

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band:	46 (1955)
Heft:	9
Rubrik:	Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 21.02.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Die Regulierung der Frequenz und der Leistungen der Kraftwerke und der Verbindungsleitungen der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse

Von P. Dumur und R. Comtat, Lausanne 061.3(100) : 620.9 : 621.311.21 + 621.311.22/23

Der allgemeine Verbundbetrieb kann nur dann günstig verwirklicht werden, wenn die zwischen den verschiedenen Netzen auszutauschenden Leistungen und die gemeinsame Frequenz den heutigen Anforderungen bezüglich Frequenzhaltung und gegenseitiger Solidarität entsprechend reguliert werden. Wie die Erfahrung zeigt, stellt die Leistungs-Frequenz-Regulierung eine vorteilhafte Lösung dar.

Zweckentsprechende Ausrüstungen zur Leistungs-Frequenz-Regulierung nach diesem Prinzip sind seit mehreren Jahren bei den hydro-elektrischen Zentralen Chandoline und Miéville der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse in Betrieb. Die hauptsächlichsten Eigenschaften dieser Einrichtungen und die damit gemachten Erfahrungen werden im vorliegenden Bericht beschrieben.

L'interconnexion des réseaux ne peut être réalisée favorablement que si les puissances d'échange entre les différents réseaux et la fréquence commune sont réglées conformément aux exigences actuelles du maintien de la fréquence et de la solidarité entre les réseaux. Sous ce rapport le réglage des puissances d'échange selon la loi puissance-fréquence est une solution avantageuse, comme l'expérience du reste l'a démontrée.

Des équipements appropriés réalisant le réglage des puissances d'interconnexions selon cette loi sont en service depuis plusieurs années déjà dans les usines hydro-électriques de Chandoline et de Miéville de la S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse. Les caractéristiques essentielles de ces équipements ainsi que les expériences d'exploitation faites avec ce système de réglage sont décrites et relatées dans ce présent article.

1. Einleitung

Die Zeiten sind endgültig vorbei, da im Mittelpunkt eines Versorgungsgebietes gelegene und mit Generatoren kleiner Leistung ausgerüstete Kraftwerke je für sich allein eine Stadt und deren Hinterland versorgten.

Die Ausbauleistungen der Kraftwerke sind inzwischen sprunghaft gestiegen, und die Zentralen selbst sind notgedrungen in Gegenden erstanden, in denen Wasserkräfte zur Verfügung waren. Die Fortleitung der Energie nach den Verbrauchszentren bedingte die Erstellung von Übertragungsleitungen, und die Sicherung eines unterbruchsfreien Betriebes erforderte den Parallelbetrieb der Zentralen zwecks gegenseitiger Aushilfe.

Die Entwicklung des Energiebedarfes hatte zur Folge, dass sich die Netze der grossen Unternehmungen — selbst solche verschiedener Staaten — unter sich verbanden, um die Energiequellen einzelner Regionen besser ausnützen zu können. Immerhin stellen solche Netzverbände neue Probleme bezüglich Betriebsführung und Regulierung. In der Tat können solche Zusammenschlüsse nur ins Auge gefasst werden, wenn der Leistungsaustausch zwischen den einzelnen Netzen auf Grund einer zuverlässigen Regulierung erfolgen kann, welche Leistungsverschiebungen nach genau bestimmten Programmen und vor allem unter Mitwirkung mehrerer Werke an der Aufrechterhaltung der gemeinsamen Frequenz, entsprechend den Energiedisponibilitäten jedes Netzes, erlaubt.

Diese Probleme stellten sich der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, als sie den Verbundbetrieb mit den benachbarten Netzen der Bernischen Kraftwerke (BKW) und der Electricité de France (EdF) ins Auge fasste. Zu diesem Zwecke richtete die EOS in ihren beiden Hauptspeicherwerken Chandoline

und Miéville eine Anlage ein, die die automatische Regulierung der zwischen den Verbundnetzen auszutauschenden Leistungen nach dem Leistungs-Frequenz-Prinzip gestattet. Dieses Prinzip wird in den folgenden Zeilen kurz beschrieben.

2. Gliederung und Charakteristik der Zentralen der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse

Fig. 1 zeigt schematisch den Zusammenschluss der Werke der EOS und der entsprechenden Übertragungsleitungen. Die Energieerzeugung erfolgt einseitlich in den drei Speicherwerken von Chandoline, Miéville und Fully, die durch die entsprechenden Speicherseen von Dixence-Cleuson, Salanfe und Fully gespiesen werden, und andererseits in den beiden, die Wasser der Dranse ausnützenden Laufwerken von Champsec und Martigny-Bourg. Diese 5 Werke mit einer gesamten installierten Leistung von 312 MVA erzeugen jährlich 570 GWh, wovon 450 GWh Winter- und 120 GWh Sommerenergie. Innert kurzem werden hiezu noch die beiden Werke von Fionnay-Dixence und Nendaz kommen, die gegenwärtig im Rahmen der Arbeiten der Grande-Dixence-Werke gebaut werden, welch letztere mit einer gesamten Ausbauleistung von 840 MVA das Wasser des künftigen Speicherbeckens der Grande Dixence verarbeiten werden. Dieses Speicherbecken mit einem Stauinhalt von 400 Millionen m³ Wasser, entsprechend 1670 GWh, wird künftig in der EOS-GD eine jährliche Gesamtproduktion von 1960 GWh einbringen.

Die gegenwärtig durch die fünf Werke der EOS erzeugte Energie wird den verschiedenen Verbrauchszentren der EOS, sowie einigen benachbarten Netzen zugeführt. Diesem Zweck dient das 130/150-kV- und 65-kV-Leitungsnetz, welches die Energie in die Verbrauchszentren überführt, wo

die weitere Verteilung ausschliesslich über die Lokalnetze erfolgt. Die drei Speicherwerke liefern die Spitzenenergie, vor allem im Winter, und nur in bescheidenem Rahmen im Sommer, während die beiden Laufwerke hauptsächlich im Sommer die Grundlast zu übernehmen haben.

nende Grundenergiequote. Im Sommer über die lokalen Bedürfnisse hinaus anfallende Energie wird über die Transformatoren der Zentrale Miéville ins 130-kV-Netz übergeleitet und trägt so einen gewissen Teil zur Grundleistung dieses Netzes bei. Im Winter dagegen ist die Produktion dieser Zentralen

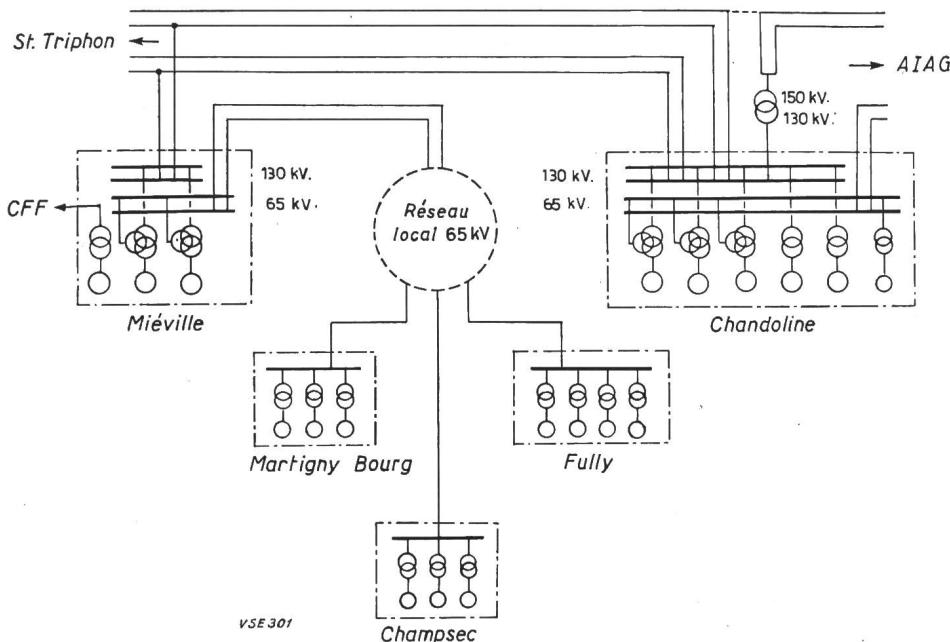


Fig. 1
Übersichtsschema der hydro-elektrischen Zentralen der EOS

Werk	Installierte Leistung MVA	Winterenergie GWh	Sommerenergie GWh	Jahresproduktion GWh
Chandoline	5 × 37,5	260	20	280
Miéville	2 × 37,5	130	—	130
Martigny-Bourg	3 × 8	35	50	85
Champsec	3 × 4,5	18	47	65
Fully	4 × 2,8	8,5	—	8,5

Dank ihrer Eigenart, der zur Verfügung stehenden Leistung und der Verwendung von Peltonturbinen sind die beiden Hauptzentralen Chandoline und Miéville besonders geeignet zur Frequenzhaltung im Netz der EOS, sowie zur Leistungsregulierung im Verbundbetrieb. Der Leistungsbereich dieser beiden Werke ist seinem Wesen nach sehr veränderlich und bedingt eine grosse Geschmeidigkeit seitens der Turbinen-Generatoren-Gruppen. Daher arbeiten diese Gruppen während der «Belastungslöcher» zum Zwecke der Spannungshaltung im 150/130-kV-Netz als Synchron-Kompensatoren, um, wenn nötig, innert weniger Minuten ohne weiteres die volle Wirklast übernehmen zu können, wie sie während der Belastungsspitze aufzutreten pflegt. Die in diesen beiden Werken zur Frequenz-Leistungs-Regulierung bestimmten Generatorengruppen dirigieren, sozusagen als «chef d'orchestre», wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, die Regulierung, während die andern Gruppen dieser beiden Zentralen die Grundquoten übernehmen, deren Werte dank der auf 4...6 % erhöhten Statik der Regulierorgane dieser Gruppen konstant bleiben.

Die beiden Laufwerke Champsec und Martigny liefern über das 65-kV-Netz (Fig. 1) die vor allem der Speisung der lokalen Verbrauchszentren die-

geringer und der Energieaustausch spielt sich in der andern Richtung ab. Der Betrieb dieser beiden Zentralen — vor allem im Winter — ist durch die Wasserführung der Dranse bedingt. Diese Zentralen können folglich nicht zur Regulierung herangezogen werden und ihre Generatorengruppen arbeiten mit konstanter Leistung. Zu diesem Zwecke ist die Statik ihrer Regulierorgane «nach oben verschoben», derart, dass der Regulierungsbereich offen blockiert ist. Immerhin ist die Statik so eingestellt, dass bei einem den Wert von 50,4 Hz übersteigenden Frequenzanstieg die Regulierung anspricht und die Leistung entsprechend der Regulatoren-Statik vermindert. Außerdem besteht in den Wasserzuleitungen der Zentrale Champsec die Möglichkeit kurzzeitiger, beschränkter Speicherungen. Solche Speicherungen werden vorteilhaft während der Belastungsspitzen ausgenutzt, damit dieses Laufwerk durch die Abgabe seiner vollen Leistung ein wenig zur Entlastung der Spitzenwerke beitrage. Diese Anordnung in der Zentrale Champsec ist somit sehr günstig. Es wäre wünschenswert, dass eine grössere Anzahl mit normalerweise blockierter Leistung arbeitende Laufwerke durch kurzzeitige Energiespeicherung ihre Energieerzeugung geschmeidiger gestalten könnten.

3. Wesen und Eigenschaften der Regulierung der Verbundleistungen im Netz der EOS

Fig. 2 erläutert schematisch die Stellung des Netzes der EOS innerhalb der Gesamtheit der wichtigeren schweizerischen Netze. Der Energieaus-

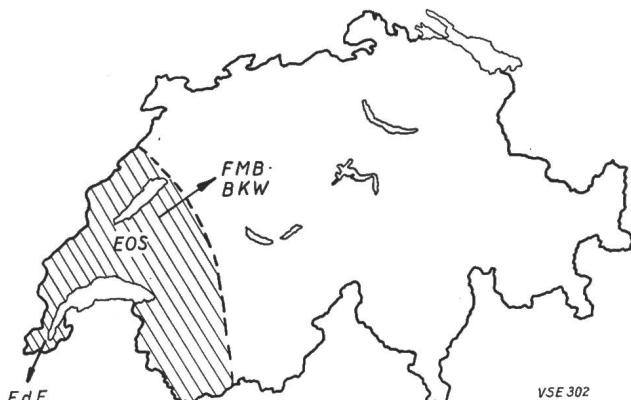


Fig. 2
Verbundbetrieb des Netzes der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse

tausch erfolgt innerhalb derselben von West nach Ost. EOS arbeitet im Verbundbetrieb mit den BKW und der EdF. Die Verbindung mit dem BKW-Netz ist sozusagen eine ständige und geht über die Kuppelstation Galmiz, während der Zusammenschluss mit der EdF in der Zentrale Verbois je nach Bedarf erfolgt. Ohne jede Regulierung würde die zwischen den derart verbundenen Netzen ausgetauschte Leistung einen beliebigen Wert annehmen, welcher unter anderem durch die Produktions- und Belastungsverhältnisse jedes Netzes bestimmt würde. Daher drängt sich eine Regulierung auf, die den Leistungsaustausch auf Grund bestimmter Programme ermöglicht.

führbar, bedingte sie doch die Bereitstellung einer eigens diesem Zwecke dienenden 130-kV-Leitung von den Walliser Werken her. Außerdem wäre ein derartiger, teilweiser Verbundbetrieb nicht ebenso vorteilhaft wie ein umfassender, an dem sämtliche Generatorengruppen beider durch die Verbindungsleitung gekuppelter Netze teilnehmen würden. Daher wurde der Zusammenschluss der EOS mit den BKW im Sinne eines umfassenden Verbundbetriebes vorgesehen. Anfänglich erfolgte die Leistungsregulierung von Hand, ohne irgendwelche entsprechende Hilfsmittel. Das Netz der EOS übernahm im Rahmen der bestehenden Möglichkeiten die Einhaltung der gleichförmigen Austauschleistung, deren Wert in Galmiz gemessen und nach Chandoline übermittelt wurde, woselbst ein Maschinist die Leistung einer Generatorengruppe ständig den wechselnden Verhältnissen anpasste. Außerdem gewährleisteten die BKW die Regulierung der gemeinsamen Frequenz mit Hilfe einer astaticischen Gruppe der Zentrale Innertkirchen. Diese Art der Regulierung zeichnete sich lediglich durch ihre Einfachheit aus; sie erwies sich bald als unzulänglich und begünstigte im weitern in gewissen Fällen das Entstehen von Leistungspendelungen. In der Tat rief z. B. ein Lastanstieg im BKW-Netz einem augenblicklichen Anschwellen der Übergabeleistung, welche ihrerseits notgedrungen durch eine Verminderung der Leistung der von Hand regulierten Maschine in Chandoline ausgeglichen wurde, während im selben Moment die astatiche Gruppe in Innertkirchen ihre Leistung erhöhte. Dadurch wurde der Betrieb dieser Maschinengruppe ein sehr strenger, während die Handregulierung für das Personal in Chandoline nicht minder mühsam war. Unter diesen Bedingungen drängte sich eine automatische Regulierung gebieterisch auf.

1943 wurde in der Zentrale Chandoline eine nach dem System der Leistungs-Frequenz-Regulierung arbeitende Anlage eingerichtet, die damals die erste dieser Art darstellte. Gegenwärtig sind 3 durch Peltonturbinen angetriebene Generatoren in Chandoline und deren 2 in Miéville, jeder mit einer Leistung von 37,5 MVA, mit dieser Frequenz-Leistungsregulierung ausgerüstet.

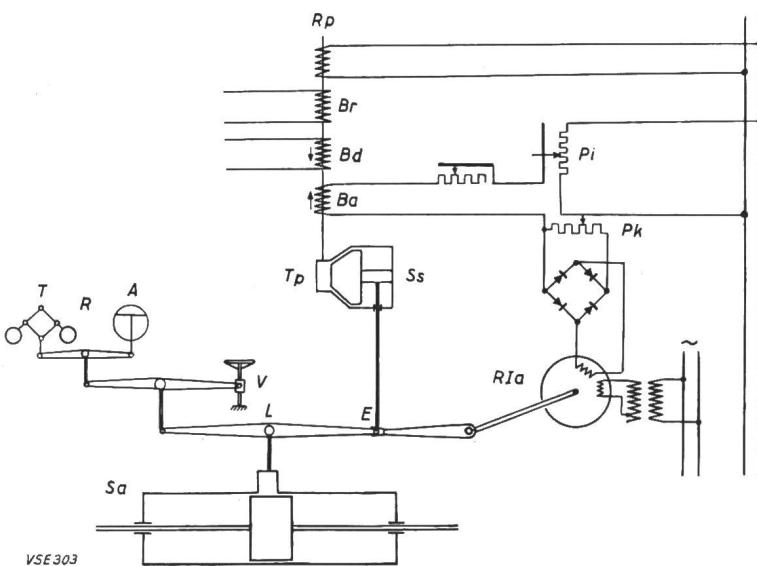


Fig. 3

Prinzipschema der Leistung-Frequenz-Regulierung mit direkter und ständiger Beeinflussung

Br Verteilungsstromkreis
Bd Fernmessung
Sa Steuerung der Turbinenbeaufschlagung

Eine diesbezügliche Lösung bestünde in der direkten Speisung der Verbindungsleitungen durch eine oder mehrere selbständige Generatorengruppen, also in der Verwirklichung eines Separatabtriebes. Diese Lösung wäre allerdings kaum durch-

Fig. 3 veranschaulicht die Frequenz-Leistungsregulierung einer Gruppe, nach dem Prinzip des Primärreglers mit direkter und ständiger Beeinflussung wirkend, welche von BBC und der S. A. des Ateliers des Charmilles entwickelt und eingerich-

tet wurde. Stellen P_c und f_c die einzuregulierenden Werte der Austauschleistung und der Frequenz, P und f dagegen beliebige Werte dar, so erfolgt gemäss Fig. 3 die Regulierung der Austauschleistung in jedem Augenblick nach folgender, bekannter Beziehung:

$$(P - P_c) + k (f - f_c) = 0$$

d. h.

$$\Delta P + k \cdot \Delta f = 0$$

k ist die durch die Beziehung $k = \frac{\Delta P}{\Delta f}$ definierte Regulierkonstante.

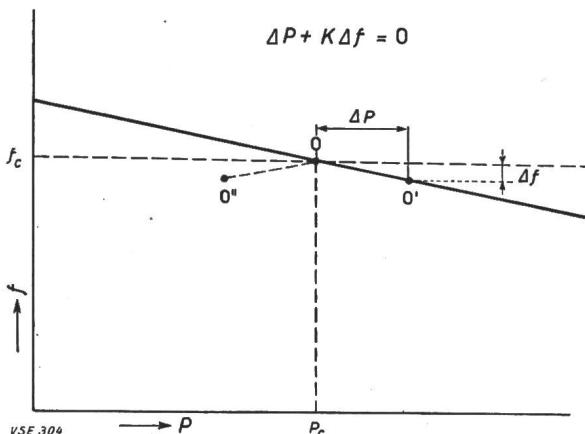


Fig. 4

Kennlinie der Leistungs-Frequenz-Regulierung
f Frequenz; P Leistung im Verbundbetrieb

Die Austauschleistung gehorcht derart dem in Fig. 4 graphisch dargestellten Gesetz der Statik, welches die Vorteile der statischen Charakteristik eines Verbundbetriebes auszunützen erlaubt.

chronmotor angetrieben, der seinerseits durch einen auf der Generatorenwelle montierten Pendel-Generator gespiesen wird. Der Regler steuert mittels des zugehörigen Gestänges den Schieber des Servomotors, der seinerseits die Turbinenöffnung öffnet und schliesst. Die Regulierung erfolgt astatisch in Bezug auf Turbinenöffnung bzw. Generatorenleistung und wird durch den Accelerometer stabilisiert. Ausserdem ist der Drehzahlregler nicht zwangsläufig an die Generatorenleistung gebunden, wie dies normalerweise bei den gewöhnlichen Reglern der Fall ist, sondern er ist hier mit der Verbundleistung verkettet. Zu diesem Zwecke ist der Hebel L mit dem Servomotor Ss verbunden, welcher das Gestängeende E im Verhältnis zum Augenblickswert der Verbundleistung verstellt. Der Schieber Tp des Servomotors Ss wird durch das Leistungsrelais Rp, welches aus einer vom Meßstrom der Verbundleistung durchflossenen Spule besteht, gesteuert. Um einen zur Verbundleistung proportionalen Anschlag des Servomotorkolbens Ss zu erhalten, wird dieser über eine durch den Induktionsregler Ria auf die Rückführungsspule Ba des Leistungsrelais Rp wirkende Rückführung statisch beeinflusst.

Die Turbinenregulierung ist dadurch dem gleichzeitigen Einfluss der Frequenz (Tachymeter – Accelerometer) und der Verbundleistung (Leistungsrelais) unterworfen. Sie ist in Bezug auf die von der Maschine abgegebene Leistung astatisch, jedoch statisch — entsprechend der in Fig. 4 gezeigten Leistungs-Frequenz-Charakteristik — in Bezug auf die Verbundleistung.

So lange die Beziehung $\Delta P + k \Delta f = 0$ eingehalten wird, ruht der Regler. Im andern Falle reagiert er, um den Bezugspunkt auf der Leistungs-Frequenz-Charakteristik zurückzuführen. Es bleibt

noch zu bemerken, dass der Wert der Verbundleistung durch das Potentiometer Pi und die Regulierkonstante k durch das Potentiometer Pk eingestellt wird.

Die oben beschriebene Regulierart beschränkt sich auf diejenigen Fälle, da nur eine Gruppe des Werkes die Regulierung übernimmt. Die Regleranlage muss indessen erweitert werden, wenn mehrere Gruppen zur Regulierung herbeigezogen werden müssen, wie dies in Chandoline und Mié-

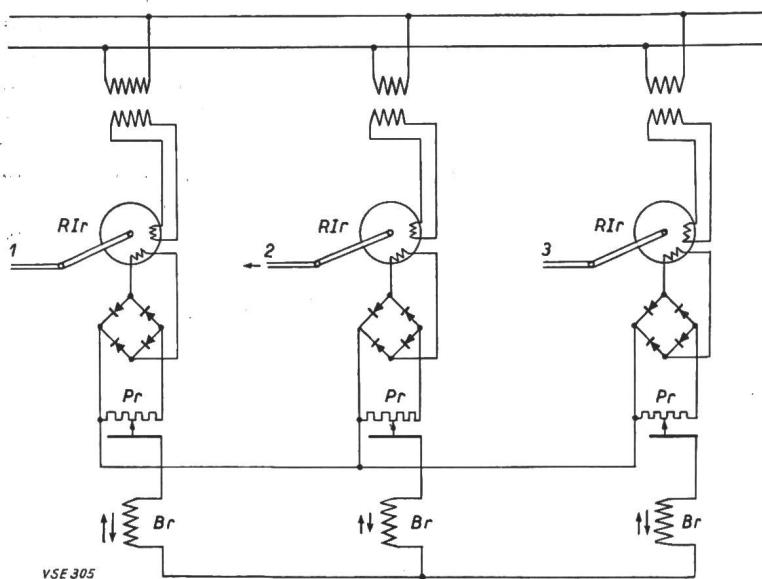


Fig. 5

Polygon-Schaltung zur Verteilung der Belastung der verschiedenen parallel laufenden Reguliereinheiten
1, 2, 3 Beaufschlagung der Turbine

Die dieser Regulierung dienende Generatorengruppe ist mit einem mit den gebräuchlichen Regulier-Organen versehenen Primärregler ausgerüstet.

Der Regler R besteht aus dem Tachymeter T und dem Accelerometer A, beide durch einen Asyn-

ville der Fall ist. Es darf in der Tat nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Regulierung in Bezug auf die von der Gruppe abgegebene Leistung astatisch ist. Infolgedessen müssen die Maschinenleistungen dementsprechend stabil auf die einzelnen Gruppen verteilt werden. Dieser Zweck wird mit der in

Fig. 5 gezeigten Hilfsausrüstung erreicht, die auf dem Prinzip der Polygon-Schaltung beruht. Die durch die Turbineneinläufe gesteuerten Induktionsregler RIR speisen die Verteilerspulen Br und

beeinflussen dadurch die Anpassung der Maschinenleistungen im gewünschten Sinne. Überdies wird diese Anpassung durch das Potentiometer P_3 feiner eingestellt.

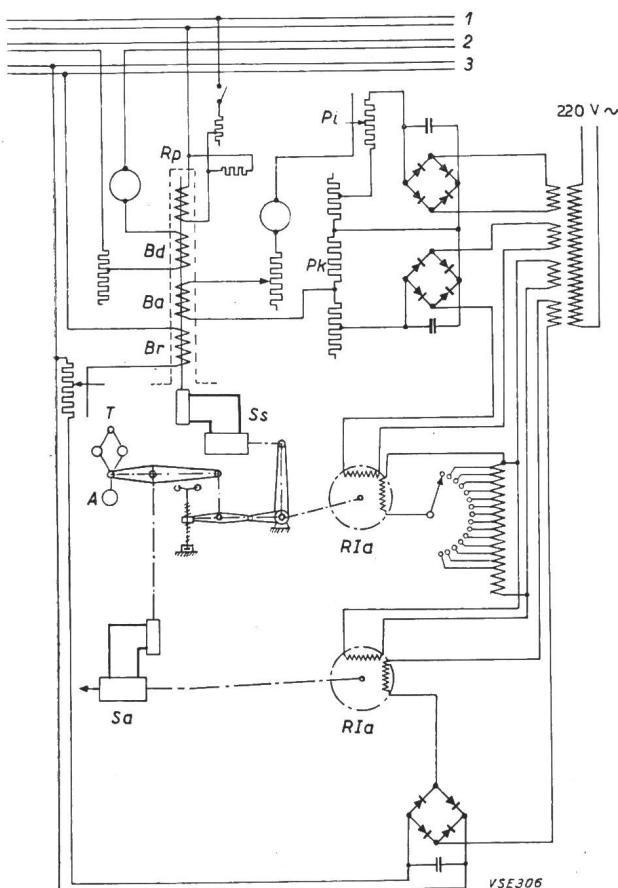


Fig. 6

Prinzipschema der Leistungs-Frequenz-Regulierung einer Generatorengruppe

1 125 V; 2 Fernmessung; 3 Lastverteilung

Fig. 6 zeigt schlussendlich das Gesamtschema der Leistungs-Frequenz-Reguliereinrichtung einer Generatorengruppe, wie sie praktisch ausgeführt und im Prinzip in den Fig. 3 und 5 dargestellt ist.

Es muss hier noch darauf hingewiesen werden, dass die eben beschriebene, auf astatisch-tachymetrische und mittels Accelerometer stabilisierte Regler abgestimmte Leistungs-Frequenz-Regulierung ohne Schwierigkeit nach demselben Prinzip auch mit astatisch-tachymetrischen, mit temporärer Rückführung stabilisierten Reglern angewandt werden kann (z. B. dashpot).

4. Anwendungsmöglichkeiten der in den Zentralen Chandoline und Miéville eingerichteten Frequenz-Leistungs-Regulierungen; Betriebserfahrungen

Die 3 hauptsächlichsten Eigenschaften, die man von der Leistungs-Frequenz-Regulierung in Verbundnetzen erwarten darf, sind:

die Deckung des Eigenverbrauches jedes Netzes durch eigene Energie,

der Leistungsaustausch zwischen den Netzen auf Grund vorbestimmter Werte und mit genügender Gleichförmigkeit,

die Aushilfe an augenblicklich gestörte Netze durch die Partner des Verbundbetriebes.

Immerhin können diese Vorteile nur dann voll ausgenützt werden, wenn jedes am Verbundbetrieb beteiligte Netz seinerseits im Rahmen der verfügbaren Leistung an der Regulierung teilnimmt. Diese Bedingungen dürfen bei der Aufnahme des Verbundbetriebes nicht ausser Acht gelassen werden.

Fig. 7 zeigt die zwei an der Regulierung teilnehmenden Werke Chandoline und Miéville, sowie die beiden Verbundpartner BKW und EDF. Jedes der beiden Werke kann nach Belieben und für sich allein die Regulierung des Verbundbetriebes mit BKW oder EDF übernehmen. Die hydrologischen Verhältnisse bestimmen das Werk, welches zur Regulierung beizuziehen ist. Die Bereitschaft der beiden, voneinander unabhängigen Regulierwerke

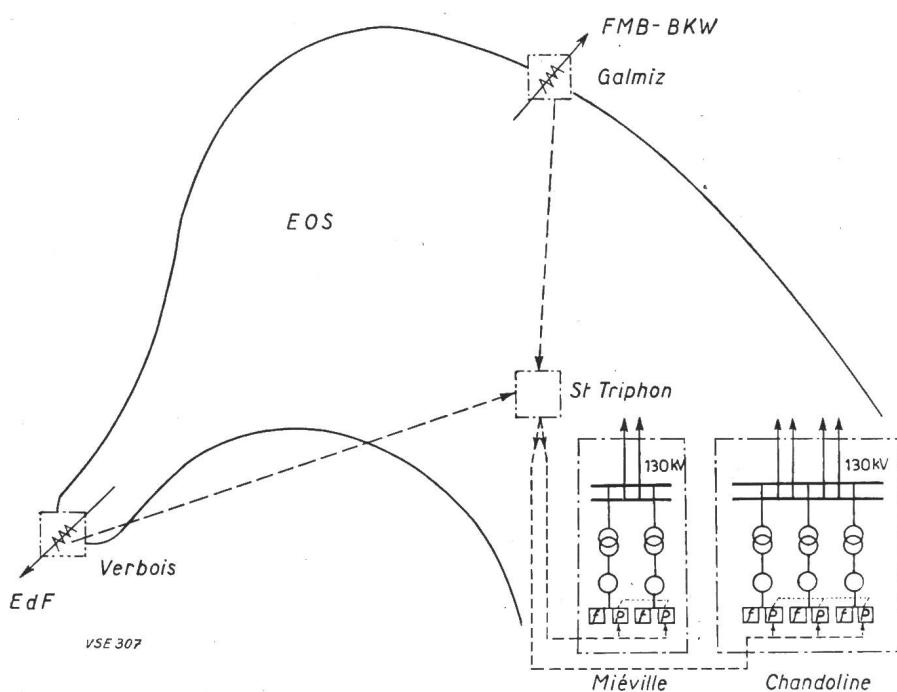


Fig. 7

Schaltschema der beiden für die Frequenz-Leistungs-Regulierung arbeitenden Zentralen Chandoline und Miéville

- - - Fernmessung der Übertragungsleistungen
- Leistungsverteilung zwischen den Generatorengruppen

verleiht dem Betrieb grosse Elastizität, da jedes Werk für das andere einzuspringen in der Lage ist. Überdies können mit den voneinander unabhängigen Anlagen sogar 2 oder mehr regulierte Separatbetriebe geführt werden. Dagegen ist die gemeinsame Regulierung eines Verbundbetriebes durch die beiden parallel laufenden Werke im Augenblick noch nicht möglich. Zu diesem Zwecke wäre eine Einrichtung für die Verteilung der Belastung zwischen den beiden Werken notwendig, die entweder mittels Polygon-Schaltung der Spulen Br (siehe Fig. 5) der Reguliermaschinen der beiden Zentralen erfolgen könnte, oder aber durch die Steuerung der einen Zentrale durch die andere.

Es hat sich nicht als opportun erwiesen, eine solche Betriebsmöglichkeit vorzusehen, die übrigens eine nicht unwesentliche Hilfseinrichtung zur Verbindung der beiden Zentralen erfordert hätte.

In den Fällen, da das Netz der EOS mit nur einem andern Verbundnetz arbeitet, erfolgt die Regulierung durch eines der beiden Regulierwerke. Im weniger häufigen Falle, da die EOS gleichzeitig mit BKW und EdF verbunden ist, werden die beiden Betriebe aufgetrennt, damit nicht das ganze schweizerische Netz, welches oft mit dem RWE parallel läuft, mit EdF im Parallelbetrieb arbeitet und dadurch die beiden grossen, ausländischen Netze kuppelt. Unter diesen Bedingungen wäre die Regulierung der Verbundleistungen gegenüber EdF und RWE undurchführbar.

Um diese zu ermöglichen, müssten EdF für den Verbundbetrieb mit EOS und RWE für denjenigen mit den Netzen der Ostschweiz ebenfalls mit der Leistungs-Frequenz-Regulierung ausgerüstet werden, was zurzeit aber noch nicht der Fall ist.

Dies ist der Grund, warum die beiden Verbundbetriebe mit BKW und EdF in 2 getrennten Netzen je mit einer Zentrale reguiert werden.

Die HF-Fernmessung wurde auf Grund des Schemas der Fig. 7 aufgestellt. Die beiden Übergabeleistungen werden in Galmiz und Verbois gemessen und mittels HF-Verbindung über die Hochspannungsleitungen als Trägerkanal nach Chandoline und Miéville übermittelt. Die beiden Leistungsmesswerte von Galmiz und Verbois münden in einer in der Kuppelstation St. Triphon befindlichen HF-Anlage, welche als Relais funktioniert. Die beiden Messwerte werden in diesem Hilfsposten überlagert und deren Summe wird alsdann über den HF-Kanal den Zentralen Chandoline und Miéville übermittelt. In diesen beiden Zentralen werden die Messwerte wieder getrennt. Sie könnten in der Form als Summe belassen und derart den Frequenz-Leistungs-Regulierorganen mitgeteilt werden; aber dies käme nur in Frage, wenn, wie weiter oben erwähnt, die ausländischen Netze in ihren Werken ebenfalls mit der Leistungs-Frequenz-Regulierung versehen wären.

Es seien noch kurz die verschiedenen Regulierfälle beschrieben, die von den beiden Zentralen in Wirklichkeit übernommen werden. Der Verbundbetrieb zwischen EOS und BKW stellt den häufigsten Fall dar. Die Energielieferung erfolgt vor allem in der Richtung EOS-BKW. Die Leistungs-

quote ändert von Fall zu Fall, je nach Jahreszeit und Tagesstunde, zwischen 5 und 100 MW. Die Werte sind im Verhältnis zu den in den beiden Zentralen eingesetzten Leistungen verhältnismässig gering, und in der Folge gestaltet sich die Regulierung der Übergabeleistung schwierig.

In den meisten Fällen reguliert die Zentrale Chandoline mit einer oder zwei Maschinen, während die BKW ihrerseits die Übergabeleistung gegenüber NOK regulieren. Die von EOS an BKW übergebene Quote variiert in Abhängigkeit der Frequenz je nach der Regulierkonstanten k . Diese letztere bestimmt den Beitrag der EOS an der Konstanthaltung der den beiden Netzen gemeinsamen Frequenz.

Wenn diese Frequenz auf ihrem Nennwert gehalten wird, entspricht die Übergabeleistung ihrem Sollwert. Sobald infolge einer Störung im Netz der BKW die Frequenz sinkt, erhöht EOS augenblicklich die Übergabeleistung um den Wert ΔP , entsprechend der Regulierkonstanten k , und dieser Zustand dauert ebenso lange wie die Frequenzabsenkung, d. h. bis die Generatorengruppen der BKW ihre Leistung angepasst haben. Der Leistungszuschuss ΔP wird so lange aufrecht erhalten, bis die Frequenz ihre Nennleistung wieder erreicht hat. Dieser Zuschuss hat somit nur augenblicklichen Charakter. Es muss hier angeführt werden, dass diese Zusatzleistung ΔP ganz oder teilweise von sämtlichen statisch eingestellten Generatorengruppen der EOS geliefert wird. Wenn die Reglerfunktion eine grosse Regulierkonstante erfordert, genügt die von den mit statischer Charakteristik arbeitenden Maschineneinheiten abgegebene Zusatzleistung ΔP nicht mehr und die Gruppen in Chandoline oder Miéville haben den Fehlbetrag an Zusatzleistung ΔP zu decken. Der Funktionspunkt der Leistungs-Frequenz-Regulierung der Gruppen von Chandoline oder Miéville wandert somit gegen 0' (siehe Fig. 4). Wenn die Reglerfunktion mit einer geringen Regulierkonstanten erfolgt, liefern die mit statischer Charakteristik arbeitenden Maschineneinheiten eine die notwendige Zusatzleistung ΔP übersteigende Leistung, und die Gruppen von Chandoline und Miéville müssen daher zur Einhaltung der genannten Zusatzleistung ΔP auf dem gewünschten Wert ihre Leistung verringern.

Bei einem gewissen Grenzwert der Regulierkonstanten liefern die mit statischer Charakteristik arbeitenden Maschineneinheiten genau die notwendige Zusatzleistung ΔP und die Leistungs-Frequenz-Regulierung der betreffenden Gruppen in Chandoline oder Miéville braucht nicht in Aktion zu treten. Bei dieser Grenzbedingung (Darrieus-Bedingung) ist die Einwirkung der Frequenz-Leistungs-Regulierung am wenigsten erforderlich, und von diesem Standpunkt aus gesehen liegen optimale Bedingungen vor. Entfernt man sich dagegen von dieser Darrieus-Bedingung durch Verringerung der Regulierkonstanten, d.h. wenn die Übergabeleistung in immer geringerem Masse von der Frequenz abhängt, erfordert dies in zunehmendem Masse die Einwirkung der Frequenz-Leistungs-Regulierung der Gruppen von Chandoline und Miéville, wodurch

deren Betrieb immer strenger wird. In der Praxis wird man indessen von der optimalen Darrieus-Bedingung abweichen, da diese im allgemeinen zu übertriebenen Werten der Regulierkonstanten führt. Wenn die Frequenzsenkung Δf durch eine Störung im Netz der EOS verursacht wird, welche die ausgeführte Leistung reduziert, strebt der Funktionspunkt der Leistungs-Frequenz-Regulierung der Gruppen von Chandoline und Miéville nach 0" (siehe Fig. 4), ausserhalb der Charakteristik $\Delta P + k \Delta f = 0$. Die Regulierung ist von da an zur Erhöhung der durch die Gruppen abzugebenden Leistung dringend notwendig, um Frequenz und Übergabeleistung auf ihre Nennwerte zurückzuführen.

folgte auf Grund dreier Leistungsquoten. Die Regulierkonstante k wurde auf 8 MW/Hz und pro Maschineneinheit eingestellt. Die Prüfung der beiden Streifen erhellt sofort das Leistungs-Frequenz-Prinzip.

Um 1130 h und 1400 h fanden Abschaltungen statt, welche zeigen, wie die Übergabeleistung durch die Regulierung alsbald auf ihren Nennwert zurückgeführt wurde. Man ersieht leicht den «Qualitäts»-Unterschied zwischen automatischer und Handregulierung. Die automatisch regulierte Übergabeleistung bewegt sich innerhalb vernünftiger Grenzwerte und variiert um 1...2,5 MW. Diese Ausschläge werden hauptsächlich durch Unempfindlichkeiten, Verzögerung der Fernmessung und vor

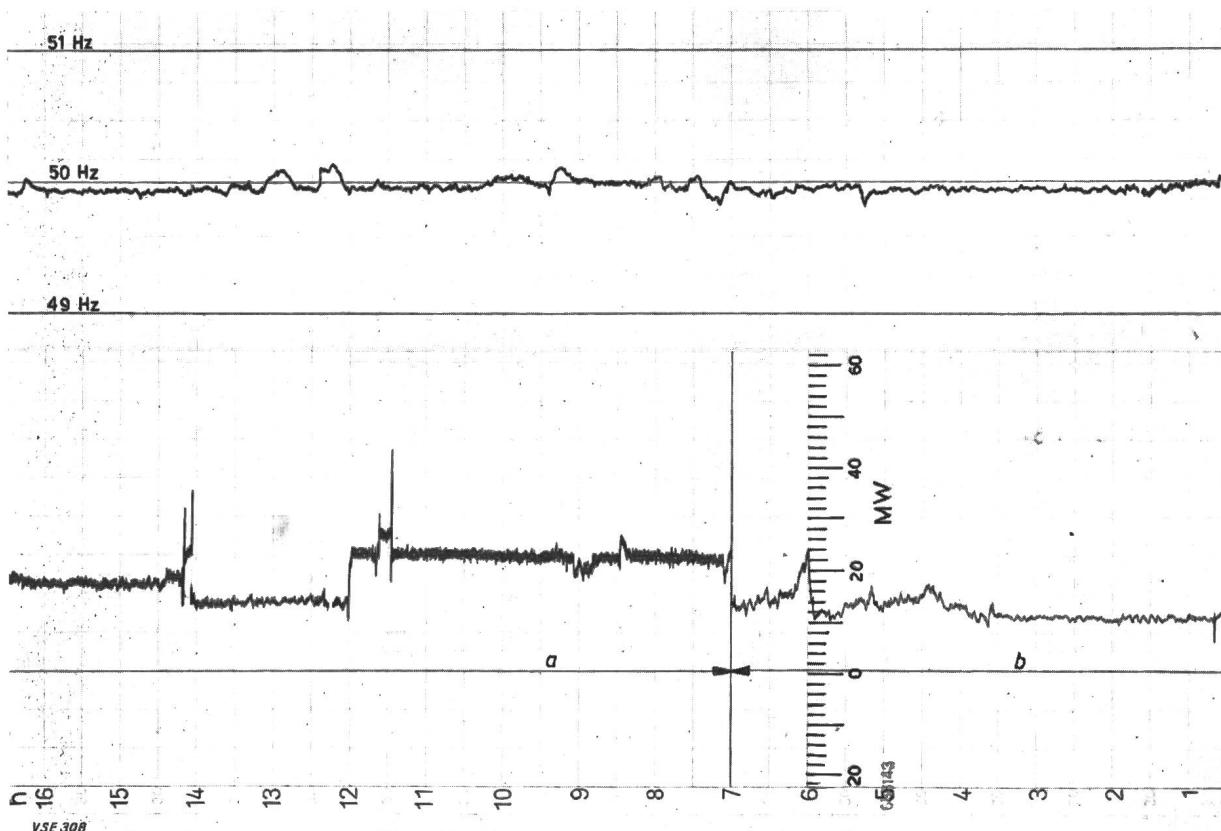


Fig. 8
Streifen der Übergabeleistung und der Frequenz in Galmiz am 22. Oktober 1954
a automatische Regulierung
b Handregulierung

Die Gruppen von Chandoline und Miéville dirigieren somit den Betrieb im Netz der EOS. Immerhin beschränkt sich die Führerrolle auf dieses Netz. Wenn EOS mit den BKW und über diese auch mit den andern hauptsächlichsten schweizerischen Netzen parallel läuft, kann die Frequenz nur mittels kombinierter, gleichzeitiger Aktion sämtlicher in diesen Netzen mit Leistungs-Frequenz-Regulierung ausgerüsteter Generatoren aufrecht erhalten werden. Man ersieht daraus die Wichtigkeit, die der Ausrüstung mehrerer Speicherwerke mit Frequenz-Leistungs-Regulierung zukommt.

Fig. 8 zeigt die Leistungs- und Frequenzstreifen des 22. Oktober 1954 von Galmiz. Die Abgabe er-

allem durch nicht verhütbare Verzögerungen innerhalb der Regulierung verursacht. Diese Verzögerungen in der Regulierung werden durch die Trägheit der in den Turbinenzuleitungen sich bewegenden Wassermassen begünstigt.

Wenn die Regulierung durch 2 Gruppen erfolgt, wird die Regulierkonstante im allgemeinen auf 16 MW/Hz festgesetzt. Im selteneren Falle der Regulierung mittels dreier Gruppen wird diese Quote auf 24 MW/Hz erhöht. Der Beitrag des Netzes der EOS an der Frequenzhaltung wird dadurch verstärkt. Es wurde bereits auf die Bedeutung der Bereitstellung mehrerer Maschineneinheiten für die Regulierung hingewiesen, um die Rolle des «Chef

d'Orchestre» zu verteilen und dadurch extreme Beanspruchungen der an der Regulierung beteiligten Einheiten zu verhüten.

Die hier beschriebene Regulierung würde noch besser ausgenützt, wenn sie *gleichzeitig* von den beiden Netzen der EOS und der BKW ausgeübt würde. Ein diesbezüglicher Versuch zur Regulierung der Übergabeleistung in Galmiz nach dem Frequenz-Leistungs-Prinzip mit den beiden Zentralen Chandoline und Innertkirchen erbrachte den Beweis dazu. Indessen hat die Zentrale Innertkirchen üblicherweise die Regulierung des Verbundnetzes BKW-NOK zu übernehmen, wodurch der Kette ein weiteres Glied eingefügt wird: EOS-BKW-NOK. Eine interessante Reguliermöglichkeit bestünde beim Zusammenschluss der Kette etwa in der Form EOS-BKW-Atel-EOS, wobei jedes Netz, dem Frequenz-Leistungs-Prinzip entsprechend, die Regulierung der Summe der Übergabeleistungen an den Übergabepunkten zur Aufgabe hätte. Unter solchen Gesichtspunkten betrachtet, werden die neuen, hauptsächlich im Wallis entstehenden Werke, dereinst eine wichtige Rolle zu spielen haben.

Wie bereits erwähnt, spielt sich der Verbundbetrieb EOS-EdF über separate Maschinen und Leitungen ab. Die Regulierung der Übergabeleistung erfolgt selten nach dem Frequenz-Leistungs-Prinzip. In den meisten Fällen sind die Quoten konstant. Zu Versuchszwecken wurde kürzlich von EOS die Summe der beiden Übergabeleistungen an EdF und BKW einreguliert. Wie zu erwarten war, hatte diese in Chandoline durchgeführte Regulierung an den beiden Übergabepunkten unbeeinflussbare Austauschleistungen zur Folge.

Um gleichmässige, genau bestimmte Leistungsquoten zu erhalten, müsste, wenn EOS die Summe einreguliert, mindestens eine, besser aber beide Leistungen auch von EdF und BKW reguliert werden.

Die mit den in den Zentralen Chandoline und Miéville eingerichteten Frequenz-Leistungs-Regulierungen gemachten Betriebserfahrungen sind gut. Die Einrichtungen sind robust und bestehen aus handelsüblichen Apparateteilen. Die Kontroll- und Bedienungsorgane befinden sich in den dafür vorgesehenen Feldern der Kommandoräume. Die Bedienung ist einfach und Einstellungen sind in weiten Grenzen möglich. Diese Regulierung mit direkter und ständiger Beeinflussung reagiert augenblicklich. Die Turbinenöffnungsverstellungen erfolgen unmittelbar nach Eintritt einer Störung. Die Regulierung ist sehr empfindlich und ruft dadurch

ständig leichten Turbinenverstellungen, weshalb die Verbundleistung nie absolut stationär ist. Die Turbinenbewegungen verstärken sich, wenn die Regulierkonstante zu klein ist, weshalb diese Art bisher weder ausgeführt noch vorgesehen ist. Es wurde bereits Tendenz zum «Pumpen» festgestellt, sobald der Wert der Regulierkonstanten unter 5 MW/Hz sinkt, wobei dieses «Pumpen» durch Schwankungen im Druckstollen hervorgerufen wird, welche die Turbinenregulierorgane übersteuern. Um mit einer kleinen Regulierkonstanten zu arbeiten — diese Bedingung ist allerdings wegen des der Solidarität zwischen den Unternehmungen widersprechenden Geistes sehr diskutierbar —, muss der Regulierkreis mit einer gewissen Dämpfung versehen werden, z. B. mittels zeitlicher Rückführung zwischen dem Servomotor Ss und dem Induktionsregler RIa, welcher auf die Rückführungsspule Ba des Leistungsrelais Rp wirkt (siehe Fig. 3).

Die Primär-Leistungs-Frequenz-Regulierung bedingt für jede Reguliermaschine eine eigene Einrichtung zur Messung der Summe $\Delta P + k \Delta f$. In Bezug auf die Sicherheit und auf die Anzahl der zu regulierenden Betriebe ist es zweifellos von Vorteil, wenn jede Maschine ihre eigene Ausrüstung besitzt. Dagegen ist die Einrichtung besonders dann sehr umfangreich, wenn die Leistungs-Frequenz-Regulierung für mehrere Gruppen oder gar mehrere Zentralen ins Auge gefasst wird. Damit die von den parallel laufenden Reguliergruppen abgegebenen Leistungen zweckentsprechend verteilt werden können, muss zu der in Fig. 5 beschriebenen Hilfs-einrichtung auf Grund der Polygon-Schaltung Zuflucht genommen werden.

Die Auffassung über die Leistungs-Frequenz-Regulierung ist gegenwärtig im Umbruch begriffen. Die Konstrukteure trachten nach einer zentral-gesteuerten Regulierung. In einem gegebenen Netze misst ein einziger, sog. Netzregulator den Binomialwert $\Delta P + k \Delta f$, d. h. dessen Integral, und verstellt über die Fernsteuerung die Turbinenöffnungen der verschiedenen Gruppen einer oder mehrerer an der Frequenz-Leistungs-Regulierung teilnehmenden Zentralen.

Wir werden an dieser Stelle anlässlich der Beschreibung der in beiden Werken der Grande Dixence (Nendaz und Fionnay-Dixence) vorgesehnen Reguliereinrichtungen auf diese Regulierfragen zurückkommen.

Adresse der Autoren:

P. Dumur, Oberingenieur und R. Comtat, Ingenieur bei der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, 45, Av. de la Gare, Lausanne.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Die Koordinierung der hydraulischen und thermischen Energieerzeugung nach den der Teilweltkraftkonferenz in Rio de Janeiro vorgelegten Berichten

061.3(100) : 620.9 : 621.311.21 + 621.311.22/23

Zum grösseren Teil beinhalten die der Teilweltkraftkonferenz 1954 vorgelegten Berichte über die Koordinierung der hydraulischen und thermischen Energieerzeugung Beschreibungen der Anlagen in der Heimat des Berichterstatters, ihrer geschichtlichen Entwicklung und der Führung des Betriebes mit den zwei Primärenergieträgern. Einen geringeren Umfang beansprucht die Erörterung der bei dieser Koordinierung angewandten Grundsätze und der Überlegungen, die zur vollkommenen Koordinierung führen. Die Beschreibungen der Anlagen mit zweischiener Erzeugung sind fallweise wohl interessant, sie verlagern jedoch den Schwerpunkt des Interesses, so dass die erfolgte Berichterstattung teilweise enttäuscht.

Der Bericht *Hearn's* (Kanada) zählt die Kraftwerke Kanadas auf, beschreibt Anlagen und Organisation der Unternehmen und ihrer Dachgesellschaften, die Entwicklung der Energieversorgung von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart, die zum Bau zusätzlicher thermischer Kraftwerke führte. Er stellt Wasserdargebot, Bedarfssteigerung und thermische Erzeugung der letzten Jahre gegenüber und entwickelt hiemit nicht mehr als eine Geschichte der Betriebsführung.

Der Bericht von *W. Dreyer* (USA) enthält eine Beschreibung der Anlagen der Pacific Gas and Electric Company in San Francisco. Dieses Unternehmen verfügt derzeit über 2,19 GW kalorischer Kapazität, 1,35 eigener und 0,55 GW fremder hydraulischer Leistung. Die zweigleisige Energieerzeugung wurde hier schon 1899 eingeführt. 1926 wurden erstmalig Richtlinien aufgestellt, die diese Zusammenarbeit auf optimale Wirtschaftlichkeit ausrichteten. Hiebei wurde u. a. die Errichtung thermischer Werke bei den Konsumzentren vorgesehen. Da die hydraulische Kapazität auf 57 Werke aufgeteilt ist, die nicht gleichzeitig die ungünstigste Wasserführung aufweisen, ist die durch eine solche Wasserführung bedingte Reserve relativ klein. Ungewöhnlich ist die grosse Ähnlichkeit der Belastungskurven des Sommers und des Winters (bedingt durch die Bewässerungs- und die Klimaanlagen). Es wird getrachtet, die Höchstlasten beim Arbeiten der Maschine in den Bestpunkten zu erzielen.

Dem Bericht von *M. Mainardi* (Italien) ist zu entnehmen: Die in den hydraulischen Werken installierte Leistung beträgt 9500 MW (33 000 GWh/Jahr), der Inhalt der Speicher 4000 GWh. An thermischer Kapazität verfügt Italien über 2500 MW. Grundsätzlich decken Laufwerke und thermische Werke die Grundlast, Speicherwerke fahren Frequenz. Die Trockenjahre 1921/22, 1947/48/49 zwangen zur Aufstellung einer kalorischen Reserve, für die die folgenden Gesichtspunkte galten: Die Feuerungen müssen das Verbrennen der verschiedensten gasförmigen, flüssigen und festen Brennstoffe zulassen. Die Wahl des Standortes der kalorischen Reserve nahm Rücksicht auf Netz, Konsumenten, Brennstofflager bzw. -Vorkommen und Kühlwasserbeschaffung. Es wurden Einheitstypen festgelegt (25/30, 50/60, 100/120 MW). Es wurden die Dampfverhältnisse vereinheitlicht u. zw. 60 kg/cm² Dampfdruck und 482 °C (bei Werken mit über 3000 Stunden Ausnützungsdauer 103 bis 125 kg/cm² und 510 bis 538 °C). Die Generatoren werden zweipolig (für 3000 Touren) mit Wasserstoffkühlung ausgeführt. Die Spitzendeckung und das Frequenzfahren sollen durch Einführung des Pumpbetriebes bei den Speichern und durch die Ausrüstung der hydraulischen Werke mit Reglern erreicht werden.

Der Bericht von *J. D. Peattie* und *A. Fulton* (Grossbritannien) über die Koordinierungsmassnahmen in Grossbritannien schildert Geschichte, Umfang und Leistungsfähigkeit der Wasserkräfte Schottlands. Die gesamten Kraftwerke Grossbritanniens werden eingeteilt in Laufwerke, Speicherwerke, Dampfkraftwerke mit billigem Brennstoff zur Deckung der Grundlast und solche, die teure Kohle verbrennen und zur Beherrschung der Spalten herangezogen werden. Die Zusammenarbeit des North of Scotland Hydro-Electric Board und der British Electricity Authority geht von der folgenden Einteilung der Austauschleistungen aus: Bandlieferungen (firm supplies), zwei Arten von Zusatzlieferungen (additional supplies) u. zw. langfristige — bei dreitägiger Voranmeldung — und kurzfristige — sofort auf Anforderung zu liefern. Die Arbeit enthält einige Einzelheiten über die Führung des Verbundbetriebes ferner einige Betriebsergebnisse.

Über die Gegebenheiten in Schweden berichten *F. Petri* und *L. Lingstrand*. Hier stehen 4000 MW installierter hydraulischer Leistung 900 MW thermischer Leistung gegenüber. Die beiderseits erzeugten Energiemengen stehen jedoch nicht in dem gleichen Verhältnis zueinander, es ist der Anteil der kalorisch erzeugten Energie wesentlich kleiner. Das Dampfkraftwerk dient als Spitzenwerk bei normaler Wasserführung, es deckt den Grundbedarf bei geringer Wasserführung, es dient als Reserve bei Maschinenausfällen und bei Unzureichlichkeit der eingesetzten Kapazität. Schliesslich wird es eingesetzt, wenn die Stabilität des Betriebes es erfordert.

Mit den in Japan angewandten Koordinierungsverfahren befasst sich der Bericht von *J. Noda*. In Zeiten geringer Niederschläge wird die hydraulische Erzeugung für die Leistungsspitzen herangezogen; bei hohen Niederschlägen liefert das thermische Werk die Leistungsspitzen. Zur Ermittlung des Fehlbedarfes wird eine dreidimensionale graphische Darstellung angewandt, aus der Überschussenergie und Fehlbedarf direkt abzulesen sind. (Ein ähnliches Verfahren hat bereits *Bauer* in der ÖZE Bd. 4(1951), Nr. 4, S. 175 u. f. veröffentlicht.)

Mit der Projektierung eines, die beste Koordinierung gewährleistenden thermischen Werkes zu einer vorhandenen hydraulischen Erzeugung beschäftigt sich am eingehendsten der Bericht von *F. Hintermayer* und *H. Melan* (Österreich). Massgebend ist hiebei der Fehlbedarf. Er muss durch «bedarfsabhängige Kraftwerke» gedeckt werden (Großspeicherwerke, Dampfkraftwerke). Ausgehend von Monatsdauerlinien des erzeugungsbildigen Wasserdargebotes (Lauf- und Kleinspeicherwerke) wird die verwertbare hydraulische Energie ermittelt, ebenso die nicht verwertbare, d. h. die Überschussenergie, sowie der durch bedarfsabhängige Kraftwerke (Großspeicher- und Dampfkraftwerke) zu deckende Fehlbedarf, indem den oben erwähnten Erzeugungsdauerlinien der in Bänder zerlegte Bedarf gegenübergestellt wird. Die Arbeit deutet die Wege an, die zur Erfüllung der an ein thermisches Ausgleichswerk gestellten Forderungen (insbesondere hoher Wirkungsgrad, Abwärmeverwertung) führen. Der Dampfdurchsatz bestimmt den Dampfhochstdruck. Die Verlagerung des Brennprozesses in einen Vergasungsapparat mit nachfolgender Speicherung erhöht die Einsatzbereitschaft und Regelfähigkeit der Anlage. Die Ausnutzung der Heizwärme für die Energieerzeugung ist durch die Verwendung von Entnahmeturbinen oder von mit einer Gegendruckturbine gekuppelten Kondensationsturbine möglich. Solche Lösungen kommen nur bei Heizwärmebedarf in Frage. Die Einführung einer Wärmepumpe, die die Endvorwärmung des Heizwassers oder der Heizluft besorgt, bringt eine wesentliche Verbesserung. Am vollkommensten dürften Ausgleichswerke auf Gasbasis unter Verwendung von Gas- und Heissluftturbinen arbeiten.

E. Königshofer

Energiestatistik

der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung

Bearbeitet vom eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

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

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

Monat	Energieerzeugung und Bezug												Speicherung			Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende	Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung				
	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55		1953/54	1954/55	1953/54	1954/55		
	in Millionen kWh												% in Millionen kWh				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	897	940	12	3	32	51	26	62	967	1056	+ 9,2	1369	1533	— 43	— 6	100	135
November ..	797	829	17	14	19	26	101	120	934	989	+ 5,9	1183	1360	— 186	— 173	67	73
Dezember ..	719	901	34	8	18	19	192	131	963	1059	+ 10,0	872	1210	— 311	— 150	61	86
Januar	699	924	27	3	21	25	221	99	968	1051	+ 8,6	596	1049	— 276	— 161	51	91
Februar	636	949	33	1	16	20	213	55	898	1025	+ 14,1	324	766	— 272	— 283	51	124
März	701		17		19		166		904			187		— 137		46	
April	807		5		24		73		909			146		— 41		69	
Mai	958		2		34		40		1034			313		+ 167		126	
Juni	1048		1		60		27		1136			695		+ 382		203	
Juli	1123		1		65		39		1228			949		+ 254		240	
August	995		1		71		47		1114			1357		+ 408		201	
September ..	1011		2		72		52		1137			1539 ^{a)}		+ 182		209	
Jahr	10391		152		151		1197		12191							1424	
Okt.-Februar	3748	4543	123	29	106	141	753	467	4730	5180	+ 9,5					330	509

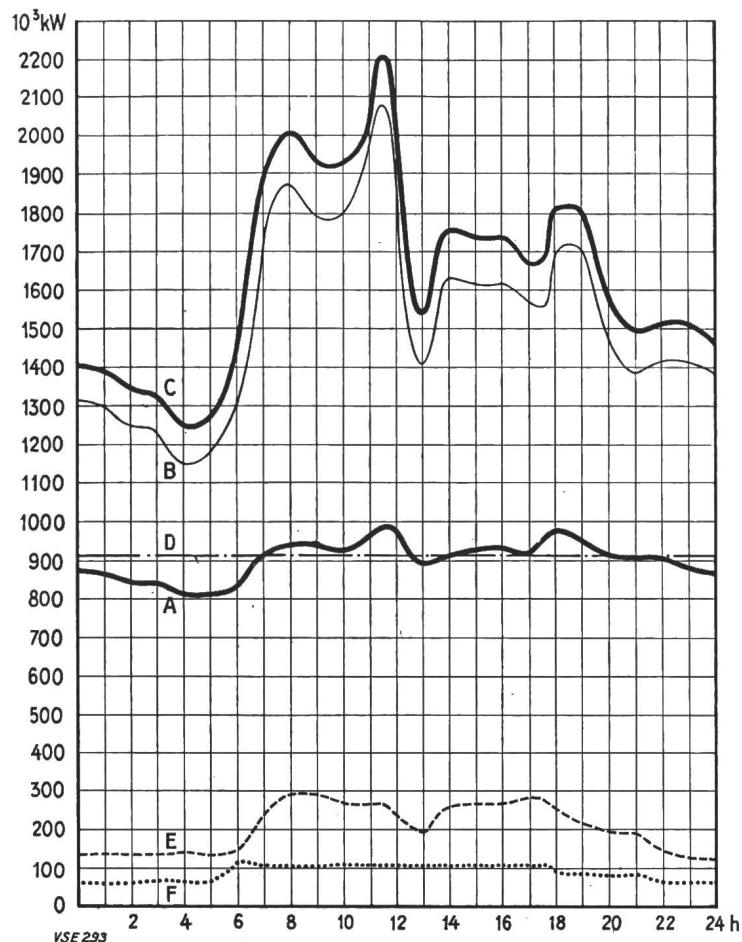
Monat	Verwendung der Energie im Inland																Inlandverbrauch inkl. Verluste	
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel ¹⁾		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicher-pumpen ²⁾		ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr ³⁾ %	mit Elektrokessel und Speicherpump.		
	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55	1953/54	1954/55		1953/54	1954/55	
	in Millionen kWh																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober ...	394	413	162	168	112	118	24	30	43	55	132	137	834	881	+ 5,7	867	921	
November ..	411	431	161	178	101	111	10	9	58	59	126	128	851	903	+ 6,1	867	916	
Dezember ..	435	459	166	174	97	119	4	9	67	75	133	137	895	958	+ 7,0	902	973	
Januar	445	465	164	170	96	114	5	12	71	69	136	130	907	944	+ 4,1	917	960	
Februar	407	417	158	162	91	111	4	26	63	66	124	119	839	874	+ 4,0	847	901	
März	404		160		106		5		61		121		847				857	
April	379		148		125		22		56		110		813				840	
Mai	379		151		128		68		47		135		819				908	
Juni	351		154		127		116		42		143		793				933	
Juli	357		154		137		136		52		152		831				988	
August	368		152		130		65		53		145		824				913	
September ..	378		158		124		66		55		147		839				928	
Jahr	4708		1888		1374		525		668		1604		10092				10767	
Okt.-Februar	2092	2185	811	852	497	573	47	86	302	324	651	(27)	4326	4560	+ 5,4	4400	4671	

¹⁾ D. h. Kessel mit Elektrodenheizung.

²⁾ Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.

³⁾ Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.

⁴⁾ Energieinhalt bei vollem Speicherbecken: Sept. 1954 = 1714.10⁶ kWh.

Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen.Mittwoch, den 16. Februar 1955**Legende:**

1. Mögliche Leistungen:	10^3 kW
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (0—D)	915
Saison speicherwerke bei voller Leistungsabgabe (bei maximaler Seehöhe)	1367
Total mögliche hydraulische Leistungen	2282
Reserve in thermischen Anlagen	155

2. Wirklich aufgetretene Leistungen

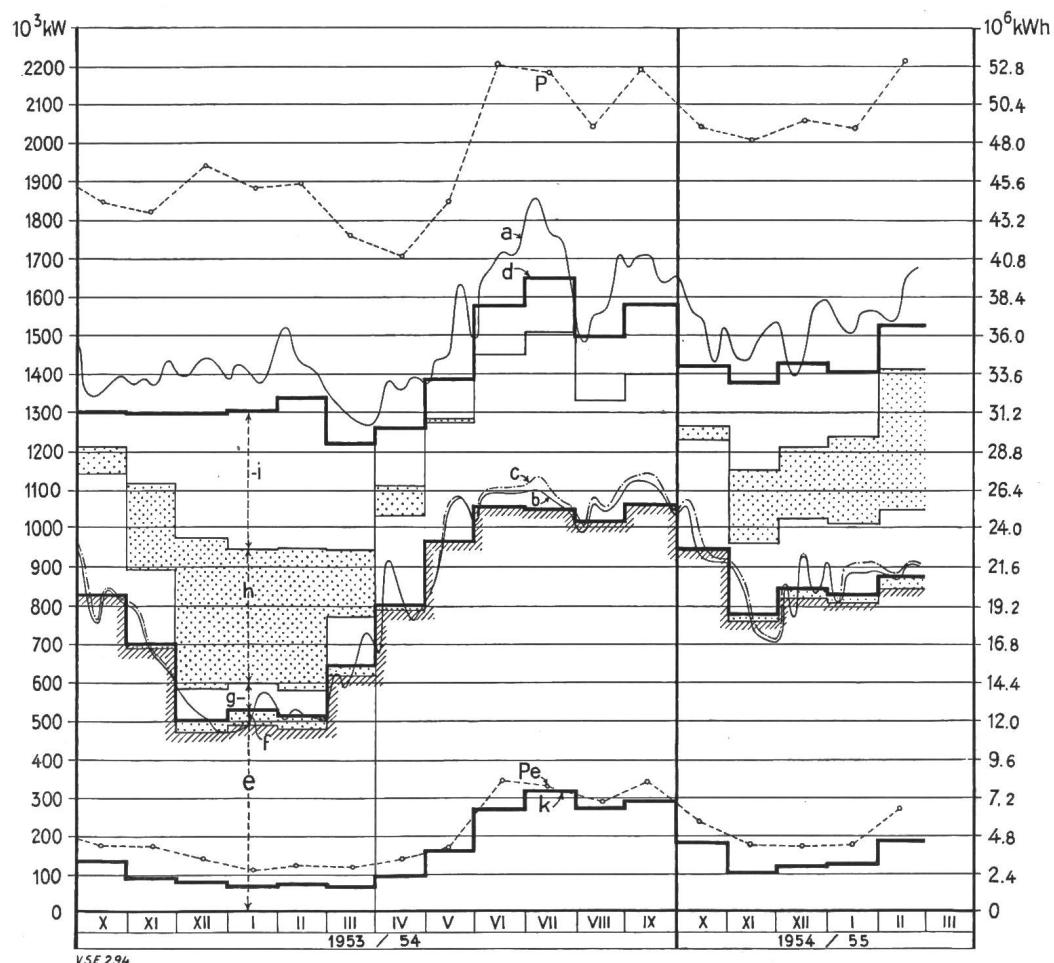
0—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher).
A—B Saison speicherwerke.
B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr.
0—E Energieausfuhr.
0—F Energieeinfuhr.

3. Energieerzeugung 10^6 kWh

Laufwerke	21,6
Saison speicherwerke	15,0
Thermische Werke	0,1
Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken	0,7
Einfuhr	2,2
Total, Mittwoch, 16. Februar 1955	39,6
Total, Samstag, 19. Februar 1955	37,1
Total, Sonntag, 20. Februar 1955	28,1

4. Energieabgabe

Inlandverbrauch	34,7
Energieausfuhr	4,9

Mittwoch- und Monatserzeugung**Legende:**

- Höchstleistungen:** (je am mittleren Mittwoch jedes Monates)
 - P des Gesamtbetriebes
 - Pe der Energieausfuhr.
- Mittwocherzeugung:** (Durchschnittl. Leistung bzw. Energiemenge)
 - a insgesamt;
 - b in Laufwerken wirklich;
 - c in Laufwerken möglich gewesen.
- Monatserzeugung:** (Durchschnittl. Monatsleistung bzw. durchschnittl. tägliche Energiemenge)
 - d insgesamt;
 - e in Laufwerken aus natürl. Zuflüssen;
 - f in Laufwerken aus Speicherwasser;
 - g in Speicherwerken aus Zuflüssen;
 - h in Speicherwerken aus Speicherwasser;
 - i in thermischen Kraftwerken und Bezug aus Bahn- und Industriekraftwerken und Einfuhr;
 - k Energieausfuhr;
 - l-k Inlandverbrauch.

Aus den Geschäftsberichten schweizerischer Elektrizitätswerke

*(Diese Zusammenstellungen erfolgen zwanglos in Gruppen zu vieren und sollen nicht zu Vergleichen dienen)
Man kann auf Separatabzüge dieser Seite abonnieren*

	Elektrizitätswerk der Stadt Aarau		Bernische Kraftwerke A.-G., Bern		Industrielle Betriebe der Stadt Chur		Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil A.-G. Jona	
	1953	1952	1953	1952	1953	1952	1953/54	1952/53
1. Energieproduktion . . . kWh	96 411 000	105 719 000	484 645 700	492 981 600	76 622 400	81 518 000	1 021 400	1 385 840
2. Energiebezug . . . kWh	8 218 990	3 890 950	110 137 083¹⁾	107 717 592 ⁶⁾	2 105 500	2 027 000	15 954 000	14 855 750
3. Energieabgabe . . . kWh	104 629 990	109 609 950	1 586 016 531	1 570 157 526	76 914 860	81 762 650	15 541 277	14 983 993
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	-4,5	-0,1	+1,01	+6,1	-6	+15	+3,7	+20
5. Davon Energie zu Ab- fallpreisen kWh	-	-	-	-	38 345 312	44 423 000	-	-
11. Maximalbelastung . . . kW	18 000	17 000	412 300	374 000	14 330	14 330	4 300	4 050
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	152 004	146 055	1 407 176	1 314 880	55 714	53 755	24 616	23 409
13. Lampen { Zahl kW	216 734	210 410	1 565 331	1 511 903	106 749	104 913	49 108	48 226
14. Kochherde { Zahl kW	10 438	9 952	79 317	74 276	1 720	1 609	984	911
15. Heisswasserspeicher . . . { Zahl kW	7 044	6 714	55 764	51 425	4 680	4 448	1 294	1 191
16. Motoren { Zahl kW	17 815	17 372	139 170	133 761	5 387	5 204	1 874	1 710
21. Zahl der Abonnemente . . .	28 238	27 631	276 431	265 103	17 847	17 392	3 249	3 110
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	4,18	3,92	-	-	7,74³⁾	7,73 ³⁾	7,3	7,4
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital Fr.	-	-	56 000 000	56 000 000	-	-	800 000	800 000
32. Obligationenkapital . . . >	-	-	-	-	-	-	800 000	800 000
33. Genossenschaftsvermögen .>	-	-	-	-	-	-	-	-
34. Dotationskapital . . . >	4 063 000	4 063 000	-	-	14 668 920	13 860 346	-	-
35. Buchwert Anlagen, Leitg. >	7 990 602	7 564 042	77 957 591	76 250 371	13 594 833	12 689 817	1 748 378	1 750 890
36. Wertschriften, Beteiligung >	8 773 000	9 091 000	9 486 925	9 785 925	-	-	-	-
37. Erneuerungsfonds . . . >	6 328 322	5 862 637	18 575 000	17 745 000	125 400	320 159	96 000	86 000
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . Fr.	4 443 516	4 357 388	55 407 113	54 704 932	3 329 090	3 334 176	1 266 276	1 196 710
42. Ertrag Wertschriften, Be- teiligungen . . . >	-	-	606 025	410 571	-	-	-	-
43. Sonstige Einnahmen . . . >	76 807	72 445	1 026 549	1 208 675	7 530	7 421	693 067	708 583
44. Passivzinsen . . . >	213 307	213 307	119 444	420 290	669 372	680 411	23 558	22 902
45. Fiskalische Lasten . . . >	202 437	171 070	3 000 737	1 681 793	111 795	138 392	23 753	15 134
46. Verwaltungsspesen . . . >	660 156	646 738	-	-	219 414	214 406	190 455	203 938
47. Betriebsspesen . . . >	1 302 301	1 322 491	17 976 131²⁾	18 442 786 ²⁾	720 506	728 563	-	-
48. Energieankauf . . . >	459 965	286 561	24 559 559	24 500 410	99 820	98 492	1 435 753⁴⁾	1 315 826 ⁴⁾
49. Abschreibg., Rückstell'gen >	1 287 780	1 420 909	8 697 317	8 570 818	527 500	626 000	285 525	307 561
50. Dividende . . . >	-	-	3 080 000	3 080 000	-	-	52 000	52 000
51. In % >	-	-	5,5	5,5	-	-	6,5	6,5
52. Abgabe an öffentliche Kassen >	564 487	515 299	-	-	986 529	855 333	-	-
<i>Übersichten über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Be- richtsjahr Fr.	27 659 102	26 532 542	-	-	19 529 459	18 299 444	4 680 438	4 457 950
62. Amortisationen Ende Be- richtsjahr >	19 668 500	18 968 500	-	-	5 934 636	5 609 627	2 932 060	2 707 060
63. Buchwert >	7 990 602	7 564 042	77 957 591	76 250 371	13 594 833	12 689 817	1 748 378	1 750 890
64. Buchwert in % der Bau- kosten	28,9	28,5	-	-	69,61	69,35	37	39

¹⁾ inklusive Bezug aus den Kraftwerken Oberhasli
²⁾ inklusive Verwaltungsspesen

³⁾ exkl. Überschussenergie
⁴⁾ inklusive Betriebspesen