

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 37 (1946)
Heft: 14

Artikel: Die Messung des Scheinverbrauchs mit dem "Trivector"
Autor: Zingg, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061115>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

gelingt, einen Verstärker direkt am Grammophon-eingang auszusteuern.

Vorzügliche Dienste vermag ein derartiges Kommandomikrophon bei Kommandoanlagen zu leisten, besonders aber bei Anlagen mit zentralisierten Verstärkern. Denn die zweckmässigsten Anpassungen lassen sich vornehmen und die erforderlichen Spannungspegel zur Aussteuerung sind selbst bei der Zwischenschaltung grosser Kabellängen erreichbar. Sind kleinere Aussteuerungsspannungen zulässig, können entsprechend längere Zuleitungskabel verwendet werden.

Ein weiterer, sehr beachtenswerter Vorteil ist die Unempfindlichkeit solcher niederohmiger Uebertragungsorgane gegen kapazitiv anfallende Störspannungen.

Das Kommandomikrophon besteht im wesentlichen aus zwei Teilen: aus dem eigentlichen System und aus der Haltevorrichtung. Das System kann, wie Fig. 4 veranschaulicht, gleich wie ein Kohlekörnermikrophon am Telephonapparat in ein Gehäuse eingesetzt und ausgewechselt werden. Der akustischen Anpassung wegen ist das Membransystem jedoch in keinem anderen Gehäuse verwend-

bar, da sonst die Empfindlichkeitseinbussen und Frequenzgangänderungen entstehen.

Drei Ausführungen bei gleichbleibender Gehäuseform sind vorgesehen: das Tisch-, Einbau- und

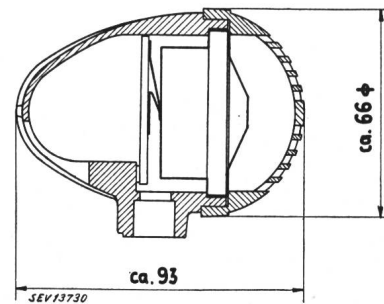


Fig. 4.
Gehäuse des Kommandomikrophons mit eingebautem auswechselbarem System

Stielkommandomikrophon (Fig. 1). Die Abmessungen des Gehäuses (Fig. 4) sind klein gehalten, um ein noch zulässiges Auflösungsvermögen im erforderlichen Frequenzbereich zu erhalten.

Adresse des Autors:

J. Müller-Strobel, Flühgasse 53, Zürich 8.

Die Messung des Scheinverbrauchs mit dem „Trivector“

Von W. Zingg, Zug

621.317.385.016.25

In Verteilnetzen mit induktiver Belastung gingen die Energie liefernden Werke schon früh dazu über, die vom Abnehmer bezogene Blindleistung in irgend einer Form in die Tarife einzubeziehen. Der Einführung eines gemischten Tarifs, der zweckmässig Wirkenergieverbrauch und Scheinleistungsanspruch gleichzeitig berücksichtigt, standen vor allem messtechnische Schwierigkeiten im Wege. Eine einfache und doch genügend genaue Lösung der Aufgabe stellt der «Trivector», ein Scheinverbrauchsmesser, dar, dessen Prinzip, mechanischer Aufbau und Ausführungsformen beschrieben werden.

Dans les réseaux de distribution présentant des charges inductives, les fournisseurs d'énergie ont été amenés, depuis longtemps, à tenir compte dans leurs tarifs, sous une forme ou une autre, de la puissance réactive consommée par les abonnés. L'introduction d'un tarif mixte, tenant compte à la fois de la consommation d'énergie active et de la puissance apparente, se heurtait surtout à des difficultés de mesure. Une solution simple, mais suffisamment précise, est fournie par le «Trivector», compteur de puissance apparente dont le principe, la construction et l'exécution sont décrits dans cet article.

In den ersten Jahren der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie beherrschte der Pauschal tariff das Feld. Inzwischen ist die Zahl der verschiedenen Tarife in ähnlichem Masse gewachsen wie die Produktions- und Anwendungsmöglichkeiten der Energie selbst. Einerseits war die Entwicklung der Tarife gegeben durch das fortschreitende, eingehende Studium der den Preis der Energie bestimmenden Faktoren, die Erkenntnis der verschiedenen Wertschätzung durch die Abnehmer, die Möglichkeit konkurrierender Eigenenerzeugung von Energie durch Grosskonsumenten (Industrie) usw., andererseits durch die immerhin begrenzten Lieferfähigkeiten der Elektrizitätswerke.

Wenn in der Abgabe der elektrischen Energie Massnahmen, die die Freizügigkeit und Unabhängigkeit des Energiekonsums zur Folge haben, kaum zu befürworten sind, so sind wohl diejenigen Tarife, die dem wirtschaftlichen Bezug der Energie Vorschub leisten und die Bereitstellungskosten berücksichtigen, als Ausdruck einer sorgfältigen Energiebewirtschaftung zu werten. Zu diesen Tarifen gehören besonders diejenigen, die nicht nur die konsumierten Kilowattstunden, sondern auch in ir-

gend einer Form Blindleistung, Scheinleistung und namentlich die Verhältnisse, unter welchen der Energiebezug stattfindet (Leistungsfaktor, maximaler Wirk-, Blind- oder Scheinleistungsanspruch), in die Verrechnung einbeziehen. Diese Tarife sind namentlich dann gerechtfertigt, wenn es sich um Grossabnehmer handelt, die mit einem Leistungsfaktor arbeiten, der den projektierten Leistungsfaktor des Werkes erheblich unterschreitet. Die nachteilige Wirkung der Phasenverschiebung besteht in der Erhöhung des bei gleicher Leistung total zu liefernden Stromes und den dadurch bedingten grösseren Stromwärmeverlusten in allen stromführenden Teilen der Maschinen, Apparate und Leitungen einerseits und andererseits in der Erhöhung des Spannungsabfalles vom Werk zum Verbraucher. Diese Tatsache begründet die Massnahmen der Werke auf tariflichem Gebiete, die sich namentlich bei der Energielieferung an Grossverbraucher durch entsprechende Leistungsfaktorklauseln oder Verrechnung des Scheinleistungsanspruches im Energielieferungsvertrag ausdrücken. Da die Kosten der elektrischen Einrichtungen von der bereitzustellenden max. Scheinleistung in kVA abhängen und

einen wesentlichen Bestandteil der Gesamtkosten eines Werkes ausmachen, während die Kosten der mechanischen Einrichtungen und der gelieferten Energie eine Funktion der Wirkleistung in kW und

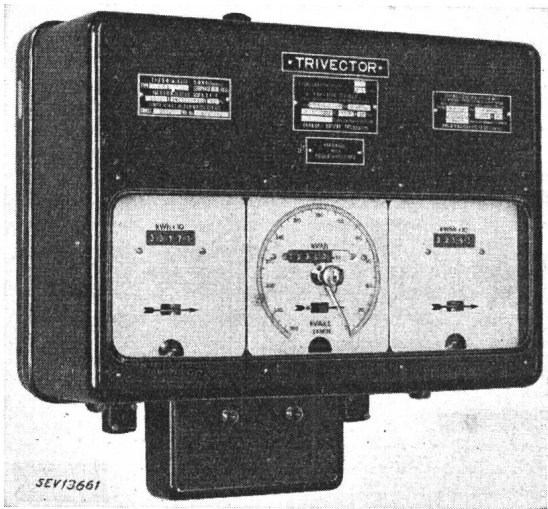


Fig. 1. «Trivector» mit Scheinleistungs-Maximumzeiger

des Rohenergieaufwandes sind, ist es richtig, neben der Wirkenergie auch die Scheinleistung zur Verrechnung heranzuziehen.

Obwohl die Berechtigung eines gemischten Tarifes (Wirkenergie und Scheinleistungsanspruch) längst erkannt ist, standen dessen Einführung in die Praxis Hindernisse im Wege. Zunächst ist die Ein-

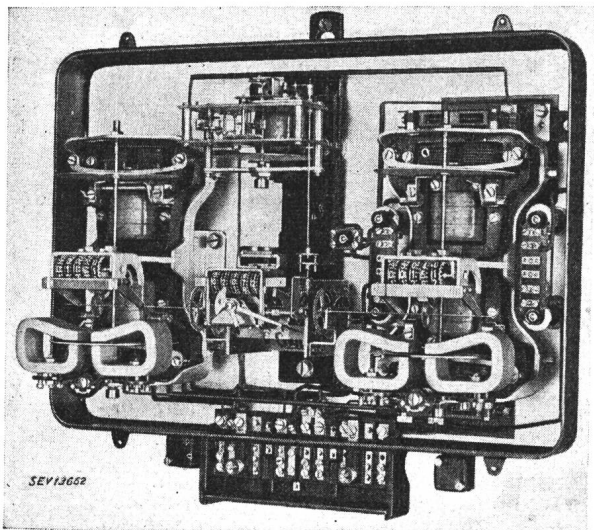


Fig. 2. «Trivector» offen

Links: Wirkverbrauchszähler; rechts: Blindverbrauchszähler; Mitte unten: Scheinverbrauchszählwerk; Mitte oben: Ferrarislaufwerk zur Steuerung der Scheinleistungsmaximum-Anzeigevorrichtung

heit der Scheinleistung im Bundesgesetz über Mass und Gewicht vom Jahre 1909 nicht aufgeführt. Eine solche Einheit wie in Frankreich¹⁾ im Gesetz festzulegen, schiene nützlich. Dann aber hinderten die

¹⁾ Vgl. Dentan, H.: Le compteur «Décret-loi». Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 4, S. 98...100.

messtechnischen Schwierigkeiten am meisten die Einführung von Scheinleistungstarifen. Lange befand sich kein Instrument auf dem Markte, das die unmittelbare und genaue Feststellung der Scheinleistung gestattete. Sind solche Instrumente aber einmal vorhanden, so ist der Scheinleistungstarif in Messung und Verrechnung einfach, da er die kleinste Zahl von Mess- und Verrechnungsgrößen benötigt. Die Messung des Wirkverbrauches und des Scheinleistungshöchstwertes wird den Ansprüchen eines Elektrizitätswerkes in jeder Beziehung genügen.

Die Ermittlung der Scheinenergie könnte durch manuelle, vektorielle Addition der Angaben eines Wirk- und eines Blindverbrauchszählers erfolgen. Dieses Verfahren ist umständlich und nur richtig, wenn die Phasenverschiebung während der Ableseperiode konstant bleibt. Ist dies nicht der Fall, so begeht man nach diesem Verfahren einen um so grösseren Fehler nach der negativen Seite, je häufiger der Leistungsfaktor in der betrachteten Ableseperiode sich geändert hat (Fig. 3). Wohl sind auch Scheinverbrauchsmesser mit Kunstschaltung bekannt. Diese zeigen jedoch nur über einen beschränkten Leistungsfaktorbereich richtig und sind daher bloss dort verwendbar, wo sich die Phasenverschiebung innerhalb relativ enger und bekannter Grenzen bewegt.

Die messtechnische Aufgabe der kontinuierlichen Erfassung der Scheinleistung bei wechselnder Phasenverschiebung wurde jedoch inzwischen gelöst, und zwar in besonders vollkommener und betriebssicherer Weise durch den «Trivector» von Landis & Gyr, der den Scheinverbrauch über den Leistungsfaktor

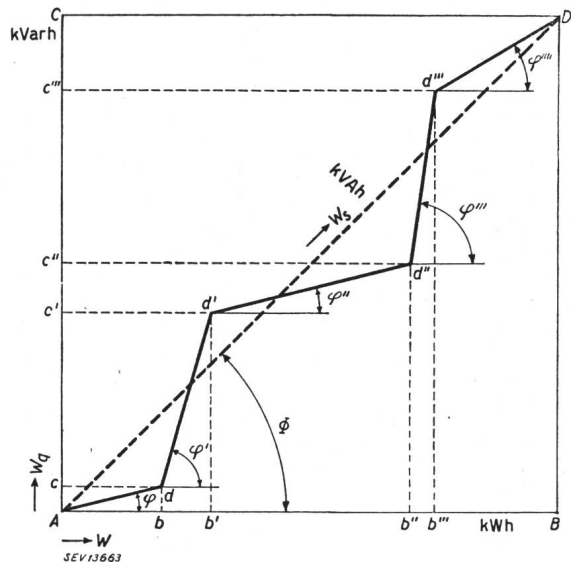


Fig. 3.

Vergleich des errechneten mit dem tatsächlichen Scheinverbrauch

----- Scheinverbrauch errechnet aus den Angaben eines Wirk- und eines Blindverbrauchszählers
 ————— tatsächlicher Scheinverbrauch

bereich $\cos \varphi = 1$ bis $\cos \varphi = 0$ zu erfassen gestattet, als Sonderausführung und mit zusätzlichen Wirk- und Blindleistungsrelais sogar in allen vier Quadranten.

Der «Trivector» besteht aus einem Wirk- und einem Blindverbrauchszähler, die unter Zwischenschaltung

von Ratschenkupplungen entweder direkt oder über Summengetriebe auf das Scheinverbrauchs-Zählwerk arbeiten. Wird dieses mit einem Maximum-Zählwerk ausgeführt, so lässt sich die maximale, auf eine Registrierperiode bestimmter Dauer bezogene *Scheinleistung* direkt ablesen. Wirk- und Blindverbrauchsähler können für Drehstrom, Drei- oder Vierleiteranlagen mit beliebig belasteten Phasen ausgeführt werden, wobei zu bemerken ist, dass der Blindverbrauchsähler keine Kunstschtung besitzt und daher seine Angaben von der Drehfeldrichtung des Netzes und der Symmetrie des Spannungsdreiecks unabhängig sind.

Die prinzipielle Wirkungsweise des «Trivectors» sei durch folgende Betrachtungen erläutert. Nimmt man der Einfachheit halber an, dass es sich um einen «Trivector» für 1 A und 1 V handelt, so ist die Geschwindigkeit des Wirkverbrauchsählers

$$v_w = \cos \varphi$$

und die Geschwindigkeit des Blindverbrauchsählers

$$v_b = \sin \varphi$$

Würde die Summe dieser Geschwindigkeit als proportional dem Scheinverbrauch angesehen, also

$$v_s = v_w + v_b = \cos \varphi + \sin \varphi,$$

so wäre die Anzeige des Scheinverbrauchs nur richtig für die Werte von $\varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 90^\circ$. Für alle anderen Phasenlagen würde zuviel angezeigt, während der richtige Wert von $\varphi = 0^\circ$ bis $\varphi = 90^\circ$ voraussetzungsgemäss gerade = 1 sein sollte. Reduziert man die Geschwindigkeit des Wirkverbrauchsählers über ein Uebersetzungsgetriebe mit einem Faktor a und die Geschwindigkeit des Blindverbrauchsählers mit einem Faktor b , so ergibt sich:

$$v_w = a \cos \varphi \quad \text{und} \quad v_b = b \sin \varphi$$

Werden diese beiden Geschwindigkeiten durch ein Differentialgetriebe summiert, so wird

$$v_s = a \cos \varphi + b \sin \varphi$$

Werden a und b noch so gewählt, dass sie den Bedingungen

$$a = \cos \psi \quad \text{und} \quad b = \sin \psi$$

genügen, so wird

$$v_s = \cos \psi \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi$$

Spricht man diese Summengeschwindigkeit, die ebenfalls nach einer Sinuslinie verläuft, wiederum als proportional dem Scheinverbrauch an, so wird dieser nur richtig angezeigt für die Phasenverschiebung

$$\varphi = \psi,$$

denn dann ist

$$\underline{v_s = \cos^2 \psi + \sin^2 \psi = 1}$$

(Scheitelpunkt der Sinuskurve).

Für $\varphi = \psi$ ist daher die Summengeschwindigkeit am grössten, für alle anderen Werte von φ nimmt sie nach dem Sinusgesetz ab.

Ein nach diesem Prinzip richtig zeigender Scheinverbrauchsähler müsste also unendlich viele Reduktions- und Summengetriebe aufweisen, wobei mit einem Ratschengetriebe immer dasjenige Summier-

werk auf das Scheinverbrauchs-Zählwerk wirken müsste, dessen augenblickliche Geschwindigkeit am grössten, d. h. = 1 ist und das dem momentanen Wert von φ entspricht. Praktisch genügt es aber, und das ist beim «Trivector» der Fall, wenn für die

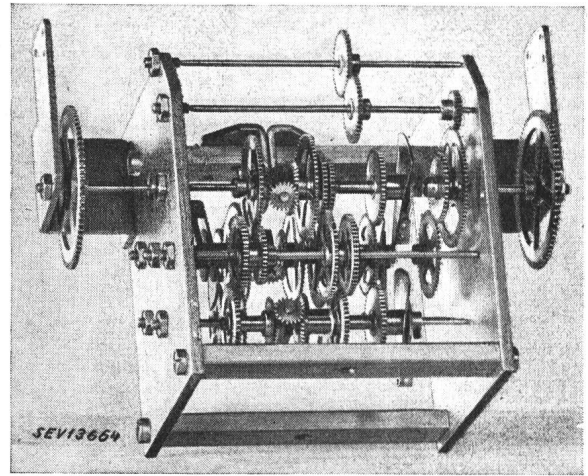


Fig. 4.
Mechanismus zur Messung des Scheinverbrauchs

Reduktion der Geschwindigkeiten des Wirk- und Blindverbrauchsählers je drei Reduktionsfaktoren, entsprechend ψ -Werten von $22,5^\circ$, 45° und $67,5^\circ$ angewendet werden, was zu nur drei Summengetrieben führt (Fig. 4). Lässt man für diese Anordnung mit Hilfe eines Ratschengetriebes immer das Summengetriebe mit der grössten Geschwindigkeit, bzw. für die Werte $\varphi = 0^\circ$ bis $\varphi = 11,25^\circ$ den Wirkverbrauchsähler und für $\varphi = 78,75^\circ$ bis 90° den Blindverbrauchsähler auf das Scheinverbrauchs-Zählwerk arbeiten (was ganz automatisch

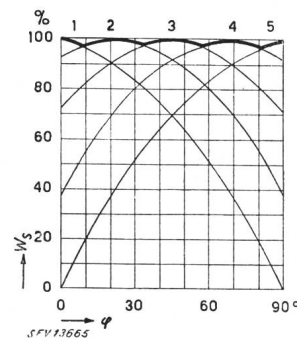


Fig. 5.
Abweichung des vom «Trivector» angezeigten vom wirklichen Scheinverbrauch
Die stark ausgezogene Umhüllungskurve gibt den vom «Trivector» angezeigten Scheinverbrauch wieder

geschicht), so wird der Scheinverbrauch nach der dick ausgezogenen Wellenkurve der Fig. 5 angezeigt, d. h. er weicht nur sehr wenig vom richtigen Werte ab. Durch Parallelverschiebung dieses Wellenzuges durch eine konstante Uebersetzung ergibt sich ein Fehler des Scheinverbrauchs von max. $\pm 1\%$ des wahren Wertes im Bereich von $\varphi = 0^\circ$ bis $\varphi = 90^\circ$ (Fig. 6).

Da das Summierwerk des «Trivectors» nur Elemente — Zahnräder und Ratschengetriebe — enthält, deren Arbeitsweise genau definiert ist, behält der «Trivector» seine Genauigkeit in den angegebenen Grenzen auch bei jahrelangem Gebrauche bei.

Sofern Wirk- und Blindverbrauchsähler gestreckte Kurven aufweisen, wird der Scheinverbrauch

unabhängig von der Belastung mit einem maximalen Fehler von nur $\pm 1\%$ angezeigt. Diese Genauigkeit ist für alle Fälle ausreichend, um so mehr, als es sich bei der Feststellung des Scheinverbrauchs oder der Scheinleistung zur Tarifierung lediglich um ein Korrekturglied handelt.

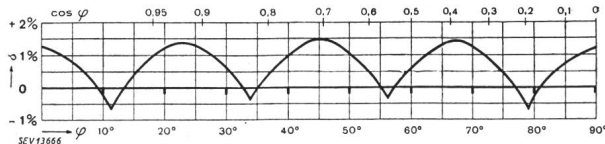


Fig. 6.

Fehler des Scheinverbrauchszählwerkes in Funktion der Phasenverschiebung bei konstanter Scheinleistung

Bemerkenswert ist, dass das nach feinmechanischen Grundsätzen ausgeführte Summierwerk des «Trivectors» weder den Wirk- noch den Blindverbrauchszähler wesentlich beeinflusst, und dass die

in der Praxis mit diesem Apparat gemachten Erfahrungen gut sind. Schliesslich sei auch darauf hingewiesen, dass sich der «Trivector» besonders gut mit den verschiedensten Tarifeinrichtungen ausstatten lässt. Wird das Scheinverbrauchszählwerk mit einem Kontaktgeber ausgerüstet, so lässt sich die mittlere Scheinleistung mit dem ebenfalls von Landis & Gyr hergestellten «Tele-Maxigraph» in Funktion der Zeit graphisch aufzeichnen. Als tragbares Instrument ausgeführt, dient der «Trivector» vielen Elektrizitätswerken als Kontrollinstrument für die Belastungsverhältnisse bei Grossabnehmern. Als solches kann er Grundlagen von aufzustellenden Lieferungsverträgen ermitteln, wobei sich auch der mittlere $\cos \varphi$ durch die einfache Division der Angaben des Wirkverbrauchszählers durch die Angaben des Scheinverbrauchszählwerkes errechnen lässt.

Adresse des Autors:

W. Zingg, Ingenieur der Landis & Gyr A.-G., Zug.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Ein neues thermisches Kraftwerk der Nordostschweizerischen Kraftwerke A.-G.

[Aus Schweiz. Bauztg. Bd. 127(1946), Nr. 26, S. 328...330]

Der Verwaltungsrat der Nordostschweizerischen Kraftwerke A.-G., Baden (NOK), beschloss in seiner letzten Sitzung die Erstellung eines thermischen Kraftwerkes im Anschluss an das Kraftwerk Beznau. Die installierte Leistung soll vorläufig 40 000 kW betragen. Vorgesehen sind 2 bei Brown Boveri, Baden, bestellte Gasturbinen-Gruppen von 13 000 bzw. 27 000 kW, die im Winter 1947/48 bzw. 1948/49 in Betrieb kommen sollen. Damit schon im Winter 1946/47 thermische Energie geliefert werden kann, haben sich Gebrüder Sulzer, Winterthur, verpflichtet, aus ihrem Fabrikationsbestand auf Ende dieses Jahres eine Dieselmotorengruppe von 3000 kW zur Verfügung zu stellen, die nach Lieferung der beiden Gasturbinengruppen als Reserve dienen wird.

Die Hauptaufgabe des thermischen Kraftwerkes besteht darin, in trockenen Wintern den Produktionsausfall der Wasserkraft-Kombination (eigene Werke: Beznau, Löntsch und Eglisau; Beteiligungen: A.-G. Bündner Kraftwerke, A.-G. Kraftwerk Wägital, Ryburg-Schwörstadt A.-G., Aarewerke A.-G., Etzelwerk A.-G. und Kraftwerk Rapperswil-Auenstein A.-G.) zu decken. Diese Sicherstellung ist um so dringlicher, als infolge des während des Krieges aufgetretenen Brennstoffmangels die hydraulischen Werke auch in mittleren und nassen Jahren praktisch voll ausgenützt, und in der Konzessionserteilung für die nötigen neuen Speicherwerke grosse Verzögerungen entstanden sind, über deren Auswirkung sich die Öffentlichkeit noch nicht genügend Rechenschaft gibt. Thermische Kraftwerke sollen deshalb für die nächsten Jahre die Lücke bis zur Inbetriebnahme neuer Speicherwerke einigermaßen überbrücken. Auch nachher werden sie aber an Bedeutung nicht verlieren, weil die Produktion jedes neu hinzukommenden Wasserkraftwerkes den Unterschied in der Erzeugungsmöglichkeit elektrischer Energie zwischen nassen und trockenen Jahren erhöht, wodurch das Bedürfnis nach einem Ausgleich erhöht wird.

Das thermische Kraftwerk der NOK stellt in Verbindung mit den Stauseen eine Speicheranlage von idealer Leistungsfähigkeit dar, weil in trockenen Wintern mit der Leistung von 43 000 kW bei einer maximalen Gebrauchsdauer von 3000 Stunden rund 130 Millionen kWh erzeugt werden können. Diese zusätzliche Energiemenge ist ungefähr gleich gross wie diejenige, die aus dem Speichervorrat erzeugt werden kann, der den NOK zur Zeit aus den Werken Löntsch, Wägital und Etzel zur Verfügung steht. Mit zunehmender Wasserführung und steigender Leistungsfähigkeit der hydraulischen Werke kann die Betriebsdauer des thermischen Kraft-

werkes reduziert, oder dieses ganz ausgeschaltet werden. Nach den durchgeführten Untersuchungen ist die Gebrauchsdauer des thermischen Kraftwerkes im langjährigen Mittel mit rund 1000 Stunden anzusetzen; auf diese Weise ergibt sich eine mittlere jährliche Erzeugung an thermischer Energie von 40...50 Millionen kWh. Ein wesentlicher Vorteil der Ergänzung von Wasserkraftwerken durch thermische Anlagen liegt auch darin, dass die Ausnutzungsmöglichkeit bestehender und künftiger Speicherwerke verbessert wird, weil dank der thermischen Reserve die Staubecken gegen Ende des Winters weitergehend abgesenkt werden dürfen.

Die Erzeugungsmöglichkeit von Normalenergie, d. h. von Energie, die ein während des ganzen Jahres ohne Einschränkungen versorgtes Absatzgebiet mit 55 % im Winterhalbjahr und mit 45 % im Sommerhalbjahr beziehen kann, erfährt im Verbundbetrieb hydraulischer und thermischer Werke eine Vermehrung um das Mehrfache der thermisch erzeugten Energiemengen. Dank diesem Umstande ist die Erstellung thermischer Kraftwerke heute auch für schweizerische Verhältnisse trotz der Kriegsteuerung und der noch relativ hohen Ölpreise wirtschaftlich tragbar. Sie stellt im Dienste des Landes eine Sicherungsmassnahme für die Elektrizitätsversorgung dar.

Thermische Anlagen können aber die Erstellung neuer hydraulischer Winterspeicherwerke nicht überflüssig machen, um so weniger, als die thermische Energie für unsere Verhältnisse relativ teuer und in jährlichem Dauerbetrieb von langer Gebrauchsdauer mit Energie aus Wasserkraftanlagen nicht konkurrieren kann. Die Schweiz muss deshalb alles daran setzen, den normalen Elektrizitätsbedarf aus der eigenen Wasserkraft zu decken und endlich zu den dringend notwendigen neuen Speicherwerken zu kommen. Die Erstellung thermischer Anlagen bedeutet daher auch für die NOK keine Schwächung der Konzessionsbewerbung für den Bau neuer Speicherwerke. Zw.

L'énergie atomique

Par M. F. Joliot-Curie, Paris

[Reproduction d'un article de l'Experientia, t. 2(1946), no. 2, p. 60...62]

539.17
621.499.4

C'est une tâche bien délicate et une lourde responsabilité d'écrire en un bref exposé un sujet déjà si vaste: la libération de l'énergie atomique. Hélas! c'est par le fracas de l'explosion de Hiroshima que cette nouvelle conquête de la science nous fut révélée. En dépit de cette apparition terrifiante, je suis convaincu que cette conquête apportera aux hommes plus de bien que de mal.