

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 36 (1945)  
**Heft:** 6

**Rubrik:** Wasserkraft und Kohle : aus der 18. öffentlichen Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

### **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:** 04.04.2026

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

Annäherung einer *kubischen* Kennlinie, wie aus Gl. (25) und (26) hervorgeht! Bei einer *e*-Funktion (24) lautet es 1:1 und bei einer quadratischen Kennlinie 1:2; allgemeine Parabel  $(n-1):n$ .

Die (spezifischen) «Empfindlichkeiten» sind aber direkt reziprok zu den «Konstanten»

$$E C = 1 \quad (30)$$

oder Gl. (22) eingesetzt ergibt

$$E^* N C = 1 \quad (31)$$

eine praktische Bestimmungsgleichung z. B. für die Vorausberechnung der Spannungskonstanten eines direkt anzeigenden Röhrenvoltmeters. Im vorliegenden Fall sei dies zur Kontrolle gemacht.

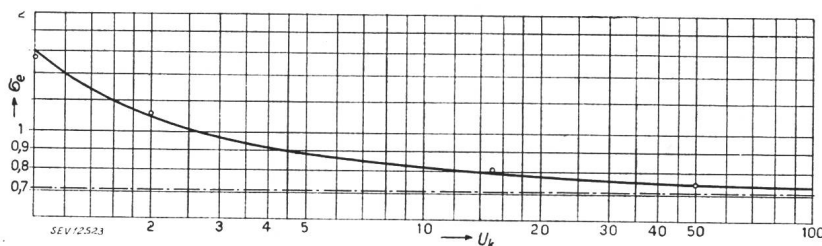


Fig. 14.

Effektivspannungskorrekturfaktor  $\sigma_e$  in Funktion der abgelesenen Kompensationsspannung  $U_k$  [V] des in Fig. 13 abgebildeten Kompensations-Röhrenvoltmeters.

Die der betreffenden Röhrenkennlinie entnommenen Grössen lauten:

$$I_n = 0,1 \text{ mA}; U_m = 4,00 \text{ V}; U_r = 0,55 \text{ V}$$

$$\text{daraus: } U_n = 1,65 \text{ V}; U_o = 5,65 \text{ V}$$

Für den Bezugsstrom, also hier den Nullstrom, beträgt

$$N = 10 \text{ Skt}$$

ergibt für  $U = -U_m$  in Gl. (25) und (26) eingesetzt in Gl. (31)

$$C_G = 55 \text{ mV/Skt} \quad (32)$$

$$C_W = 82^{1/2} \text{ mV/Skt} \quad (33)$$

welche gerechneten Werte praktisch mit den gemessenen (27) und (28) übereinstimmen.

Die Fehlerkurve für das beschriebene KV (Fig. 14) ist umgerechnet auf den Effektivwert sinusförmiger Spannungen und zeigt daher den Effektivspannungskorrekturfaktor  $\sigma_e$  in Funktion der abgelesenen Kompensationsspannung  $U_k$ ; beide Grössen sind logarithmisch aufgetragen. Einige durch Vergleichs-Eichung ermittelte Werte sind mit Kreisen eingetragen: Die Streuungen sind in der Grössenordnung der Messunsicherheit. Die *Brauchbarkeit der kubischen Parabel als Ersatz-Kennlinie ist damit erwiesen* und demnach ist die Rechnung der Vergleichs-Eichung vorzuziehen.

Die Beschreibung dieses Kompensations-Röhrenvoltmeters ist so ausführlich gehalten, um die Richtung zu zeigen, in der sich der moderne Mess-

gerätebau entwickelt. Bei dem Aufwand, der für Handlichkeit und Betriebssicherheit gemacht wird, ist es also angezeigt, die physikalische Wirkungsweise eines derartigen Gerätes etwas genauer unter die Lupe zu nehmen: Neben besseren Konstruktionen gewinnt man neue Erkenntnisse.

### G. Nachtrag

Das nach Fertigstellung des Aufsatzes in Leipzig herausgekommene Buch «Gleichrichter» von J. Kammerloher behandelt die allgemein parabolische Form der Gleichrichter-Kennlinie  $i = Ku^n$  ohne eine ins einzelne gehende Kritik der Grösse des Exponenten. Kammerloher lehnt zwar die *e*-Funktion praktisch ab, verwendet jedoch mit Vorliebe den Exponenten  $n = 3/2$ , der dem Raumladungsgebiet entspricht.

Adresse des Autors:

Erwin de Gruyter, Ingenieur, Strandweg 7, Wabern (Bern).

## Wasserkraft und Kohle

Aus der 18. öffentlichen Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

Am 10. März 1945 fand im Kongresshaus Zürich unter dem Vorsitz von a. Ständerat Dr. O. Wettstein bei grosser Beteiligung eine Diskussionsversammlung des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes statt, an der die Frage der Energieproduktion aus Brennstoffen in sinngemässer Kombination mit der Hydroelektrizität behandelt wurde.

Wir fassen den wesentlichen Inhalt der Vorträge im folgenden zusammen\*).

### Wasserkraft und Kohle

Auszug aus dem Hauptreferat von Prof. Dr. B. Bauer, ETH, Zürich

620.91

#### Allgemeiner Teil

Im Dienste des Verbrauchs stehen die Brennstoffwirtschaft und die Wasserkraftwirtschaft. Beide gingen bisher getrennte Wege. Die Energiequellen sollten aber sinnvoll eingesetzt werden. Was ist «sinnvoll»?

Zwei Betrachtungsweisen sind möglich:

Hat der Verbrauch vor der Produktion den Vorrang, dann heisst «sinnvoll»: Gewährleistung der Auswahlfreiheit im Bezug der Rohenergiegüter, Erhaltung des natürlichen Wettbewerbs und der selbsttätigen Preisregulierung.

Produktionswirtschaftlich betrachtet ergeben sich andere Richtlinien. Wichtig ist alsdann in erster Linie die planmässige Verwendung von Wasserkraft und Brennstoff im Sinne rationellster Nutzung dieser Energiequellen. Ihr Einsatz kann nicht mehr nach dem Belieben des Verbrauchers erfolgen, sondern nach Massgabe der wirtschaftlichen Produktion. In äusserster Konsequenz des Gedankens tritt an Stelle des freien Energiemarktes also die gelenkte Verteilung. Diese produktionswirtschaftliche Konzeption ist sozusagen ingenieurmässig gedacht, denn sie strebt nach einer thermodynamisch optimalen Umwandlung der Rohenergien in die Nutzenergieformen. Sie will aus den beschränkt vorhandenen Energievorräten ein Maximum an Nutzenergie herausholen. Der Gedanke hat ein vielleicht schwerwiegendes Argument für sich: Die drohende Ausschöpfung der Weltvorräte an Brennstoff. Es ist jedoch möglich, dass die Wissenschaft und

\*) Alle Referate erscheinen im vollen Wortlaut in einem Sonderheft der «Elektrizitätsverwertung».

Technik im Laufe der Zeit neue Energiequellen zur Nutzung bringen, die unsere Nachkommen der Sorge um den schwindenden Brennstoff entheben. Die Wahrscheinlichkeit dieses Ereignisses ist um so grösser, je dringender sich das Problem der Menschheit später aufdrängen wird.

Wir glauben an die Kräfte des freien Wettbewerbs. Der Konsum muss also den freien Energiemarkt haben, wenn er zu wettbewerbsfähigen Preisen kommen will und er muss mit der sicheren Verfügbarkeit über die benötigten Energiemengen rechnen können. Vermag aber die Produktion diese Aufgabe auch in Zukunft zu erfüllen? Sie kann es bei freiem Güteraustausch auf dem Weltmarkt. Auf diesen Zustand müssen wir aber vielleicht Jahrzehnte warten, und dieser Uebergangszeit gilt unsere heutige Sorge.

Die Uebergangszeit wird uns, wenn sie eine Periode des Aufbaus ist, eine gewaltige Energienachfrage bei ungenügendem Angebot bringen. Wir werden Brennstoffmangel haben. Wir werden aus den Brennstoffen alles herausholen müssen, was Technik und Wirtschaft vermögen. Wir kommen in anderen Worten nicht darum herum, in Zukunft sehr produktionswirtschaftlich zu denken, nicht zwar im Sinne einer gelenkten Erzeugung und Verteilung, aber doch unter Anrufung der gemeinwirtschaftlichen Gesinnung des Einzelnen in der Verfolgung seines privatwirtschaftlichen Ziels. Wir erwarten seine freiwillige Mitwirkung an der Sicherstellung des Bedarfs — die selbstauferlegte Beschränkung seiner wirtschaftlichen Freiheit, damit diese erhalten bleibe. So versteht sich der sinnvolle Einsatz der Energiequellen.

Vor dem Krieg wurden 70% des Bruttoenergiebedarfes mit importierten Brennstoffen gedeckt. Wenn auch dieser Prozentsatz künftig infolge der zunehmenden Verwendung der Elektrowärme kleiner sein wird, so wird doch eine drückende Abhängigkeit vom Ausland bleiben. Man muss zudem damit rechnen, dass der zukünftige Kohlenimport im Vergleich zur Vorkriegszeit in der Menge beschränkt, in der Qualität teilweise verringert und im Preis pro Nutzwärmeinheit erhöht wird.

Die laufenden technischen Anstrengungen zur Steigerung der Wärmenutzung des Brennstoffes sind demnach weiter auszubauen. Im Gebiet der Raumheizung ist die brennstoffsparende Städte-Fernheizung zu entwickeln. Die Nachkriegsförderung der einheimischen Kohle ist zu prüfen. Der Einsatz der Wasserkraft zur Wärmeenergieerzeugung wird an gesamt-wirtschaftlicher Bedeutung gewinnen.

Die Energieversorgung der Nachbarländer wird dort besonders in Mitleidenschaft gezogen werden, wo sie auf Brennstoffen beruht. Der Besitz von Wasserkraftenergie ist in solchen Versorgungsgebieten von doppelter Bedeutung: Er lässt Kohle einsparen in der thermischen Elektrizitätsproduktion und auf dem Weg des Brennstoffersatzes durch Hydroelektrizität im Nutzwärmeverbrauch. Die hydraulische Energie wird daher auf dem europäischen Energiemarkt unzweifelhaft eine Wertsteigerung erfahren. Der Anbieter wird mit Wasserkraftenergie Kohle eintauschen können. Unser Elektrizitätsexport erhält damit eine neue Bedeutung. Wir werden ihn ausbauen müssen im Interesse unserer eigenen Verbrauchswirtschaft.

Wir werden aber vielleicht in einigen Jahrzehnten vor dem vollständigen Ausbau unserer Wasserkräfte stehen. Was nachher noch an Inlandbedarfssteigerung befriedigt werden muss, kann nur mit ausländischem Brennstoff oder auf dem Weg der Elektrizitätsexport-Rücknahme, d. h. nicht mehr aus eigener Kraft erfolgen, wenn nicht inzwischen andere Energiequellen im Inland nutzbar gemacht werden.

Wir erkennen die Notwendigkeit des ungehinderten, weiteren Ausbaus der Wasserkraftnutzung und des sparsamen Haushaltens nicht nur mit dem Brennstoff, sondern auch mit der Wasserkraftenergie. Wir dürfen diese nicht in falschen Anwendungen verschleudern. Licht, motorische Kraft, Elektrometallurgie und Chemie und die Elektrowärme hoher Nutzungstemperatur haben den Vorrang der Belieferung. Dazu gehört auch der Elektrizitätsexport, wenn er uns hinreichende Mengen guter Kohle hereinbringt. Im zweiten Rang stehen die Wärmepumpenbetriebe, die im Gesichtsfeld der schweizerischen Energiebilanz erhöhte Beachtung verdienen, denn sie erschliessen eine dritte Energiequelle — die Umweltwärme — der Nutzung. In den dritten Rang der Verwendung hydroelektrischer Energie fallen die Wärmegeräte mit geringer Nutzungstemperatur; es sind die Verbraucher

des jeweiligen Ueberschusses der hydroelektrischen Produktion.

Je weiter nun aber der Ausbau unserer Wasserkräfte fortschreitet, um so wichtiger und wirksamer wird ein weiteres Mittel ihrer rationellen Nutzung: die planmässige Ergänzung der hydraulischen Produktion durch thermoelektrische Energie in Zeiten geringer Wasserführung. Das folgende Beispiel erklärt den Nutzen der Kombination. Denken wir uns eine Reihe von *Winter-Heizkraftbetrieben* zur Erzeugung von Nutzwärme, welche die anfallende Elektrizitätsproduktion in das hydroelektrische Versorgungsnetz einliefern. Der der Elektrizitätserzeugung entsprechende Kohlenmehrbedarf möge aus einem Anteil der Kompensationskohle herrühren, welche vermittels des Sommerenergieexports vom Ausland hereingebracht wurde. Die Kombination stellt also eine Umiegung von elektrischer Sommerenergie auf Winterenergie dar, ähnlich der künstlichen Füllung unserer Speicherseen mit Förderarbeit, die dem sommerlichen Ueberschuss der Laufwerkproduktion entnommen wurde. Wir steigern mit beiden Verfahren die Produktionskapazität unserer Wasserkräfte im Winter. Die in solchen Betrieben anfallende elektrische Leistung ist jedoch unkonstant. Sie steigt und fällt mit dem veränderlichen Heizwärmebedarf. Die Energie benötigt der Veredelung durch den Verbundbetrieb mit hydraulischen Speicherwerken.

Besonderes Interesse bieten in unserem Versorgungsgebiet die *Kombinationen von Heizkraftbetrieben mit Wärmepumpenanlagen*. Es können auf diesem Weg in der schweizerischen Wärmebedarfsdeckung erhebliche Brennstoffeinsparungen erzielt werden ohne Beanspruchung hydroelektrischer Energie, ja, wenn nötig, unter Abgabe eines Ueberschusses an thermoelektrischer Energie in das hydroelektrische System.

Die reine *Elektrizitätserzeugung aus Lager-Brennstoff* ist das Gegenstück zum hydraulischen Speicherwerk, mit dem Vorteil der ständigen Einsatzbereitschaft. Wir werden auch auf diesem Weg, in angemessenem Umfang, unsere hydraulische Produktion im Sinne einer rationelleren Nutzung der Wasserkräfte ergänzen können.

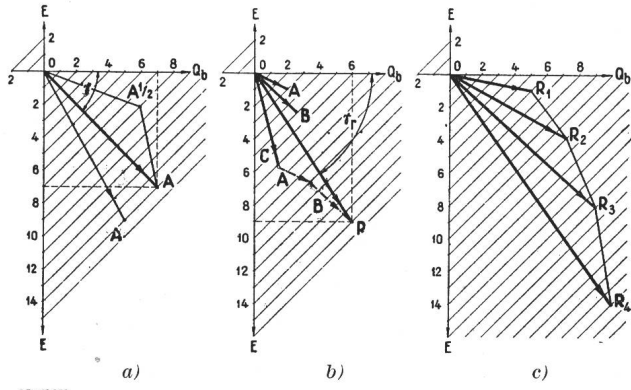
Welches ist endlich die Stellung der *Gaswerkbetriebe* in der schweizerischen Energiewirtschaft? Betrachtet man die geforderte Einschränkung der Kohleneinfuhr als oberste Richtlinie, so müsste man konsequenterweise auf den vollständigen Ersatz der Gaswärme durch die Elektrowärme drängen. Nun stellt aber die Gasversorgung nur einen Teil der Produktionstätigkeit unserer Kohlenveredelungsindustrie dar, und es darf ihre Funktion auf dem Koksmarkt und auf dem Markt der chemischen Destillationsprodukte der Kohle nicht übersehen werden. Bekanntlich ist diese heute von besonderer Wichtigkeit. Die Kohlenveredelungsindustrie sollte daher unserem Land erhalten bleiben. Sie verliert aber im Gasabsatz zugunsten der Elektrowärme an Boden, eine unerbittliche Folge des freien Wettbewerbs. Dieser langsame Schrumpfungsprozess hat durch den herrschenden Kohlenmangel wohl eine Beschleunigung erfahren.

In der Absicht, die Kohlenveredelung aus der Konkurrenz mit der Elektrowärme zu lösen, wurde seit langem angeregt, das anfallende Gas chemisch weiterzuverarbeiten, statt es dem Wärmeverbrauch zuzuführen. Die produktions- und absatzwirtschaftlichen Voraussetzungen dieser Lösung sind aber noch nicht abgeklärt. Andere Vorschläge gehen dahin, die Kohlenveredelung mit der *Elektrizitätserzeugung aus Gaswärme* zu kombinieren, etwa auf dem Weg über die Gasturbine mit offenem Kreislauf, wobei die Aufbereitung der Kohle im vorgeschalteten Druckvergaser erfolgen soll. Ob dieser Weg gangbar ist, kann heute noch nicht beurteilt werden, weil das technische Problem noch nicht über Vorstudien hinaus gediehen ist.

Der Koordinationsplan der Wasserkraft- und Brennstoffwirtschaft geht also in der Hauptsache dahin:

1. *am mageren Brennstoffvorrat, der vom Ausland hereinkommt, zu sparen durch rationellen Verbrauch und durch den Wasserkraft- und Umweltwärme-Einsatz in der Wärmeenergieerzeugung, ihn zu öffnen, wenn nötig durch Wasserkraftexport gegen eingetauschte Kohle;*

2. *diese Beanspruchung unseres hydraulischen Produktionssystems in einer bestimmten, die Nutzung der Rohwasserkraft fördernden Rangordnung vorzunehmen;*

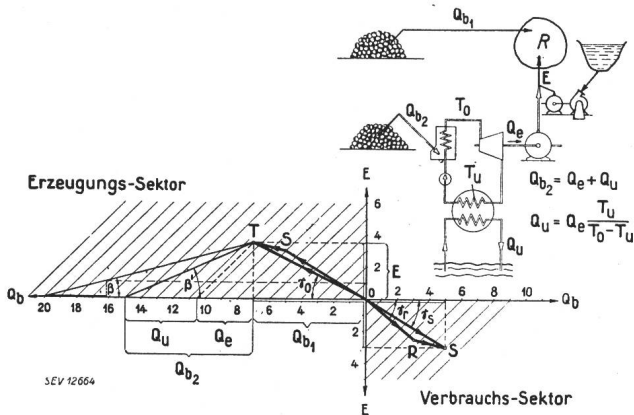


SEV 12663

Fig. 1.

Nettoenergiebedarf in einem Jahr

- a) eines Verbrauchers A.
- b) einer Verbrauchergruppe R.
- c) zeitliche Entwicklung von R ( $R_1 \dots R_4$ ).
- $Q_b$  Nettobetrag der Brennstoffwärme.
- E Elektrische Energie, in gleichen Masseinheiten wie  $Q_b$ .



SEV 12664

Fig. 2.

Auswirkung des Bedarfs und seiner Entwicklung im Produktions-Sektor

- OR Verbrauchsvektor für die Nettoenergie
- RS Energie-Umwandlungsverluste in den Verbrauchsgeräten.
- OS Brutto-Energiebedarf des Konsumgebietes.
- ST Verluste der Energie-Verteilung.
- OT Bruttoaufwand an Energie, der für die Erzeugung massgebend ist.
- $Q_e$  Wärmeäquivalente Brennstoffenergie zur Elektrizität E (1 kWh = 860 kcal).
- $Q_b$  Brennstoffwärme.
- $Q_{b1}$  Brennstoffwärme in der Wärmeversorgung.
- $Q_{b2}$  Brennstoffwärme in der thermischen Elektrizitätserzeugung.
- $Q_u$  Wärmemenge, die an die Umwelt abgegeben wird (Verluste).

**Fall I** (rechts oben): Die Verbrauchergruppe R wird mit der Verbrennungswärme  $Q_{b1}$  und der Elektrizität E aus Wasserkraft gespeisen.

**Fall II** (rechts Mitte): Die Wasserkraft wird durch ein thermisches Kraftwerk mit Kondensation, E also durch  $Q_e$ , ersetzt. Um  $Q_e$  (= E = 3,5 Einheiten) zu erzeugen, muss, theoretisch nach Carnot,  $Q_{b2}$  (8 Einheiten) aufgewendet werden. Davon geht  $Q_u$  (4,5 Einheiten) an die Umwelt verloren.  $Q_u$  wäre null, also  $Q_{b2} = E$ , wenn die der thermischen Antriebsmaschine zugeführte Wärmeenergie bis auf  $-273^\circ$  ausgenutzt werden könnte. Das Verhältnis  $Q_u : Q_e$  hängt (siehe Formel) von der oberen und unteren Grenztemperatur,  $T_0$  und  $T_u$ , gemessen vom abs. Nullpunkt aus, ab.

Der Tangens des Winkels  $\beta'$  ist gleich dem theoretischen Wirkungsgrad der Wärmekraftnutzung (Carnot-Kreisprozess). In Wirklichkeit ist dieser Winkel viel kleiner, siehe Winkel  $\beta$ . Das jahrelange, grosse Bemühen der Technik der Energie-Umformung aus Brennstoff geht dahin, diesen Winkel  $\beta$  dem Idealfall  $\beta'$  möglichst anzunähern. Je kleiner der Winkel  $\beta$  ist, um so einträglicher ist es, energiewirtschaftlich gesprochen, den Brennstoff durch Elektrizität zu ersetzen. Beispielsweise ist es in diesem Sinne vorteilhafter, Dampflokomotiven (1 kWh am Radumfang  $\sim 1200$  g Kohle,  $\beta$  sehr klein) durch elektrische zu ersetzen, als heutige Dampfkraftwerke durch Hydroelektrizität (1 kWh  $\sim 460$  g Kohle,  $\beta$  grösser als bei Dampflokomotiven).

Die Tendenz der Verbrauchswirtschaft nach Elektrifizierung der Betriebe will den Winkel  $\gamma_0$  vergrössern. Dann bewegt sich bei gleichbleibendem Gesamt-Energiebedarf der Punkt T auf seiner  $45^\circ$ -Geraden nach rechts oben. Bei gleichem Winkel  $\beta$  wächst also die erforderliche Brennstoffwärme  $Q_b$ .

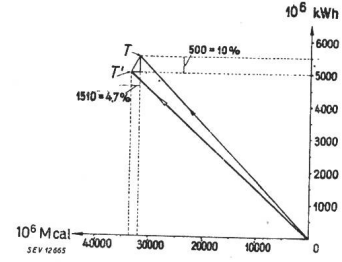
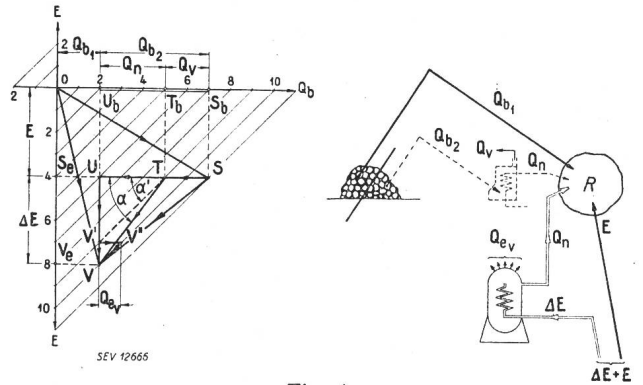


Fig. 3.

Rohenergiebedarf der Schweiz im Jahre 1938

- OT Rohenergieaufwand für die Deckung des Inlandbedarfes der Schweiz im Jahre 1938.
- OT' Rohenergieaufwand, wenn 10 %, d. h.  $500 \cdot 10^6$  kWh, der für das Inland erzeugten Elektrizität durch ein neuzeitliches Dampfkraftwerk geliefert worden wären. Der hierzu erforderliche Brennstoffbedarf hätte den gesamten Rohwärmeaufwand des Landes nur um 4,7 % vergrössert.



SEV 12665

Fig. 4.

Elektrowärme ersetzt Brennstoffwärme

Die Verbrauchergruppe R benötigt E Einheiten Elektrizität und ( $Q_{b1} + Q_{b2}$ ) Einheiten Brennstoffwärme (Vektor OS). Der Bruttowärmebedarf  $Q_{b2}$  soll durch Elektrowärme ersetzt werden (z. B. Elektroöfen, Dampfkessel).  $Q_n$  ist die verlangte Nutzwärme.

$Q_{b2} - Q_n = Q_v =$  Verluste im brennstoffbeheizten Gefäss, damit gelangt man von Punkt S zu Punkt T.

$Q_n$  in Form von Elektrizität liefern, heisst, von Punkt T nach Punkt V' gehen.  $V - V' =$  Verluste im Elektrowärmegerät ( $Q_{ev}$ ).

Durch die Teilelektrifizierung des Verbrauchs wandert der Vektor OS nach OV. Infolge Verkleinerung der Verluste ging der gesamte Energiebedarf in diesem Beispiel von 11 auf 10 Einheiten zurück.

Elektrifizierung des Wärmebedarfes heisst also Verringerung des Rohenergieaufwandes.

Ein solches Vektordiagramm gibt einen ebenso deutlichen Ueberblick z. B. über die Wirkung der Einführung der Wärmepumpe, der Heizkraftmaschine oder der Kombination beider.

3. die Produktionskapazität unserer Wasserkräfte im Winter nach Massgabe des Bedarfs zu steigern durch Heranziehung und Veredelung thermoelektrischer Energie, die in Heizkraftbetrieben des Wärmeverbrauchs anfällt.

Diese Massnahmen sind nur durch Zusammenarbeit der Produktion und des Verbrauchs zu verwirklichen. Sie haben die Sicherstellung der Landesversorgung mit Energie zum Ziel. Ueber die Zweckmässigkeit der Durchführung im Einzelfall entscheidet die Wirtschaftlichkeit. Dieses Kriterium ist aber privatwirtschaftlicher Natur. Man muss es weitsichtig und im Geiste gemeinwirtschaftlicher Gesinnung handhaben, um das genannte Ziel zu erreichen. Darin liegt die angeordnete Beschränkung der Freiheit.

Der Vortragende appellierte

an die grossen Gemeindeverwaltungen, die Erstellung von Fernheizungen und deren Verbundwirtschaft mit den örtlichen Elektrizitätsbetrieben zu prüfen;

an die wärmeverbrauchenden Industrien, die Erstellung von Wärmepumpen oder Heizkraftmaschinen zu erwägen, im Verein mit dem Elektrizitätslieferwerk;

an die Elektrizitätsunternehmen, der Koordination der Wasserkraft- und Brennstoffwirtschaft ihre grösste Aufmerksamkeit zu schenken durch Beratung, Mitwirkung und durch geeignete Anpassung ihrer Energiepreispolitik an die geschilderten Bedürfnisse.

Schliesslich richtete der Referent einen Appell an den Wasserwirtschaftsverband, diese Probleme zu bearbeiten, in Fühlungnahme mit Verbrauchern, Produzenten und Behörden.

#### Theoretischer Teil

Wer in der Koordination der Energiequellen mitreden will, muss die physikalischen und technischen Gegebenheiten ihres Einsatzes kennen. Der Referent gab deshalb ein meisterhaftes Exposé über die Grundlagen, wobei er sich eines neuen Diagramms bediente.

Der Verbraucher interessiert sich zunächst nicht für die Form der Rohenergie. Er braucht nicht Kohle, Oel, Gas oder Elektrizität, sondern Licht, mechanische Arbeit, Wärme, chemische Energie. Bei freier Wahl der Rohenergie benutzt er die, die sich am günstigsten in die gewünschte Nutzenergieform umwandeln lässt.

Aus Elektrizität lässt sich eine bestimmte Nutzenergie mit einem geringeren Aufwand an Bruttoenergie erzeugen, als aus Brennstoffen, weil es einerseits noch nicht gelungen ist, die potentielle Energie der Brennstoffe ohne den Umweg über die Wärme in mechanische oder elektrische Energie umzuwandeln, und andererseits, weil das Temperaturgefälle der Brennstoffwärme in der Wärmekraftmaschine nicht bis zum absoluten Nullpunkt ausgenutzt werden kann. Könnte man das, dann wäre die Brennstoffwärme der Hydroelektrizität gleichwertig.

100 kcal hydraulische oder elektrische Energie sind also mehr wert als 100 kcal chemisch gespeicherte Brennstoffenergie. Darin liegt die grosse Schwierigkeit aller Vergleiche der Energieformen und der allgemeinen energiewirtschaftlichen Betrachtungen.

Um einen gegebenen Gesamtenergiebedarf zu decken, benötigt man also um so weniger Rohenergie, je mehr Wasserkraft zur Verfügung steht. Elektrowärme aus Wasserkraft vermindert den Rohenergieaufwand, Elektrowärme aus Brennstoff-Kraftwerken vergrössert ihn.

Um den bedeutsamen Einfluss der Wertigkeit der Energie auf die Gesamtbilanz zu erkennen, entwickelte der Referent ein interessantes graphisches Verfahren.

Fig. 1a zeigt das Diagramm für einen Verbraucher A. Der Vektor  $OA$  stellt den gesamten Nettoenergiebedarf dar. Die schrägen Geraden ( $45^\circ$ ) sind die Orte gleichen Gesamtverbrauchs. Im gezeichneten Beispiel hat der Verbraucher A im betrachteten Jahr 7 Einheiten Netto-Brennstoffwärme und 7 Einheiten elektrischer Energie verbraucht, total 14 Einheiten. Die Grösse des Vektors  $OA$  und der Neigungswinkel  $\gamma$  kennzeichnen also den Energiebedarf des Verbrauchers A. Der Vektor  $OA'$  kennzeichnet einen anderen Verbraucher mit gleichem Gesamtenergieaufwand, wobei aber mehr elektrische Energie und weniger Brennstoffenergie benötigt wurden als im Falle  $OA$ , oder den gleichen Verbraucher A, der weiter elektrifiziert hat.  $OA\frac{1}{2}$  mag den Verbrauch von A in einem halben Jahr darstellen, wobei  $Q_b$  und  $E$  in anderem Verhältnis stehen als beim Jahresverbrauch, und damit auch als im zweiten Halbjahr.

Fig. 1b zeigt die Verbrauchergruppe; die Vektoren der Einzelverbraucher A, B und C werden addiert; der Charakter der Gruppe wird durch den Vektor R gegeben. Fig. 1c zeigt die zeitliche Entwicklung von R.

Dieses neue Diagramm ist sehr leistungsfähig. Es erlaubt, die energiewirtschaftlichen Verhältnisse sehr anschaulich zu überblicken, wie Fig. 2...4 mit den Legenden zeigen. Die Erklärungen, die der Referent dazu und zu weiteren Beispielen der Anwendungsmöglichkeiten des Diagramms gab, bildeten eine vortreffliche Einführung in die folgenden Vorträge, in denen die Leistungen unserer Industrie auf dem Gebiet der Verbesserung der Wärmekraftmaschinen und die Möglichkeiten, diese in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft nützlich zu verwenden, zur Sprache kamen.

## Planung von Kessel- und Speicher-Anlagen für industrielle Wärmezentralen, unter Berücksichtigung der Energieerzeugung im Gegendruckbetrieb

621.311.22—168

Auszug aus dem Referat von J. Gastpar, Direktor der Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur

An Hand einer Gegenüberstellung der verschiedenen Arten der thermischen Krafterzeugung (Dieselmotoren, Freikolben-Gasturbinen, Gleichdruck-Gasturbinen, Dampfanlagen) wurde die Sonderstellung erläutert, welche die kombinierte Heizkraftanlage sowohl in bezug auf den Gesamtwirkungsgrad, als auch auf die Unabhängigkeit vom Brennstoff einnimmt. Im reinen Gegendruckbetrieb, welcher allerdings nur dann Anwendung finden kann, wenn der Heizdampfbedarf genügend gross ist, können bis zu ca. 82 % des Heizwertes des zusätzlich hierfür aufzuwendenden Brennstoffes in mechanische Energie umgesetzt werden. Es ist daher nahe liegend, dass in erster Linie diese Möglichkeiten der rationellsten Brennstoffverwertung gründlich geprüft werden.

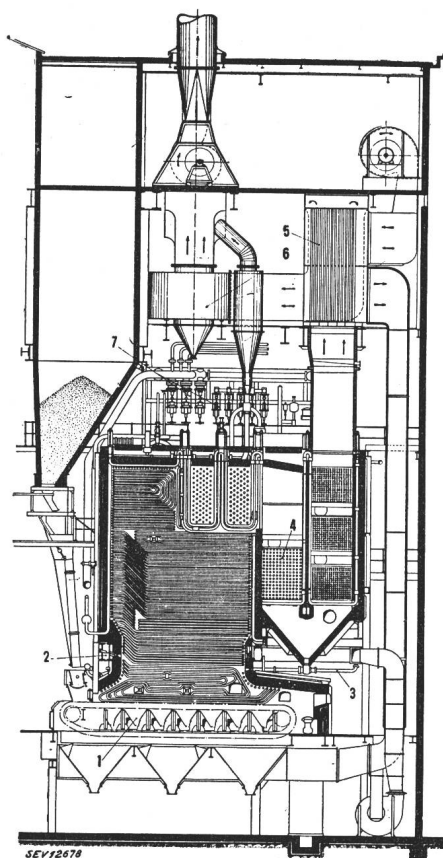


Fig. 5.

Sulzer-Hochdruck-Einrohrkessel von 55 t/h, 140 kg/cm<sup>2</sup> abs. Druck, 500° C

Sonderausführung für Magerfeinkohle

- |  |   |
|--|---|
| 1 Zonenwanderrost.   | 5 Sulzer-Röhrenlufterhitzer.            |
| 2 Sekundärluftzuführung.   | 6 van Tongeren-Staubabscheider.         |
| 3 Flugkoksrückführung.   | 7 Oelgesteuerte Sulzer-Regulierventile. |
| 4 Rauchgasbeheizter Zwischenüberhitzer für 37 kg/cm <sup>2</sup> abs. Druck, 485° C. |   |

Massgebend für die Kosten der im Gegendruck erzeugten elektrischen Energie (Abfallenergie) ist neben dem Brennstoffpreis der à Konto der Elektrizitätserzeugung zu amortisierende Mehrpreis der Hochdruckanlage gegenüber einer Niederdruck-Heizkesselanlage sowie der Ausnutzungsfaktor der Anlage. Die Wirtschaftlichkeit und die Anlagekosten hängen von der Art und Grösse des Heizdampfbedarfes, den örtlichen Verhältnissen und dem Zustand der bestehenden Einrichtungen ab, vor allem aber von der Möglichkeit des

Energieaustausches mit dem Elektrizitätswerk, also auch davon, ob dieses als Reserve für die Energieversorgung des Betriebes in Anspruch genommen werden darf. Durch das Aufstellen eines neuen Kessels für höheren Druck wird meistens auch der Wirkungsgrad, mit dem der Heizdampf erzeugt wird, derart verbessert, dass die Kosten für die ganze Hochdruckanlage schon durch die ausschlaggebenden Einsparungen in den Wärmekosten weitgehend amortisiert werden können.

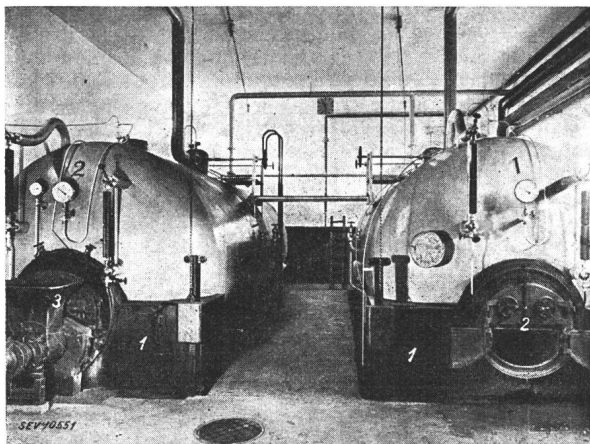


Fig. 6.

#### Kombinierte Elektrokessel mit Kohlenfeuerung

- 1 Elektrische Heizkörper von je 200 kW pro Kessel.
- 2 Handfeuerung für eine Leistung von 1 t Dampf pro Stunde.
- 3 Automatische Unterschubfeuerung für 2 t/h Dampfleistung.

Die Wahl des Betriebsdruckes, der Kesselbauart, der Disposition und Regulierung der ganzen Anlage einschliesslich der zugehörigen Speicher und Turbine muss ebenfalls individuell und unter Berücksichtigung der Brennstoffverhältnisse erfolgen. Die im Gegendruckbetrieb für eine gegebene Heizdampfmenge erzeugbare elektrische Leistung hängt vor allem von dem Betriebsdruck, dem Heizdampfdruck und dem Turbinenwirkungsgrad ab. Der Steigerung des Betriebsdruckes kommt daher ganz besondere Bedeutung zu.

An Hand von Angaben über ausgeführte Anlagen wurde die Entwicklung der Konstruktion der Dampfkessel sowie der Disposition und Regulierung der ganzen Kessel- und Turbinenanlage erläutert. Den Ausführungen war zu entnehmen, dass schon vor Jahren in einer Vorschaltanlage mit einem Sulzer-Einrohrkessel im industriellen Betrieb bei 140 kg/cm<sup>2</sup> und hoher Zwischenüberhitzung sowie Verwendung minderwertiger Kohle Kesselwirkungsgrade von über 90 % erreicht wurden. Dies entspricht bei reinem Kondensationsbetrieb einem Anlagewirkungsgrad von ca. 32 %.

Mit geringfügigen baulichen und konstruktiven Aenderungen können daher mit Dampfanlagen schon in naher Zukunft Gesamtwirkungsgrade von 36 % und mehr verwirklicht werden, ohne dass nennenswerte Einschränkungen in bezug auf den Brennstoff oder die Betriebssicherheit noch nicht erprobter Konstruktionen in Kauf genommen werden müssen. Für kombinierte Anlagen mit Dampfantnahme kann dementsprechend je nach Grösse des Heizdampfbedarfes mit einem Anlagewirkungsgrad zwischen 36 und 82 % gerechnet werden.

Die besondere Bedeutung, welche auch weiterhin in der Schweiz der rationellen Verwertung von festen Brennstoffen zukommt, ergibt auch aus wirtschaftlichen Ueberlegungen die Notwendigkeit, alle Erfahrungen zu erfassen und die Möglichkeit weiterer Verbesserungen der Dampfanlagen sowohl für die Wärme, als auch für die Krafterzeugung durch sorgfältige individuelle Planung zu prüfen. Die Dampfanlage ist und soll keine Konkurrenz, sondern eine Ergänzung sein zu unserer Hydroenergie.

#### Heizkraftanlagen mit Gegendruck-Kolbendampfmaschinen

621.311.22-168

Auszug aus dem Referat von H. Nyffenegger, Oberingenieur der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

Es ist eine Tatsache, dass die in der Industrie benötigten Wärmemengen selbst beim Vollausbau unserer Wasserkraft-

werke nur zum Teil aus diesen gedeckt werden könnten. Der Hauptteil der industriellen Wärme wird immer in brennstoffbeheizten Dampfkesseln erzeugt werden müssen. Würden beim seinerzeitigen Entstehen unserer Wasserkraftwerke die noch vorhandenen Kondensations-Dampfkraftwerke, welche den grössten Teil der aufgewendeten Brennstoffwärme in ganz niedrig temperiertem Kondensatorkühlwasser vergebend, und die selbst bei modernster Ausrüstung Wirkungsgrade von nur ungefähr 30 % erreichen, mit Recht stillgelegt, so ist aber eine ganz radikale Verbesserung möglich, wenn der Dampf erst nach erfolgter Arbeitsleistung in einer Dampfmaschine mit möglichst geringem Ueberdruck zu irgend welchen Heizzwecken, sei es in der wärmeverbrauchenden Industrie ganzjährig oder für Gebäudeheizung nur im Winter, vollständig ausgenützt wird. Dann steigt der thermische Wirkungsgrad mit einem Schlage auf 70...80 %.

Solche Anlagen mit gekuppelter bzw. hintereinandergeschalteter Kraft- und Wärmeausnutzung werden als Heizkraftwerke bezeichnet.

Bei einem unteren Heizwert des Brennstoffes von beispielsweise 7000 kcal/kg beträgt der Kohleverbrauch der Heizkraftmaschine 160...200 Gramm für jede geleistete Kilowattstunde, woraus sich, multipliziert mit dem Kohlenpreis, die Gestehungskosten pro Kilowattstunde ergeben.

Gegenüber dem Kohlenverbrauch für die eigentliche Heizwärmeerzeugung ist der Kohlenmehrverbrauch für die zusätzliche Erzeugung elektrischer Energie mit 10...18 %, in den meisten Fällen etwa 12...14 %, nur gering. Die in der Heizkraftanlage gewonnene Elektrizität erscheint demnach als Nebenprodukt, und zwar als äusserst wertvolles Nebenprodukt der Heizdampferzeugung.

Die aus einer gegebenen Dampfmenge erzeugbare elektrische Energie nimmt selbstverständlich mit wachsendem Frischdampfdruck und wachsender Frischdampf Temperatur sowie mit fallendem Heizdruck bzw. Gegendruck zu.

Zur Gewinnung mechanischer oder elektrischer Energie in Heizkraftanlagen stehen die Kolbenmaschine und die Dampfturbine zur Verfügung. Im Grosskraftmaschinenbau ist die Turbine unbestrittene Alleinherrscherin. Im Gebiete kleinerer Gegendruckleistungen, wo es darauf ankommt, bei gegebenem Druckgefälle aus nur wenigen Tonnen stünd-

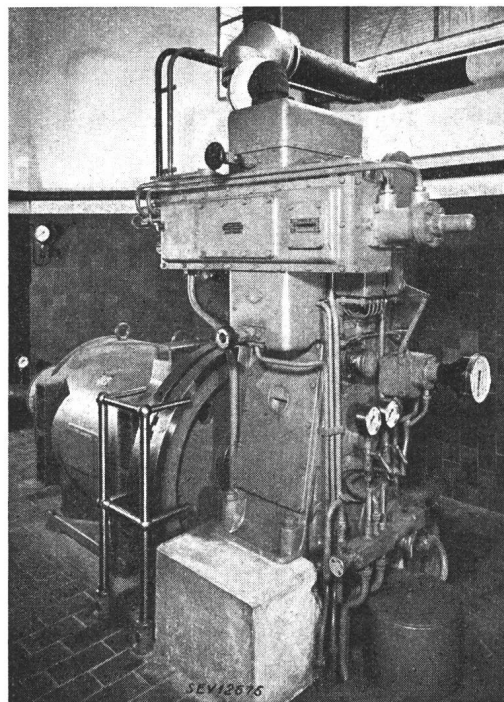


Fig. 7.

Gegendruck-Kolbendampfmaschine SLM-Winterthur  
Frischdampfdruck 18 kg/cm<sup>2</sup>. Frischdampf Temperatur 350° C.  
Gegendruck 0...5 kg/cm<sup>2</sup>. Max. Leistung 132 kW.  
Drehzahl 1000/min.

lichem Dampfdurchsatz ein Maximum an mechanischer oder elektrischer Energie herauszuholen, ist hingegen die Kolbenmaschine im Wirkungsgrad überlegen. Mit wachsenden Frischdampf- und Gegendrücken erweitert sich sogar das Anwendungsgebiet der Kolbenmaschine nach oben.

In der Erkenntnis, dass auch für unsere schweizerischen Industrien (Holzindustrie, alle Zweige der Textilindustrie, chemische Fabriken, Brauereien usw.) der Heizkraftbetrieb zunehmende Bedeutung erhalten könnte, hat die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik (SLM) schon anfangs der dreissiger Jahre, ausgehend von den Erfahrungen mit einem raschlaufenden Lokomotiv-Dampfmotor von 60 kg/cm<sup>2</sup> Betriebsdruck, eine erste stationäre Gegendruck-Kolbendampfmaschine von 1250 kW gebaut. Diese 3zylindrige und mit 500 U./min laufende Maschine hatte schwierigsten Betriebsverhältnissen zu genügen, waren doch der Frischdampfzustand mit 95 kg/cm<sup>2</sup>, 400° C, und der Gegendruck mit 10 bzw. 2 kg/cm<sup>2</sup> vorgeschrieben. Als Ersatz für eine unbefriedigend arbeitende Hochdruck-Dampfturbine erreichte die Kolbenmaschine wesentlich höhere (nahezu verdoppelte) Wirkungsgrade.

In der Folge hatte dann die SLM eine Reihe von Dampfmaschinen viel kleinerer Leistung für übliche Frischdampfdrücke von 10...20 kg/cm<sup>2</sup> gebaut, die in der Industrie bereits mehrfache Anwendung gefunden haben. Auf Grund der Erfahrungen mit den 1000-U./min-Dampfmotoren einer neuen grossen Einzelachs-Hochdrucklokomotive von 2500 kW Leistung für die französische Staatsbahn konnte die SLM die Drehzahl ihrer stationären Dampfmaschinen ebenfalls auf 1000 U./min steigern und damit, bei voller Wahrung der Betriebssicherheit, die ganze Maschinengruppe wesentlich kleiner bauen.

Um der heutigen Brennstofflage Rechnung zu tragen, hat die SLM einen Wasserrohrkessel mit grossem Feuerraum bzw. Gasraum geschaffen, der bestehenden oder neuen Flammrohrkesseln vorgeschaltet werden kann und sich sowohl für Holz-Unterflurfeuerungen, als auch für Rostfeuerungen eignet. Dass mit solchen kombinierten Kesseln nicht nur die Leistung, sondern auch der Kesselwirkungsgrad merklich gesteigert werden kann, ist einleuchtend. Für den Heizkraftbetrieb hat dies noch besondere Bedeutung, da mit der Wirkungsgradsteigerung der an sich nur geringe Mehr-

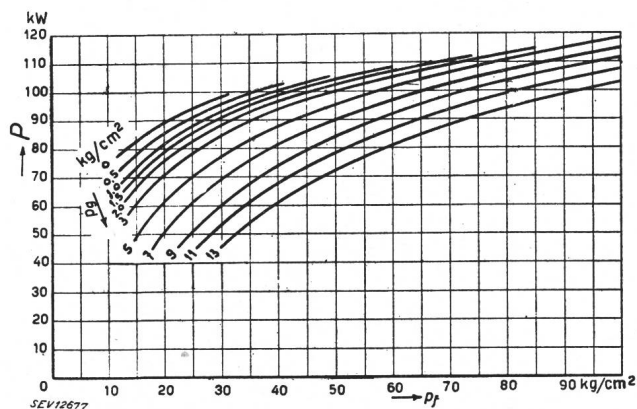


Fig. 8.

#### Gegendruck-Dampfmaschinen SLM-Winterthur

Erzeugbare Leistung  $P$  für einen Dampfdurchsatz von 1000 kg/h in Abhängigkeit von Frischdampfdruck  $p_1$  und Gegendruck  $p_2$

Brennstoffaufwand für die Heizkraftmaschine zum Teil gedeckt werden kann und dann die Erzeugung elektrischer Energie nahezu kostenlos erfolgt.

Wasserrohrkessel der SLM haben auch schon mehrfach Anwendung gefunden in Heisswasseranlagen, welche mit Nachtenergie beheizten Elektrokesseln und grossen vertikalen Schichtspeichern ausgerüstet sind. Solche Anlagen bedürfen einer Sicherung ihres Betriebes bei Ausfall des Elektrokessels durch einen rasch einspringenden, brennstoffbeheizten Kessel kleinstmöglichen Wasserinhaltes.

Heizkraftanlagen und Heisswasser-Elektrokessel-Speicheranlagen können natürlich auch kombiniert werden.

Bei der Frage nach der Rentabilität des einfachen Heizkraftbetriebes mit Dampfkessel und Gegendruckmaschine ist ausser dem anteiligen Brennstoffverbrauch von 12...14 % für die Elektrizitätserzeugung selbstverständlich auch noch der Kapitaldienst zu berücksichtigen. Hierbei ist zu beachten, dass nur der Anschaffungspreis der Maschinengruppe einschliesslich Generator einzusetzen ist. Der Kessel bleibt ausser Betracht, da er ja auch ohne Heizkraftmaschine vorhanden sein müsste.

Ganz abgesehen von der in jedem Falle leicht nachzuweisenden Rentabilität des Heizkraftbetriebes — auch unter den vielfach erschwerten Bedingungen des heutigen Brennstoffmarktes — ist es aber auch in unserem Lande jetzt so, dass wir es uns — je länger, je weniger — nicht mehr leisten können, von der Natur zur Verfügung gestellte Möglichkeiten zur Erzeugung elektrischer Energie unbeachtet und ungenützt zu lassen.

Darum Heizkraftbetrieb mit Gegendruckmaschinen in der Heizdampf und Elektrizität verbrauchenden Industrie.

### Thermische Anlagen für Reserve-, Ergänzungs- und Heizkraftwerke mit besonderer Berücksichtigung der Turbine

621.311.22

Auszug aus dem Referat von P. Faber, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden

Der Referent stellt an die Spitze seiner Ausführungen folgende zwei Grundgedanken:

1. Das thermische Kraftwerk ist mit seinem Brennstoffvorrat ein Speicherwerk. In seinem Kohlenhaufen kann Energie für Jahre gespeichert werden, wodurch es unempfindlich gegen eine Blockade wird. Die Erzeugungskosten der Elektrizität sind, auf Vorkriegspreise bezogen, ungefähr gleich wie bei einem guten hydraulischen Speicherwerk. Erstellungskosten und Erstellungszeit sind viel geringer.

2. Wo man heizt, ist es grundsätzlich möglich, elektrische Energie zu erzeugen, wobei die Brennstoffkosten pro erzeugte Kilowattstunde, auf Vorkriegspreise bezogen, nur ca. 0,6 Rp. betragen. Durch den Bau von zentralen Fernheizanlagen in Städten kann die Wärme der vielen Hausheizungen vereinigt und daraus sehr billige Winterelektrizität am Verbrauchsort gewonnen werden.

Wie bei der Wasserkraftmaschine ein grosses Druckgefälle erwünscht ist, so sucht man bei der Wärmekraftmaschine ein grosses Temperaturgefälle auszunützen, weil damit der thermische Wirkungsgrad steigt. Da das untere Temperaturniveau durch die Luft- oder Wassertemperatur der Umgebung bestimmt ist, kämpft der Wärmetechniker um die obere Temperatur. Es gibt heute schon Maschinen für besondere Fälle, die in rotglühendem Zustand laufen.

Das Dampfturbinen-Kraftwerk wurde durch Erhöhung von Temperatur und Druck in der letzten Zeit wesentlich verbessert. Nach den von Dr. Ad. Meyer veröffentlichten Vorschlägen (Schweiz. Bauztg. 1943, Nrn. 13 und 15) ist es heute möglich, in einem Heissdampf-Hochdruck-Kraftwerk von 600° C, 140 kg/cm<sup>2</sup> einen Wirkungsgrad von 35 % mit Kohle und gegen 37 % bei Oelfeuerung zu erreichen.

Es ist heute auch möglich, ein Gasturbinen-Kraftwerk betriebssicher zu bauen, denn die A.-G. Brown, Boveri & Cie. hat etwa 130 Gasturbinen mit Leistungen bis zu 10 000 kW in Betrieb und Bau. Bei der 2stufigen Bauart wird bei 600° C ein Wirkungsgrad von etwa 31 % erreicht und bei 700° C käme man auf 35 %. 600° C wird bei den heute verfügbaren Materialien für Dauerbetrieb als zulässig erachtet.

Es wurde hierauf geprüft, ob sich ein thermisches Kraftwerk für die Schweiz eigne. Dabei sollen die Gestehungskosten der elektrischen Energie ähnlich wie bei einem guten hydraulischen Speicherwerk sein. Es sollte möglich sein, das Kraftwerk auch während längerer Blockadezeit zu betreiben und schliesslich kann es wünschbar sein, das Kraftwerk bombensicher zu bauen. Es wurde ein Kraftwerk von 50 000 kW und ein solches von 25 000 kW je mit Dampf-

turbinen und Gasturbinen, einmal für Kohle und einmal für Oel als Brennstoff durchgerechnet. Dabei ergibt sich im 50 000-kW-Kraftwerk bei jährlich 2000 Vollast-Betriebsstunden mit der Heissdampf-Hochdruck-Anlage ein Energiepreis von 2,69 Rp. und beim 25 000-kW-Kraftwerk mit Gasturbine, Gasgenerator und Kohle ein solcher von 2,88 Rp./kWh. Die Zahlen beziehen sich auf Vorkriegspreise, lassen sich aber nach den vom Referenten gegebenen Tabellen ohne weiteres auf andere Teuerungsverhältnisse umrechnen.

Die Blockadesicherung eines solchen Kraftwerkes kann durch Anlegen eines z. B. 5jährigen Brennstoffvorrates erreicht werden, wobei sich der Energiepreis der Elektrizität infolge dieser Sicherung bei Kohle nur um ca. 0,3 Rp./kWh erhöhen würde.

Durch Einbau eines Kraftwerkes in einen Felsen kann es auch bombensicher gemacht werden, wie dies z. B. im Kraftwerk Bern<sup>1)</sup> geschah. Hierfür eignen sich besonders die ölgefeuerten Veloxkessel und Gasturbinen. Man vermeidet so gleichzeitig die bomben- und sabotageempfindlichen Fernleitungen.

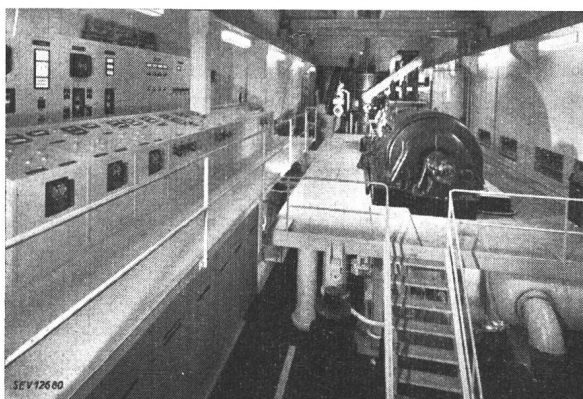


Fig. 9.  
Dampfturbinenkraftwerk Bern in Felskaverne  
mit Veloxkessel im Hintergrund (Brown Boveri)

Ein 50 000-kW-Kraftwerk verbraucht bei 2000 Betriebsstunden im Jahr nur ca. 1 % des normalen Kohlenimportes, ändert unseren Kohlenhaushalt also nur unwesentlich. Kohle ist übrigens ein sehr geeignetes Importgut, das niemand Konkurrenz macht und sich gut zum Austausch gegen unsere Exportprodukte eignet.

Wenn es künftig aus politischen oder Heimatschutzgründen unmöglich sein sollte, die noch verbleibenden günstigen hydraulischen Akkumulierwerke zu bauen, so bietet sich im thermischen Kraftwerk ein guter Ersatz.

Wenn man die Abwärme, die bei jedem Wärmekreisprozess auf dem unteren Temperaturniveau abgeführt werden muss, nicht ins Kühlwasser, sondern in eine Heizung schickt, so kann man sehr billige Elektrizität erzeugen. Die Durchrechnung von 4 verschiedenen Heizkraftwerken ergibt, dass man durch den Ausbau einer gewöhnlichen Heizanlage zu einem Heizkraftwerk die Elektrizität in einem kleineren Industriewerk zu etwa 1,80 Rp. und bei einem mittleren Werk für Raumheizung zu 1,44 Rp./kWh erzeugen kann. Bei einem Fernheizkraftwerk von 100 Millionen kcal/h können 30 000 kW mit Gestehungskosten von 1,17 Rp./kWh bei 2000 Betriebsstunden gewonnen werden. Auch hier beziehen sich die Preise auf Vorkriegsverhältnisse.

Da bei einem Heizkraftwerk in einer Fabrik Elektrizitätsbedarf und Heizbedarf unabhängig voneinander sind, sollte ein solches Werk an das allgemeine Netz angeschlossen sein, um fehlende elektrische Energie beziehen und überschüssige Elektrizität abgeben zu können. Auch die Raumheizkraftwerke müssen die erzeugte Elektrizität ins allgemeine Netz abgeben können. Die Elektrizitätswerke sollten deshalb im Interesse des Landes eine solche Zusammenarbeit ermöglichen.

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1939 Nr. 26, S. 786.

## Die aerodynamische Turbine Escher Wyss

### AK-Anlage

621.438

Auszug aus dem Vortrag von Dr. C. Keller, Chef der Forschungsabteilung der Escher-Wyss-Maschinenfabriken A.-G., Zürich

Der Referent gab einen Ueberblick über den Grundgedanken und die Resultate der Escher-Wyss-AK-Anlage, worüber im Bulletin SEV 1945, Nr. 4, S. 119, und 1943, Nr. 10, S. 297, ausführlich berichtet wurde. Er skizzierte die künftigen Möglichkeiten, besonders das Projekt einer solchen Wärmekraftmaschine von 36 000 kW Leistung (gleich 90 000 kW eigentliche Turbinenleistung minus 54 000 kW Kompressorleistung). Die Ausführung einer solchen Maschine liegt nach dem heutigen Stand der Technik durchaus im Bereich der Ausführbarkeit.

### Diskussion

Dr. A. Härry, Sekretär des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, eröffnet die Diskussion mit einem Dank an die Referenten und stellt fest, dass sich die Kreise der Wasser- und Elektrizitätswirtschaft der Schweiz nie Illusionen hinsichtlich eines Ersatzes der Kohle durch Wasserkraft hingeben haben, das Thema der heutigen Veranstaltung lautet daher «Wasserkraft und Kohle». Schon in einem Bericht vom September 1928 an den Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke hat der Sprechende darauf hingewiesen, dass auf absehbare Zeit die Schweiz für den grössten Teil der Heizung und für die Bedürfnisse der Industrie auf die ausländischen Kohlen angewiesen ist. In Vorträgen von Direktor Niesz<sup>2)</sup> und Direktor Lorenz<sup>3)</sup> vor dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke in den Jahren 1942 und 1943 ist die gleiche Auffassung vertreten worden. Direktor Lorenz hat festgestellt, dass im Jahre 1980 bei Annahme einer normalen Zunahme des Energiebedarfes und des Ausbaues aller ausbauwürdigen Wasserkräfte, inbegriffen Rheinwald und Urseren, immer noch mehr als 40 % des Energiebedarfes in Form von Kohle und Oel eingeführt werden muss. Kohle ist aber als Rohstoff wichtiger Industrien durch Wasserkraft überhaupt nicht zu ersetzen. Unsere Aufgabe ist daher, die Kohle rationell im Rahmen unserer auf der Wasserkraft beruhenden Energiewirtschaft zu verwenden. Es bestehen dafür drei Möglichkeiten (Fig. 1). Die Kohle kann verbrannt und direkt oder in Heizkraftwerken zur Wärme- und Energieerzeugung ausgenutzt werden. Die heutige Tagung befasste sich mit diesem letzten Problem. Die Kohle kann aber auch veredelt werden, und zwar zunächst in den Gaswerken und Kokereien, wobei Koks, Teer, Ammoniak, Benzol, Schwefel und Gas gewonnen werden. Koks kann direkt verbrannt oder als Wassergas zur Synthese von Kohlenwasserstoffen verwendet werden. Das Gas wurde bisher zur Hauptsache als Brennstoff in den Haushaltungen und in der Industrie verbrannt. Infolge der grossen Fortschritte im Bau elektrothermischer Apparate und des billigeren Betriebes wird im Haushalt die Elektrizität immer mehr dem Gas vorgezogen, so dass künftig eine Erweiterung des Gasabsatzes auf Schwierigkeiten stossen wird. Man muss daher nach anderen Möglichkeiten der Gasverwendung suchen. Statt verteilt und verbrannt, kann das Gas auch zerlegt werden, entweder in Wasserstoff und Reichgas, oder in Wasserstoff, Aethylen und Reichgas, wobei das Reichgas verbrannt wird. Es kann aber auch in alle seine Bestandteile, Kohlendioxyd, Kohlenoxyd, Aethylen, Methan und Wasserstoff zerlegt und chemisch weiterverarbeitet werden. Hierüber liegt ein Gutachten aus dem Jahre 1943 vor. Eine zweite Form der Veredlung ist die Verflüssigung zur Gewinnung von Kohlenwasserstoffen (Benzin usw.). Alle Kohlenarten und Koks können in Synthesegas umgewandelt werden und unter Verwendung von Katalysatoren nach dem Verfahren von Fischer-Tropsch — Ruhrchemie — weiterverarbeitet werden. Hierüber liegt ein Gutachten aus dem Jahre 1939 vor<sup>4)</sup>. Nach dem Verfahren von Bergius - I. G. Farben - wird bituminöse Kohle durch direkte Hydrierung verarbeitet; es kommt für die Schweiz weniger in Betracht. Bei allen Prozessen der Kohlenveredelung spielt Wasserstoff eine wichtige Rolle und da dieser auch elektrolytisch hergestellt werden kann, sind Beziehungen zur Wasserkraftnutzung gegeben. Von ganz besonderem Interesse ist aber eine Kombi-

<sup>2)</sup> Bull. SEV 1942, Nr. 26, S. 767...781.

<sup>3)</sup> Bull. SEV 1943, Nr. 23, S. 696.

<sup>4)</sup> Vgl. Bull. SEV.

nation von Verkokung und Verbrennung, derart, dass die Brennstoffe zunächst verkokt, die wertvollen Nebenprodukte gewonnen und Koks oder Gas ganz oder teilweise in Heizkraftwerken verbrannt werden. Man kann sich beispielsweise vorstellen, dass das Gaswerk Zürich erweitert und der mehrerzeugte Koks und das Koksgas oder Reichgas einem Heizkraftwerk zugeführt werden, das der Städteheizung und der Wärmeversorgung benachbarter Industrien dient. Die erzeugte elektrische Energie wird in das Verteilnetz geliefert<sup>5)</sup>. Die oft gehörte Forderung, alle veredelungsfähige Kohle der Veredelung zuzuführen, ist ein Schlagwort. Wenn genügend gute Kohle zu günstigem Preis vorhanden ist, wird man auch

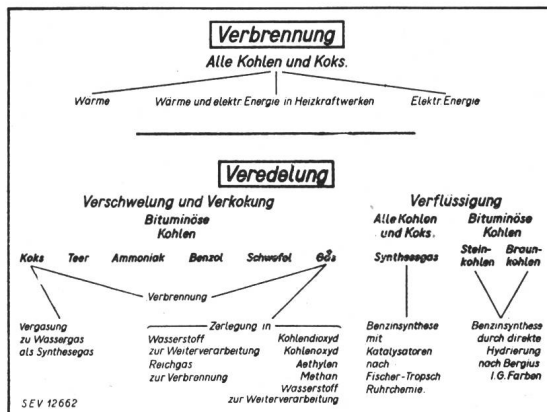


Fig. 10.  
Möglichkeiten der Kohlenverwertung

veredelungsfähige Kohle verfeuern; besteht dagegen ein Mangel, sollte, so weit möglich, eine Veredelung vorangehen. Es geht aus dem Gesagten jedenfalls hervor, dass es sich bei der rationellen Kohlenverwertung um grosse Probleme handelt, zu deren Lösung bereits wertvolle Vorarbeiten vorhanden sind. Es sind wichtige, schwierige, aber auch dankbare Aufgaben zu lösen.

Obering. Studer, Fr. Sauter A.-G., Basel, orientierte über eine bei der Sandoz A.-G. eingerichtete moderne Wärmeversorgungsanlage, die bisher mit Dampf, nun teilweise mit Heisswasser erfolgt. Die speisende Dampfkesselanlage arbeitet mit möglichst konstanter Leistung. Ueberschreitet der Bedarf die Leistung der Dampfkesselanlage, so springt ein Elektrodampfkessel ein, der ebenfalls möglichst auf Vollast fahren soll. Die Wärmemengen, die der variable Betrieb nicht aufnehmen kann, werden in zwei grossen Speichern von je 100 m<sup>3</sup> Inhalt aufgenommen und dem Betrieb bei Bedarf zugeführt. Die Anlage arbeitet automatisch; die hiezu nötige Regulieranlage wurde von der Sandoz A.-G. geliefert.

Oberingenieur Flatt, Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G., Zürich, befürwortet die Kombination von Gegendruck-Turbinenanlagen und Wärmepumpen zur Deckung des Heizwärmebedarfes.

Nationalrat W. Trüb, Direktor des EW Zürich, anerkennt, dass die Vorschläge von Professor Bauer eine wertvolle Ergänzung zu seinem eigenen Postulat betr. die Schaffung eines Amtes für Brennstoffwirtschaft<sup>6)</sup> bedeuten. Eine Koordinierung setzt gleichwertige Elemente voraus, also gehört zu den zwei Aemtern für Wasserwirtschaft und für Elek-

<sup>5)</sup> Anmerkung des Referenten: Der Kohlendurchsatz im Gaswerk Schlieren der Stadt Zürich kann von 170 000 Tonnen normal auf 220 000 Tonnen gesteigert werden, ohne dass eine Erweiterung der Anlagen vorgenommen werden muss.

<sup>6)</sup> Bull. SEV 1945, Nr. 1, S. 19.

trizitätswirtschaft noch ein drittes für die Brennstoffwirtschaft. Erst dann ist eine unserem Lande dienende einheitliche Ordnung in der gesamten Energieversorgung möglich. Eine den 3 Aemtern übergeordnete Energiewirtschaftskommission aus den Vertretern der Wirtschaft gibt die grundsätzlichen Weisungen; die Aemter des Staates besorgen die laufende Durchführung. Verschwendung und Verluste müssen vor allem in der Energiewirtschaft vermieden werden.

Die Zusammenarbeit zwischen Wasserkraft und Kohle ist schon lange gut organisiert auf der Seite des *Konsums*: Niedertemperaturige Zentralheizung — elektrische Zusatzheizung, Warmwasserbereitung in mit Brennstoffkesseln kombinierten Elektro-Heisswasserspeichern, Kesselanlagen der Industrie für Brennstoff oder Elektrizität.

Für die Zusammenarbeit auf der Seite der *Produktion* stehen nun neue technische Mittel zur Verfügung: Heizkraftwerke und Wärmepumpen. Die Städteheizung muss systematisch ausgestaltet werden.

Auch das Verhältnis Gaswerke/Elektrizitätswerke muss geklärt werden. Ziel aller Städte muss sein, die Elektrifizierung des Haushaltes auf eine breite Basis zu stellen; wenn einmal ein Drittel aller Küchen mit elektrischen Vollherden ausgerüstet sind, werden wir die in der Nachkriegszeit immer wieder zu befürchtenden Krisen in der Kohlenversorgung und im Transportwesen überstehen können; Einzelkochplatten lösen die kommenden Probleme nicht, sie bleiben ein Notbehelf.

Für die Vorkämpfer für die Elektrizitätsversorgung aus der Wasserkraft bedeutet es eine schwere Umstellung, wenn sie die nationale Lösung mit dem Bau grosser Speicherwerke zurückstellen müssen, um die internationale Lösung mit dem Bau kalorischer Reserve-Kraftanlagen zu versuchen: die gestellte Aufgabe einer sichern Elektrizitätsversorgung muss aber auf alle Fälle bewältigt werden.

Weiter sprachen Ing. Karrer von der Maschinenfabrik Oerlikon und Ing. Bolomey von der Viskose Widnau.

Am Schluss wurde eine

### Resolution

gefasst, mit folgendem Wortlaut: «Zur Deckung der Energiebedürfnisse der Schweiz dient in erster Linie die aus Wasserkraft erzeugte elektrische Energie, welche nach Massgabe der Anforderungen des Konsums und der Produktion rationell verwendet werden muss. Dabei ist auch die Einsparung von Kohle durch Verwendung elektrischer Energie direkt oder durch Wärmepumpen und der Export von elektrischer Energie im internationalen Güteraustausch ins Auge zu fassen. Der weitere Ausbau der Wasserkräfte, insbesondere die Erstellung von Speicherwerken, ist tatkräftig weiter zu fördern. Da sämtliche ausbauwürdigen Wasserkräfte aber nicht ausreichen, um allen Bedürfnissen der Industrie und der Raumheizung an Wärme zu genügen, ist die Schweiz bis auf weiteres auf die Einfuhr fremder Brennstoffe, insbesondere von Kohle, angewiesen. Der Einsatz der Kohle muss entsprechend den Bedürfnissen und im Zusammenhange mit der auf Wasserkraft beruhenden Energiewirtschaft erfolgen. Ein Mittel dazu sind Heizkraftwerke in Verbindung mit Fernheizungen und wärmeverbrauchenden Industrien, die ihre anfallende thermoelektrische Energie im Einklang mit der hydraulischen Produktion an das allgemeine Verteilnetz abgeben. Dieses Programm erfordert die Koordination der Wasserkraft- und Brennstoffwirtschaft und damit die Zusammenarbeit der städtischen Verwaltungen und der Industrie mit den Elektrizitätswerken. Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband ist bereit, diese Zusammenarbeit in Verbindung mit den Behörden in die Wege zu leiten.»

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Einordnung der Kurzschlussfortschaltung in den Netzbetrieb

[Nach F. Schultheiss, ETZ Bd. 64(1943), Heft 39/40, S. 521...528]

621.316.57.064.22 : 621.316.93

Vorbemerkung des Referenten: An der Diskussionsversammlung des SEV vom 26. November 1938 in Bern hielt O. Naef

einen Vortrag über «Die Schnellausschaltung und die automatische Wiedereinschaltung von Leistungsschaltern als Mittel zur Wahrung der Betriebskontinuität»<sup>1)</sup>. Es wurden Konstruktionen der MFO beschrieben und die zugehörigen Probleme, wie sich aus dem Literaturverzeichnis ergibt, hauptsächlich auf Grund von Erfahrungen in USA behandelt. Die nachstehende Zusammenfassung über das Problem der Kurzschlussfortschaltung stützt sich auf die in den letzten Jahren

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1939, Nr. 21, S. 677.