{1}{2}$  annähernd auf der gleichen Höhe von ca. 0,95 und nimmt um  $8\frac{1}{2}$  Uhr infolge des schwächer werdenden Bahnbetriebes auch wieder etwas ab, um gegen 12 Uhr wieder anzusteigen. Der Mittelwert, welcher im Jahre 1909 noch ca. 0,925 betrug, ist in den beiden folgenden Jahren auf 0,90 infolge der größeren Motorenbelastung gesunken. Wesentlich tiefer liegt, wie aus der Figur ersichtlich ist, die mittlere Kurve des  $\cos \varphi$  bei den anderen Elektr.-Werken II und III und zwar im ersten Fall bei 0,80, bei dem kleineren Werk sogar bei 0,62. Bei beiden Kurven bemerkt man ebenfalls ganz bedeutende Schwankungen in den verschiedenen Tagesstunden sowie ein rapides Ansteigen des Abends bzw. nachts. Eigenartigerweise liegt die Spitze dieser Kurve beim EW II nicht, wie bei den anderen Werken, in der Zeit des Hauptlichtbetriebes, sondern um  $12\frac{1}{2}$  bis 1 Uhr nachts. Man sieht hieraus, daß auch in der Hauptlichtperiode der Motorenbetrieb in diesem Fall noch bedeutend überwiegt und erst nach Mitternacht so weit abgenommen hat, daß der Einfluß des Lichtbetriebs und der angeschlossenen Synchronmotoren vollkommen zur Geltung kommt. Den untersten Wert erreicht an Wochentagen das EW II ebenfalls nicht wie die beiden anderen Zentralen in den Nacht- bzw. frühen Morgenstunden, sondern gegen  $\frac{1}{2}7$  Uhr abends mit ca. 0,70. In der Nachtzeit und an Sonntagen ist der  $\cos \varphi$  wesentlich besser; derselbe beträgt z. B. in letzterem Fall auch bei der geringen Motorenbelastung im Mittel 0,885 gegenüber 0,80 an Wochentagen und erreicht seine unterste Grenze in den Nachtstunden zwischen 1 und 4 Uhr mit 0,77 und den günstigsten Wert während der Hauptlichtperiode von ca. 0,94. Bei dem EW III ist der  $\cos \varphi$ , wie ersichtlich, sehr schlecht und dürfte jedenfalls ohne große Schwierigkeiten verbessert werden können. Die Ursache liegt hier allerdings zum Teil in dem überwiegenden Anschluß der Motoren, insbesondere, da die Kurve im Laufe des Monats Juli, also im Hochsommer, aufgenommen wurde, wo der Lichtbetrieb an und für sich sehr schwach ist. Nach dem Geschäftsbericht 1911 des EW III betrug das Verhältnis der angeschlossenen Motoren-KW zum gesamten Anschlußwert 1450 : 2460, also un-

gefähr 1 : 1,7. Hierzu kommt noch, daß das Werk eine Prüfung der Motoren auf Anlaufenergie und  $\cos \varphi$  vor dem Anschluß derselben nicht vornimmt. Wenn dies auch in manchen Fällen für den Abnehmer erschwerend wirkt, so dürften doch derartige Prüfungen, welche an Ort und Stelle leicht gemacht werden können, im Interesse des Werkes unbedingt zu empfehlen sein, ganz abgesehen davon, daß dieselben auch auf die Konstruktionsfirmen einen günstigen Einfluß ausüben.

Die Phasenverschiebung wirkt nun insofern verschlechternd auf den ganzen Zentralenbetrieb ein, als hierdurch sowohl die Generatoren als auch die Leitungen dauernd mit einem wattlosen Strom belastet werden, welcher allerdings keine Energie verzehrt, dagegen die wirklich mögliche Leistung wesentlich herabsetzt. Für die Generatoren ist die Phasenverschiebung noch von ganz besonderem Nachteil. Durch die größere Stromstärke wird zunächst der Verlust durch Stromwärme sowie der Spannungsabfall bzw. die Ankerreaktion wesentlich erhöht. Zur Kompensation der letzteren ist aber eine Verstärkung des Feldes bzw. des Erregerstromes erforderlich, was wiederum eine Vergrößerung der Erregerverluste mit sich bringt. Da auch die Eisenverluste infolge erhöhter Induktion größer werden, ergibt sich somit durch die Phasenverschiebung eine größere Strombelastung, eine Erhöhung sämtlicher Verluste und damit eine wesentliche Reduktion des Wirkungsgrades der Maschinen. Dieselben können infolgedessen bei induktiver Belastung nicht mehr mit ihrer vollen Leistung ausgenutzt werden und sind auch im Betrieb schwieriger zu regulieren. Der großen Nachteile der Phasenverschiebung wegen hat es naturgemäß nicht an Vorschlägen zur Beseitigung bzw. Reduktion derselben gefehlt, und zwar werden vielfach hierfür übererregte Synchronmotoren verwendet, welche einen wattlosen voreilenden Strom erzeugen und hierdurch die durch eine induktive Belastung hervorgerufene nachteilige Komponente zum Teil oder ganz aufheben.

Bei dem EW I werden zu diesem Zweck die Bahnsynchronmotoren etwas übererregt, wodurch sich das vorerwähnte günstige Resultat der Phasenverschiebung ergibt. Da dieses Mittel, wenn auch sehr wirksam, doch nicht immer angewendet werden kann, so soll dasselbe an dieser Stelle außer Betracht bleiben und nur ein neueres Verfahren besprochen werden, welches

auch schon versuchsweise in kleinerem Maßstabe zur Anwendung gekommen ist. Es ist dies die Verwendung eines parallel geschalteten Kondensators am Ende der einzelnen Speiseleitungen von Großkonsumenten.

Welche jährlichen Ersparnisse durch eine derartige Korrektur des  $\cos \varphi$  erzielt werden können, läßt sich am besten an Hand eines praktischen Beispiels darstellen.

Beträgt z. B. die Wechselstrom-Energieentnahme am Ende einer Speiseleitung 500 KW bei einer Spannung von 2000 Volt und einem  $\cos \varphi = 0,80$ , so ergibt sich hierdurch eine Strombelastung der Leitung von  $i = 313$  Ampere. Die wattlose Komponente des Stromes ist, wie bekannt,  $i \sin \varphi$  oder im vorliegenden Fall  $313 \cdot 0,60 = 187$  Ampere. Wird die letztere durch einen Kondensator vollständig aufgehoben, so ermäßigt sich die Stromstärke in der Speiseleitung auf  $i \cos \varphi = 313 \cdot 0,80 = 250$  Ampere. Beträgt nun der Widerstand der Leitung im ganzen 0,5 Ohm, so ergibt sich ohne Verwendung eines Kondensators bei jährlich 3000 Betriebsstunden ein Gesamtverlust von

$$\frac{313^2 \cdot 0,5 \cdot 3000}{1000} = 146\,952 \text{ KWstd.},$$

welcher sich bei vollständiger Aufhebung der Phasenverschiebung auf

$$\frac{250^2 \cdot 0,5 \cdot 3000}{1000} = 93\,750 \text{ KWstd.}$$

ermäßigt.

Hierbei ist der Verlust im Kondensator selbst, welcher im Mittel mit ca. 1 % der scheinbaren Leistung desselben angenommen werden kann, unberücksichtigt geblieben. Die letztere berechnet sich nun mit  $e \cdot i \sin \varphi = 2000 \cdot 187 = 374$  KW und ist, wenn nur eine teilweise Aufhebung der Phasenverschiebung erfolgen soll, entsprechend kleiner. Außer der jährlichen Ersparnis infolge des geringeren Verlustes in der Speiseleitung wäre dann noch die Verbesserung des Wirkungsgrades der Generatoren und Transformatoren in Betracht zu ziehen, welche sich jedoch ziffernmäßig sehr schwer feststellen läßt.

Bei der Wahl der Größe der Kondensatorbatterie ist zu berücksichtigen, daß eine vollständige Aufhebung der Phasenverschiebung nicht die günstigste Lösung darstellt; es ergibt sich vielmehr

Tabelle 57.

KVA	cos $\varphi$	KWstd.	KWstd.	KWstd.	M.	M.	M.	M.	Proz.
Kondensatorleistung	Erzielte Phasenverschiebung in der Speiseleitung	Ersparnis an Kupferverlusten in der Speiseleitung bei jährlich 3000 Betriebsstunden	Verluste im Kondensator (rund 1 Proz. der sichtbaren Leistung $\times$ 8760 Std.)	Gesamtersparnis an KWstd. pro Jahr	(Gesamtersparnis in Mark pro Jahr bei einem Selbstkostenpreis der KWstd. von 4,0 Pf.)	Preis der Kondensatorbatterie ca. 30 Mk./KVA	Kosten der Installation des Kondensators ca.	Gesamtanlagekosten des Kondensators	Verzinsung, Abschreibung usw. aus der Gesamtersparnis
374	1,0	53 202	32 562	20 640	825,60	11 220	200	11 420	7,25
332	0,99	50 952	29 083	21 869	874,76	9 960	200	10 160	8,6
274	0,98	49 452	24 002	25 450	1018,00	8 220	200	8 420	12,1
172	0,93	45 652	15 067	30 585	1223,40	5 160	150	5 310	23,0
125	0,89	28 452	10 950	17 502	706	3 750	100	3 850	18,2
76	0,86	19 952	6 658	3 294	131,76	2 280	100	2 380	5,5
0	0,80	—	—	—	—	—	—	—	—

nur bei einer bestimmten Leistung der Batterie bzw. einer gewissen Korrektur des  $\cos \varphi$  ein Maximum der Rentabilität, nach dessen Überschreitung das Resultat wieder ungünstiger wird. In der vorstehenden Tabelle 57 sind deshalb die jährlichen Ersparnisse bei verschiedenen Phasenverschiebungen bzw. Kondensatorleistungen für obiges Beispiel zusammengestellt worden. Wie ersichtlich, ist das Maximum der Rentabilität in diesem Fall bei einer Phasenverschiebung in der Leitung von ungefähr  $\cos \varphi = 0,93$ , entsprechend einer Leistung der Kondensatorbatterie von ca. 172KVA.

## Literaturnachweis.

1. Elektrotechnische Zeitschrift, Jahrgang 1900—1912.
  2. Mitteilungen der Vereinigung der Elektr.-Werke, Jahrgang 1902—12.
  3. Statistik der Vereinigung der Elektr.-Werke, Jahrgang 1900—1911.
  4. A.-E.-G.-Zeitung, Jahrgang 1911—12.
  5. F. Barth, Die zweckmäßigste Betriebskraft.
  6. M. Berthold, Die Verwaltungspraxis bei Elektr.-Werken und elektr. Straßen- und Kleinbahnen.
  7. F. Hoppe,
    - a) Die Elektrizitätswerksbetriebe im Lichte der Statistik.
    - b) Was lehren die Statistiken der Elektr.-Werke für das Projektieren?
  8. Rziha & Seidener, Starkstromtechnik.
  9. G. Siegel, Die Preisstellung beim Verkauf elektr. Energie.
  10. Weyl, Betriebsführung städtischer Werke.
-

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

---

## **Stromtarife für Großabnehmer elektrischer Energie.**

Von

**Dr.-Ing. E. Fleig.**

Mit 55 Textfiguren.

Preis M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 7,—.

---

## **Bau großer Elektrizitätswerke.**

Von

**Prof. Dr. G. Klingenberg.**

Mit 180 Textabbildungen und 7 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

---

## **Die Preisstellung beim Verkauf elektrischer Energie.**

Von

**Gustav Siegel,**

Diplom-Ingenieur.

Mit 11 Textfiguren — Preis M. 4,—.

---

## **Stromverteilung, Zählertarife und Zählerkontrolle.**

**bei städtischen Elektrizitätswerken und Überlandzentralen.**

**Auf Grund praktischer Erfahrungen**

bearbeitet von

**Ingenieur Carl Schmidt,**

Mit 4 Textfiguren und 10 Kurventafeln.

Preis M. 2,60.

---

---

**Zu beziehen durch jede Buchhandlung.**

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

## **Ratgeber für die Gründung elektrischer Überlandzentralen.**

Von Dipl.-Ing. **A. Vietze,**

Oberingenieur und Vorsteher der Elektrotechnischen Abteilung  
des Verbandes der landwirtschaftlichen Genossenschaften der Provinz Sachsen  
und der angrenzenden Staaten zu Halle a. S., E. V.

Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 5,—.

---

## **Der elektrische Landwirt.**

Ein Merkbüchlein in Frage und Antwort.

Von Dipl.-Ing. **A. Vietze,**

Oberingenieur in Halle a. S.

21. bis 30. Tausend.

Preis 40 Pf.

Bei Abnahme von mindestens 50 Expl. Stückpreis 36 Pf., von 100 je  
34 Pf., von 500 je 32 Pf., und von 1000 je 30 Pf.

---

## **Alles elektrisch**

Ein Wegweiser für Haus und Gewerbe.

Preisgekrönte Bearbeitung

von **H. Zipp,**

Ingenieur in Cöthen.

81. bis 100. Tausend.

Preis 25 Pfennig.

Bei Bezug von 50 Expl. an ermäßigt sich der Stückpreis auf 20 Pfg., bei  
100 auf 16 Pfg., 500 auf 14 Pfg. und bei 1000 Expl. auf 12 Pfg.

---

## **Elektrische Energieversorgung ländlicher Bezirke.**

Bedingungen und gegenwärtiger Stand der Elektrizitätsversorgung von  
Landwirtschaft, Landindustrie und ländlichem Kleingewerbe.

Von **Walter Reisser,**  
Diplom-Ingenieur in Stuttgart.

Preis M. 2,80.

---

## **Die Bedeutung der Elektrizität für die Landwirtschaft.**

Eine volkswirtschaftliche Studie.

Von Dr. scient. polit. **Karl Forstreuter.**

Preis M. 12,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

**Berichtigung.**

In der Unterschrift zu Fig. 26 (S. 173) muß es heißen:  
Gesamt-Dampfverbrauch einschließlich Heizdampf von 3 at. abs.  
Gegendruck und ca. 170° C.