

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 36 (1944)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Energierücklieferung aus Wasserkraftanlagen der Industrie in das allgemeine Versorgungsnetz  
**Autor:** Wild, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-922048>

### **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:** 22.02.2026

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

## An unsere Leser!

Dem heutigen Hefte der «Wasser- und Energiewirtschaft» ist die erste Nummer des neuen Verbandsorgans der «Association Suisse pour la Navigation du Rhône au Rhin», «Schweizerischer Rhone-Rhein-Schiffahrtsverband» beigelegt. Einer Anregung des Sekretariates des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes folgend und im Einverständnis mit der Administration unserer Zeitschrift haben sich die Freunde der Schiffahrtsbestrebungen Rhone-Rhein entschlossen, ihr bisheriges Organ «Des Canaux! Des Bateaux!» auf breitere Grundlage zu stellen und eine engere Verbindung unter den schweizerischen Schiffahrtsfreunden anzustreben. Zu diesem Zwecke wird das Blatt «Rhône-Rhin», «Rhone-Rhein», in zwangloser Folge und ohne Erhöhung des Abonnementspreises der «Wasser- und Energiewirtschaft» beigelegt. Beide Blätter bleiben redaktionell völlig selbständig unter eigener Verantwortlichkeit, jedoch unter Rücksicht auf die beidseitigen Interessen. «Rhône-Rhin» wird seine Aufgabe darin sehen, über die Angelegenheiten der schweizerischen Binnenschifffahrt sachlich, leidenschaftslos und gründlich zu informieren, die Ansichten und Wünsche der verschiedenen Landesteile in freundeidgenössischem Sinn und Geiste zu erörtern, streitige Fragen abzuklären und so den Boden für eine allen Interessen unserer Volkswirtschaft dienende Ordnung vorzubereiten.

*Redaktion und Administration der «Wasser- und Energiewirtschaft»*

## Energierücklieferung aus Wasserkraftanlagen der Industrie in das allgemeine Versorgungsnetz

Hauptreferat von J. Wild, Betriebsleiter der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich<sup>1</sup>

Seit einigen Jahren ist auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage empfindlich gestört. Einerseits ist die Nachfrage nach elektrischer Energie seit Kriegsausbruch speziell auf dem Wärmegebiet mangels Brennstoffen sehr wesentlich gestiegen, und andererseits stösst die rechtzeitige Erstellung der dringend notwendigen neuen Speicherwerke auf Widerstände aller Art. Es muss deshalb darnach getrachtet werden, die vorhandenen Energiequellen so gut als möglich auszunützen. Eine Massnahme in diesem Sinn ist die Erhöhung der Energieproduktion der Kleinwasserkraftanlagen der Industrie mit Abgabe allfällig überschüssiger Energie in das allgemeine Versorgungsnetz. Mit welchen Mitteln diese Energieproduktion gesteigert werden kann, haben die Herren Prof. Dr. Bauer und Vizedirektor Moser anlässlich der diesjährigen Generalversammlung des Schweiz. Energiekonsumentenverbandes ausgeführt.<sup>2</sup>

Im Nachfolgenden wird über die Voraussetzungen und den bereits erreichten Umfang der Energierücklieferungen an Hand eines praktischen Beispiels, näm-

lich dem der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, berichtet.

Die Sektion für Elektrizität des KIAA. hat mit Kreisschreiben vom 5. Mai 1942 die Elektrizitätswerke angewiesen, überschüssige Energie aus Kleinwasserkraftanlagen in vermehrtem Masse aufzunehmen. Obwohl die Bedeutung dieser Energieaufnahme nicht überschätzt werden darf, haben die EKZ. schon lange vor dem Erscheinen dieser behördlichen Verfügung der Energieverwertung aus Kleinkraftanlagen die grösste Aufmerksamkeit geschenkt. Es werden von ihnen alle Fälle eingehend geprüft, und bei Anlagen, wo wesentliche technische Voraussetzungen noch fehlen, wird untersucht, ob sich mit wirtschaftlich zu verantwortenden Mitteln die notwendigen Einrichtungen erstellen lassen.

Die starke Entwicklung dieser Rücklieferungen zeigt Tabelle 1. Dazu ist zu bemerken, dass in Kolonne 4 dieser Tabelle nicht nur die direkten Rücklieferer der EKZ., sondern auch solche, die in das Netz der Wiederverkäufer der EKZ.-Energie liefern, inbegriffen sind. Vergleicht man die Jahre 1940/41 und 1942/43 miteinander, so zeigt sich, dass der totale Energieumsatz der EKZ. um zirka 10 % gestiegen ist. In derselben Zeit hat sich die aus Fabrikkraftanlagen aufgenommene Energie verachtfacht.

In Tabelle 2 sind die Anzahl der Wasserkraftanlagen und deren installierte Turbinenleistung für die gegenwärtigen Verhältnisse zusammengestellt. Sie um-

<sup>1</sup> Vortrag, gehalten an der Zusammenkunft der Mitglieder des Linth-Limmatverbandes, 24. April 1944 in Zürich.

<sup>2</sup> Prof. Dr. Bruno Bauer. Der Beitrag der Elektrizitätswirtschaft zur Arbeitsbeschaffung. Der Schweiz. Energiekonsument Nr. 3, 15. März 1944. J. Moser, Umbau bestehender alter Wasserkraftanlagen. Der Schweiz. Energiekonsument, Nr. 5, 15. Mai 1944. — J. Moser, Die Leistungsverbesserung bestehender Wasserkraft-Anlagen. Vortrag an der Mitgliederversammlung des Linth-Limmatverbandes, 26. März 1943, Wasser- und Energiewirtschaft, Jahrg. 1943, Seite 57.

Tabelle 1: Jährliche Energiemengen

Jahr	Energie- Umsatz EKZ (U)	Davon Eigenprod. EKZ (P)	Tot. Energierteklfg. in EKZ Netz		
			Absol.	in % von U	in % von P
	Mio kWh	Mio kWh	Mio kWh	%	%
1939/40	267,5	31,7	—	—	—
1940/41	281,3	31,6	1,0	0,3	3,1
1941/42	278,9	34,4	5,0	1,8	14,5
1942/43	307,0	32,4	8,3	2,7	25,6

Tabelle 2: Zahl und Gesamtleistung der Anlagen &gt; 50 PS

Anzahl Anlagen EKZ + Wieder- verkäufer März 1944	mit alten Turbinen	ca.	53
	mit neuen Turbinen	"	29
	Total	"	82
	Davon Energierücklieferer	"	48
	Proz. Anteil Neue Anlagen Rücklieferer	"	35 % 58 %
Installierte Turbinen Leistung	alte Turbinen	ca.	8100 PS
	neue Turbinen	"	7600 PS
	Total	"	15700 PS
	Davon an Rückliefg. beteiligt	"	11700 PS
	Proz. Anteil Neue Anlagen Rücklieferer	"	48 % 74 %

fasst nur die Anlagen mit einer Turbinenleistung von mehr als 50 PS. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zirka 35 % aller Anlagen mit zirka 48 % der total installierten Turbinenleistung aus neuerer Zeit stammen. An der Energierücklieferung sind heute zirka 58 % aller Anlagen mit zirka 74 % der total installierten Turbinenleistung beteiligt. Ausser den 82 Anlagen mit zirka 15 700 PS. installierter Turbinenleistung stehen noch weitere zirka 40 Anlagen mit einer Leistung zwischen 20 und 50 PS. in Betrieb. Die in diesen Anlagen installierte Gesamtleistung beträgt zirka 1200 PS. Eine Modernisierung auch der Anlagen unter 20 PS — es sind zirka 250 — dürfte sich kaum lohnen.

Die Abb. 1 und 2 stellen in Gruppen von 50 zu 50 PS Turbinenleistung die Verteilung der installierten Leistung auf die einzelnen Anlagen dar. Es zeigt sich ganz deutlich, dass vorwiegend die grösseren Anlagen bereits Energie zurückliefern und auch zum Teil modernisiert sind.

Die typischen Belastungsverhältnisse einer Fabrikanlage mit eigener Wasserkraft sind in Abb. 3 für die Verhältnisse im Winter und im Sommer dargestellt. Entsprechend den Fabrikarbeitszeiten verläuft der Leistungsbedarf der Fabrik. Die Eigenproduktion ist von den Niederschlags- und Abflussverhältnissen abhängig, im Winter ist sie wesentlich kleiner als im Sommer. Die schwarzen Flächen stellen die Ueberschussenergie dar, die in das allgemeine Versorgungsnetz abgegeben werden kann, und die gestrichelten

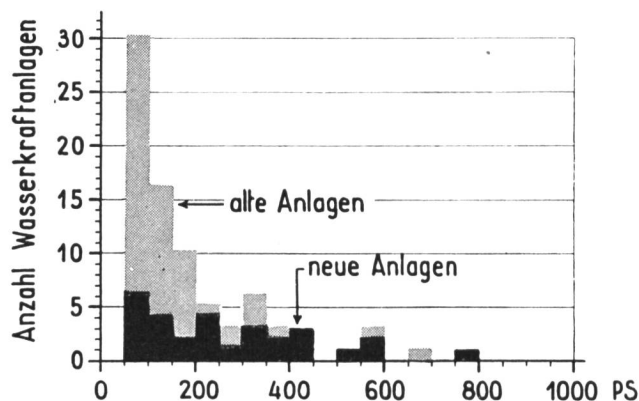


Abb. 1 Zahl und Alter der Anlagen

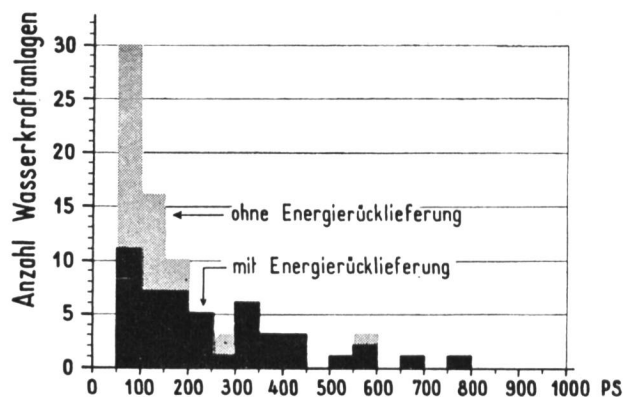


Abb. 2 Zahl und Grösse der Anlagen

Flächen die Ergänzungskraft, die vom Werk bezogen werden muss. Bei der zurückgelieferten Energie handelt es sich somit um sogenannte Inkonstant- oder Abfallenergie, da sie vorwiegend ausserhalb der normalen Fabrikarbeitszeiten, also über die Mittagspause, nachts und speziell über das Wochenende anfällt und das Werk als Empfänger nie zum voraus weiss, wieviel es erhält und ob es auf eine bestimmte Lieferung über-

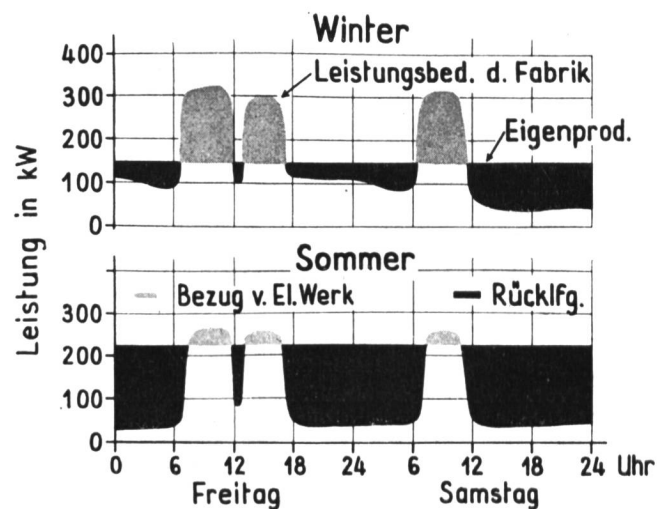


Abb. 3 Tagesbelastungsdiagramme

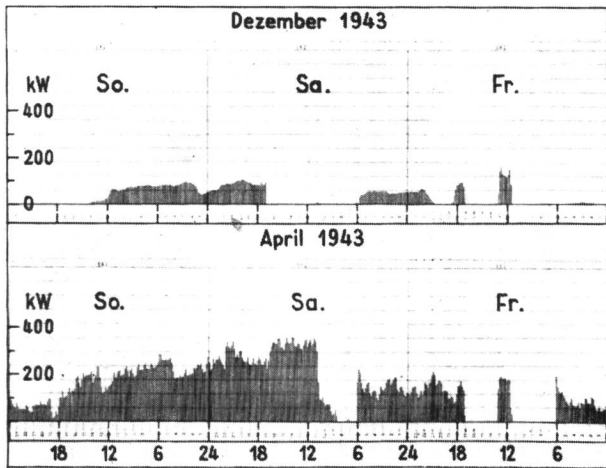


Abb. 4 Textilbetrieb B., Rücklieferung

haupt rechnen kann. Zudem handelt es sich grösstenteils um Sommerenergie, da im Sommer die Wasserführung der Gewässer grösser und der Eigenbedarf der Industrie kleiner ist. Diese für die Werke sehr ungünstigen Verhältnisse bestätigen die Abbildungen 4 bis 6. Es sind Reproduktionen von Maxigraphenstreifen der EKZ-Messeinrichtungen. Abb. 4 zeigt den zeitlichen Verlauf der Rücklieferung eines Textilbetriebes. Eine Rücklieferung findet nur ausserhalb der normalen Fabrikarbeitszeiten und vorwiegend im Sommer statt. In Abb. 5 sind ähnliche Verhältnisse eines Textilbetriebes mit Zweischichtenbetrieb dargestellt. In diesem Beispiel registriert der Maxigraph auf demselben Registrierstreifen sowohl den Bezug vom Werk als auch die Rücklieferung in das Netz des Werkes. Auf dem Streifen wird die Rücklieferung vom Bezuge mit Hilfe eines Energierichtungsrelais unterschieden, das während der Energierücklieferung den untersten Teil der Leistungsordinaten abdeckt. Das Beispiel zeigt im Winter Energiebezug während der Fabrik-

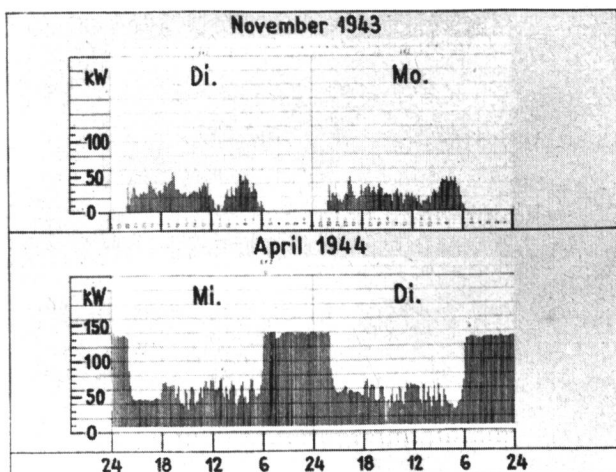


Abb. 5 Textilbetrieb Z., Bezug und Rücklieferung

arbeitszeiten, ohne Rücklieferung, im Sommer dauernde Rücklieferung vorwiegend ausserhalb der normalen Fabrikarbeitszeit. Im dritten Beispiel, Abb. 6, handelt es sich um ein Netz eines Wiederverkäufers mit relativ grosser Eigenkraftanlage. Wiederum sind Bezug und Rücklieferung auf demselben Streifen dargestellt. Im Sommer gestattet die Leistung der Eigenkraftanlage eine nahezu 24stündige Rücklieferung. Lediglich zur Zeit der Mittagskochspitze vermag die Eigenproduktion den Leistungsbedarf des Wiederverkäufernetzes nicht zu decken, und es muss Ergänzungskraft vom Werk bezogen werden. Im Winter ist aber die Energierücklieferung in der Hauptsache auf die Nacht- und Wochenendzeit beschränkt.

Einen für die Werke weit interessanteren, aber sehr seltenen Spezialfall stellt Abb. 7 dar. Es handelt sich hier um eine brachliegende Fabrikanlage mit eigener

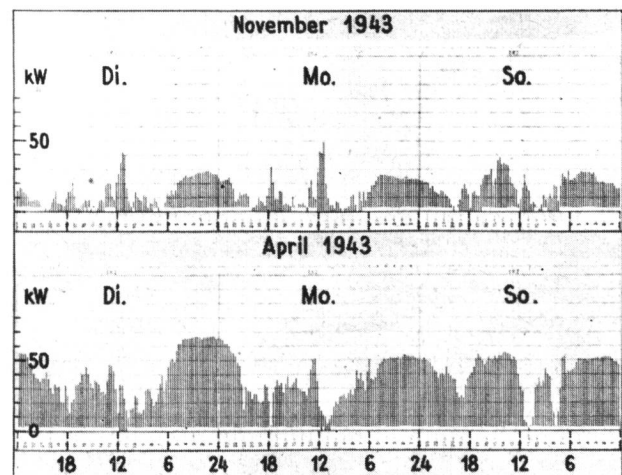


Abb. 6 Wiederverkäufer S., Bezug und Rücklieferung

Wasserkraft und Tagesspeicherung. Die Energierücklieferung findet in einer für die Werke idealen Form statt. Erstens werden nicht nur Energieresten in das Netz des Werkes, sondern es wird die ganze produzierte Energie abgegeben, und zweitens kann der Wasserkraftbesitzer die Anlage nach den Instruktionen der Werke betreiben, d. h. es wird vorwiegend Energie während der Fabrikarbeitszeit geliefert, im Winter in erster Linie über die Spitzenzeiten der Werke. Aus der Abbildung ist sehr gut ersichtlich, wie im Winter im Rahmen des verfügbaren Wasserzuflusses die Anlage zum Spitzendecken während der Zeiten der grössten Belastungsspitzen der Werke eingesetzt wird. In den meisten Fällen liegen aber die Verhältnisse ungünstiger, wie die drei ersten Diagramme gezeigt haben.

Zur Beurteilung der Preise, die das Werk anbieten kann, müssen vor allem seine Gesamtbelastungsverhältnisse betrachtet werden. Der Verlauf der Energie-



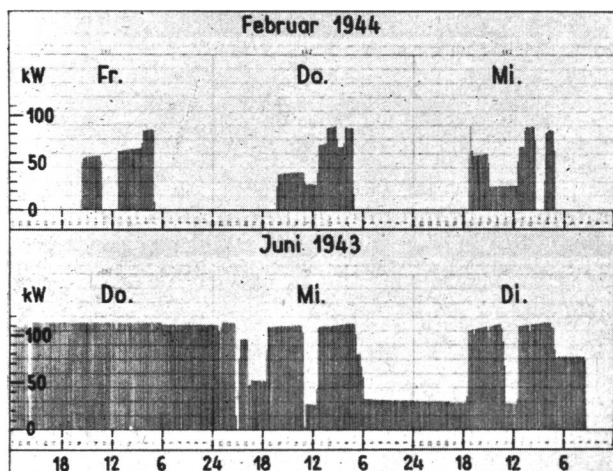


Abb. 7 Stillstehende Fabrikanlage O., Rücklieferung

abgabe eines Werkes ist zeitlich nicht konstant. Es treten mehrmals pro Tag ausgeprägte Belastungsspitzen auf. Das gesamte Netz muss in seiner Uebertragungsfähigkeit für diese maximalen Belastungen gebaut sein. Im Interesse einer wirtschaftlichen Ausnutzung der Anlagen muss darnach getrachtet werden, die Spitzenbelastungen möglichst zu vermeiden und die Täler auszufüllen. Dies geschieht durch Anwendung geeigneter Tarife für den Energieverkauf. Durch Verrechnung eines Grundpreises pro Spitzen-kW wird erreicht, dass Energiebezüger, die an der Spitzenbelastung der Werke beteiligt sind, entsprechend ihrem Anteile belastet werden. Es ist deshalb verständlich, dass die Werke für die Ueberschussenergie aus Fabrikraftanlagen, die grösstenteils ausserhalb der Spitzenzeiten der Werke anfällt, viel kleinere Energiepreise bezahlen können, als sie die Bezüger für die vom Werk in den Hauptbelastungszeiten gelieferte Energie entrichten müssen. Ferner muss berücksichtigt werden, dass derart inkonstant anfallende Energie nur von Unternehmen aufgenommen und verwertet werden kann, die über grosse Ausgleichsmöglichkeiten verfügen; im Fall der EKZ. sind es deren Energielieferanten, die NOK. mit ihren Speicherseen. Ohne Zugabe von Speicherenergie zum Ausgleich und zur Veredlung solcher Inkonstantenergie wäre ihre Verwertung selbst in Elektrokesseln nur zum kleinsten Teil möglich. Bei den beschränkten Mengen, um die es sich zudem im ganzen und besonders im Winter handelt, und bei der Unsicherheit ihres Anfalles wirken sich die Lieferungen von Ueberschussenergie in das allgemeine Netz praktisch auch mehr oder weniger nur so aus, dass durch sie die Belieferung der Inkonstantenergiebezüger der Werke, nämlich der grossen Elektrokesselanlagen, im Sommer und allenfalls in den Uebergangsmonaten etwas vergrössert und zeitlich ausgedehnt werden kann. Daneben versteht es

sich von selbst, dass die Werke vernünftigerweise solche Energie nur aufnehmen können, solange sie in ihren eigenen Laufwerken keine Energieüberschüsse haben. Solche Betriebszustände treten in Zeiten der Schneeschmelze und extrem niedriger Netzbelastungen auf, z. B. über Ostern und Pfingsten. Die Tage, wo die Rücklieferung aus diesen Gründen eingestellt werden musste, sind aber in den letzten Jahren immer seltener geworden.

Die von den Werken für zurückgelieferte Energie bezahlten Preise richten sich nach dem vorhin wenigstens im groben gekennzeichneten Werte dieser Energie. Die Sektion für Elektrizität des KIAA. gibt von Zeit zu Zeit Preisrichtlinien heraus, die auch die Fabrikwasserkraftbesitzer erhalten. Im Rahmen dieser Richtlinien werden sodann im Benehmen mit den interessierten Kreisen die Preise durch die grösseren Elek-

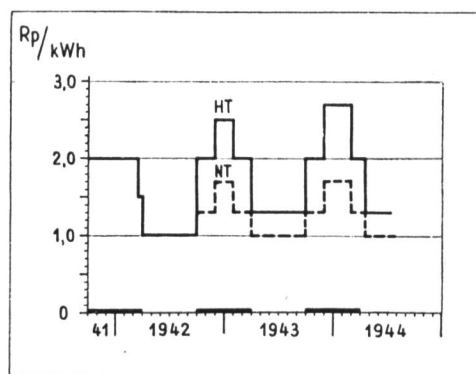


Abb. 8 Preise im NOK-Netz

trizitätsunternehmen festgelegt. In Abb. 8 sind die Preise dargestellt, welche die NOK. für die in ihrem Einflussgebiet bestehenden Rücklieferer bis heute in den normalen Fällen bezahlt haben. Tagsüber (Hochtarif) und über die Wintermonate sind die Preise höher als nachts, über das Wochenende und über die Sommermonate. Es muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Zahlen sich künftig unter dem Einflusse von Angebot und Nachfrage ändern können.

Die Produzenten erwarten natürlich einen Preis, der die Gestehungskosten der Energie deckt. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass mit den auf Grund der Richtlinien der Sektion für Elektrizität angesetzten Preisen im allgemeinen sowohl der Erzeuger als auch der Abnehmer der Energie auf ihre Rechnung kommen. Es setzt dies aber eine möglichst weitgehende Vermeidung von laufender Ueberwachung und Bedienung voraus, was bei kleinen Anlagen zu einer wenigstens teilweisen Automatisierung des Betriebes führt.

Es herrscht vielfach die Meinung, dass es den Werken in allen Fällen möglich sein sollte, ohne weitere Vorkehren Energieüberschüsse aus Fabrikkraftanlagen aufzunehmen. Das ist leider nicht so. In erster Linie muss überhaupt eine elektrische Verbindung mit dem betreffenden Werk bestehen. Es gibt noch sehr viele Fabrikanlagen, die wohl elektrische Energie aus einem Netz beziehen, deren hydraulische Anlagen dagegen lediglich mechanisch auf eine Transmission der Fabrik arbeiten. In solchen Fällen muss durch die Aufstellung eines Generators zuerst eine elektrische Verbindung mit dem Netz des betreffenden Werkes hergestellt werden, wobei die Leistungsfähigkeit dieser Verbindung der Rücklieferungsleistung angepasst sein muss. Handelt es sich nur um kleine Leistungen bis zirka 50 kW, so kann die Energieabgabe in der Regel direkt in das Niederspannungsnetz des Werkes erfolgen. Bei grösseren Leistungen kommt mit Ausnahme der Einzelfälle, wo Fabrikkraftanlagen unmittelbar neben einer leistungsstarken Transformatorenstation der Allgemeinversorgung bestehen, aus Gründen der Spannungshaltung und der Uebertragungsverluste nur die Rücklieferung über eine eigene Transformatorenstation des betreffenden Betriebes in das Zwischenspannungsnetz des Werkes in Frage. Wenn also nicht wegen der Höhe des Bezuges von Energie bereits eine Fabrik-Transformatorenstation besteht, so muss eine solche für die Rücklieferung besonders erstellt werden. Vielfach erfordert die Lage der Fabrik ausserdem die Erstellung einer Hochspannungsverbindungsleitung zum Netz der Werke.

Diese wenigen Hinweise zeigen, dass die Möglichkeit der Aufnahme von Ueberschussenergie aus Kraftanlagen der Industrie gar nicht ohne weiteres so selbstverständlich ist, sondern dass vielfach teure Anlagen erstellt werden müssen. Handelt es sich nur um kleine, für die Rücklieferung frei werdende Energiemengen, so muss auch untersucht werden, ob beim heute herrschenden Materialmangel die Erstellung neuer Instal-

lationen überhaupt verantwortet werden kann. Es wird immer am wirtschaftlichsten sein, wenn bei Fabrikkraftanlagen in erster Linie darnach getrachtet wird, die überschüssige Energie im Betriebe selbst zu verwerten. Wo ein Wärmebedarf der Fabrik vorhanden ist, werden zweckmässig Elektrokessel in Verbindung mit Heisswasser- oder Dampfspeichern aufgestellt.

Neben den rein wirtschaftlichen und den baulichen Verhältnissen sind aber auch die technischen Anforderungen an die Parallelbetriebe selber von grosser Bedeutung. Mit Rücksicht auf die volle Ausnützung des anfallenden Wassers empfiehlt es sich, den aus Sicherheitsgründen für die Turbinenanlage ohnehin meistens erforderlichen Turbinenregulator mit Schwimmerregulierung auszurüsten. Auf der Generatorseite sind zwei Lösungen möglich:

1. mittels Synchrongeneratoren,
2. mittels Asynchrongeneratoren.

Die EKZ. fordern wegen der Spannungshaltung und zur Erzielung kleiner Uebertragungsverluste die Energierücklieferung mit einem Leistungsfaktor von  $\cos \varphi = 1$ . Es muss deshalb die erforderliche Blindleistung im Generator selbst oder bei Asynchrongeneratoren in einem Kondensator erzeugt werden. Anlagen mit Synchrongeneratoren verlangen sorgfältigere Bedienung und kommen teurer zu stehen als solche mit Asynchrongeneratoren, da eine Parallelschalteneinrichtung und in der Regel eine automatische Spannungsregulierung notwendig sind. Sie haben aber den Vorteil, dass mit der Wasserkraftanlage auch ein Separatbetrieb der Fabrik möglich ist.

Im Interesse der Betriebssicherheit müssen bei allen Parallelbetrieben gewisse Sicherheitseinrichtungen gefordert werden (Abb. 9). Die EKZ. verlangen, dass zwischen der Eigenkraftanlage und ihrem Netz ein automatischer Kuppelschalter angebracht wird, der mit Ueberstromrelais, Frequenzrelais und Nullspannungsverriegelung ausgerüstet sein muss. Es kann dies je nach den örtlichen Verhältnissen der Generatorschalter oder ein Verbindungsschalter zwischen der Sammelschiene der Fabrikanlage und dem Werknetz sein. Das Ueberstromrelais öffnet bei einem Kurzschluss in der werkeigenen oder der fremden Anlage diesen Kuppelschalter. Es ist so einzustellen, dass es vor dem im speisenden Werk oder Unterwerk installierten Linienschalter anspricht, damit eine Betriebsstörung in der Fabrik nicht die an derselben Leitung angeschlossenen übrigen Bezüge in Mitleidenschaft zieht. Das Frequenzrelais muss dafür sorgen, dass bei einem Stromunterbruch vom Werk aus die sofortige Abtrennung der Fabrikanlage eintritt und dadurch eine Unter Spannungshaltung des mit ihr noch verbundenen Netz-

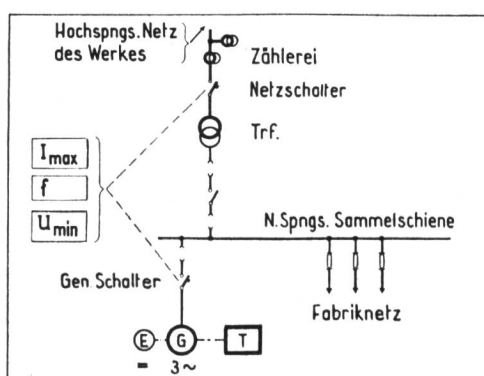


Abb. 9 Elektrisches Schema eines Parallelbetriebes

teiles des Werkes von der Kleinkraftanlage aus verhütet wird. Die Nullspannungsverriegelung hat die Aufgabe, zu verhindern, dass das ausgeschaltete Netz des Werkes durch Wiedereinschalten von der Fabrikanlage her unter Spannung gesetzt werden kann. Dies ist ganz besonders auch wegen der Unfallgefahr bei Unterhaltsarbeiten im Netz der Werke von Wichtigkeit.

Für den Betrieb ist ferner zu beachten, dass die Spannungshaltung der Netze durch die Energierücklieferer beeinflusst wird (Abb. 10). Durch Veränderung der Spannung im Werk oder Unterwerk in Funktion der Belastung und durch Anschluss der Ortstransformatoren je nach der Entfernung vom Speisepunkt an verschiedene Primäranszapfungen wird die Netzspannung von den EKZ. zeitlich und örtlich so reguliert, dass bei den Bezüglern die Verbrauchsspannung innerhalb  $\pm 5\%$  der Nennspannung variiert. Die genannte Figur stellt den Spannungsabfall in einer 8-kV-Leitung dar. Auf der Abszisse sind die Entfernungen der Transformatorstationen vom speisenden Unterwerk und auf der Ordinate die Spannung am betreffenden Ort dargestellt. Der Bereich zwischen den gestrichelten horizontalen Geraden gibt für die einzelnen Zonen die zulässigen Spannungsänderungen an, damit die genannten Spannungsvariationen beim Bezüglern nicht überschritten werden. Im Diagramm ist ausserdem der Verlauf der Spannung auf der 8-kV-Leitung während zwei typischen Netzbelastungszeiten aufgezeichnet. Die Gerade H stellt den Spannungsverlauf während der Hauptbelastungszeit, z. B. der Kochspitze, die Gerade N den Verlauf zur Zeit der Niederbelastung dar. Im zweiten Fall muss die Spannung im Unterwerk tiefer gehalten werden als im ersten. Je weiter nun ein Energierücklieferer vom speisenden Unterwerk entfernt und je grösser die zurückgelieferte Leistung ist, um so mehr wird die Kurve des Spannungsabfalles in der betreffenden Leitung im Sinne der Ver-

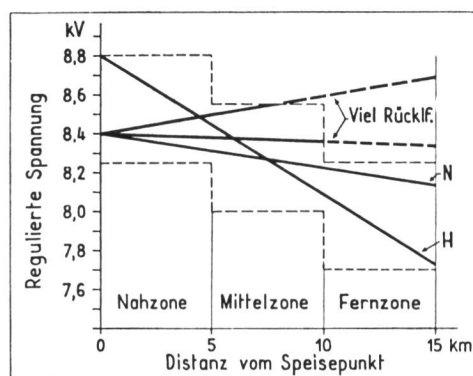


Abb. 10 Spannungsverhältnisse

flachung beeinflusst. Die Folge davon ist, dass die Netzspannung an einzelnen Orten zu hoch wird, wie dies z. B. im gestrichelten Bereich der Fall ist. In extremen Fällen, d. h. wenn mehrere grössere Rücklieferer in einer Gemeinde konzentriert sind, können ausserhalb der Fabrikarbeitszeit sogar Zustände auftreten, bei denen die Spannung am Ende der betreffenden Hochspannungsleitung höher wird als im speisenden Unterwerk. Solche Zustände sind speziell mit Rücksicht auf die starke Abhängigkeit der Lebensdauer der Glühlampen von der Spannung nicht zulässig. Je nach den Verhältnissen ist das Elektrizitätswerk gezwungen, eine separate Spannungsregulierung der betreffenden Leitung vorzunehmen oder, wenn diese Lösung aus technischen Gründen nicht möglich ist oder aus wirtschaftlichen Gründen nicht verantwortet werden kann, die Aufnahme von Ueberschussenergie zu bestimmten Tageszeiten auf eine bestimmte Leistung zu beschränken oder gar abzulehnen.

Selbstverständlich gelten die gleichen technischen Anforderungen für alle Gattungen von Fabrikkraftanlagen, z. B. auch für Dampfkraftanlagen mit Zwischendampfverwertung.

#### Erster Diskussionsbeitrag von Obering. W. Streuli, BBC, Baden

Es ist erfreulich, feststellen zu können, dass die in unserem Versorgungsgebiet massgebende Elektrizitätsunternehmung bereit ist, selbst kleine und zu ungünstigen Zeiten anfallende Energieüberschüsse von ihren Kunden zurückzukaufen. Wenn auch die auf diese Weise gewonnene Energie nur einen geringen Prozentsatz des Gesamtverbrauches ausmacht, sind die Verhältnisse heute derart, dass jede Möglichkeit eines Zuschusses zur Produktion ausgenützt werden sollte, um die volle Verwertung der Energiequellen unseres Landes zu erreichen. Es wäre daher zu begrüßen,

wenn der Standpunkt der EKZ. in dieser Frage allgemein zur Geltung käme. Dabei ist es klar, dass in allen solchen Fällen gewisse minimale Bedingungen für die Sicherheitsvorrichtungen oder Bedienung der Anlagen gestellt werden müssen, so dass infolge ihrer Kosten eine Rücklieferung nur innert gewisser Grenzen wirtschaftlich ist. Dies gilt besonders auch deshalb, weil es sich im allgemeinen um nicht sehr wertvolle Ueberschussenergie handelt, deren Preis zusätzliche Einrichtungen oder andere entsprechende Auslagen nur in beschränktem Masse gestattet.

Der Hauptgegenstand unserer Tagung ist die möglichst vollständige Ausnützung hydraulischer Industriewerke. Immerhin ist es wohl angezeigt, darauf hinzuweisen, dass noch eine andere, bisher im allgemeinen wenig ausgenützte Möglichkeit der Erzeugung zusätzlicher elektrischer Energie besteht, nämlich der sog. Verbundbetrieb der allgemeinen Energieversorgung mit thermischen Fabrikzentralen. Dabei soll selbstverständlich nicht empfohlen werden, dass alle Industriebetriebe die benötigte elektrische Energie wenn möglich thermisch selbst erzeugen sollen, statt sie über unsere Grossversorgung aus den hydraulischen Werken zu beziehen, sondern unser Vorschlag geht dahin, überall da, wo Dampf für Fabrikationszwecke oder Heizung in grösseren Mengen gebraucht wird, gleichzeitig elektrische Energie zu produzieren. Dies ist in diesen Fällen häufig zu ausserordentlich günstigen Bedingungen möglich, während bekanntlich die ausschliessliche Erzeugung elektrischer Energie aus Kohle oder Oel bei uns im allgemeinen nicht wirtschaftlich ist. (Der Vollständigkeit halber sei immerhin erwähnt, dass für gewisse Zwecke, wie z. B. Ausgleich der mehrjährigen Schwankungen der möglichen hydraulischen Energieerzeugung der Bau eines kalorischen Spitzenkraftwerkes schon mehrfach diskutiert worden ist.)

Der hohe Preis der mit Turbogruppen im Kondensationsbetrieb erzeugten Energie kann auf den geringen Wirkungsgrad des thermischen Prozesses zurückgeführt werden, bei dem der grösste Teil der im Dampf enthaltenen Wärme an das Kondenswasser abgeführt wird und dadurch für alle praktischen Zwecke verlorenght. Wird dagegen gleichzeitig Heizwärme in passenden Mengen benötigt, so ist es vorteilhaft, die Turbine mit Gegendruck zu betreiben, wobei die volle, im Abdampf enthaltene Wärme (sogar einschliesslich eines den innern Verlusten der Turbine entsprechenden Anteils) in der Heizung ausgenützt werden kann.

Die Verwertung dieser Tatsache, die jedem Thermodynamiker geläufig ist, ergibt umgekehrt die Möglichkeit, Heizdampfanlagen dadurch der allgemeinen Energieversorgung dienstbar zu machen, dass der Erzeugungsdruck des Dampfes höher gelegt und das Gefälle bis zum Heizdampfdruck in einem Vorschalt-Turbogeneratoraggregat ausgenützt wird. Der Preis der auf diese Weise erzeugten elektrischen Energie ist nur ein Bruchteil des Preises bei ausschliesslicher Stromerzeugung. Zudem bietet dieses Verfahren den grossen Vorteil, dass Energie- und Heizdampferzeugung zeitlich zusammenfallen, d. h. in die Hauptbetriebszeiten, worin es sich vorteilhaft vom Verhalten der hydraulischen Fabrikzentralen unterscheidet. Es ergibt sich sogar der weitere Vorteil, dass im Winter,

wo sowohl der Heiz- wie auch der Fabrikationsdampfbedarf im allgemeinen grösser ist, auch mehr Strom erzeugt wird, was ebenfalls mit den allgemeinen Bedürfnissen übereinstimmt. Man kann noch weiter gehen und ein derartiges Werk überhaupt nur im Winter betreiben, was infolge der Lagerfähigkeit der Kohle ohne weiteres möglich ist, wobei im Sommer, wo im allgemeinen gewisse Energieüberschüsse vorhanden sind, sowohl der elektrische Bedarf der Fabrik als auch der Heizdampf, aus Elektrokesseln, von den hydraulischen Werken bezogen wird. Auf diese Weise liesse sich dem grundsätzlich immer bestehenden Mangel an Winterenergie in einer gewissen Masse mit verhältnismässig geringen Kosten abhelfen, in grösserem Umfang allerdings nicht durch die vorgeschlagene Ausnützung von Fabrikzentralen, deren Gesamtleistung hierfür zu gering ist, wohl aber durch den Betrieb ausgesprochener Heizkraftwerke.

Der Verbundbetrieb zwischen thermischen Industriekraftwerken und allgemeiner Versorgung ist im Ausland viel weitergehend eingeführt als bei uns, was ohne weiteres begreiflich ist, da in den meisten andern Ländern die thermische Energieerzeugung an und für sich naheliegt. Doch ist auch dort ein weiterer Ausbau des Verbundbetriebes möglich. So wurde kürzlich für Deutschland eine Zahl von etwa 50 Milliarden kWh/Jahr genannt, die durch praktisch vollständige Koppelung der Wärmeerzeugung in der Industrie mit gleichzeitiger Krafterzeugung gewonnen werden könnte.

Nun noch einige Worte über eines der 13 in der Schweiz auf diese Weise betriebenen und mit Brown-Boveri-Dampfturbinen ausgerüsteten Fabrikwerke, dasjenige der Färberei Jenni in Aarau.<sup>1</sup> Diese Anlage wurde vor einigen Jahren modernisiert, indem statt der bis dahin benützten Niederdruckkessel eine moderne Hochdruckkesselanlage samt zugehörigem Gegendruck-Turboaggregat erstellt wurde (Abb. 1, Wärmeschema). Der Dampf wird heute mit 35 atü erzeugt und im Turbogeneratoraggregat auf die Heizdampfspannung von 6 atü entspannt. Der Abdampf wird mit Hilfe der alten, jetzt ungefeuerten Niederdruckkessel gepuffert, so dass am Abend die Feuerung des Hochdruckkessels eingestellt werden kann. Der geringe Nachtstromverbrauch wird aus dem Netz des Elektrizitätswerks der Stadt Aarau bezogen, der ebenfalls stark reduzierte Dampfverbrauch aus den Speichern. Mit dieser Anlage war es möglich, den gesamten Stromverbrauch der Fabrik während der Arbeitszeit selbst zu decken, ja anfänglich wurde sogar während der Hauptbelastungszeiten elektrische Ener-

<sup>1</sup> J. Broggi, Die erste Hochdruck-Dampfanlage der Schweiz im industriellen Betrieb, als Beispiel einer modernen Kleinzentrale. BBC-Mitteilungen, Dezember 1927.



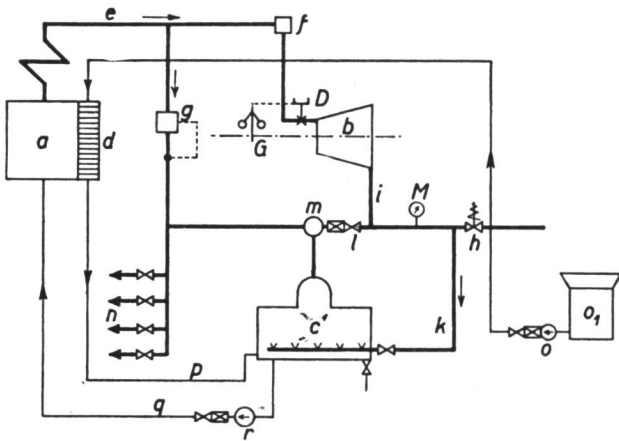


Abb. 1 Wärmeschema einer Heizdampfanlage mit Vorschaltturbine. (Färberei Jenny & Co., Aarau)

Der im Hochdruckkessel a erzeugte Dampf von 35 atü wird in der Vorschaltturbine b unter gleichzeitiger Erzeugung elektrischer Energie teilweise entspannt und in die als Speicher dienenden alten Niederdruckkessel c geleitet, von wo aus normalerweise die verschiedenen Verbraucher n gespiesen werden. Falls die Dampfabgabe der Niederdruckkessel nicht genügt, wird entweder von Hand über ein Frischdampfdruckventil g oder über ein automatisches Bypassventil l zusätzlich Dampf in die Heizleitungen abgegeben. Für die Bedienung der gesamten Anlage genügt ein Mann, der auch die Heizung des Hochdruckkessels besorgt.

gie an das Werk der Stadt Aarau abgegeben. Heute ist dies allerdings infolge des gestiegenen Eigenbedarfs der Färberei an elektrischer Energie nicht mehr durchführbar.

Anlagen dieser Art sind unter Umständen schon wirtschaftlich für Betriebe, die nur wenige hundert kg Kohle pro Stunde verbrauchen. Die dabei anfallenden Energiemengen sind, wie erwähnt, im Verhältnis zur allgemeinen Versorgung nicht sehr gross, doch handelt es sich stets um wertvolle Energie, da sie während der Bedarfszeit erzeugt wird. Ganz bedeutende Energiemengen lassen sich jedoch gewinnen durch Grossheizanlagen ganzer Städteblöcke, wie z. B. das Fernheizkraftwerk der ETH. oder das viel ältere Heizwerk von Brown Boveri in Baden.

Welche Leistungen mit Dampf von z. B.  $50 \text{ kg/cm}^2$  abs. und  $400-450^\circ \text{C}$  bei verschiedenen Gegendrücken erzeugt werden können, und zwar bei Dampfmenngen zwischen 10 und  $50 \text{ t/h}$ , ist aus Abb. 2 ersichtlich. Aus dem Verlaufe der Kurven ist deutlich die Wichtigkeit des Gegendruckes zu erkennen, der natürlich möglichst niedrig sein sollte. Im allgemeinen ist zu sagen, dass beim Uebergang auf Heizkraftbetrieb der Heizdampfdruck wesentlich niedriger sein darf als vor dem Umbau als notwendig erachtet wurde. In grösseren Unternehmungen können nebst Elektrokesseln auch Wärmepumpen zur weiteren Verfeinerung des Prozesses herbeigezogen werden.

Es ist ganz klar, dass auch bei einem Heizkraftwerk die elektrische Energie nicht gratis erzeugt werden kann, sondern dass dafür eine Kohlenmenge entsprechend den  $860 \text{ Cal per kWh}$  sowie den Verlusten im

Kessel und gewissen Verlusten in der Turbine aufgewendet werden muss. Andererseits ist zu sagen, dass z. B. bei der Heizung eines grösseren Stadtquartiers durch ein zentrales Heizkraftwerk trotz der zusätzlich erzeugten elektrischen Energie der Brennstoffverbrauch nicht notwendigerweise grösser wird als im ursprünglichen Zustand, wo die Heizung auf eine grosse Zahl unwirtschaftlich betriebener Einzelöfen verteilt war. Da im übrigen Kohle als Rohstoff grundsätzlich als erwünschter Importartikel zu betrachten ist, ist es nicht ohne weiteres selbstverständlich, dass der Kohleimport in normalen Zeiten auf ein Minimum gedrosselt werden müsse, wie dies gelegentlich angenommen wird, sondern es sollen eben auch in dieser Einzelfrage die allgemeinen Interessen der Volkswirtschaft massgebend sein. Ueber die generellen Fragen der schweizerischen Wärmewirtschaft verweisen wir im übrigen auf eine im Laufe dieses Krieges erschienene Druckschrift des Schweiz. Energiekonsumenten-Verbandes.<sup>2</sup>

Nach diesem Exkurs in ein kalorisches Gebiet wollen wir uns nun wieder der Frage der hydraulischen Fabrikzentralen zuwenden, die heute in erster Linie zur Diskussion steht. Es wurde schon kurz auf die notwendigen Sicherungsmassnahmen hingewiesen, die

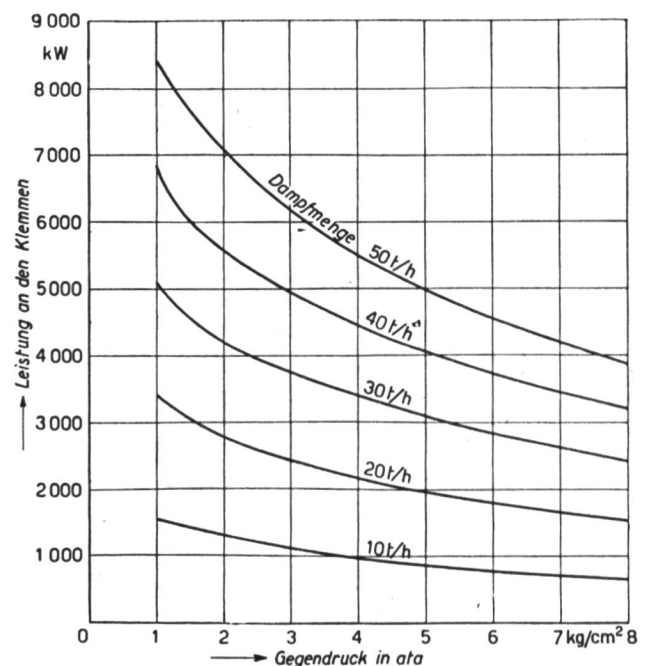


Abb. 2 Leistungserzeugung in Heizkraftwerken mit Gegendruckturbogruppen.

Die Kurven zeigen, welche Leistungen an den Generatorklemmen erhältlich sind, wenn 10.....50 t/h Dampf, die für Heizzwecke mit 1.... 8 ata benötigt werden, als Frischdampf von 50 ata und  $400-450^\circ \text{C}$  erzeugt und in der Gegendruckturbogruppe bis auf den Heizdampfdruck entspannt werden.

<sup>2</sup> Anpassung der Wärmeversorgung der schweiz Industrie an die gegenwärtige und kommende Kohlenwirtschaft, Verlag: Schweiz. Energiekonsumenten-Verband, Zürich.



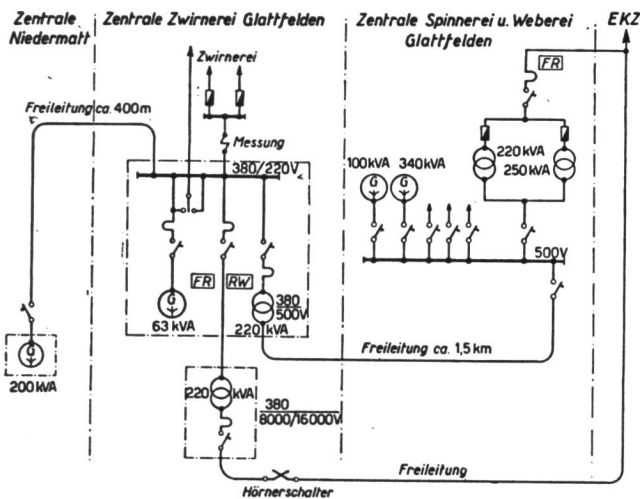


Abb. 3 Prinzipschema der Fabrikzentralengruppe Zwirnerei Glattfelden und Niedermatt (Salzmann & Cie., St. Gallen) mit der angeschlossenen Spinnerei und Weberei Glattfelden.

Die Zwirnerei wird durch 2 Generatoren gespeist, von denen der kleinere bei eventuellen Störungen auf der Verbindungsleitung nach Niedermatt auf die wichtigsten Betriebe umgeschaltet werden kann. Nebst Energierücklieferung an das Netz der EKZ wird von der Zwirnerei auch noch Energie an die Spinnerei abgegeben, die ihrerseits ebenfalls mit dem EKZ-Netz gekuppelt ist. Der Parallelbetrieb wird, wie üblich, durch Frequenzrelais (FR) überwacht; unerwünschten Energiebezug verhindert ein Rückwattrelais (RW).

beim Parallelbetrieb zwischen Fabrikzentralen mit eigener Erzeugung und dem allgemeinen Versorgungsnetz vorgeschrieben werden müssen. Da es sich um verhältnismässig einfache Apparate handelt, die von der Industrie ohne weiteres zur Verfügung gestellt werden können, dürfte es nicht notwendig sein, näher auf diese Frage einzugehen. Es ist auch möglich, derartige Kleinzentralen weitgehend zu automatisieren, sowohl den Betrieb an und für sich als auch die Regelung zwecks strikter Einhaltung der mit dem Werk vereinbarten Lieferungs- und Bezugsbedingungen. Im allgemeinen wird man jedoch versuchen, mit einem Minimum an Einrichtungen und gleichzeitig ohne dauernde Ueberwachung durchzukommen, wobei der hiefür zu wählende Mittelweg von Fall zu Fall festzulegen ist. Auch die Disposition muss sich den Gegebenheiten anpassen, da im allgemeinen derartige Anlagen nicht von Grund auf neu erstellt, sondern als Umbau auf elektrischen Betrieb oder Erweiterung bestehender Turbinenanlagen in vorhandenen Räumen untergebracht werden müssen. Trotzdem lassen sich durch richtige Zusammenarbeit zwischen Eigentümer, Hydrauliker, Turbinenbauer und Elektriker Anlagen erstellen, die allen vernünftigen Ansprüchen auf Uebersichtlichkeit, Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit genügen. Ein günstiger Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit ergibt sich aus dem Umstande, dass es sich im allgemeinen um kleinere Einheiten handelt, bei denen sich die oft bedeutende Spanne zwischen den günstigsten Drehzahlen der Turbine und des Generators durch verhältnismässig einfache und

für die vorliegenden Leistungen vollkommen betriebssichere Hilfsmittel überbrücken lässt. Als solche kommen Flachriemen mit oder ohne Spannrolle, Keilriemen, Ketten und verschiedene Zahnradgetriebe, gelegentlich sogar Wechselgetriebe in Frage, während der direkte Antrieb, obwohl er vom Standpunkte des Unterhaltes und der Geräuschlosigkeit vorzuziehen wäre, infolge der dadurch bedingten Vergrösserung des Generators verhältnismässig selten gewählt werden kann. Dies trifft besonders deshalb zu, weil derartige Anlagen in der Regel mit kleinen Gefällen und dementsprechend niedrigen Turbinendrehzahlen gebaut werden.

Als typische, durch Umbau vorhandener Einrichtungen entstandene Anlagen erwähnen wir die Zwirnerei Glattfelden, die zwei Zentralen umfasst und zudem über eine eigene Freileitung mit der Zentrale der Spinnerei und Weberei Glattfelden verbunden ist (Schema Abb. 3). Sowohl die Zwirnerei wie die Spinnerei und Weberei sind mit dem Netz der EKZ. gekuppelt, wobei die Kupplung im Falle einer Störung durch je ein Frequenzrelais (FR) unterbrochen wird. Da die Zwirnerei aus ihren beiden Zentralen den Eigenbedarf normalerweise selbst deckt, ist sie gegen Bezug von Energie aus dem EKZ.-Netz durch das Rückwatt-Relais (RW) geschützt. Im Falle einer Störung auf der Freileitung von der Zentrale Niedermatt in die Zwirnerei können die lebenswichtigsten Betriebe auf den in letzterer selbst vorhandenen 63-kVA-Generator umgeschaltet werden. Der 200 kVA-Generator in der Zentrale Niedermatt wird über ein Getriebe mit 1000 U/min. angetrieben (Abb. 4). Die gesamte Schaltapparatur ist in einer schrankähnlichen Schalttafel untergebracht. Der 63-kVA-Generator in der Zwirnerei (Abb. 5) läuft ebenfalls mit 1000 U/min., der Antrieb geschieht hier durch ein Uebersetzungs-

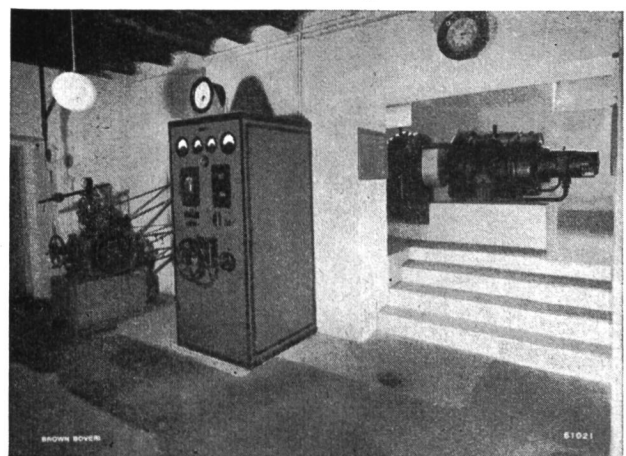


Abb. 4 Generator 200 kVA, 1000 U/min. in der Zentrale Niedermatt (siehe auch Abb. 3), angetrieben über ein Zahnradgetriebe von einer 130 tourigen Wasserturbine (Ing. Wyss, Uzwil). Die notwendigen Apparate sind in einem Schaltschrank zusammengebaut.

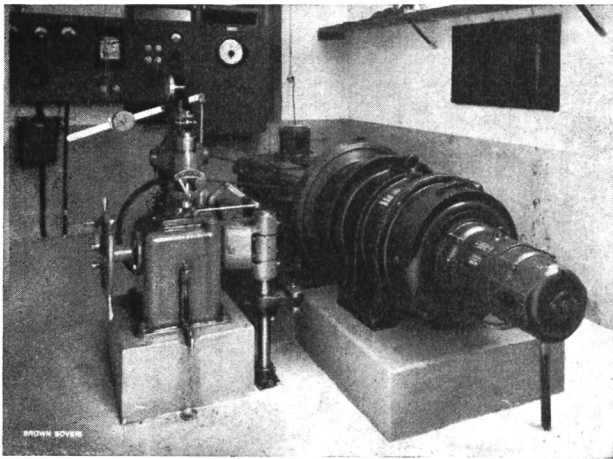


Abb. 5 Generator 63 kVA, 1000 U/min. in der Zentrale Glattfelden. (siehe auch Abb. 3), angetrieben durch Vertikalturbine 135 U/min. (Benninger, Uzwil) über ein Übersetzungswinkelgetriebe (von Roll). Einfachste Schaltanlage in Form einer Wandschalttafel.

getriebe vertikal-horizontal von einer Vertikalturbine von 135 U/min. (Benninger, Uzwil) aus. Die Schaltapparatur ist in einfachster Weise als Wandschalttafel ausgeführt.

Eine vollständig neu gebaute und dementsprechend sehr übersichtlich angelegte Anlage ist die der Firma R. Schmid Sohn in Gattikon (Abb. 6), bestehend aus einem vertikalen 600tourigen 390-kVA-Generator, gekuppelt mit Kaplanturbine Escher Wyss. Eine Besonderheit der Kaplanturbine ist bekanntlich, dass sie mit verstellbaren Laufradschaufeln ausgerüstet ist, die von einem mitrotierenden Servomotor betätigt werden. Das dafür benötigte Drucköl wird durch die hohle Generatorwelle zugeführt, was oft zur Wahl eines unverhältnismässig grossen Erregers zwingt, um die verlangte Bohrung auch durch diesen durchführen zu können. Bei den Generatoren der Papierfabrik Serrières (Abb. 7) ist diese Schwierigkeit dadurch um-

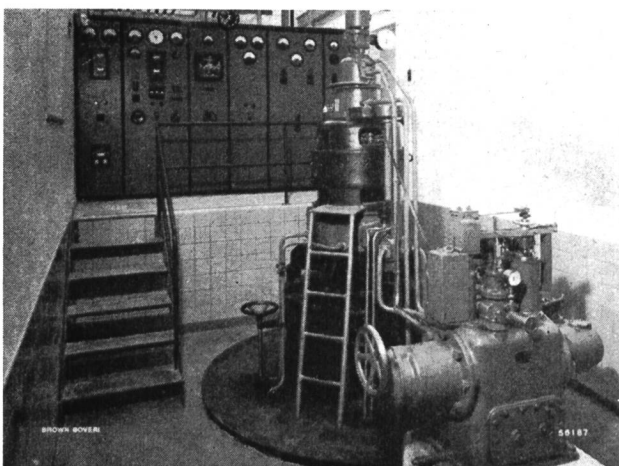


Abb. 6 390-kVA-Vertikal-Generator der Anlage R. Schmid Sohn, Gattikon, direkt gekuppelt mit Kaplanturbine (Escher Wyss). Auf der 5feldrigen Schalttafel sind unten auf Feld 1 das Frequenzrelais, oben auf Feld 3 der Spannungsregler besonders deutlich erkennbar.

gangen, dass der Erreger neben dem Generator angeordnet und mit erhöhter Drehzahl über einen Riemen angetrieben wird.

Schliesslich zeigt Abb. 8 eine weitgehend automatisierte Anlage, die mit mittlerem Gefälle aus einem Stauweiher gespeist wird, wodurch die durch selbsttätige Regler erreichbaren Regulierungsmöglichkeiten weitgehend ausgenützt werden konnten. Die Anlage ist mit automatischer Spannungsregulierung und automatischer Parallelschalteneinrichtung versehen. Der Turbinenregler wird von elektrischen Leistungsreglern so beeinflusst, dass wahlweise folgende Betriebsfälle möglich sind: Fester Bezug vom EKZ.-Netz — feste Generatorleistung (z. B. entsprechend dem Wasserzufluss ins Staubecken) — konstanter Leistungsfaktor der Rücklieferung an das EKZ.-Netz und schliesslich eine Kombinationsmöglichkeit, indem bei vorübergehendem, grösserem Energiebedarf die Spitze nicht von den



Abb. 7 Papierfabrik Serrières  
2 Vertikalgeneratoren je 230 kVA, 750 U/min., direkt gekuppelt mit Kaplanturbinen (Charmilles).

Um die durch die Kaplanturbine bedingte durchgehende Wellen-Bohrung nicht durch den Erreger führen zu müssen, was die Wahl eines im übrigen unnötig grossen Typs bedingt hätte, ist der Erreger seitlich angeordnet und wird vom Generator aus durch Riemen mit erhöhter Drehzahl angetrieben.

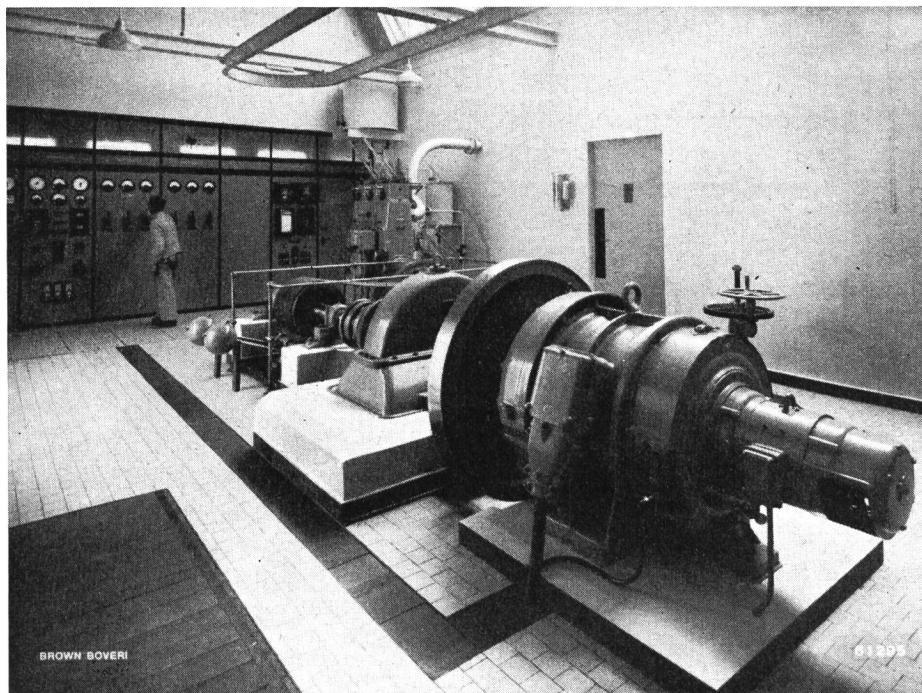
EKZ. bezogen, sondern dem Staubecken entnommen wird. Auf diese Weise ist eine strikte Einhaltung der vertraglichen Vereinbarungen mit dem Energielieferanten, ohne besondere Ansprüche an das Betriebspersonal stellen zu müssen, gesichert.

#### Zweiter Diskussionsbeitrag von Ing. F. Wydler, Elektrotechnisches Institut der ETH, Zürich

Der Anschluss von kleinen selbständigen Kraftwerken und Industrieanlagen an die grossen Verteilnetze hat in vielen Fällen besondere Massnahmen zur Folge. Eine solche spezielle Massnahme ist die genaue zeitliche und mengenmässige Beherrschung der austauschbaren Energiemengen. Das Bedienungspersonal

Abb. 8 Turbinenzentrale (mit Notstromaggregat) Richterswil der Seidenzwirnerie Zinggler, Zürich.

750 touriger 205-kVA-Generator, gekuppelt mit Pelton-Turbine Escher Wyss, bzw. über ausrückbare Kuppelung mit Dieselmotor Sulzer. Die Zentrale ist weitgehend automatisiert. Nebst einem selbsttätigen Spannungsregler und Synchronisierapparat, wird durch mehrere Leistungsregler strikte Einhaltung der mit dem Energielieferanten vereinbarten Bedingungen und beste Ausnützung des Wasseranfalls erreicht. Dies ist im vorliegenden Fall möglich, da ein Speicherbecken vorübergehende Spitzendeckung erlaubt.



kleiner Anlagen ist oft nicht in der Lage, diesen plötzlich erhöhten Anforderungen des Betriebes beim Zusammenschlusse der Werke zu genügen. Die Lösung dieser betriebstechnisch wichtigen Aufgabe kann befriedigend meistens nur mit automatischer Leistungsregulierung durchgeführt werden. Meine Ausführungen beschränken sich auf einige Beispiele ausgeführter automatischer Leistungsregulierung in kleineren Kraftwerken beim Anschluss an Ueberlandwerke.

1. Eine Möbelfabrik besitzt zur Verwertung von Holzabfällen ein eigenes Kraftwerk. Dieses Kraftwerk besteht aus einem Lokomobil (Dampfmaschine), gekuppelt mit einem Drehstromgenerator von 75 kVA. Der Generator arbeitet mit dem Sekundärnetz eines Kantonswerkes parallel. In den Sommermonaten ist der Strombezug praktisch freigestellt (max. 80 kW), im Winter hingegen verlangt das Werk eine bestimmte Begrenzung des Bezuges auf max. 10 kW während der Spitzenzeit und auf max. 30 kW in den übrigen Tagesstunden. Diese Bedingungen können durch automatische Leistungsregulierung vollständig eingehalten werden.

Im einfachen Schaltbild (Abb. 1) dieser Anlage bedeutet W die ankommende Leitung. Der Leistungsregler LR besteht aus einem wattmetrischen Messsystem und seiner Hilfsapparatur. Er ist über Strom- und Spannungswandler an diese Leitung W angeschlossen. Der Regler beeinflusst die Beaufschlagung, d. h. die Dampfzufuhr zur Dampfmaschine. Der von der Möbelfabrik über der vorgeschriebenen Bezugsquote benötigte Energiebedarf auf dem Abzweig K, Konsum,

wird vollständig durch die Dampfmaschine gedeckt. Es handelt sich also hier um ein Speicherwerk mit «kalorischem» Charakter. Die Betriebsleitung dieses Werkes hat es in der Hand, ihre Fabrikationsabfälle im Sommer zu stapeln. Durch deren Verwertung im

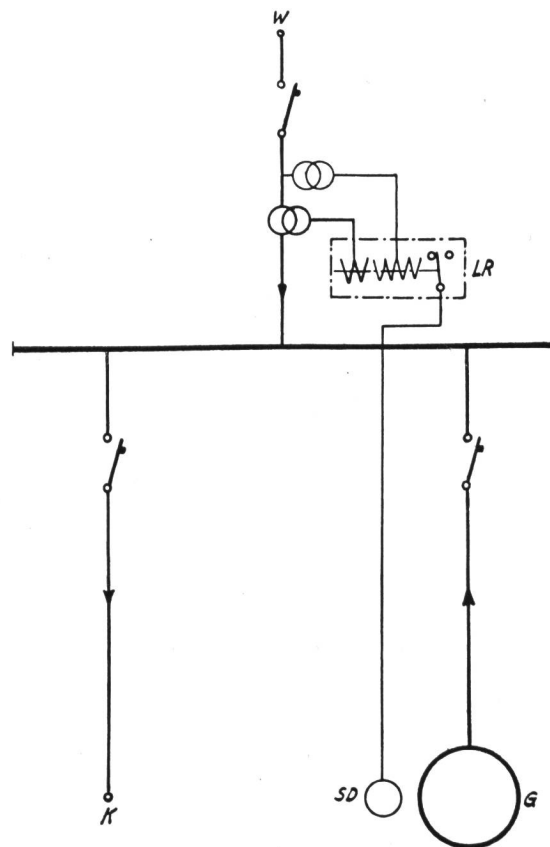


Abb. 1 Vereinfachtes Schaltbild über den Einbau eines Leistungsreglers LR in einer Eigenanlage.



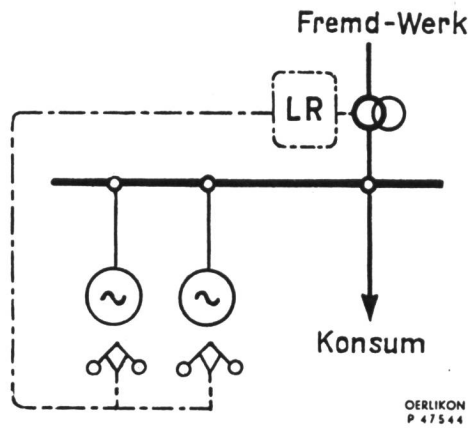


Abb. 2 Prinzipielles Schaltbild einer Anlage mit Regulierung des Fremdbezuges durch automatischen Leistungsregler

Winter kann direkt zur Verbesserung der Gesamtenergieversorgung beigetragen werden. Zudem werden dadurch die Anschlussbedingungen (Tarif) für das Kleinkraftwerk und auch für das Ueberlandnetz günstig beeinflusst. Es könnte natürlich hier an Stelle der Dampfmaschine ebensogut eine Wasserkraft im gleichen Sinne reguliert werden.

2. Ein selbständiges Werk, das Gemeindekraftwerk St. Moritz, verfügt über beträchtliche eigene Wasserkraft mit Tagesausgleichbecken. Es sieht sich trotzdem genötigt, im Winter mit dem eigenen Wasser sehr haushälterisch umzugehen und während der Tagesspitzen, veranlasst durch saisonmässigen Sportbetrieb, Fremdenergie von einem benachbarten Grosskraftwerk zu beziehen. Bild 2 zeigt das prinzipielle Schaltbild des Kraftwerkes mit dem Fremdanschluss. In der Zuleitung des Fremdanschlusses liegt der Leistungsregler LR, der die Regulatoren der eigenen Turbinen beeinflusst.

Die Verrechnung der bezogenen Fremdenergie erfolgt nach der höchsten, während einer halben Stunde innerhalb eines Verrechnungsmonates bezogenen Quote. Das ist eine sehr scharfe finanzielle Erfassung von relativ kurzzeitigen Bezügen, die einen möglichst niedrigen konstanten Wert überschreiten. Die Betriebsleitung des Gemeindewerkes sah sich deshalb veranlasst, alle Mittel zu ergreifen, um kurzzeitig erhöhte Fremdbezüge zu vermeiden und solche Spitzen mit der eigenen Anlage zu decken. Zu diesem Zwecke wurde anfänglich das Bedienungspersonal der eigenen Zentrale angewiesen, auf ein durch Maximumzeiger am Fremdbezugswattmeter betätigtes akustisches Signal die Turbinenregulatoren entsprechend nachzujustieren. Gefestigt wurde diese Betriebsart durch Verhängung von Bussen bei einer Nichtbeachtung des Signales. Dieses Vorgehen brachte jedoch nicht den gewünschten Erfolg. Es wurde nun das Gegenteil versucht, indem an das Bedienungspersonal für möglichst

niedrigen konstanten Energiebezug bescheidene Prämien in Aussicht gestellt wurden. Dieses Vorgehen brachte bessere Resultate, hatte jedoch den Nachteil, dass sich das Bedienungspersonal zu intensiv mit der Leistungsregulierung abgab und andere wichtige Aufgaben etwas vernachlässigte. Durch den Einbau einer automatischen Leistungsregulieranlage konnte in diesem Falle der Fremdbezug auf eine so gleichmässige Quote gebracht werden, dass diese Neuinvestition in der Zeit von zwei Monaten vollständig amortisiert war.

Abb. 3 zeigt die Registrierstreifen vom Fremdbezugswattmeter an zwei Tagen mit ähnlichen Betriebsbedingungen mit oben «prämiierter» Handregulierung und unten automatischer Regulierung. Abb. 4 zeigt eine Ansicht der kleinen Schalttafel mit der automatischen Reguliereinrichtung, bestehend aus dem Leistungsregler und einigen Hilfsapparaten. Die Einrichtung gestattet den Fremdbezug von 0 bis 2000 kW zu wählen.

Eine Mitarbeit des Gemeindewerkes St. Moritz an der Verbesserung der Gesamtversorgung ist an Hand der beschriebenen Leistungsregulieranlage nicht sofort ersichtlich, sie ist jedoch in indirekter Art in nicht zu unterschätzender Masse vorhanden. Die Verhältnisse liegen hier wie folgt: Bei der Handregulierung der vom benachbarten grösseren Kraftwerk bezogenen Fremdenergie traten die gezeigten grossen Schwankungen auf. Die Betriebsleitung des die Fremdenergie liefernden Werkes musste, um den Anforderungen in jedem Moment zu genügen, eine relativ grosse, schlecht ausgenützte Maschineneinheit in Betrieb halten. Diese wirtschaftlich und betriebstechnisch wenig erfreuliche Tatsache hatte eine ebensowenig erfreuliche finanzielle Seite. Die Regulierung des Fremdbezuges mit der beschriebenen Anlage gestattet nun den beiden Betriebsleitungen, sich auf längere Zeit auf genaue Quoten festzulegen und ihre Dispositionen im Maschineneinsatz entsprechend auf längere Sicht aufzustellen und dadurch der Allgemeinheit mit der vorausschauenden Planung zu dienen.

3. Als weiteres Beispiel sei noch eine Industrieanlage mit bedeutender kalorischer Eigenerzeugung angeführt. Sie verfügt neben einer Turbogruppe über eine grössere Wasserkraft und ist zudem an ein Kantonsnetz angeschlossen (Abb. 5). Die Verhältnisse erlauben es hier, die hydraulische Anlage dauernd voll auszunützen. Die thermische Anlage dient während des Tages neben der bedeutenden Wärmeversorgung des Betriebes zur Spitzendeckung. Da es sich um eine Anzapfturbine handelt, kann diese Spitzenleistung selbst zu ausserordentlich günstigen Bedingungen erzeugt werden. Das mit angeschlossene Kantonswerk hat daher nur mit einer zum voraus festgesetzten kon-

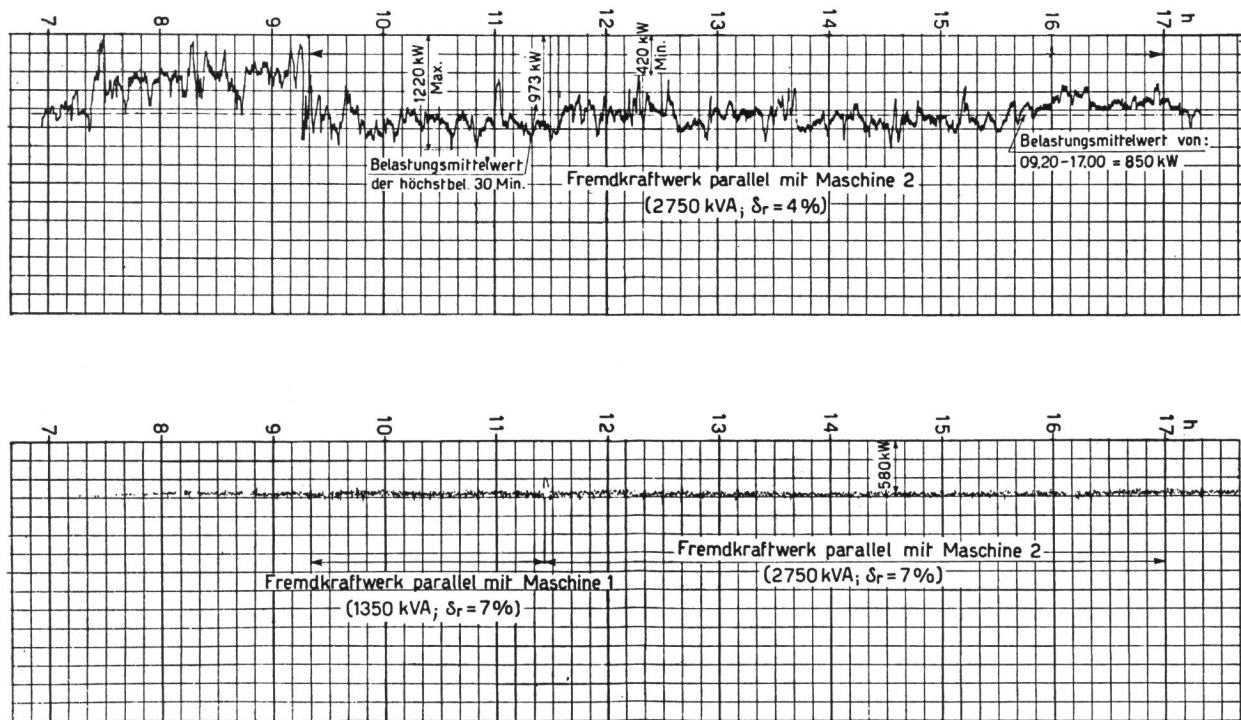


Abb. 3 Registrierstreifen vom Fremdbezugs wattmeter. Oben: Ausschnitt aus dem Wattmeterstreifen bei «Handregulierung»; unten: Ausschnitt aus dem Wattmeterstreifen bei automatischer Regulierung durch Leistungsregler.

stanten Energiequote beizutragen. Diese wirtschaftliche Betriebsart lässt sich auch hier nur unter Zuhilfenahme einer automatischen Leistungsregulieranlage betriebstechnisch einfach und sicher durchführen. Die Anlage besitzt ferner einen Elektrokessel, der gestattet, auch während der Nacht die eigene hydraulische Wasserkraft voll auszunützen. Der Leistungsregler erlaubt zudem, beim Nachtbetrieb den Elektrokessel zusätzlich mit Fremdenergie zu beheizen, wobei dieser Fremdbezug auf eine beliebige konstante

Quote festgelegt werden kann, unabhängig von dem noch verbleibenden (unbedeutenden) Konsum der Fabrikanlage selbst. Dieses Beispiel wurde gewählt, weil es mit der Leistungsregulieranlage ohne weiteres möglich ist, den Energieaustausch im umgekehrten Sinne vorzunehmen. In Zeiten weniger belebten Geschäftsganges kann Energie ins Kantonsnetz abgegeben werden, wobei diese Quote entsprechend dem eigenen Bedarf nach einem beliebigen Abgabeprogramm festgesetzt werden kann. Solche Automatisierungen in kleineren Betrieben sind nicht nur vom betriebstechnischen Standpunkt aus erwünscht, sondern erhöhen ihre Wirtschaftlichkeit und bedeuten besonders heute in vielen Fällen Dienst am Lande.

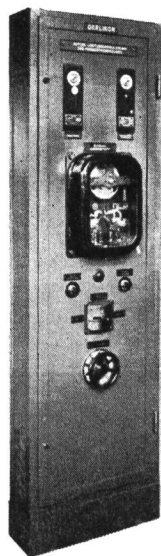


Abb. 4 Kleine Schalttafel mit automatischer Reguliereinrichtung

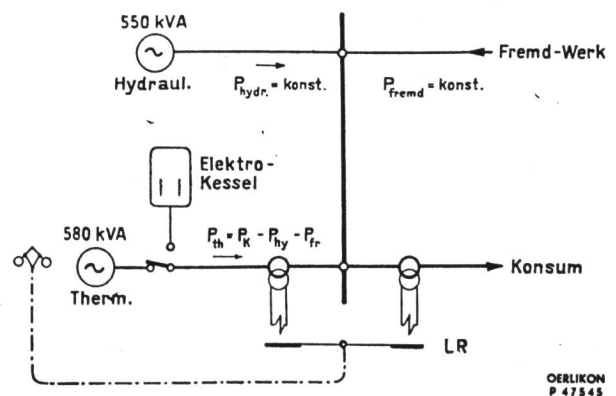


Abb. 5 Vereinfachtes Schaltbild einer Anlage mit hydraulischer und thermischer Eigenerzeugung und Elektrokessel