Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 46 (1955)

Heft: 17

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Der tägliche Verlauf der Belastungsverhältnisse

Bericht über die Diskussionsversammlung des VSE vom 12. Mai 1955 in Bern
[Siehe Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 15, S. 701...705 und Nr. 16, S. 736...742]

III. Entwicklung der Belastungskurve der Bernischen Kraftwerke A.-G. und Aussichten für die Zukunft

Von *M. Grossen*, Bern

621.311.153

Wenn man die stürmische Entwicklung der Elektrifizierung in unserem Lande in den letzten Jahren betrachtet, kann man sich mit Recht fragen: Wo führt diese Entwicklung hin? Diese Frage soll anschliessend speziell auf Grund der Entwicklung der Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW) behandelt werden. Fig. 1 und 2 zeigen, wie sich die Belastungskurve der BKW in der Zeit von 1920 bis 1954 geändert hat.

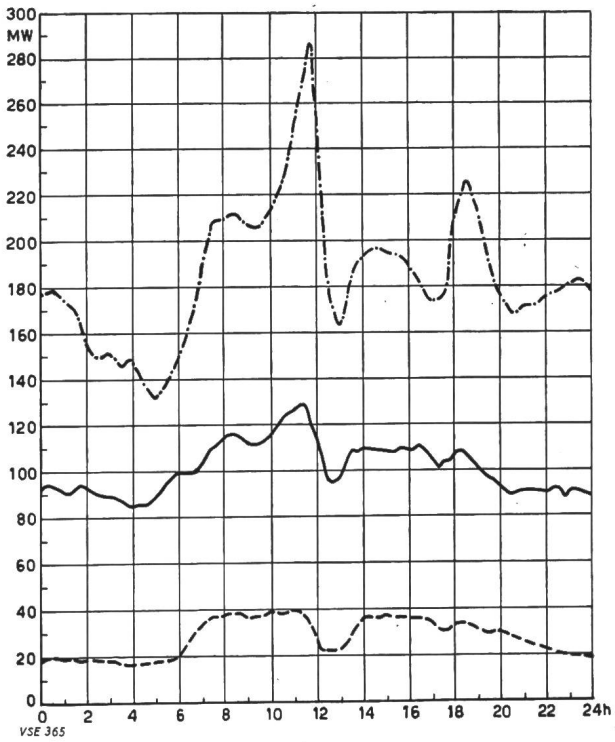


Fig. 1

Der tägliche Verlauf der Belastung im ganzen BKW-Drehstromnetz

Diese Kurven zeigen die Belastung aus den Lieferungen an das allgemeine Drehstromnetz der BKW, an die Elektrokessel, an die anderen schweizerischen Elektrizitätswerke, sowie aus der Energieausfuhr.

-·-·- Belastungskurve von Mittwoch, den 13. Oktober 1954 (Tagesverbrauch 4431 GWh, maximale Belastung 287 MW)

——— Belastungskurve von Mittwoch, den 16. Oktober 1940 (Tagesverbrauch 2431 GWh, maximale Belastung 128 MW)

- - - - - Belastungskurve von Mittwoch, den 20. Oktober 1920 (Tagesverbrauch 683 GWh, maximale Belastung 40 MW)

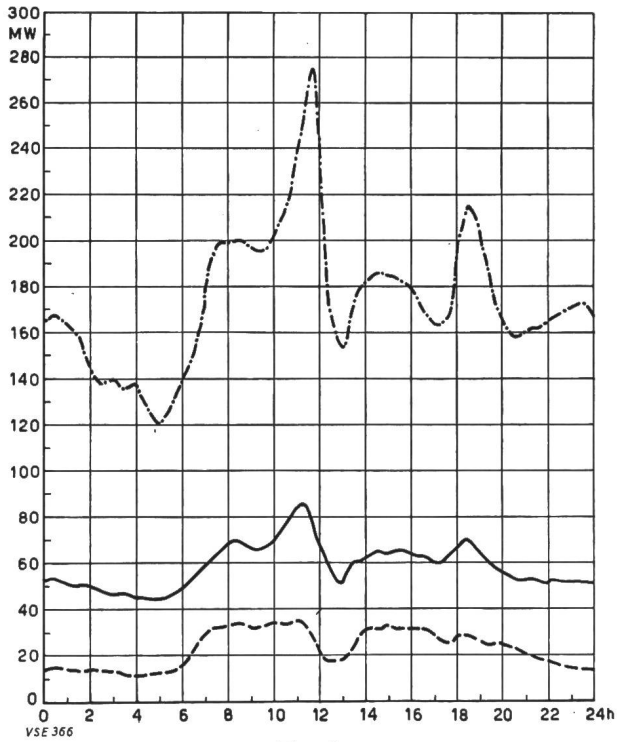


Fig. 2

Der tägliche Verlauf der Belastung im allgemeinen BKW-Drehstromnetz

Diese Kurven zeigen die Belastung durch «Normalverbrauch» allein.

-·-·- Belastungskurve von Mittwoch, den 13. Oktober 1954 (Tagesverbrauch 4173 GWh, maximale Belastung 267 MW)

——— Belastungskurve von Mittwoch, den 16. Oktober 1940 (Tagesverbrauch 1435 GWh, maximale Belastung 86 MW)

- - - - - Belastungskurve von Mittwoch, den 20. Oktober 1920 (Tagesverbrauch 562 GWh, maximale Belastung 35 MW)

Das Verhältnis der Energieabgabe zum Anschlusswert, d. h. die Gebrauchsdauer des Anschlusswertes, zeigt eine stetige Abnahme (siehe Fig. 3). Für sich allein betrachtet, wäre diese Feststellung wenig erfreulich. Doch zeigt sich glücklicherweise, dass die gleichzeitig in allen Zentralen

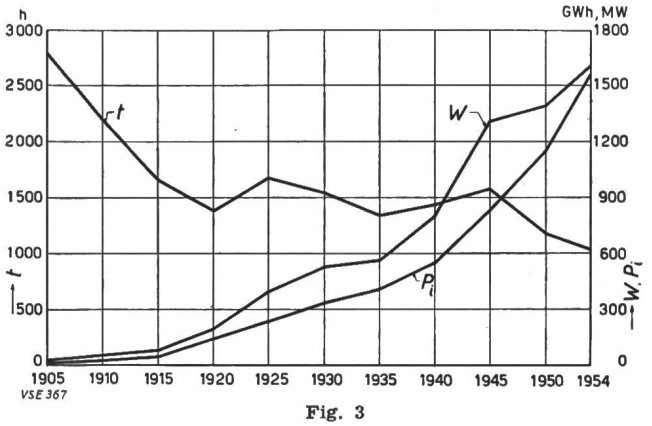


Fig. 3

Energieabgabe, Anschlusswert und Gebrauchsdauer des Anschlusswertes für das BKW-Netz: Entwicklung im Laufe der Jahre

W Energieabgabe
P_i Anschlusswert
t Gebrauchsdauer des Anschlusswertes

der BKW zuzüglich Fremdenergiebezug festgestellte Jahreshöchstlast nicht gleich stark gestiegen ist, wie der Anschlusswert. In der Zeit von 1920 bis 1940 ist z. B. der Gesamtanschlusswert auf das 3,9-fache und die Maximalbelastung auf das 3,4fache gestiegen. Für die Periode von 1920 bis 1954 ergibt sich eine Erhöhung des Anschlusswertes auf das 11fache und der Maximalleistung auf das 8fache (siehe Fig. 4).

Die jährliche Gebrauchsdauer der Jahreshöchstlast ist, wenn man von den Einflüssen der Wasserführung der Flüsse und der Energiedisponibilität

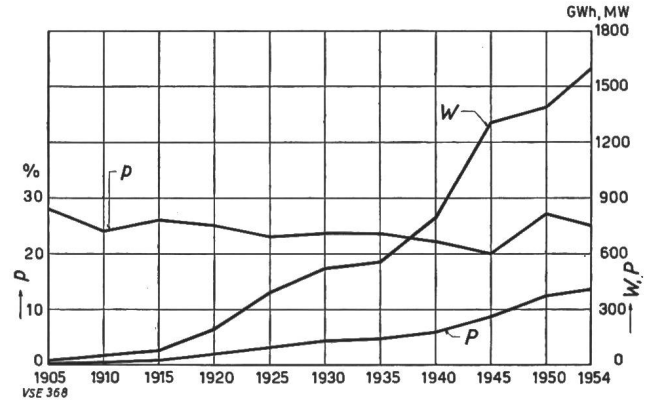


Fig. 4

Energieabgabe und maximale Belastung für das BKW-Netz: Entwicklung im Laufe der Jahre

W Energieabgabe
P Maximale Belastung

im Verhältnis zur Nachfrage absieht, praktisch fast gleich geblieben und die Maximalleistung beträgt über die ganze Zeit durchschnittlich rund 24 % des Gesamtanschlusswertes (siehe Fig. 4).

Da sich diese Zahlen auf die Gesamtabgabe und die Gesamtleistung im Drehstromnetz beziehen, zeigen sie jedenfalls, dass die Verhältnisse trotz den bedeutend angestiegenen Spitzenleistungen nicht ungünstiger geworden sind. Dabei darf noch berücksichtigt werden, dass bei der angespannten Versorgungslage der letzten Jahre und dem steigenden Anteil an Energie aus Speicherwerken für den Ausgleich des Belastungsdiagrammes durch nur zeitweilige Abgabe von Überschussenergie an Elektrokessel weniger Möglichkeiten bestanden.

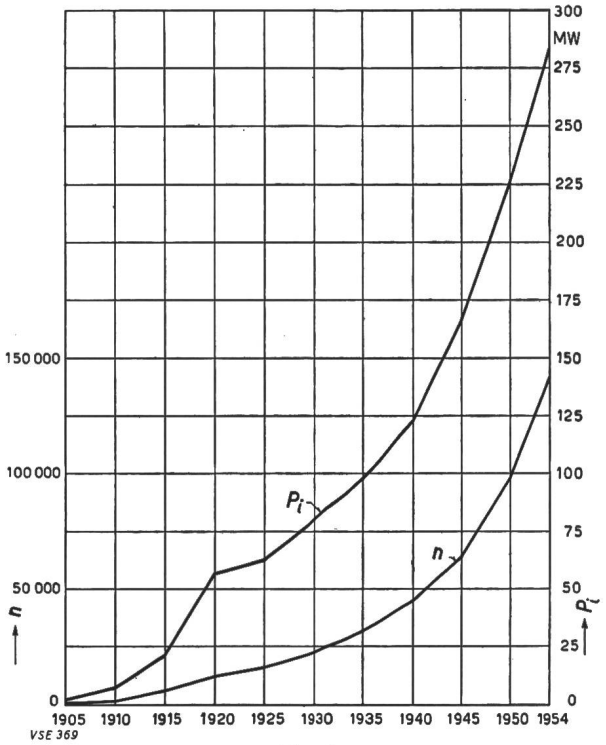


Fig. 5

Anzahl und Anschlusswert der Motoren im BKW-Netz: Entwicklung im Laufe der Jahre

n Anzahl
P_i Anschlusswert

In der Vergleichsperiode zeigen die Motorenanschlüsse folgende Entwicklung (siehe auch Fig. 5):

1920	12 300 Stück	57 000 kW
1940	45 000 Stück	123 000 kW
1954	142 000 Stück	284 000 kW

Die Zahl der Motoren ist somit von 1920...1954 auf das 11,5fache, der Anschlusswert jedoch «nur» auf das 5fache gestiegen. Der durchschnittliche Anschlusswert pro Motor hat somit von 4,7 kW auf 2,8 kW im Jahre 1940 und sogar auf 2 kW im Jahre 1954 abgenommen, wohl in erster Linie, weil anstelle der früher üblichen Transmissionen überall der Einzelantrieb angewandt wird.

In der gleichen Zeit ergab sich folgende Entwicklung für die Kochherde und Grossküchenapparate (siehe auch Fig. 6):

1920	3 000 Stück	9 000 kW
1940	22 600 Stück	116 000 kW
1954	84 000 Stück	500 000 kW

Im Jahre 1954 waren also 28mal mehr Kochherde angeschlossen, als 1920, und der Anschlusswert ist auf das 56fache gestiegen. Der mittlere Anschlusswert pro Kochherd ist im BKW-Netz von 3 kW im Jahre 1920 auf 5,1 kW im Jahre 1940 und auf 6 kW im Jahre 1954 angestiegen. Die allgemeinen Fragen der Kochspitze werden von anderer Seite noch eingehend behandelt, so dass wir hier

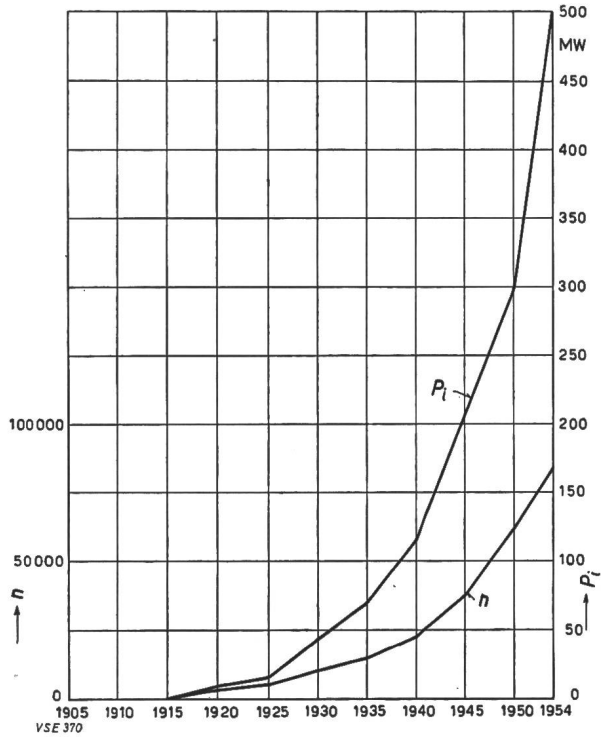


Fig. 6
Anzahl und Anschlusswert der Kochherde und Grossküchen im BKW-Netz: Entwicklung im Laufe der Jahre
n Anzahl
P_i Anschlusswert

nicht auf Details eintreten. Wir beschränken uns auf die Erläuterung der Verhältnisse bei den BKW. Immerhin sei erwähnt, dass es gut sein wird, wenn die Elektrizitätswerke dem ständigen Anstieg der Kochplattenleistungen Beachtung schenken. Die Erhöhung der Kochplattenleistung entspricht nicht unbedingt einer Notwendigkeit, und die Werke haben kein Interesse daran, dass diese Einzelleistungen erhöht und dafür die Benützungsdauer reduziert und dass anderseits die Kochherde durch komplizierte vielstufige oder stufenlose Schalter verteuert werden.

Ebenso wäre eine Entwicklung der Kochherde, wie übrigens auch der Bäckereiöfen, in Richtung Hochfrequenzheizung sehr unerwünscht, weil daraus lediglich ungünstigere Belastungsverhältnisse resultieren würden, anderseits aber der Erlös pro kWh nicht entsprechend angepasst werden könnte.

Im Vergleich zu den Anschlusswerten der Motoren oder Kochherde ist der Anschlusswert der Heisswasserspeicher noch relativ bescheiden. Im BKW-Netz waren angeschlossen (siehe auch Fig. 7):

1920	720	Boiler mit	710 kW
1940	19 500	Boiler mit	18 500 kW
1954	60 200	Boiler mit	65 000 kW

Da die Gebrauchsdauer der Heisswasserspeicher bedeutend ist und diese auch zeitlich miteinander in Betrieb sind, ist ihr Einfluss auf die Nachtbelastungskurve beträchtlich.

Die vorgenannten Anschlusswerte dürfen nicht ohne weiteres mit den Belastungskurven der BKW in Beziehung gebracht werden, weil diese Kurven auch noch die Belastungen der angeschlossenen Elektrizitätswerke mit enthalten. Zu letzteren gehören insbesondere die Werke mit Eigenproduktion, wie die Licht- und Wasserwerke Thun, die Industriellen Betriebe Interlaken, die Société des Forces Electriques de la Goule, die Elektrizitätswerke Wynau, das Elektrizitätswerk der Stadt Biel und die Gesellschaft des Aare- und Emmenkanals.

Mit Einschluss dieser Netze standen 1954 den Belastungsdiagrammen ungefähr folgende Anschlusswerte gegenüber:

Motoren:	200 000	Stück mit	380 000 kW
Kochherde und Grossküchenapparate:	115 000	Stück mit	700 000 kW
Heisswasserspeicher:	91 000	Stück mit	103 000 kW

Der Einfluss der Motorenbelastung auf den Tagesverlauf der Belastungskurve kann hier nicht

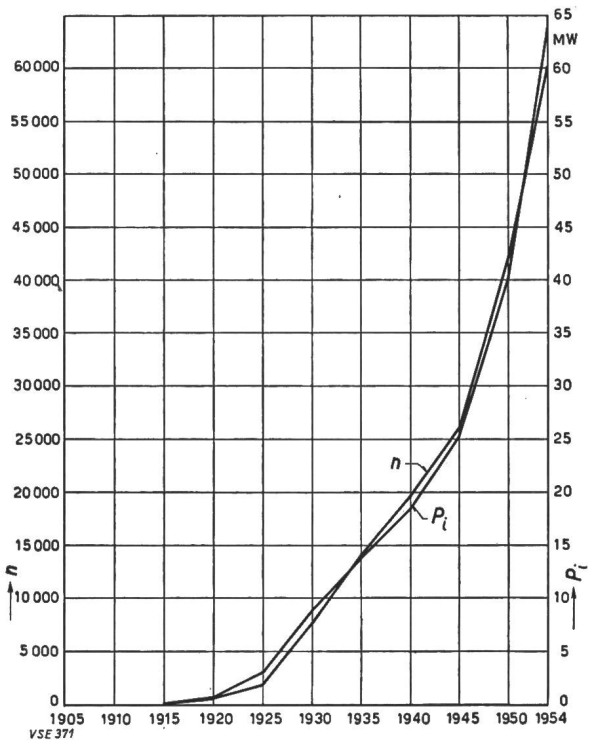


Fig. 7
Anzahl und Anschlusswert der Heisswasserspeicher im BKW-Netz: Entwicklung im Laufe der Jahre
n Anzahl
P_i Anschlusswert

analysiert werden, weil dies viel zu weit führen würde. Dafür müsste eine Aufteilung aller Motoren nach Kategorien, insbesondere auch der Industrie mit 2- oder 3schichtigem Betrieb, vorgenommen werden.

Dagegen ist die Auswirkung der Kochherdbelastung offensichtlich, weil ja hier auch die Betriebszeiten viel enger auf bestimmte Tagesstunden be-

grenzt sind. Während im Jahre 1920 eine Kochbelastung im Diagramm noch kaum erkannt werden kann, beträgt die «Kochspitze» 1940, wenn man dafür die Differenz zwischen der Maximalbelastung und der Belastung um 9.30 Uhr annimmt, 17 000 kW (siehe Fig. 1 und 2). Es ergibt sich daraus, dass 1940 diese Belastungsspitze 10,9 % des Kochherd-Anschlusswertes ausmachte oder durchschnittlich 0,56 kW pro Haushaltkochherd.

Im Jahre 1954 (siehe Fig. 1, 2 und 11) erreichte die Kochspitze 60 000...100 000 kW, durchschnittlich 80 000 kW oder 11,4 % des Kochherd-Anschlusswertes und rund 0,7 kW pro Haushaltkochherd. Wie weit diese Zunahme von 0,56 auf 0,7 kW, das sind rund 25 %, auf die bereits erwähnte Erhöhung des durchschnittlichen Kochherdanschlusswertes (rund 17 %) zurückzuführen ist und in welchem Ausmasse dafür andere Faktoren mitspielen, wie z. B. der Umstand, dass der Anteil der Eigenerzeugung der angeschlossenen Werke seit 1940 zweifellos zurückgegangen ist, oder auch der Einfluss der Dampfkochtöpfe, die in dieser Zeit eine starke Verbreitung gefunden haben, soll hier nicht näher untersucht werden. Nicht ausscheiden lässt sich auch der Anteil der Waschmaschinen, die bis heute bis zu 7,5 kW Anschlusswert nicht gesperrt sind.

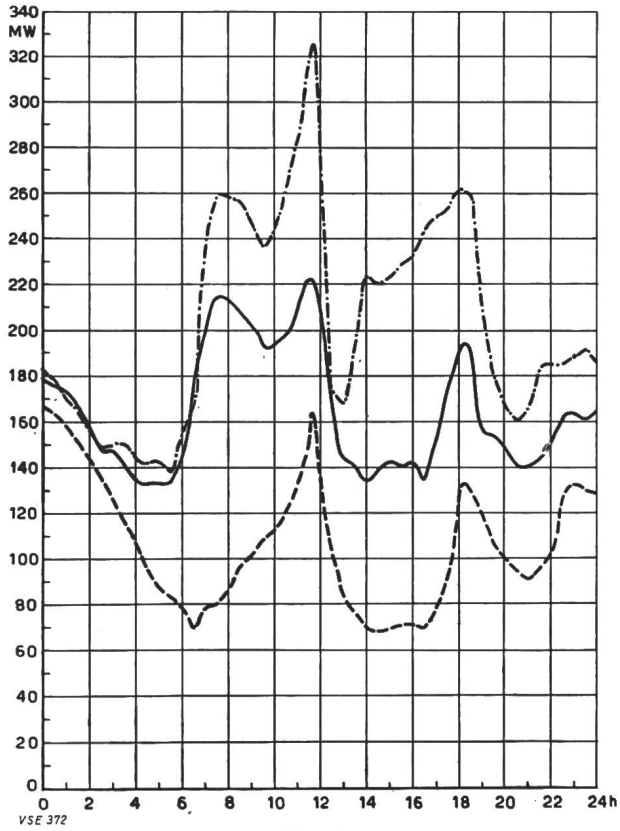


Fig. 8

Der tägliche Verlauf der Belastung im ganzen BKW-Drehstromnetz

——— Belastungskurve von Samstag, den 11. Dezember 1954 (Tagesverbrauch 3945 GWh, maximale Belastung 222 MW)

- - - - - Belastungskurve von Sonntag, den 12. Dezember 1954 (Tagesverbrauch 2548 GWh, maximale Belastung 163 MW)

-·-·- Belastungskurve von Mittwoch, den 15. Dezember 1954 (Tagesverbrauch 4918 GWh, maximale Belastung 326 MW)

Bei den Heisswasserspeichern ist der Einfluss der angeschlossenen Elektrizitätswerke mit Eigenproduktion naturgemäss viel geringer als bei der Tagesbelastung. Beim Versuch, die Leistungsanteile in den Belastungsdiagrammen (Fig. 8...11) auszuscheiden, wurden daher bei den Heisswasserspeichern nur die BKW-Anschlusswerte berücksichtigt. Der Tagesenergieanteil der kleinen Pauschalspeicher kann vernachlässigt werden. Der grösste Teil der Speicher ist nur für reine Nachtaufheizung von 22...6 Uhr vorgesehen. Lediglich Großspeicher und Käsereianlagen kommen zum Teil schon ab 19 Uhr in Betrieb. Die Speicherleistung zwischen 22 und 23 Uhr kann zu annähernd 90...95 % des Anschlusswertes angenommen werden. Sie sinkt ziemlich gleichmässig im Verlaufe der Nacht und ist schon vor 6 Uhr in der Regel nicht mehr bedeutend.

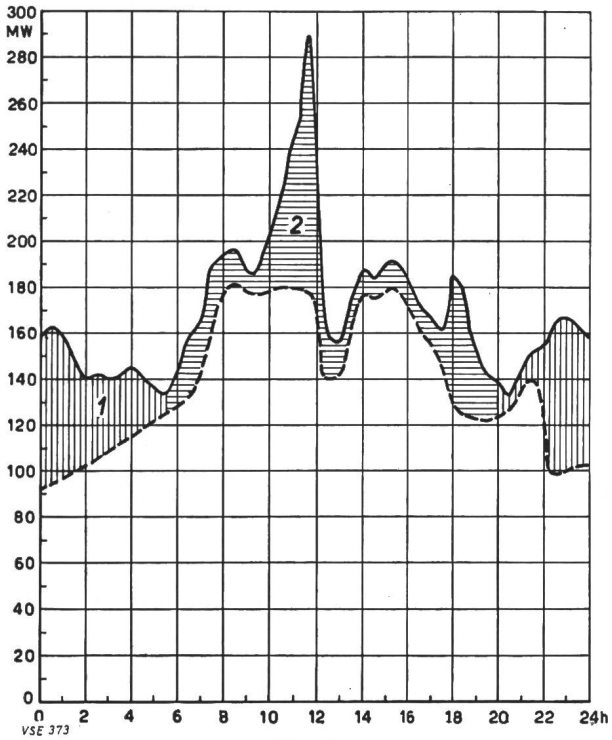


Fig. 9

Der Verlauf der Belastung im allgemeinen BKW-Drehstromnetz (Normalverbrauch) am Mittwoch, den 16. Juni 1954

Tagesverbrauch 4073 GWh
Maximale Belastung 290 MW

Davon:

1 Heisswasserspeicher: Tagesverbrauch ca. 400 GWh
Maximale Belastung ca. 65 MW

2 Kochherde: Tagesverbrauch ca. 350 GWh
Maximale Belastung ca. 100 MW

Die Belastungskurven (Fig. 8...11) der BKW zeigen, dass bis zum vollen Belastungsausgleich noch sehr bedeutende Nachtenergiemengen mit den gleichen Verteilungsanlagen abgegeben werden könnten. Auch die stärkste Ausbreitung der Heisswasserspeicher, die man sich, insbesondere auch in der Landwirtschaft, noch denken kann, wird daher bei den BKW kaum je zu einem Überwiegen der Nachtbelastung führen.

Wenn wir versuchen wollen, auch die Auswirkungen der weiteren, stetigen Elektrifizierung der Küche auf die Belastungskurve abzuschätzen, dann ist es vorerst erforderlich, die Zahl der Kochherde der Zahl der Einwohner bzw. der Haushaltungen gegenüberzustellen. Dabei können wir auch hier wiederum nicht nur auf das BKW-Netz abstellen, sondern wir müssen das gesamte, von den BKW direkt oder indirekt versorgte Wirtschaftsgebiet in Betracht ziehen.

Es ergibt sich in runden Zahlen die Situation nach Tabelle I.

Tabelle I

	Eigene und Wiederverkäufer-Anlagen der BKW	Teilweise durch BWK belieferte Werke in den Kantonen Bern und Solothurn	Zusammen
Stand 1954:			
Einwohnerzahl	475 000	225 000	700 000
Anzahl Haushaltungen . .	120 000	56 000	176 000
Anzahl elektr. Kochherde .	84 000	30 000	114 000
Anzahl Kochherde pro 100 Haushaltungen	70	53	65
Mögliche Entwicklung:			
Anzahl noch zu elektrifizierender Haushaltküchen	36 000	26 000	62 000
Zusätzlicher Anschlusswert MW	220	160	380
Zusätzliche Belastungsspitze MW	24	18	42
Zusätzlicher Energiebedarf pro Jahr GWh	50	40	90

Die Beschaffung dieser zusätzlichen Energiemengen dürfte kaum ein Problem darstellen und auch die Leistungsspitze ist zweifellos zu bewältigen. Bei Annahme, dass alle andern Belastungen und Energielieferungen der BKW auf dem Stande von 1954 stationär blieben, würde allerdings die Mittagsspitze, welche 1954 rund 20 % der Maximallast ausmachte, auf ca. 30 % anwachsen. Da jedoch diese Restelektrifizierung, selbst beim stürmischen Tempo der letzten Jahre, wo die Zahl der Kochherde und Grossküchenapparate jährlich um rund 6000 zunahm, mindestens 10...15 Jahre erfordern dürfte, ist anzunehmen, dass bis dahin auch der übrige Bedarf angewachsen sein wird, so dass auch bei Vollelektrifizierung aller Haushaltungen für die BKW noch ein tragbares Verhältnis der Leistungsspitze zur Gesamtabgabe erwartet werden darf.

Von der Produktionsseite her wird übrigens die Aufgabe dadurch vereinfacht, dass der Ausbau der Wasserkräfte einen steigenden Anteil an Akkumulierenergie bringt. Während heute dieser Anteil etwa 30 % beträgt, werden es schon in wenigen Jahren rund 40 % sein.

Immerhin bestehen für die zukünftige Entwicklung der Belastungskurve auch noch andere Gefahren, die nicht unterschätzt werden dürfen.

Auf die *Haushaltwaschmaschinen* wurde bereits hingewiesen. Selbstverständlich darf auch hier mit einer gewissen Verschachtelung der Einzelbelastungen gerechnet werden. Für die Wäsche sind, entsprechend einem Durchschnittsverbrauch von 2 kg Trockenwäsche pro Person und Woche, rund 4 kWh pro Woche oder durchschnittlich 200 kWh pro Person und Jahr notwendig. Da die üblichen Waschmaschinen mit Chargen von 4...6 kg arbeiten, ist durchschnittlich pro Person höchstens alle 2 Wochen eine Charge von maximal 1...1½ Stunden Dauer bei mindestens 5...8 kW Belastung erforderlich. Da sich die Wäsche nicht gleichmässig über die Werktage verteilt, sondern vorwiegend anfangs der Woche gewaschen wird, kommen als Hauptbetriebszeit der Waschmaschinen wöchentlich nur etwa 20 Stunden in Betracht, so dass die Verschachtelung wesentlich weniger wirksam wird, als bei der Küche. Sie wird auch nicht etwa günstiger, sondern eher noch ungünstiger, wenn z. B. in einer Haushaltung statt alle 4 Wochen 4 Chargen, jede Woche eine Charge gewaschen wird. Mit der Zahl der angeschlossenen Waschmaschinen sinkt auch hier der Belastungsanteil der einzelnen, und es kann bei einer sehr grossen Anzahl Waschmaschinen, ähnlich wie bei den Kochherden, mit ca. 10...12 % des Anschlusswertes als Belastungsmaximum gerechnet werden.

Bei Vollelektrifizierung der Wäsche aller 120 000 Haushaltungen des BKW-Gebietes, wofür jährlich rund 90 GWh erforderlich wären, kann die jeweils am Montagvormittag auftretende Leistungsspitze auf mindestens 90 000 kW geschätzt werden. Mit Einschluss der angeschlossenen Werke schätzen wir den Energiebedarf auf maximal ca. 135 GWh und die Leistungsspitze auf ca. 135 000 kW.

Es wird notwendig sein, die Entwicklung der Haushaltwäscherei und auch der elektrischen Haushaltwäschetrockner aufmerksam zu verfolgen, um ein Zusammenfallen der Spitzenbelastungen der Wäsche mit den Kochspitzen zu verhüten.

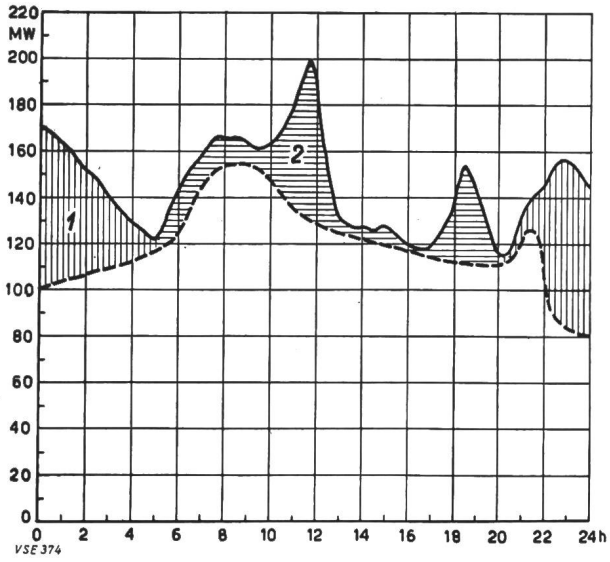


Fig. 10

Der Verlauf der Belastung im allgemeinen BKW-Drehstromnetz (Normalverbrauch) am Samstag, den 12. Juni 1954

Tagesverbrauch 3485 GWh
Maximale Belastung 200 MW

Davon:

1 Heisswasserspeicher: Tagesverbrauch ca. 400 GWh
Maximale Belastung ca. 65 MW

2 Kochherde: Tagesverbrauch ca. 270 GWh
Maximale Belastung ca. 70 MW

Die *elektrische Raumheizung* fällt schon jetzt nach den Untersuchungen unseres Oberbetriebsbureaus speziell in den Übergangszeiten stark ins Gewicht. Im Winter betragen die Abweichungen der Belastungen ungefähr 1 % für 1°C Temperaturdifferenz. Hier bestehen noch unabsehbare Möglichkeiten, wobei es gilt, unerwünschten Entwicklungen vorzubeugen. Wohl steht hier die Elektrizität in verschärftem Konkurrenzkampf mit andern Energieträgern. Sie bietet jedoch durch Bequemlichkeit, Sauberkeit und wesentlich geringere Bau- und Installationskosten grosse Vorteile, so dass sie infolge des Dienstbotenmangels und des stark veränderten Preisverhältnisses gegenüber den Brennstoffen für ganze Wohnungen und Einfamilienhäuser schon vermehrt gewünscht wird. Eine gewisse Gefahr für unerwünschte Veränderungen der Belastungskurve könnten in dieser Beziehung die Einheitstarife darstellen.

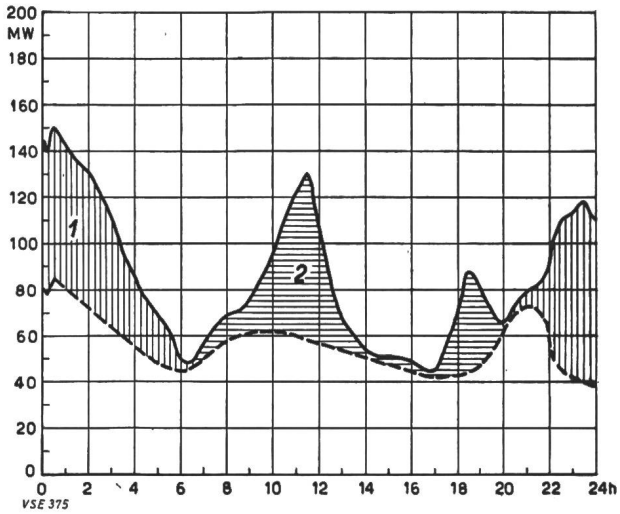


Fig. 11

Der Verlauf der Belastung im allgemeinen BKW-Drehstromnetz (Normalverbrauch) am Sonntag, den 13. Juni 1954

Tagesverbrauch 2037 GWh
Maximale Belastung 150 MW

Davon:

1 Heisswasserspeicher: Tagesverbrauch ca. 400 GWh
Maximale Belastung ca. 65 MW

2 Kochherde: Tagesverbrauch ca. 270 GWh
Maximale Belastung ca. 70 MW

Es darf nicht übersehen werden, dass die Dekkung des Raumheizwärmebedarfes mit sinkender Temperatur stark ansteigende, grosse Leistungen und Energiemengen braucht. Auch wenn man von Leistungsspitzen, wie sie die üblichen Brennstoffheizungen abgeben können, absieht, erfordert doch die elektrische Heizung einer Durchschnittswohnung schon mindestens etwa eine Leistung von 8...12 kW bei einem Energiebedarf von ca. 5000 bis 10 000 kWh pro Winter. Wenn man auch nur 10 % der Wohnungen des direkt versorgten BKW-Gebietes elektrisch heizen wollte, so würde dies bereits eine zusätzliche Leistung von rund 100 000 kW bedingen. Die elektrische Raumheizung ist somit nicht nur ein Problem der Energiebeschaffung, das durch die Atomenergie wahrscheinlich schon in absehbarer Zeit gelöst werden kann, sondern in viel stärkerem Masse ein Problem des Ausbaues der Verteilanlagen für die Abgabe grosser Leistungen bei kleiner Gebrauchsdauer. Auch dieses zweite Problem bietet natürlich keine unlösbaren technischen Schwierigkeiten, doch ist die Wirtschaftlichkeit eine andere Frage.

Abgesehen von den Einflüssen der Entwicklung der Energieverbraucher und des Bedarfes auf die Belastungskurve, sei abschliessend noch auf einen andern mehr oder weniger unabhängigen Faktor hingewiesen: die vermehrte oder allgemeine Einführung der Fünftagewoche oder allenfalls der englischen Arbeitszeit in den Städten. Auch eine solche Entwicklung könnte wesentliche Veränderungen der Belastungskurve zur Folge haben.

Wenn auch der Verbrauch elektrischer Energie in der Vergangenheit eine ungeahnte Entwicklung erfahren hat, so dass man gelegentlich schon von einer «gesetzmässigen» Verdoppelung des Verbrauchs innert jeweils 10 Jahren spricht, so darf man doch kaum erwarten, dass die Entwicklung auch in Zukunft einem solchen «Gesetz» folgen könnte. Es darf nicht übersehen werden, dass die Elektrifizierung in unserem Lande sowohl in Industrie und Gewerbe als auch im Haushalt schon einen sehr hohen Stand erreicht hat und dass sich auch hier die Sättigung wahrscheinlich doch schon in wenigen Jahren bemerkbar machen wird.

Auch wenn die Zukunft für die Entwicklung unserer Belastungskurve nicht lauter günstige Aussichten zeigt, so dürfen wir trotzdem nicht müde werden, zielbewusst am Ausbau unserer Energieversorgungsbetriebe zu arbeiten.

Wie bei einer Bergbesteigung, geht es dabei nicht immer gleich leicht und gleich schnell vorwärts. Man darf in leichtern Partien der Bergbesteigung nicht übermütig werden und schwierige Strecken wird man mit überlegener Ruhe, doch stets auch der Gefahren bewusst, meistern.

Adresse des Autors:
M. Grossen, Betriebsleiter des Kreises Bern der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern.

IV. Verlauf der Belastungen bei einem mittleren Werk

Von *F. Aeberhard*, Zug

621.311.153

Die Wasserwerke Zug versorgen rund 32 000 Einwohner mit elektrischer Energie. Es betrifft dies die 16 550 Einwohner zählende Stadt Zug mit viel Industrie, die Gemeinde Cham, ebenfalls mit Industrie, die Ortschaften Unterägeri, Oberägeri und Walchwil, die im Sommer einen ansehnlichen Fremdenverkehr aufweisen, sowie das reine Bauerndorf Neuheim. Unser Versorgungsgebiet umfasst also eine Mischung verschiedenster Verhältnisse (Fig. 1). Die wirtschaftliche Entwicklung des Absatzgebietes ist recht erfreulich und kommt darin zum Ausdruck, dass dessen Energiever-

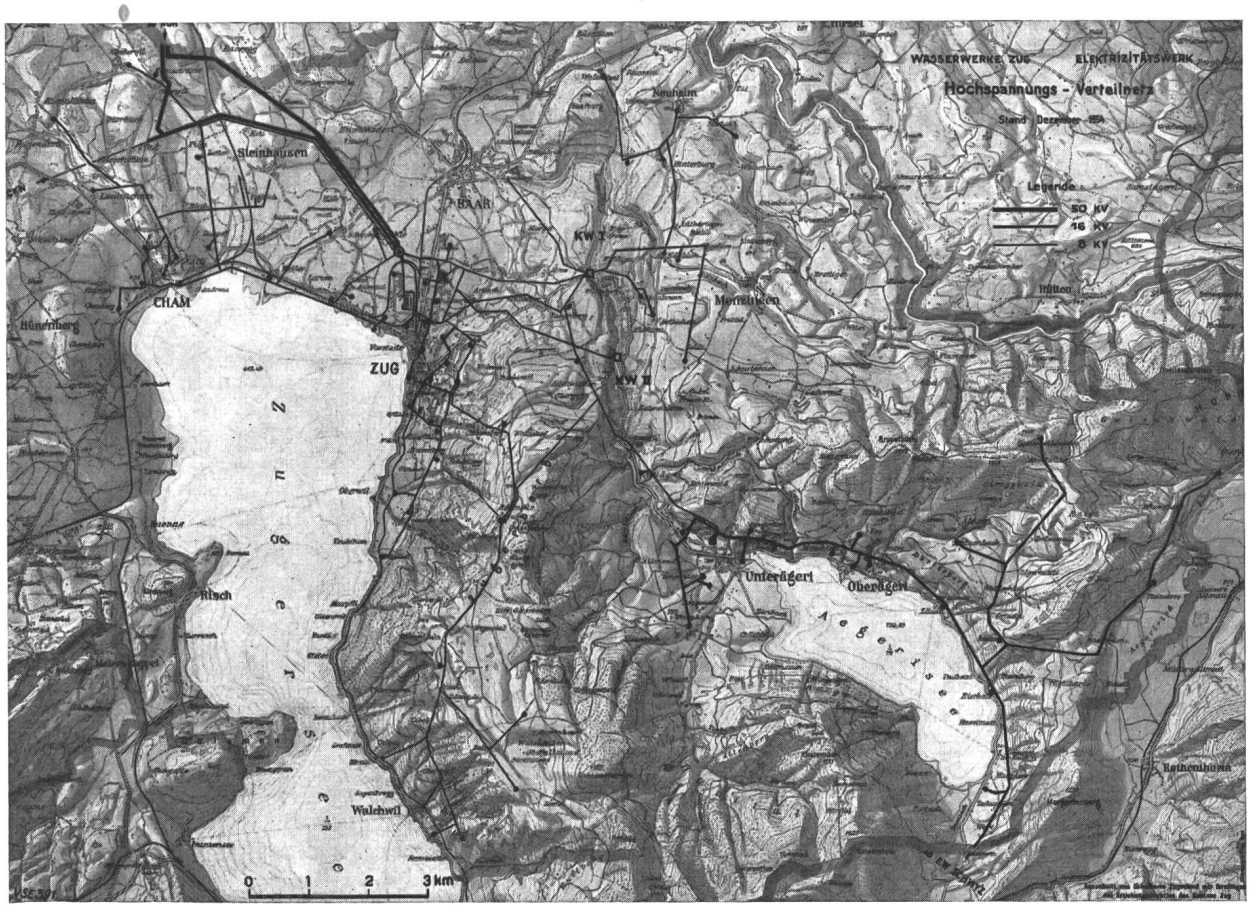


Fig. 1
Das Hochspannungsnetz der Wasserwerke Zug

brauch von 13 GWh im Jahr 1939 auf nun 47 GWh angestiegen ist. In den Haushaltungen ist die Zahl der elektrischen Kochherde und Heisswasserspeicher ganz beträchtlich angestiegen. Unsere Gesellschaft besitzt in Zug ein Gaswerk, das auch die Ortschaften Cham und Baar mit Gas versorgt. In den letzten Jahren ist die Zahl der Gasabonnenten konstant geblieben, während jährlich etwa 400 Elektroherde angeschlossen wurden (Fig. 2).

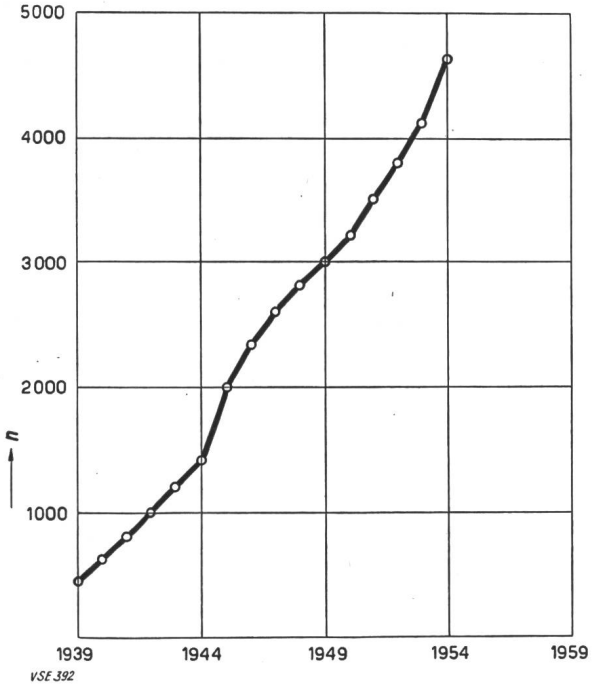


Fig. 2
Die elektrische Küche im Haushalt bei den Wasserwerken Zug: Entwicklung im Laufe der Jahre
n Zahl der angeschlossenen Kochherde und Rechauds von zwei und mehr Platten
Stand jeweils am 31. Dezember

Die Entwicklung der Energieabgabe ist in allen Sektoren stark, doch sticht vor allem die rasche Verbreitung der Elektroküche hervor. In den direkt bedienten Ortschaften hat sich die Zahl der angeschlossenen Zweiplattenrechauds und Backofenherde seit 1940 verzehnfacht; sie beträgt heute rund 4600 Stück. Heisswasserspeicher sind rund 4100 vorhanden. In unseren Belastungsdiagrammen kommen aber auch die in den belieferten Wiederverkäufer-Gemeinden bestehenden Herde (ca. 1000) zum Ausdruck, so dass insgesamt mit etwa 5600 elektrischen Küchen gerechnet werden kann. In einer Reihe von Küchen wird Gas und Elektrizität verwendet. Zu diesen Haushaltkochapparaten gesellen sich zahlreiche elektrische Herde und Wärmeanlagen aller Art in Restaurants, Hotels, Anstalten usw.

Ohne grosse Überlegung könnte man leicht zur Auffassung neigen, dass die rasch angestiegene Zahl der Kocheinrichtungen das Belastungsdiagramm ungünstig beeinflusst hätte. Dank der grossen Verschachtelung ist dem nicht so. In den Stunden ausserhalb der eigentlichen Kochzeiten ist die Belastung fast proportional gestiegen (Fig. 3 und

4). Die Belastungsdiagramme der Jahre 1941, 1950 und 1954 zeigen deutlich, dass die Kurven der Jahre 1950 und 1954 durchwegs höher liegen. Ein besonderes Hervortreten der Mittagsspitze ist trotz der bei den Elektroherden eingetretenen starken Anschlußsteigerung nicht feststellbar. Aus Fig. 5 geht hervor, wie sich dank der Vermehrung des Energieverkaufes die grossen Investitionen lohnten

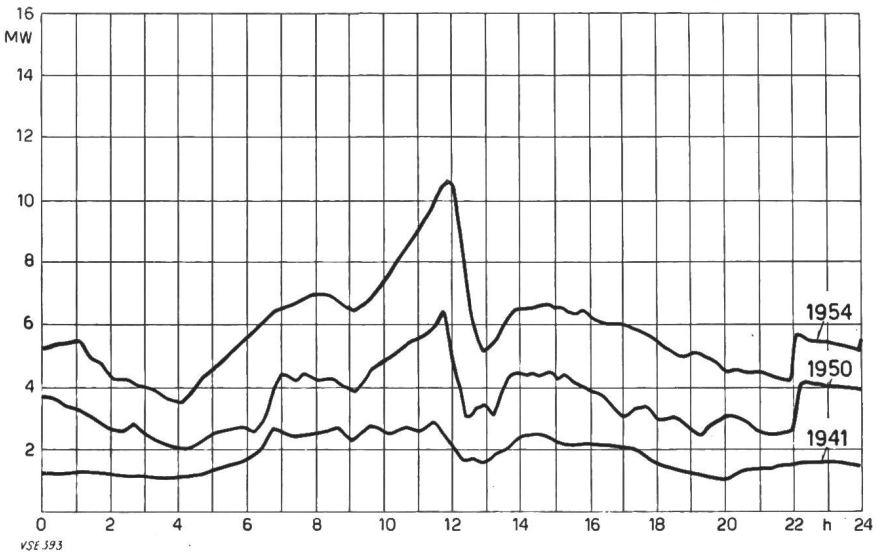


Fig. 3
Belastungskurve des Netzes der Wasserwerke Zug an einem Mittwoch im Juni: Entwicklung 1941 — 1950 — 1954

und die Ertragsverhältnisse sich trotz der allgemeinen Teuerung nicht verschlechtert haben. Das wird ja auch verständlich, wenn man sich überlegt, dass einerseits infolge der zunehmenden Elektrifizierung der Küche und der Heisswasserbereitung die Einnahmen pro km Netz oder pro Transformatorenstation erheblich steigen und deshalb anderseits die auf eine kWh entfallenden finanziellen Belastungen abnehmen. Mit wachsender Dichte der Elektrifizierung wird das noch günstiger.

Oft stellt sich die Frage, ob und wie man das Belastungsdiagramm beeinflussen kann, um die Investitionen für die Bewältigung der Spitzen in einem vernünftigen Rahmen zu halten und doch nicht zu hohe anrechenbare Maxima zu erhalten. Die verwendbaren Mittel sind beschränkt. Man darf nicht ausser acht lassen, dass wir Energie verkaufen, die der Käufer nach Belieben benützen will. Die Prosperität eines Elektrizitätswerkes hängt zu einem guten Teil von einer einfachen und billigen Tarifierung und von einem Minimum an Verboten und Einschränkungen ab. Seit 1945 besitzen wir eine Netzkommandoanlage, die uns recht gute Dienste leistet und die wir nicht mehr missen möchten. Die bei der Anschaffung gehegten Hoffnungen, mit der Anlage das Belastungsdiagramm weitgehend beherrschen zu können, sind nur zu einem kleinen Teil in Erfüllung gegangen. Was sind nun da für Gründe verantwortlich? Einesteils muss wegen der Zufriedenstellung der Abonnenten sehr darauf geachtet werden, möglichst wenig oder lieber gar keine Sperrungen vorzunehmen. Andernteils könnte man wohl diese oder jene Apparate, wie kleine Küchenspeicher, ohne Schaden für den Abonnenten mittags etwa eine Stunde sperren. Es lohnt sich aber nicht, für diese vielen Kleinapparate Sperrgeräte zu kaufen. Anders verhält es sich mit grösseren Apparaten, wie z. B. Heisswasserspeicher, die auch tagsüber eingeschaltet werden dürfen, ferner mit den sich rasch Eingang verschaffenden elektrischen Waschmaschinen, die fast immer mit dem vollen Anschlusswert eingeschaltet sind. Nun braucht man ja nicht gerade während der Kochzeit zu waschen. Viele Frauen wollen aber auch mit den modernen Maschinen nicht so oft waschen und ziehen es vor, wenn sie schon einmal daran sind, Charge um Charge zu waschen, was oft bis in den Nachmittag hinein dauert. Auf den Einwand, während der Kochzeit sei die Frau in der Küche und wasche ja nicht, erhält man die Antwort, es sei sehr schön und bequem, die Waschmaschine eingeschaltet zu lassen, um nach dem Essen sofort mit

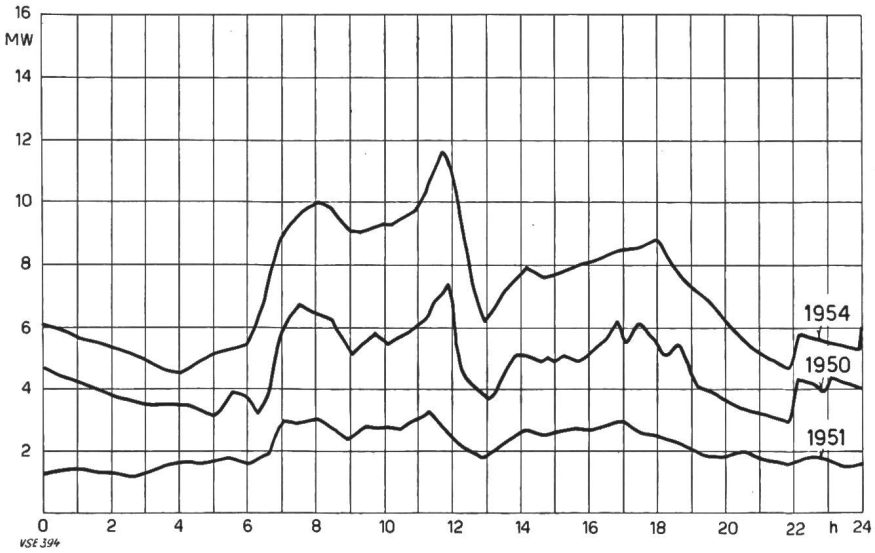


Fig. 4
Belastungskurve des Netzes der Wasserwerke Zug an einem Mittwoch im Dezember: Entwicklung 1941 — 1950 — 1954

der Arbeit fortfahren zu können. Meistens gelingt es, die Frauen zu orientieren, dass die Maschine während der Kochspitze eben nicht eingeschaltet sein darf.

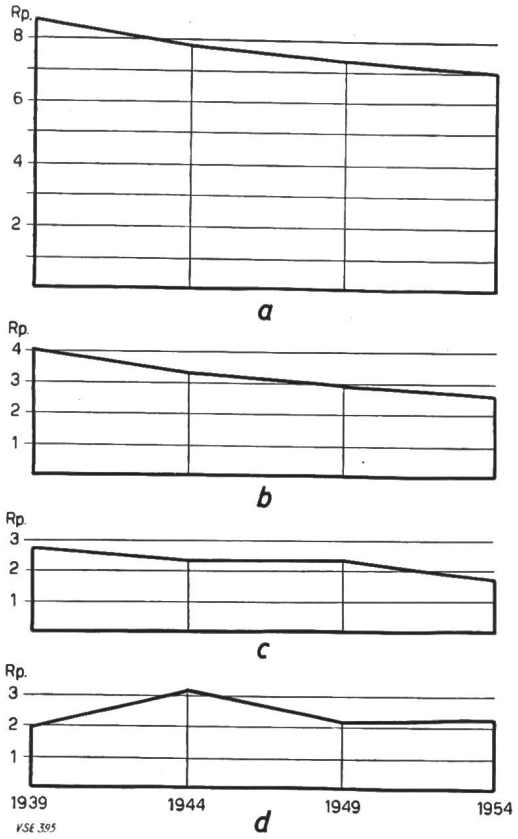


Fig. 5

Erlös, Anlagekosten, Unkosten und Bruttogewinn pro verkaufte kWh: Entwicklung 1939...1954

a Mittlerer Erlös pro kWh aus Energieverkauf und Zählermiete

b Anlagekosten pro kWh

c Unkosten (alle Ausgaben, ohne Abgabe an die öffentliche Hand, Amortisationen und Energieankauf) pro kWh

d Bruttogewinn pro kWh

Mit Hilfe der Netzkommandoanlage sperren wir gegenwärtig zwischen 11 und 12 Uhr nur grössere, auch tagsüber eingeschaltete Heisswasserspeicher und Waschmaschinen. Wir streben an, die Sperrzeit auf 45 oder 30 Minuten zu reduzieren. Vielleicht wird es bei den Waschmaschinen später möglich, die Sperrung in der zweiten Wochenhälfte aufzuheben, denn es wird mit Vorliebe nur am Montag und Dienstag gewaschen. Im allgemeinen wird die Verschachtelung der Belastungen immer grösser und in der Folge die anteilmässige Belastung kleiner.

Ein einfaches und erfolgreiches Mittel, die Spitze zu verkleinern, liegt in der Verständigung mit der Industrie. Durch mündliche Abmachungen mit Betriebsleitern haben wir erreicht, dass Industrieöfen von einigen hundert kW Anschlusswert in der Spitzenzeit in der Regel nicht voll eingeschaltet werden. So erreicht man auf einfache Art viel mehr als mit der Sperrung einer Grosszahl kleinerer Apparate. Dessen ungeachtet muss man bestrebt sein, die Energie möglichst frei abzugeben.

Gelegentliche Behauptungen, man könne mit Hilfe der Netzkommandoanlagen das Belastungsdiagramm nach Belieben gestalten, sind mit grosser Vorsicht entgegenzunehmen. Technisch ist die Beherrschung des Diagrammes gut möglich, aber praktisch zeigen sich verschiedene Häkchen, so dass mit weiser Vorsicht vorgegangen werden muss. Andere Betriebsleiter werden auf diesem Gebiet ähnliche Erfahrungen gemacht haben.

Die verschiedenen bis jetzt gezeigten Belastungsdiagramme haben alle in der Mitte eine mehr oder weniger ausgeprägte Spitze. Die mittels eines Mengenschreibers aufgenommene Kurve des Gaswerks Zug (Fig. 6) verläuft ähnlich. Der Unterschied besteht darin, dass bei der Elektrizität die Leistung produktionsseitig zu jeder Zeit bereit sein muss, während sich die Gasproduktion gleichmässig auf die 24 Stunden des Tages verteilen kann. In den Stunden schwachen Verbrauches sammelt sich das überschüssige Gas im Gasbehälter, von wo aus es während der Kochzeit ins Netz strömt. Das Elektrizitäts- wie das Gasnetz müssen für die grösste momentane Abgabe dimensioniert sein.

Die oben angeführten Diagramme der Energieabgabe zeigen, dass sie sich trotz der in den beiden letzten Jahrzehnten eingetretenen raschen Verbreitung der elektrischen Küche keineswegs ungünstig entwickelt haben. Der Belastungsverlauf ist ähnlich wie früher. Die von uns zu lösenden Probleme sind die gleichen geblieben; sie wurden bisher gemeistert, und das wird auch zukünftig der Fall sein.

Der Betriebsleiter eines Elektrizitätswerkes muss sich für die

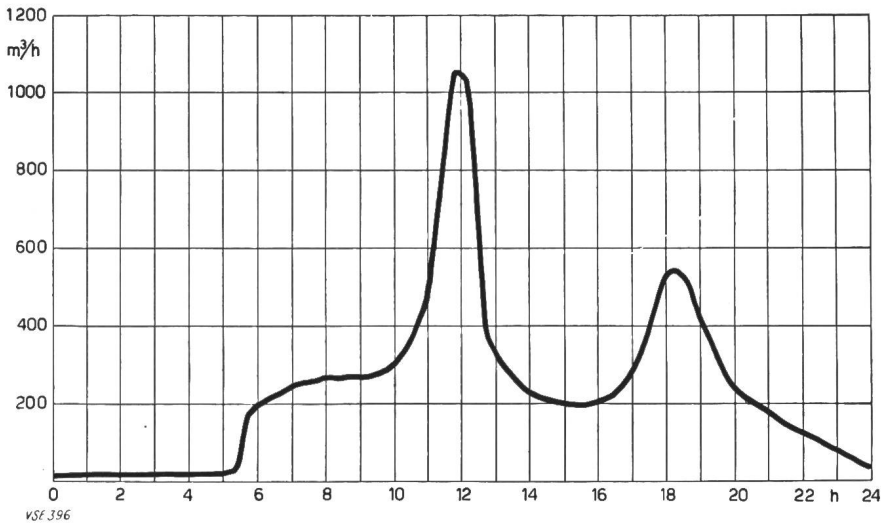


Fig. 6
Tagesdiagramm des Gaswerkes Zug am 11. 1. 1955
Tagesabgabe: 4880 m³

Fortsetzung auf Seite 782

Energiestatistik

der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung

Bearbeitet vom eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

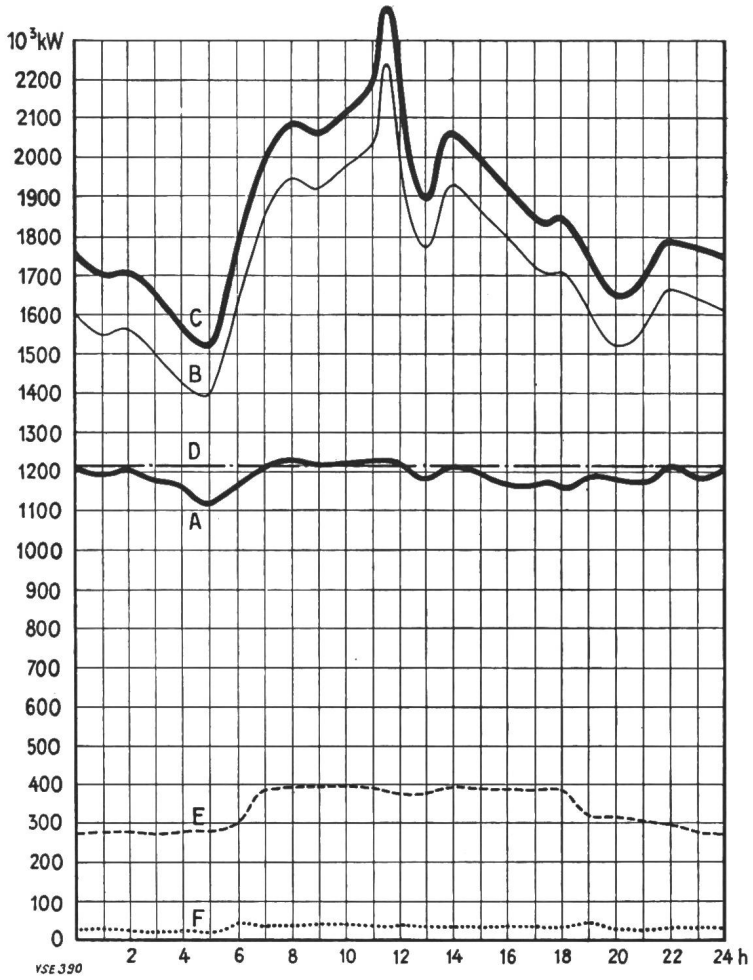
Die Statistik umfasst die Energieerzeugung aller Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte, die über Erzeugungsanlagen von mehr als 300 kW verfügen. Sie kann praktisch genommen als Statistik *aller* Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte gelten, denn die Erzeugung der nicht berücksichtigten Werke beträgt nur ca. 0,5 % der Gesamterzeugung.

Nicht inbegriffen ist die Erzeugung der Schweizerischen Bundesbahnen für Bahnbetrieb und der Industriekraftwerke für den eigenen Bedarf. Die Energiestatistik dieser Unternehmungen erscheint jährlich einmal in dieser Zeitschrift.

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung			
	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55		1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55
	in Millionen kWh										%	in Millionen kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	897	940	12	3	32	51	26	62	967	1056	+ 9,2	1369	1533	— 43	— 6	100	135
November ..	797	829	17	14	19	26	101	120	934	989	+ 5,9	1183	1360	—186	—173	67	73
Dezember ..	719	901	34	8	18	19	192	131	963	1059	+10,0	872	1210	—311	—150	61	86
Januar	699	924	27	3	21	25	221	99	968	1051	+ 8,6	596	1049	—276	—161	51	91
Februar	636	949	33	1	16	20	213	55	898	1025	+14,1	324	766	—272	—283	51	124
März	701	1067	17	3	19	21	166	67	903	1158	+28,2	187	398	—137	—368	46	144
April	807	1019	5	1	24	28	73	10	909	1058	+16,4	146	294	— 41	—104	69	151
Mai	958	1141	2	1	34	56	40	19	1034	1217	+17,7	313	518	+167	+224	126	214
Juni	1048	1172	1	1	60	76	27	19	1136	1268	+11,6	695	1036	+382	+518	203	235
Juli	1123		1		65		39		1228			949		+254		240	
August	995		1		71		47		1114			1357		+408		201	
September ..	1011		2		72		52		1137			1539[4]		+182		209	
Jahr	10391		152		451		1197		12191							1424	
Okt.-März ..	4449	5610	140	32	125	162	919	534	5633	6338	+12,5					376	653
April-Juni ..	2813	3332	8	3	118	160	140	48	3079	3543	+15,1					398	600

Monat	Verwendung der Energie im Inland																
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel [1])		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicherpumpen[2])		Inlandverbrauch inkl. Verluste: ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr[3]) %	Inlandverbrauch inkl. Verluste: mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55		1953/54	1954/55
	in Millionen kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	394	413	162	168	112	118	24	30	43	55	132	137	834	881	+ 5,7	867	921
November ..	411	431	161	178	101	111	10	9	58	59	126	128	851	903	+ 6,1	867	916
Dezember ..	435	459	166	174	97	119	4	9	67	75	133	137	895	958	+ 7,0	902	973
Januar	445	465	164	170	96	114	5	12	71	69	136	130	907	944	+ 4,1	917	960
Februar	407	417	158	162	91	111	4	26	63	66	124	119	839	874	+ 4,0	847	901
März	404	456	160	181	106	143	5	34	61	67	121	133	847	978	+15,5	857	1014
April	379	396	148	158	125	138	22	46	56	48	110	121	813	853	+ 4,9	840	907
Mai	379	399	151	162	128	149	68	105	47	44	135	144	819	880	+ 7,4	908	1003
Juni	351	378	154	163	127	138	116	146	42	49	143 (24)	159 (24)	793	863	+ 8,8	933	1033
Juli	357		154		137		136		52		152		831			988	
August	368		152		130		65		53		145		824			913	
September ..	378		158		124		66		55		147		839			928	
Jahr	4708		1888		1374		525		668		1604 (150)		10092			10767	
Okt.-März ..	2496	2641	971	1033	603	716	52	120	363	391	772 (32)	784 (27)	5173	5538	+ 7,1	5257	5685
April-Juni ..	1109	1173	453	483	380	425	206	297	145	141	388 (50)	424 (50)	2425	2596	+ 7,1	2681	2943

[1]) D. h. Kessel mit Elektrodenheizung.
[2]) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.
[3]) Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.
[4]) Energieinhalt bei vollem Speicherbecken: Sept. 1954 = 1714.10[6] kWh.



Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen.

Mittwoch, den 15. Juni 1955

Legende:

1. Mögliche Leistungen: 10^3 kW

Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (0—D) . .	1216
Saisonspeicherwerke bei voller Leistungsabgabe (bei maximaler Seehöhe)	1392
Total mögliche hydraulische Leistungen . . .	2608
Reserve in thermischen Anlagen	155

2. Wirklich aufgetretene Leistungen

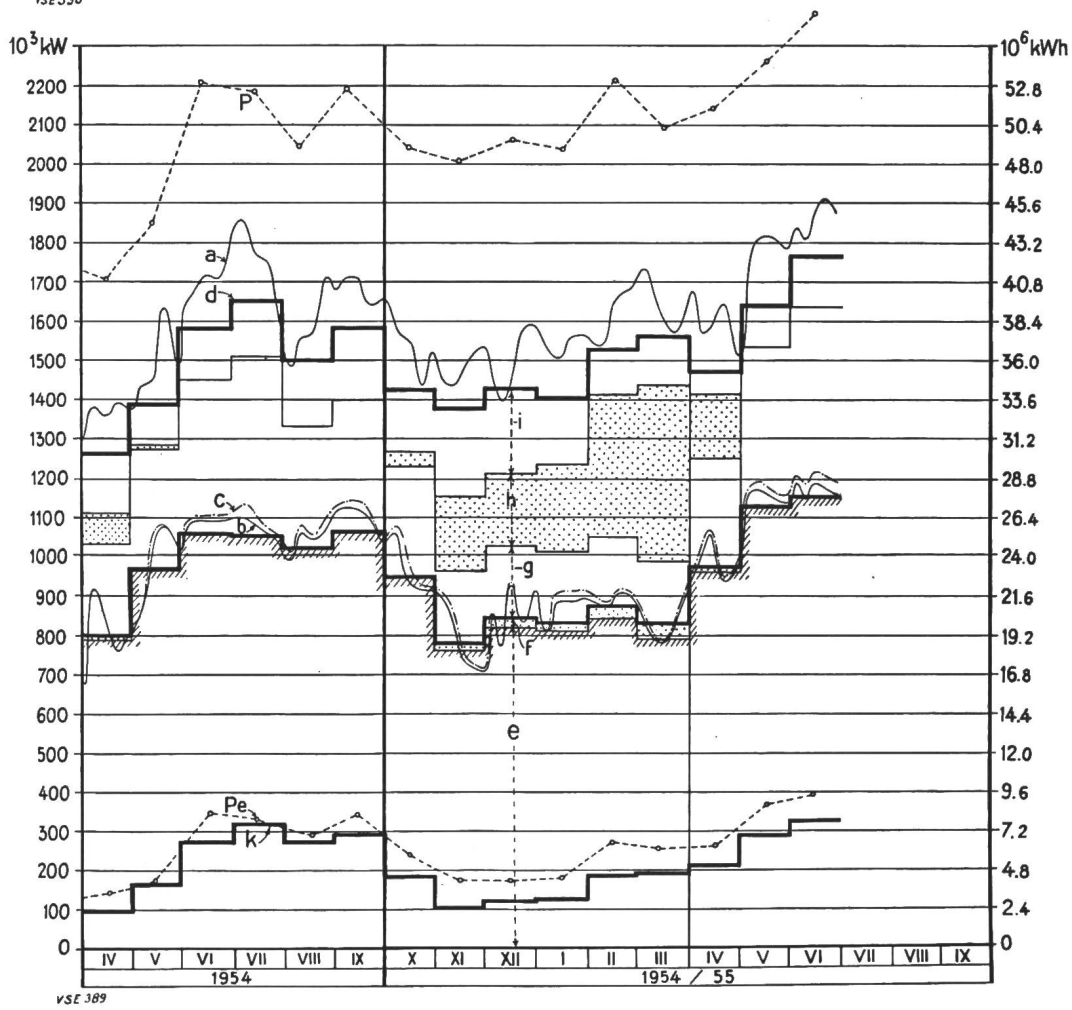
0—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher).
A—B Saisonspeicherwerke.
B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr.
0—E Energieausfuhr.
0—F Energieeinfuhr.

3. Energieerzeugung 10^6 kWh

Laufwerke	28,5
Saisonspeicherwerke	13,2
Thermische Werke	0
Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken	2,7
Einfuhr	0,7
Total, Mittwoch, 15. Juni 1955	45,1
Total, Samstag, 18. Juni 1955	41,1
Total, Sonntag, 19. Juni 1955	31,2

4. Energieabgabe

Inlandverbrauch	37,0
Energieausfuhr	8,1



Mittwoch- und Monatserzeugung

Legende:

1. Höchstleistungen:
(je am mittleren Mittwoch jedes Monates)
P des Gesamtbetriebes
Pe der Energieausfuhr.

2. Mittwocherzeugung:
(Durchschnittl. Leistung bzw. Energiemenge)
a insgesamt;
b in Laufwerken wirklich;
c in Laufwerken möglich gewesen.

3. Monatserzeugung:
(Durchschnittl. Monatsleistung bzw. durchschnittl. tägliche Energiemenge)
d insgesamt;
e in Laufwerken aus natürl. Zuflüssen;
f in Laufwerken aus Speicherwasser;
g in Speicherwerken aus Zuflüssen;
h in Speicherwerken aus Speicherwasser;
i in thermischen Kraftwerken und Bezug aus Bahn- und Industriewerken und Einfuhr;
k Energieausfuhr;
d-k Inlandverbrauch.

in den kommenden Jahren auf allen Gebieten fortschreitende Elektrifizierung vorsehen. Diese Aufgaben treten von selbst an den Betriebsleiter heran, ob es ihm gefällt oder nicht. Die Abonnenten stellen die von uns zu erfüllenden Ansprüche. Wenn wir das Vertrauen in die Elektrizitätswirtschaft erhalten und der Bevölkerung weiterhin die grosse Hilfe der Elektrizität zukommen lassen wollen, müssen wir den an uns gestellten Anforderungen genügen.

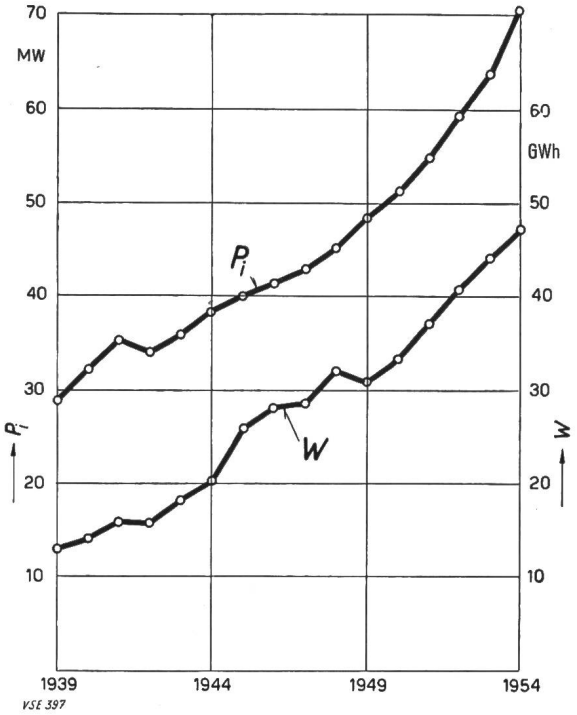


Fig. 7
Anschlusswert und Energieabgabe für das Netz der Wasserwerke Zug: Entwicklung im Laufe der Jahre
P_i Anschlusswert
W Energieabgabe

Man darf nicht ängstlich sein und befürchten, die Einnahmen könnten den rasch anwachsenden Anschlusswerten nicht folgen. Der rapid zunehmende Elektrifizierungsgrad bringt entsprechende Einnahmen (Fig. 7). Dieses Bild zeigt den Verlauf von Energieverkauf und Anschlusswert, der Abstand der beiden Linien bleibt sich praktisch gleich, die Einnahmen hinken keineswegs nach.

Es ist vor allem wichtig, dass jeder Betriebsleiter etwas für den zweckmässigen Ausbau unternimmt und zwar immer einige Grade mehr als direkt voraussehbar ist. Auf diese Weise ist es möglich, den Wünschen der Abonnenten stetsfort zu entsprechen, ohne jeweilen allzu grosse Investitionen vornehmen zu müssen.

Bei diesem Vorgehen gestaltet sich das wichtige Verhältnis zwischen Kapitalkosten und Einnahmen günstig und erfolgreich. Wir rechnen bei Projektierungsarbeiten mit einer Belastung von 2 kW pro Wohnung und werden zukünftig etwas mehr einsetzen.

Wie aus zahlreichen Gesprächen mit Wiederverkäufern festzustellen ist, kommen die Bedenken wegen der Spitze meistens nicht von den für ihre Bewältigung erforderlichen Investitionen her, sondern vielmehr von der Tarifgestaltung der Lieferwerke. Diese haben in den vergangenen Jahrzehnten mit grossen Anstrengungen und Kosten die Einführung der elektrischen Kochherde und Heisswasserspeicher gefördert. Die Lieferwerke rechnen bei den heute fast allgemein üblichen Zweigliedtarifen die Kochspitze nur teilweise oder gar nicht an. Wir wollen gewissen Gerüchten, wonach sich diese Praxis in Zukunft ändern sollte, kein Gehör schenken, sondern den Lieferwerken vertrauen, dass sie sich nicht mit solchen Massnahmen um die Früchte jahrelanger und kostspieliger Arbeit bringen werden. Gewiss kann auch dieses Problem der Stromberechnung, das da und dort Betriebsleitern Kopfzerbrechen zu verursachen scheint, im gegenseitigen Einvernehmen gelöst werden. Lieferwerke und Wiederverkäufer haben ja das gleiche Ziel, die Entwicklung der Energieabgabe im Interesse der Bevölkerung des ganzen Landes zu fördern. Bisher wurden alle Probleme zufriedenstellend gelöst; das wird auch in Zukunft möglich sein.

Adresse des Autors:
F. Aeberhard, Direktor der Wasserwerke Zug, Zug.

Aus dem Kraftwerkbau

Inbetriebnahme von zwei Generatorgruppen im Kraftwerk Cavergno der Maggia-Kraftwerke A.-G. Berichtigung

Wir bitten unsere Leser, die im Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 15, S. 708, erschienene Mitteilung wie folgt zu berichtigen:

Im Kraftwerk Cavergno der Maggia-Kraftwerke A.-G. wurden am 13., bzw. am 22. Juni zwei Generatoren in Betrieb genommen. Die maximal mögliche Leistung jeder Gruppe beträgt 28 MW. Durch diese Inbetriebnahme *erhöhte sich die tägliche Energieerzeugung der Maggia-Kraftwerke A.-G. um 500 000 bis 600 000 kWh;* die Kraftwerke werden vorläufig noch als reine Laufwerke betrieben.

Verbandsmitteilungen

Personalia

Herr *W. Sandmeier,* Mitglied des Vorstandes VSE, tritt auf 31. Dezember 1955 als Direktor des Wasser- und Elektrizitätswerkes Arbon zurück. Als Nachfolger wurde von der Ortsverwaltung Arbon Herr *Hermann Hauri,* zur Zeit Betriebsleiter des Wasser- und Elektrizitätswerkes Hallau, gewählt.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrounion, Zürich.
Redaktor: *Ch. Morel,* Ingenieur.
Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.