

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 22 (1931)
Heft: 23

Artikel: Die Elektrizitätsversorgung der Schweiz
Autor: Wyssling, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060538>

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: 17.02.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:
Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Zürich 4
Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXII. Jahrgang

N^o 23

Mittwoch, 11. November 1931

Die Elektrizitätsversorgung der Schweiz.

Vortrag,

gehalten an der Delegiertenversammlung des Schweizerischen Handels- und Industrie-Vereins am 31. Mai 1930 in Zürich,
von Prof. Dr. W. Wyssling, Wädenswil.

621.311(494)

Im Einverständnis mit dem Vorort des Schweizerischen Handels- und Industrievereins und dank freundlichem Entgegenkommen des Autors sind wir in der Lage, den Vortrag, den er am 31. Mai 1930 vor den Delegierten des genannten Vereins hielt, dieser Nummer des Bulletin, das den allgemeinen Bericht und die Protokolle über die Generalversammlungen 1931 des SEV und VSE enthält, voranzustellen und damit die klare, eindeutige Stellungnahme eines Fachmannes zur Kritik, die an den schweizerischen Elektrizitätswerken von verschiedenen Seiten geübt wird, unsern Lesern zugänglich zu machen. Der Inhalt dieses Vortrages ist heute so aktuell wie vor einem Jahr: die öffentliche Meinung beschäftigt sich aus naheliegenden Gründen fortgesetzt mit der Versorgung unseres Landes mit elektrischer Energie und wird leider nur zu oft einseitig und unvollständig informiert oder von sachlich nicht zuständiger Seite beeinflusst. Der Vortragende, der an der Entwicklung der schweizerischen

Elektrizitätswirtschaft von Anfang an massgebend beteiligt war und daher die grossen und kleinen Zusammenhänge technischer und wirtschaftlicher Natur genau kennt, dürfte wie kaum jemand berufen sein, diese Fragen zu beurteilen.

Nach einer Würdigung der historischen und naturgegebenen Eigentümlichkeiten und des hervorragenden, in den wichtigen Zügen von keinem andern Land erreichten Standes der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft erörtert der Autor, Punkt um Punkt, die wesentlichen Bemängelungen der heutigen Ordnung und Gebarung der Elektrizitätswerke und macht für die Weiterentwicklung wohl begründete Vorschläge.

Der Autor wünscht, dass wir noch darauf aufmerksam machen, dass dieses Referat nicht für ein Fachblatt, sondern als aufklärender Vortrag vor einem in der Hauptsache aus Laien in der Materie bestehenden Auditorium abgefasst wurde.
Die Redaktion.

I. Einleitung und Allgemeines.

Die Versorgung eines Landes mit elektrischer Energie, deren Verteilung zu jedermanns Gebrauch, ist eine hohe Aufgabe für die Technik. Ihre Bedeutung ist ebensowohl eine allgemeine zivilisatorische wie eine wirtschaftliche. Denn sie gestattet, körperliche menschliche Arbeit zu ersparen und Naturkräfte wirksamer und allgemeiner auszunützen.

Die Elektrizität hat diese Bedeutung dadurch gewonnen, dass es nach und nach gelang, aus ihr alle andern benötigten Energieformen (Licht, motorische Kraft, Wärme usw.) leicht und mit bestem Wirkungsgrad am Verbrauchsort durch Umwandlung zu erhalten und sie verhältnismässig leicht auf die grössten Entfernungen zu übertragen.

Die enorme Entwicklung, welche diese Technik erfuhr, ging in einer Zeitspanne von nicht mehr als zirka 45 Jahren vor sich. Ich hatte das Glück, von Anfang an aktiv daran mitwirken zu können.

Für *alle* Länder, gleichgültig, welche Art Rohenergie für die Zentralwerke zur Verfügung stehe, Brennstoff oder Wasserkraft, liegt die Bedeutung der Energieverteilung in elektrischer Form zunächst darin, dass die letztere wie keine andere geeignet ist, auch in kleinsten Portionen auf einfachste Weise und mit hohem Wirkungsgrad überall benützbar gemacht zu werden. Dieser Umstand

ist in brennstoffreichen Ländern eigentlich der einzige Grund, der zur sogenannten «Elektrifizierung» führte.

Für die *Schweiz* aber wirkte eine andere, weit mächtigere Ursache mit: Die Tatsache, dass wir im Land sozusagen keinen Brennstoff besitzen, dagegen verhältnismässig viel Wasserkraft.

An diese allbekannte Tatsache muss immer wieder erinnert werden, weil nur aus ihr Entwicklung und Stand unserer Elektrizitätsversorgung ganz begriffen werden können.

II. Die frühe Entstehung unserer Elektrizitätsversorgung als Wasserkraftnutzung.

Der Mangel an Kohle hat in der Schweiz schon sehr früh dazu geführt, einzelne Fabriken mit Wasserkraft zu betreiben. Aber man musste diese dort brauchen, wo sie war, etwa am Fuss der Berge, und man konnte mit ihr nur wieder mechanische, motorische Energie herstellen.

Das wurde anders, als um die Mitte der achtziger Jahre die Dynamomaschine industriell brauchbar wurde. Zunächst konnte man elektrisches Licht erzeugen. Es begann die Ära der Emanzipation vom Brennstoff, damals vom Petrol, und sodann von der Kohle, als auch der Elektromotor entwickelt wurde. Und als nun die Wechselstromtechnik mit der An-

wendung immer höherer Spannungen auftrat und die Uebertragung der Energie auf grosse Distanzen erlaubte, da war die Verwendbarkeit der Wasserkräfte nicht mehr an deren Ort gebunden, sondern überall im Land ermöglicht.

Gleich von Anfang an trieben nun die stets relativ hohen Kosten der eingeführten industriellen Brennstoffe in der Schweiz mächtig zur Verwendung der neuen Technik, zur Ersetzung des Brennstoffs durch eigene, zentral erzeugte und elektrisch verteilte Wasserkraft. Das vollzog sich in der Schweiz sofort und jeweilen ohne Zuwarten auf Verbesserungen in der Elektrotechnik, getrieben durch den Zwang nach Verbilligung.

Dieser Zwang herrschte in Brennstoffländern nicht; dort entwickelte sich daher die Elektrifikation im allgemeinen später, unter günstigerem Stand der Elektrotechnik.

So kam es, dass die Schweiz zwar von den *ersten* Elektrizitätswerken hatte und stets relativ mehr als andere Länder, aber auch, dass wir zu sehr vielen, der frühern, noch unvollkommenen Technik entsprechenden *kleinen* Werken und Anlagen kamen. Mit diesen vielen ältern Anlagen sind wir zum grossen Teil heute noch belastet; nicht alles ältere konnte amortisiert und entfernt werden. Staaten, in denen eine allgemeinere Landesversorgung erst in neuerer Zeit eintrat, konnten z. B. auf die Grossdistanzen von Anfang an mit Spannungen von 50, 100 und mehr kV arbeiten, während wir diese Anlagen schon gebaut hatten, als man erst bis etwa 25 oder 30 kV anzuwenden verstand.

III. Die Besonderheiten der Wasserkräfte als Versorgungsgrundlage.

1. Die Wasserkräfte haben als Grundlage einer allgemeinen Energieversorgung nicht nur Vorteile wie etwa grössere Billigkeit, wie man im allgemeinen annimmt, sondern auch ihre besondern Schwierigkeiten.

Ein kalorisches Kraftwerk kann in seinen Maschinen auf eine beliebige Leistung (in Pferdestärken oder Kilowatt) ausgebaut werden, und es kann, sofern der Brennstoff überhaupt erhältlich ist, diese Leistung zu jeder Zeit, beliebig viele Stunden, bis zu 8760 im Jahr, nach Bedarf der Konsumenten abgeben und so eine entsprechende Arbeit (Anzahl Kilowattstunden) abgeben.

Beim Wasserkraftwerk dagegen schwankt die erzielbare Leistung mit dem Wasserzufluss. Diese Veränderlichkeit ist wohl allgemein bekannt, aber viel grösser als wohl die meisten Nichtfachleute annehmen. Geht man vom Mittel des Jahres aus, so kommen bei unsern Gebirgswässern regelmässig Minima von einem Zehntel und weniger davon vor, während die gewöhnlichen Maxima um das Dreifache des Mittels liegen. Ausserdem weichen die einzelnen Jahre stark voneinander ab.

Den Abnehmern, welche bestimmte Leistungen zu gewissen Zeiten durchaus erhalten müssen,

dürfte man aus einem hydro-elektrischen Werk also eigentlich nur soviel Leistung (Kilowatt) zusichern und verkaufen, als die Wasserkraft im *Minimum* bietet (streng genommen sogar im Minimum *minimum*, das vielleicht im Jahrhundert einmal eintritt), also nicht einmal 10 % dessen, was dem mittlern Wasserzufluss entspräche!

2. Der Ausbau der Wasserkräfte nur auf diese Leistungen würde also eine lächerlich geringe Ausnützung der Wasserkräfte ergeben, und relativ sehr wenige Kilowattstunden wären im Jahr abgebar, diese daher sehr teuer. In dieser Art hat man denn auch Wasserkräfte nur etwa bei den allerersten Werken ausgebaut.

3. Es ist bekannt, dass man sehr bald dazu kam, Hochdruckwasserwerke durch *Wasserspeicher* zu ergänzen, also das *Wasser* auf der Höhe «auf Lager zu legen», damit man es zu beliebiger Zeit verwenden könne, wie die Kohle beim Dampfkraftwerk auf Lager liegt. Es ist indessen leichter verlangt als wirtschaftlich ausführbar, Akkumulierwerke zu erstellen. Alle Niederdruck-Wasserkräfte scheiden hiefür aus wegen unmöglicher Speicherdimensionen. Die Niederdruckkräfte bilden aber einen sehr grossen Teil der bei uns disponiblen Kräfte; wir müssen sie benützen, auch veränderlich wie sie sind.

Eine weitere Schwierigkeit kommt hinzu: Bei Hochdruckwerken kennen wir wenigstens ungefähr die Jahreszeit, zu der das Minimalwasser und damit die Minimalleistung eintritt, bei uns im Nachwinter. Auch die Niederdruckwerke haben dann minimale Leistung, leider also beide Werksarten im Winter, zur Zeit, da der Bedarf höher ist (weil natürliches Licht und Wärme mangeln). Allein die Niederdruckwerke verlieren ihre Leistungsfähigkeit auch bei *Hochwasser* zufolge Steigens des Unterwassers, d. h. Verminderung des Gefälls bis fast zum Verschwinden, und diese Leistungsminima treten in unserm Land zu beliebigen Jahreszeiten gänzlich unvorhersehbar auf. Da bleibt, um Lieferungen von Leistungen auszuführen, zu denen man sich unter allen Umständen verpflichtete, nichts anderes übrig als die Heranziehung der Leistung eines Hochdruckwerkes, selbst mitten in wasserreichen Zeiten.

So kam man notgedrungen auf die Kombination von Hochdruck-Speicherwerken mit Niederdruckwerken (wie z. B. Beznau und Löntsch, Eglisau und Wägital usw.). Auch dies ist ja wohl wieder allgemein bekannt, aber weniger vielleicht, wie sehr dies Aushilfsmittel — das übrigens zuerst und im ausgedehntesten Masse in der Schweiz verwendet ist — die Energie verteuert.

Denn die Stauanlagen und Stauseen, sowie die für relativ sehr hohe Leistungen auszubauenden Maschinenanlagen und Zuleitungen solcher Akkumulieranlagen sind sehr kostspielig und bewirken, dass die Energieeinheit ab diesen Werken rund drei- bis fünfmal so hoch zu stehen kommt wie von einem Laufwerk in heutiger, guter Ausnützung. Nur der Umstand, dass es durch geschickte Organisation der Produktion gleichwie des Verkaufs ge-

lungen ist, verhältnismässig wenig Akkumulierenergie verwenden zu müssen, bringt es zustande, dass die Gestehungskosten für die entstehende «Mischung» noch anständig sind.

4. Ein vollständiger Ausgleich zwischen den minimalen und maximalen Leistungen unserer Wasserkräfte wird aber nie möglich sein. Das ergibt sich leicht aus zahlenmässigen Untersuchungen. Auch deshalb, weil die Anzahl und Speicherkapazität der uns möglichen Akkumulierbecken beschränkt sind, und ganz abgesehen von den Widerständen, die sich gegen weitere «Unterwassersetzungen» in letzter Zeit erheben.

Technisch wäre Schaffung von *thermischer* Ersatzenergie, heute namentlich aus Grossdieselanlagen, denkbar. Wiederholte neuere Rechnungen haben gezeigt, dass jeder kalorische Ersatz unter den obwaltenden Verhältnissen bei uns noch teurer als aus Speicherwerken kommt. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass dieser Weg einmal gangbar werden kann; damit begäbe man sich natürlich wieder in die Abhängigkeit ausländischer Lieferung mit einer gewissen Unsicherheit auch im Preis.

Die Veränderlichkeit und das überall ähnliche Regime unserer Wasserkräfte sind ein unabänderliches Produkt der Natur. Die Technik kann ihm gegenüber nur Ausgleich anstreben. Dieser hat bei uns, wie das Ausland anerkennt, einen sehr hohen Grad erreicht. Wir werden es aber nie in wirtschaftlicher Weise dahin bringen, Sommer und Winter dieselbe Totalleistung zur Verfügung zu haben.

Wenn wir unsere Wasserkräfte wirklich bestmöglich ausnützen wollen, so dürfen wir die Werke auch nicht nur auf solche Leistungsfähigkeiten (also PS oder kW) ausbauen, die unter Mithilfe der Speicherwerke das ganze Jahr garantiert werden könnten. Gerade weil man so die Gestehungskosten der Energie billiger gestalten kann, baut man heute beispielsweise die Niederdruckwerke sogar bis *über* das *mittlere* Jahreswasser aus, während man früher erheblich darunter blieb.

5. Daher sind aus unsern schweizerischen *hydroelektrischen* Werken gewissermassen zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Energie disponibel und werden es immer sein:

a) Solche, deren Leistungen für das ganze Jahr für die Zeit ihres Gebrauchs zur Verfügung stehen und gewissermassen als «*Pflichtenergie*» geliefert werden können, weil die Werke sich verpflichten können und werden, sie jederzeit nach Bedarf zu liefern, und

b) solche, die man «*Ueberschussenergie*» nennen könnte, deren Leistung nicht das ganze Jahr zur Verfügung steht. Davon können aber immerhin gewisse Leistungen wenigstens für längere Dauer, z. B. für fünf Sommermonate, als sicher lieferbar garantiert werden, und nur ein weiterer Teil davon, die *eigentliche Abfallenergie*, wird nur während unbestimmten Zeiten lieferbar sein.

Die wirtschaftliche Ausnützung unserer Wasserkräfte ist heute durchaus darauf angewiesen, auch aus Ueberschussenergie Einnahmen zu erzielen, selbstverständlich mit wesentlich geringern Preisen als bei der Pflichtenergie, und den geringsten für eigentliche Abfallenergie. Denn der Abnehmer muss sich bei Bezug solcher Energie, wenn er deren Leistung auch ausser den garantierten Lieferzeiten des Wasserwerks benötigt, noch für eine andere Beschaffungsquelle einrichten, was ihm im allgemeinen besondere Kosten verursacht.

Die Schaffung von Absatz für solche Ueberschussenergie ist eine absolute Lebensfrage für unsere Elektrizitätswerke, eben weil sie hydroelektrische sind und sein müssen. Diese Energien stehen selbstverständlich in erster Linie den Schweizer Abnehmern zur Verfügung. Aber die Bedingungen für wirtschaftliche Verwertung solcher zeitweilig «abzustellender» Lieferungen sind in der Schweiz leider sehr ungünstig, wie viele Beispiele zeigten.

Alles Genannte sind Schwierigkeiten, welche die *thermoelektrischen* Werke, die in Brennstoffländern Bestand haben, *nicht* kennen.

6. Eine weitere Eigentümlichkeit aller *hydroelektrischen* Werke gegenüber den *thermoelektrischen* ist das gänzlich verschiedene Verhalten der totalen Jahresausgaben bei Aenderung der Produktionsmenge. Jedem Industriellen ist geläufig, dass seine Fabrik jährliche Ausgaben kostet, selbst wenn sie stillsteht: Es sind die «*festen Kosten*», vor allem für den Zins und die notwendigen Abschreibungen, für die Verwaltung und selbst beim geringsten Betrieb für Unterhalt und Reparaturen. Das ist natürlich genau so bei Elektrizitätswerken, hydraulischen wie thermischen. Bei den erstern sind aber die festen Kosten viel höher, für gleiche Leistungsfähigkeit das Doppelte und Dreifache als bei den letztern, und während bei diesen nun die Brennstoffkosten im Betrieb hinzukommen und mit der Zahl der abgegebenen Kilowattstunden wachsen, ist dies beim hydroelektrischen Werk nicht so. Das einmal erstellte hydroelektrische Werk muss jährlich praktisch genau gleich viel ausgeben, ob es viel oder wenig Energie erzeuge, und die abgegebene Einheit, die kWh, wird daher im genau gleichen Verhältnis teurer, in dem etwa weniger Energie abgegeben werden kann. Beim thermischen Werk dagegen nehmen mit der produzierten Energiemenge auch die totalen Brennstoffkosten ab und der Einheitspreis pro kWh bei geringerer Produktion nur wenig zu.

Die hydroelektrischen Werke sind also ganz besonders und sehr viel mehr als die kalorischen Werke darauf angewiesen, möglichst alles Produzierbare abzusetzen, wenn sie den Einheitsverkaufspreis sollen niedrig halten können.

Da die Jahreskosten hydroelektrischer Werke eigentlich nur davon abhängen, mit welchem Kostenaufwand, d. h. für wieviele PS oder Kilowatt Leistung sie *ingerichtet* wurden, kostet sie jedes Kilowatt im Jahr gleichviel, ob es kurz oder lang

gebraucht werde, ob vielleicht 8000 Stunden für Elektrochemie oder nur 2000 Stunden für Industriemotoren oder gar nur 500 Stunden für Beleuchtung. Die Auslagen bleiben dieselben, ob aus 1 kW Maschineninstallation z. B. rund 500 Licht-kWh oder 2500 Fabrikmotor-kWh oder 8000 Chemie-kWh geliefert werden, und die Gestehungspreise dieser drei genannten Arten von kWh werden im Verhältnis 8 : 2,5 : 0,5 stehen.

7. Ohne weiteres kann man aus dem Gesagten erkennen, dass es gar nicht einfach sein wird, die Verkaufspreise so festzusetzen, dass sie für die verschiedenen Verwendungsarten sowohl dem Käufer passen als auch einigermaßen den sehr verschiedenen Erzeugungskosten entsprechen, so dass das Werk trotz wechselndem Bezug bestehen kann.

Es sind *dies* Dinge, welche die Tarifsysteme komplizieren, auf die ich im übrigen nicht weiter eintreten kann. Schliesslich ist es ja — ähnlich wie bei den Steuern — gleichgültig, nach welchem Berechnungssystem man zahlt, wenn nur der dabei herauskommende *Betrag* den beidseitigen Verhältnissen so gut als möglich entspricht! Dass dies bei der Elektrizität in der Schweiz doch ziemlich gut der Fall ist, zeigt einerseits die immer wachsende Verwendung der elektrischen Energie und anderseits die immer bessere Ausnutzung der Werke.

IV. Entwicklung und heutiger Stand unserer Elektrizitätsversorgung.

Werfen wir nun kurz einen Blick darauf, wie sich unsere Elektrizitätsversorgung zahlenmässig entwickelte und heute steht!

1. *Leistungsfähigkeit.* 1886 sehen wir die ersten Elektrizitätswerke (d. h. an Dritte auf Distanz elektrische Energie abgebende Unternehmungen) entstehen; bis 1893 bleiben es fast nur Lichtwerke von zusammen etwa 8000 kW Leistungsfähigkeit. Dann kommt mit dem Drehstrommotor der Aufschwung zur Motorenverwendung, und Anfang des neuen Jahrhunderts sind es schon etwa zehnmal mehr Leistung, vor dem Kriegeausbruch bereits ca. $\frac{1}{2}$ Million kW, wovon aber über 100 000 kW in rein elektro-chemischen Werken. Gegenwärtig sind wohl etwas mehr als 1 300 000 kW Leistungsfähigkeit schweizerischer Elektrizitätswerke installiert, wovon etwa 10 % auf reine Bahnbetriebswerke, ca. 15 % auf rein elektro-chemische Werke und somit etwa 1 Million kW auf Werke für Allgemeinverteilung entfallen. Während des Krieges nahm die «Elektrifikation» gewaltig zu. Jedem Einwohner stehen also heute ca. $\frac{1}{3}$ kW elektrische Leistung zur Verfügung.

2. *Erzeugte Energie.* Das Ansteigen dieser Beträge zeigt noch deutlicher die wachsende Verwendung: Die Produktion für Allgemeinzwecke (d. h. ohne die Grosswerke für Elektrochemie und Bahnbetrieb) betrug 1886 erst ca. 3 Millionen kWh, 1894 war sie zufolge Motorenverwendung auf 10 Millionen kWh gestiegen, am Anfang des Jahrhunderts

schon auf rund 100 und vor Weltkriegsbeginn auf ca. 900 Millionen kWh. Dann stieg sie bis Kriegsende rapid auf gegen 1500 Millionen kWh, blieb wegen der nachherigen Industriekrise bis gegen 1923 ungefähr auf dieser Höhe und stieg bis 1930 auf etwas über 3,5 *Milliarden* kWh, wovon ca. 1 Milliarde kWh exportiert werden. Zu 2,5 Milliarden kWh allgemeinem Inlandsverbrauch kommen vermutlich ca. 1,3 Milliarden für Grosselektrochemie und etwa 0,5 Milliarden kWh für Bahnbetrieb. Der totale Inlandsverbrauch *pro Kopf und Jahr* beträgt demnach heute ca. 1100 kWh mit Inbegriff von Elektrochemie und Bahnbetrieb und ca. 600 kWh ohne diese, womit die Schweiz, soweit feststellbar, im Landesdurchschnitt den höchsten Verbrauch der Welt aufweist. Dies allein schon bezeugt für ein Land, in dem Schwerindustrie nur wenig vorkommt, eine gut angepasste, reiche Versorgung.

3. Bei näherem Zusehen erkennt man, dass die erzeugte Energie seit langem rascher anwuchs als die vorhandene Leistungsfähigkeit in kW. Dies beweist, dass eine immer bessere, längere Ausnutzung der Werksleistungen erzielt werden konnte. Der Quotient aus der Zahl der erzeugten Kilowattstunden durch die beanspruchte Maximalleistung in Kilowatt gibt die sogenannte *ideelle Nutzungsdauer* in Stunden, die natürlich nicht grösser als 8760, die Stundenzahl des Jahres, sein könnte (bei ständig vollem Arbeiten der Maximalleistung). Bestimmt man diese Zahl für die Gesamtheit aller Schweizerwerke (als *eines* angesehen), so findet sich, dass bis etwa 1893 diese Zahl nur etwas über 1000 h (im Jahr) war, dann bis zum Jahre 1900 (Aera der Motoren) sich auf etwa 2000 h aufschwang und bis vor dem Kriege ähnlich blieb, während diesem und durch ihn aber geradezu *hinaufsprang* auf 4000 h, durch das Hinzukommen aller Arten von Stromverwendung. Seither ist diese Nutzungsdauer schon auf *über 5000 h* gestiegen. Dies ist das untrüglichste Zeichen guter Wirtschaftstechnik mit Bezug auf vielfältige Verwendung und Tarifgestaltung; andere Länder haben allgemein niedrigere, auch Nachbarländer sehr viel tiefer liegende Nutzungsdauer.

4. Die allgemein volkswirtschaftlich wichtige *Ausnutzung* der aus den bestehenden hydroelektrischen Werken *verfügbaren Energie*, der Massstab für die Kraftwerkswirtschaft, hat bei uns ebenfalls eine aussergewöhnliche Entwicklung genommen. Während die ersten «Lichtwerke» nur etwa 13 % der verfügbaren Wasserenergie ausnützen konnten und das übrige «bachab floss», brachten die Elektromotoren den mittlern Ausnutzungsgrad bis zum Jahrhundertende zunächst wenigstens auf etwa 25 %. Die gesteigerten Verwendungen des Stroms, namentlich aber das Zusammenwirken von Speicherwerken mit Laufwerken vermochten dann die Ausnutzung bis vor dem Kriege auf etwa 50 % im Mittel hinaufzubringen. Bis heute aber ist sie — immer für die Gesamtheit aller betriebenen Werke gerechnet — bereits auf ca. 82 % gestiegen,

nachdem sie 1922 während der stärksten Industriekrisis einmal von etwa 70 auf 60 % zurückgesunken war.

5. Noch ein Punkt sei erwähnt: Ebenfalls im Unterschied gegenüber den meisten Ländern kommt die hohe Verfügbarkeit an elektrischer Leistung und der starke Verbrauch pro Einwohner nicht nur einzelnen Gegenden, etwa nur Industriegegenden oder Städten, oder nur einzelnen sozialen Klassen der Bevölkerung zugut, sondern die *Verbreitung* ist eine tatsächlich beispiellos allgemeine. Das mögen etwa folgende Daten erweisen, die zum Teil freilich schon bekanntgegeben wurden, aber in diesem Zusammenhang zu betrachten sind:

Ueber 98 % der Einwohner werden von den Verteilungen erreicht, d. h. sie können nach Belieben elektrische Energie beziehen und tun es auch grösstenteils. In den meisten Kantonen sind selbst abgelegenste Höfe unter hohen Kosten mit Zuleitungen versehen. Umfangreiche und gründliche Statistiken erwiesen uns zahlenmässig, dass die auf die Gebietsfläche bezogene Dichte der Energieabgabe durchaus nicht in den grossen Städten am höchsten ist, sondern oft in kleinen Orten, dass sie bei einzelnen Ueberlandwerken durchschnittlich noch grösser ist als bei Stadtwerken. Die flächenmässige Dichte des Verbrauchs ist weit gleichmässiger in der Schweiz als irgendwo. Die Wohnung des Handarbeiters hat Elektrizität so gut wie die Luxusräume.

Das Anwachsen der *Leitungslängen* ist ferner prozentual weit höher für die unmittelbar den Stromabnehmern dienenden Niederspannungs-Verteilungen als für die Hochspannungs-(Fern-)Leitungen; es beträgt nämlich in den fünf Kriegsjahren viermal soviel, seither noch 1½mal so viele Prozente. Hierin liegt ein unumstösslicher Nachweis gerade für die Intensivierung der Verteilung im Inland.

Einen ebensolchen liefert die Vermehrung der angeschlossenen Apparate der Abnehmer; ihr Anschlusswert stieg von 1895 bis 1925 auf das Achtzigfache, während in denselben 30 Jahren die Leistungsfähigkeit der Werke nur auf das Dreissigfache anzusteigen brauchte: Folge allgemeinerer Verwendung der Elektrizität durch Verteilung in weitere Kreise.

Besonders die Verwendung im Haushalt, z. B. auch auf dem Lande, für das Kochen, nimmt enorm zu. Diese Vermehrung füllte beispielsweise bei den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ) den Ausfall während und infolge der Industriekrisis mehr als aus. Im ganzen Lande wurden zuletzt *jährlich* etwa 20 000 elektrische Kochherde und andere Kochapparate und eine wenig geringere Zahl von Warmwasserspeichern neu untergebracht.

Schon seit einigen Jahren beträgt die Anzahl der Stromabonnemente soviel wie die der Familien; ebenso trifft es auf jede Familie durchschnittlich eine Leitungstange und etwa 60 bis 70 m Verteil-

leitungsstrang, ferner etwa 1½ kW angeschlossene Wärmeapparate, wovon auf ungefähr jede zweite Familie ein elektrisches Bügeleisen — alles im Durchschnitt für die ganze Schweiz.

6. Trotz der geschilderten Schwierigkeiten, welche unsere Wasserkräfte bieten, ist es also gelungen, mit der Ausnützung von diesen und der Versorgung mit elektrischer Energie einen tatsächlich hervorragend hohen Stand in der Schweiz zu erreichen, der durch Zahlen erwiesen ist und um den wir von den andern Ländern überall beneidet werden.

Die Elektrizitätsversorgung der Schweiz ist sowohl mit Bezug auf die örtlich wie sozial allgemeine Verbreitung als auch bezüglich mannigfaltiger Verwendung elektrischer Energie und Ausnützung der dazu verwendeten Wasserkräfte eine sehr gute. Die Schweiz ist intensiver mit elektrischer Energie versorgt als alle andern Länder. Wir dürfen mit Berechtigung stolz darauf sein, wenn das Ausland dies immer wieder anerkennt und seine Fachleute zu uns entsendet, um unsere Hydro-Elektrizitätswirtschaft zu studieren.

Im Inland ist die Anerkennung leider geringer; es fehlt nicht an Bemängelungen, die ohne nähere Prüfung der Umstände vorgebracht werden. Ausnahmsweise Vorkommnisse werden verallgemeinert, auch in offiziellen Aeusserungen; selbst in offiziellen Aktenstücken werden unbedeutende Einzelercheinungen oder denkbare Missbräuche in grosser Breite behandelt, so dass eher der Eindruck einer Misswirtschaft entsteht, als das richtige Gesamtbild der im allgemeinen sehr guten Verhältnisse.

Alle diese Umstände haben nicht gehindert und werden auch in Zukunft nicht hindern, dass gerade beim leitenden Personal der Unternehmungen, trotz der bemühenden Wirkung, welche die geringe Anerkennung seiner Arbeit haben müsste, im allgemeinen fortwährend intensiv an den möglichen Verbesserungen unserer Elektrizitätsversorgung gearbeitet und darüber nachgedacht wird, was daran noch mangelhaft sein könnte. Die Kritiker liefern dafür ja reiches Material, das wir nun betrachten wollen.

V. Vermeintliche und wirkliche Mängel unserer Elektrizitätsversorgung.

Gehen wir also auf die Bemängelungen ein, die wir oft lesen oder hören! Dabei wird es freilich die Zeit heute nicht erlauben, alle verfügbaren Nachweise im einzelnen vorzubringen.

1. *Die Energiepreise seien in der Schweiz zu hoch.* Dabei will ich nicht von den widerspruchsvollen Behauptungen sprechen, mit denen etwa die Kleinabonnenten sagen, der Lichtstrompreis sei viel zu hoch, der Industrielle aber umgekehrt am selben Ort verlangt, die Lichtstrompreise seien höher zu halten und dafür die Motorenenergie billiger abzugeben und dergleichen mehr. Denn es ist uns nun

wohl klar, dass für diejenigen Energien, für welche in Konkurrenz gegen andere Erzeugung ein höherer Einheitspreis anstandslos bezahlt werden kann und wird (wie für Lichtstrom), er auch tarifarisch verlangt werden muss, damit für die andere Verwendung, namentlich den Motorenstrom für die Industrie, ein genügend niedriger, ebenfalls konkurrenzfähiger Preis angesetzt werden kann und dennoch insgesamt oder im Mittel wenigstens die Gestehungskosten eingenommen werden.

Vergleiche, namentlich zwischen der Schweiz und andern Ländern, dürfen wir nur auf *Mittelpreise* abstellen, nicht auf oft erheblich abweichende Einzelfälle. Folgende Tabelle habe ich aus solchen Mittelwerten errechnet; es handelt sich dabei um *Detail-Verkaufspreise* beim Abonnenten, in Goldrappen pro kWh nach Valuten umgerechnet:

Land	Für Licht	Für kleinere und mittlere Motoren
Schweiz . . .	30 bis 50	10 bis 25
Deutschland . .	20 » 60	18 » 30
Frankreich . .	30 » 38	10 » 27
Italien	25 » 40	15 » 25
Schweden . . .	40 » 50	20 » 30
Holland . . .	50 » 65	?
England . . .	45 » 80	20 bis 50
Ver. Staaten von Nordamerika .	40 » 55	15 » 25

Die Preise für Grossmotorenbedarf u. dgl. sind zu sehr von vielen Umständen abhängig, als dass sich in zuverlässiger Weise einfache, allgemeine Vergleichszahlen aufstellen liessen.

Die Zahlen zeigen, dass, in Goldwert umgerechnet, die Schweizerpreise für Lichtstrom und Motorenstrom zu den billigsten zählen, selbst gegenüber andern Wasserkraftländern, wie z. B. Schweden, dass sie beispielsweise im Lichtstrom bedeutend billiger sind als im kohlenreichen England, und dass auch Nordamerika, das Brennstoffe und Wasserkraft besitzt, keineswegs billiger ist. (Eine seinerzeit erschienene Druckschrift über die schweizerische Elektrizitätswirtschaft hatte die *höchsten* Schweizerpreise mit den *mittlern* nordamerikanischen verglichen!) Dass in der Tat das vielgerühmte Nordamerika für den Elektrizitätskonsumenten nichts weniger als vorteilhafter ist als die Schweiz, geht aus folgenden kürzlich errechneten Zahlen hervor: Das pro jährlich produzierte Kilowattstunde zu verzinsende Kapital beträgt in Nordamerika 60 Rp., in der Schweiz nur 41 Rp. Dafür ist der Bruttoertrag in der Schweiz etwa 5,4 Rp., in Nordamerika aber 11,5 Rp., mehr als das *Doppelte*, und auch relativ zum Kapital noch mehr als das *1½fache*!

Preisvergleiche von Lebensbedürfnissen lediglich nach dem Maßstab des *Goldwerts* durch die Valuta aufgestellt, schliessen aber oft eine gewisse Täuschung in sich. Beispielsweise ist in Frankreich (und auch Italien) der *allgemeine* Lebenskostenindex kleiner als anderswo. Ich betrachte es als

einen bessern Maßstab, wenn man die Preise auch der elektrischen Energie mit denen *anderer Lebensbedürfnisse* vergleicht. Am naheliegendsten: Mit dem Preis einer *Arbeiterstunde*, als ebenfalls Arbeit leistend wie die kWh, und zwar am einfachsten mit dem am einwandfreiesten feststellbaren Stundenlohn des *ungelernten* Arbeiters. Man kann aber im gleichen Gedanken mit dem Preis von 1 kg *Kohle* oder etwa von 1 kg *Brot* im selben Land vergleichen. Da die andern Preise sehr ungleich und verschieden gestuft sind, verglich ich mit dem Detailpreis von *Lichtenergie*, die bei uns zwischen 30 und 50 Rp./kWh kostet, und fand, rund gerechnet, u. a. folgendes:

Gegenüber Handarbeitslohn ist die Lichtenergie in Deutschland ungefähr gleich teuer wie bei uns, in Frankreich teurer, in einzelnen Ländern viel, in Rumänien z. B. zwei- bis dreimal so teuer.

Man erhält ferner in der Schweiz 1 kWh Lichtstrom um denselben Betrag, den bei uns (je nach Qualität und Ort) 5 bis 10 kg Steinkohle kosten, in Deutschland erst um den Betrag, den etwa doppelt soviel, d. h. bis 20 kg Kohle kosten, und in Nordamerika erst um den Betrag, den dort drei- bis viermal soviel Kohle kostet.

Gegenüber dem Brot, das ja auch ein Energiespender ist, findet sich: In der Schweiz kostet 1 kWh etwa ½- bis einmal soviel wie 1 kg Brot, in andern Ländern überall soviel wie *mehr* Brot, in Rumänien soviel wie 2 kg Brot.

Man spricht auch heute noch von den während des Krieges eingetretenen Erhöhungen der Energiepreise. Richtig ist, dass wohl die meisten Industrien nicht nur ihre Preise erhöhen, sondern einen Teil der Erhöhung — notgedrungen — beibehalten mussten und dass manche Handelswaren heute noch weit höher stehen als dem allgemeinen Index entspricht, dass aber die Elektrizitätswerke ihre Abnehmer weit günstiger behandelten. Auch für sie stiegen die Löhne aufs Doppelte und die Werksbauten während des Krieges um mehr; trotzdem stiegen die Verkaufspreise der Energie nachgewiesenermassen durchschnittlich nie auf mehr als 120 % der Vorkriegspreise, und während der allgemeine Index doch heute noch rund zwischen 150 und 160 % liegt, sind die Energieverkaufspreise durchschnittlich wieder völlig auf die Vorkriegspreise abgebaut, ja nach neuern Berechnungen auf 90 % derselben.

Endlich und kurz: Würde wohl die Verwendung elektrischer Energie bei uns einen so enormen Fortschritt gemacht und die Brennstoffbetriebe derart beiseite gedrückt haben, wenn nicht alle die verschiedenen Abnehmer, die Industrie voran, darin geldliche Vorteile gefunden hätten?

Man kann die Frage der angeblich zu teuren Elektrizitätspreise der Schweiz untersuchen von welcher Seite man will, man wird unvoreingenommen nur zum Schluss kommen:

Die Verkaufspreise der elektrischen Energie in der Schweiz sind angemessene; sie sind den Ge-

stehungskosten aus Wasserkraft und den Kosten der andern möglichen Energieerzeugungsarten bei den Abnehmern derart angepasst, dass die Verwendung hydro-elektrischer Energie (an Stelle kalorischer) geldliche Vorteile bietet, soweit es sich nicht um Fälle handelt, die aus physikalischen Gründen nicht wirtschaftlich sein können. Die Preise sind, absolut genommen und im Vergleich mit andern Lebensnotwendigkeiten, billiger als in fast allen andern Ländern, und sie haben durch den Krieg keine bleibende Verteuerung erfahren.

2. Man hört den Einwurf: Schon die *Gestehungskosten* der elektrischen Energie seien bei uns eben zu hoch, durch zu hohe Gewinnanrechnung, zu starke Amortisation, zu hohe Verwaltungskosten.

Von der wiederholt erhärteten Rechnungssache, dass der mittlere Netto-Zinsertrag der in den Schweizer Werken investierten Kapitalien noch nicht einmal 6% ist, sagte man mir, das habe man nun schon manchmal gesagt. Möglich, aber die Tatsache verliert dadurch nicht an Beweiskraft dafür, dass im allgemeinen nichts weniger als zu hohe Gewinne erzielt werden.

Festzustellen ist, dass eine Anzahl *kommunaler Werke* wesentlich höhere Gewinne abwirft, indem diese zum Teil ganz erhebliche Beträge in die Kommunkassen abliefern. Ich halte es persönlich auch keineswegs für richtig, die Elektrizitätsbezüger auf diese Weise zu einer Sonderabgabe an die Gemeinde heranzuziehen. Allein diese bequeme indirekte Steuer ist eben bisher *von den Stimmberechtigten* beibehalten — ein Stück *politischer* Beeinflussung der Wirtschaft.

Die *Verwaltungskosten* sodann können für die Schweiz geradezu als vorbildlich gering ermittelt werden gegenüber andern Ländern. Wie man immer wieder feststellen kann, arbeiten wir im allgemeinen mit wesentlich weniger und namentlich billigerem leitendem Personal als das Ausland. Der gar nicht unbeträchtliche Dienst der Verwaltungsräte wird bei den staatlichen und gemischtwirtschaftlichen Werken, die den weit überwiegenden Teil (je nach Auffassung 65 bis 75%) der Energie liefern, beinahe ehrenamtlich geleistet.

Und nun die sogenannten «*Abschreibungen*» oder «*Amortisationen*». Diese, leider für alles mögliche gebrauchte Bezeichnung umfasst einmal zum grossen Teil gar nicht das, wofür man den Inhalt ansieht, nämlich meist noch keine Schuldentilgung. Bei Elektrizitätswerken gehen sehr oft ganze ältere Anlagen unter und müssen effektiv «abgeschrieben» werden; dazu kommen die Auslagen für die entsprechenden neuen; die zu verzinsenden Schulden sind hierdurch nicht vermindert. Ferner müssen Rücklagen gemacht werden, um nach längerer Zeit jeweiligen nötig werdende «Erneuerungen» grosser Teile, gewissermassen «Grossreparaturen», daraus zu bezahlen. Auch diese Rücklagen liefern keine Schuldenverminderung, werden aber sehr oft auch als «*Abschreibungen*» behandelt. Nur was darüber

hinausgeht, ist dann eigentlich «*Amortisation*» = Schuldentilgung. Dafür bleibt aber heute noch bei sehr vielen Werken herzlich wenig übrig, weit weniger als die in andern Industrien üblichen Amortisationssätze. Man muss hier sehr vorsichtig untersuchen. Dann zeigt sich, dass die Schweizer Elektrizitätswerke im allgemeinen sehr wenig über das hinaus «abschreiben», was, wie erklärt, allein schon zu Erhaltung in gutem Stand und auf technisch möglicher Höhe erforderlich ist. Manche tun nicht einmal soviel. *Ausnahmen gibt es*, aber nicht viele.

Daraus ergibt sich: Im allgemeinen wird nur eine noch länger andauernde *Beibehaltung* der heute üblichen Rücklagen, ja mancherorts noch eine Erhöhung derselben nötig sein, um jeweilen nach längerer Zeit eine solche Herabsetzung der Schuldenlast zu erzielen, die eine wirklich *merkliche* Herabsetzung der Verkaufspreise ermöglichen würde. Es wäre — Ausnahmen zugelassen — im allgemeinen eine wirtschaftlich falsche Massnahme, die heutigen Abschreibungen der Elektrizitätswerke herabzudrücken, um einer gar nicht fühlbaren Preisherabsetzung in der Gegenwart willen und mit dem Erfolg der Verschlechterung in der Zukunft.

3. Denn nur ganz *namhafte* Preisherabsetzungen vermöchten, namentlich in der *Industrie*, das zu bewirken, was man sich davon verspricht. Man muss da immer wieder zu überlegen geben, was auch schon oft nachgewiesen wurde: Die *Ausgaben der Industrie für elektrische Energie* machen (einige Spezialindustrien wie z. B. die elektrochemische ausgenommen) nur *wenige Prozente* der Gesamtausgaben (besonders gegenüber den Löhnen) aus. Deshalb können selbst verhältnismässig sehr bedeutende Ermässigungen auf dem Energiepreis leider keinen sehr merklichen Einfluss auf das Gesamtergebnis der Industrie ausüben. (Wenn man dem entgegenhält, auch die kleinste Erleichterung sei für die Industrie von erheblicher Bedeutung, so kann und darf doch eine ernsthafte, wirtschaftliche Betrachtung nicht gleich wie die grossen Einflüsse auch die prozentual kleinsten anrechnen, sondern sie muss eben zahlenmässig verschwindend kleine Kostenglieder als unbedeutend anerkennen.) Wenn es leider Industrien gibt, die mit der Existenz kämpfen, so kann ihnen billigere Energie nicht aufhelfen; es gibt ganz zweifellos solche, denen es nichts helfen würde, wenn sie die elektrische Energie umsonst bekämen. Man vergesse nicht, dass, wenn irgendwo die Industrie einmal weniger Energie braucht, die Elektrizitätswerke auch weniger einnehmen, aber leider als *hydro-elektrische* Werke trotzdem genau die gleichen, unverminderten Auslagen zu tragen haben!

4. Einige Aussetzungen, die an unserer Elektrizitätsversorgung gemacht werden, betreffen Verhältnisse, die man als *Mängel rationeller Anlage oder rationellen Betriebs* taxieren müsste. Sie rühren alle von der geschilderten frühzeitigen, technisch noch mangelhaften Entstehung unserer

ersten Anlagen her. Sie sind den Leitern der heutigen Grosswerke nur allzu bekannt, und ihre Beseitigung wird von niemandem als von diesen mehr gewünscht und angestrebt; aber ihre Durchführung wird von Aussenstehenden meist für viel leichter und ihr Einfluss auf das Ganze für viel bedeutender angesehen, als sie sind.

Da ist einmal die Existenz vieler *kleiner Kraftwerke*, die noch für sich arbeiten. Sie erfordern viel Bedienungspersonal und können ihre Wasserenergie nur schlecht ausnützen, was leider hohe Gesteungskosten ergibt. Und es sind tatsächlich noch ein paar hundert! Aber sie liefern von der gesamten Energieproduktion nur um 2 % herum; seien diese kWh auch sehr teuer (was übrigens wegen Abschreibungen seit besonders langer Zeit bei manchen Werken dieser Art nicht der Fall ist), so macht das auf das Mittel nichts Merkliches aus, nur gelegentlich in Einzelfällen. Der Prozess der Absorption dieser Kleinwerke durch grössere Unternehmungen und deren Rationalisierung ist seit Jahren im Gang und zeitigt Erfolge. Als Beispiel erwähne ich Ihnen den Einbezug des alten Sihlwerks der EKZ in den Parallelbetrieb der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK), der nun eine fast 100%ige Ausbeute der disponiblen Werksenergie — Verdoppelung gegen vor etwa 25 Jahren — ermöglicht. Sodann z. B. die Automatisierung des durch die EKZ angekauften kleinen Glattfelderwerks mit Reduktion des Bedienungspersonals von sechs Mann auf einen im Nebenamt und Vermehrfachung der abgebbaren Energie — aber, wohlverstanden, wegen der hohen einmaligen Kosten erst später mit guter Rendite.

Dass aber solche Rückkäufe und Rationalisierung stets unverhältnismässig viel kosten, erfahren alle Grosswerke. Sie scheuen trotzdem die Opfer nicht. Wenn diese Verbesserung nicht überall rasch möglich wird, so sind daran meistens Widerstände von Privaten oder Gemeinden schuld, ganz gleich wie beim folgenden Mangel, von dem ich nun spreche:

5. *Zwischenhandel durch kleinere Wiederverkaufsunternehmungen.* (Zu bemerken ist: Zu diesen dürfen Grossunternehmungen, wie z. B. die Kantonswerke, die von den NOK bezogenen Strom verteilen, ihrem Wesen nach nicht gerechnet werden. Denn diese wurden notwendig, um den als Grossproduktionsunternehmung gegründeten NOK die von diesen nicht beabsichtigte Versorgung der einzelnen Kantone nach deren (differenten) Bestimmungen zu übernehmen, und sie dürfen keine eigenen neuen Kraftwerke bauen.) Diese Angelegenheit erscheint zunächst als sehr bedenklich, wenn man feststellt, dass in der Schweiz mehr als 1000 solcher Kleinunternehmungen bestehen, die selbst gar keine Energie erzeugen, sondern nur mit Zwischengewinn wiederverkaufen. Allein man kann sich sofort beruhigen an der weiteren Tatsache, dass diese Wiederverkäufer nur etwa 10 % der in der Schweiz für Allgemein Zwecke verwendeten Energie abgeben. Der Wegfall des darauf erzielten Zwischengewinns wird das Ganze daher nur wenig verbessern.

Die Beseitigung dieses Zwischenhandels ist dennoch anzustreben, und sie macht auch Fortschritte. Grossunternehmungen lassen es sich Opfer kosten, Zwischenhandelsunternehmungen auszukaufen und die Lieferungen direkt an die Verbraucher zu übernehmen. Denn der Wiederverkaufsgewinn gibt da und dort zu berechtigten Klagen Anlass. Gemeinden als solche geben den Gewinn daraus in die Gemeindekassen, zum Teil ohne die für notwendige Verbesserungen notwendigen Rücklagen zu machen, oft auch unter mangelhafter Betriebsführung, weil sie sich technisch besser gebildetes Personal nicht leisten können; sie geben dann etwa den Lichtstrombezüglern — der Mehrheit der Stimmberechtigten! — ihre Energie sogar besonders billig, um dafür die Industrie ungerechtfertigt teuer zu bedienen.

Aber, ich wiederhole, diese Verhältnisse betreffen nur einen kleinen Teil unserer Versorgung, und sie werden durch die Bemühungen der liefernden Grossunternehmungen immer mehr verschwinden. Auch da, wo Kirchturmspolitik oder Privatinteressen den Rückkauf noch verhindern, behalten sich z. B. die Grosslieferanten mindestens etwa bei Vertragserneuerungen vor, Bedarfe über gewissen Leistungen (also an Industrie z. B.) direkt und günstiger abzugeben.

6. Bei der Wegschaffung unbegründeter Zwischenhandelsgewinne und von allfälligen missbräuchlichen Preisansetzungen von *Gemeindewerken* u. dgl. spielt der dritte Absatz des Art. 46 des Gesetzes über elektrische Anlagen eine Rolle. Zunächst scheint er einen Schutz dieser Verhältnisse durch Gebietsmonopol zu bieten. Weil er aber nur «berechtigte» Interessen schützt, kann er auch zum Preisschutz für den Konsumenten führen. Denn dieser ist in der Lage, ein Begehren um Expropriation für eine Konkurrenz-Zuleitung vor den Bundesrat zu bringen, der dann die Verhältnisse (Preise) durch die Eidgenössische Kommission für elektrische Anlagen begutachten lassen muss. Dies führte wiederholt zu angemessenen Preisregelungen.

7. Bei manchen neuern Kraftwerken haben ungerechtfertigte *Auflagen* für unnötige Bauobjekte und Forderungen für Gratis- und Vorzugsabgaben *seitens konzedernder Gemeinwesen* die Gesteungskosten sehr merklich erhöht. Gegen solche, keineswegs gemeinnützige Tendenzen können leider höchstens politische Gegeneinflüsse vielleicht helfen.

8. Viel haben schon zu reden gegeben die sogenannten *Gebietsabgrenzungsverträge*. Sie erscheinen dem Konsumenten zunächst als die Schaffung eines Monopols für die Elektrizitätsunternehmung des betreffenden Gebiets zur Fernhaltung der Konkurrenz, also gelegentlich auch zur Preisschrauberei oder, wie gesagt wird, zur Lieferungsverweigerung. Sie sind aber vor allem hervorgegangen aus der Notwendigkeit, die Entstehung unrationeller, doppelter und mehrfacher Leitungssysteme zu verhü-

ten, welche die Energie verteuern, verunstaltend wirken und oft auch technisch gefährlich sind. Man könnte ohne solche Verträge schon deshalb gar nicht auskommen. Für die «Monopolstellung» würde ihr Wegfall faktisch kaum eine Aenderung bringen: Denn das Bestehen *fester Verteilungen* ist unvermeidlich, und ein Unternehmen, das solche besitzt, wird gegenüber einem andern, das sie erst schaffen muss, immer im Vorteil sein. Bis zu einem gewissen Grad ist daher ein faktisches Monopol mit den Leitungen allein schon da und unvermeidlich, ganz gleich wie bei Gaswerken und Wasserversorgungen. Das Verlangen, dass der Inhaber eines Gebietsabgrenzungsvertrags mit einer *gesetzlichen Lieferungspflicht* belastet werde, wird formell nicht erfüllbar sein; die Preis- und Lieferungsverhältnisse elektrischer Energie sind dermassen kompliziert, dass gesetzliche Festlegung beim besten Willen nicht gelingen wird. Sie besteht bei Gaswerken und Wasserversorgungen auch nicht. Einen Lieferzwang auszusprechen ist auch gar nicht nötig; jedes Unternehmen wird gerne verkaufen, was und wie es kann. Die starke bestehende Versorgung beweist dies auch wohl zur Genüge. Mögliche, jedenfalls aber seltene Ausnahmen rechtfertigen keinen Gesetzesapparat, der kaum wirksam gestaltet werden könnte.

Gegen Preisüberforderungen schützt schon die kalorische Konkurrenz, besonders aber die öffentliche und behördliche Kontrolle der kommunalen, staatlichen und gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen, die ja heute den weitaus grössten Teil der Energie liefern.

Immerhin ja nicht undenkbaren Missbräuchen könnte aber wohl auf Grund des *Wasserrechtsgesetzes*, das die Vorlagepflicht für diese Verträge an den Bundesrat feststellt, begegnet werden. Der letztere könnte dazu auf Begehren jeden Fall einer Sachverständigenkommission zur Untersuchung und Begutachtung vorlegen, welche der Behörde zweifellos geeignete Mittel zur Abhilfe vorschlagen oder sehr wahrscheinlich direkt vermittelnd Besserung erzielen könnte.

9. Eine Sache, die noch der weitem Verbesserung bedarf, sind sicherlich unsere *Leistungsnetze*. Deren Rationalisierung hat aber in der letzten Zeit, besonders bei den Grossunternehmungen, bedeutende Fortschritte gemacht. Es wurde bereits gesagt, dass die frühzeitige Entstehung der Anlagen hierin bei uns besonders viel nötig macht. Der Uebergang auf die heute möglichen und leistungsfähigern Verteilspannungen erfordert, im Zusammenhang mit der Vereinheitlichung der Spannungen, gegenwärtig grosse geldliche Aufwendungen der Werke, eben solche und noch höhere der Uebergang auf moderne Höchstspannungsleitungen für die Fernübertragung. Hand in Hand damit beginnt bereits die Entfernung älterer Leitungen und die Zusammenlegung von Hauptleitungen verschiedener Unternehmungen. Für alles das sind aber auch Umbauten und Neubauten von Transformatoren- und Schaltanlagen, von Unterwerken notwendig. Das erfordert gegenwärtig

gesicherte Kapitalkraft der Werke. Die immer wieder gestellte Forderung nach «besserem Zusammenschluss» der Werke, nach einem «planmässigen Grossleitungsnetz», das man sich meist als sogenannte «eidgenössische Sammelschiene» sehr einfach vorstellt, wird dabei von selbst und im eigenen Interesse der Werke allmählich immer besser erfüllt. Sie ist schon heute für das bestehende Bedürfnis vorhanden.

Die einzige noch nicht sehr starke Verbindung, nämlich zwischen den Walliserkräften und den übrigen, war bisher nicht stärker nötig. Sie wird es demnächst werden und ist bereits geplant.

Die Forderung nach Beschleunigung der eben genannten Rationalisierungen ist unangebracht. Ihre Erfüllung würde einer solchen Vermehrung der investierten Kapitalien rufen, dass man nicht ohne Erhöhung der Energiepreise auskäme, ohne dass sonst ein Nutzen entstünde. Man muss hier weit *vorsehen*, aber vorsichtig *vorgehen*; denn niemand kann sicher die Zukunftsgestaltung der Abgabeverhältnisse voraussagen.

10. Für die *Förderung dieser Rationalisierung*, namentlich des Grossleitungsnetzes mit seinen Unterwerken, hat die Eidgenössische Kommission für elektrische Anlagen schon vor bald sechs Jahren bei Anlass eines Gutachtens zur Motion Grimm, das leider sehr spät den Eidgenössischen Räten mitgeteilt und kaum bekannt wurde, bestimmte Vorschläge durch eine neue Praxis im Genehmigungsverfahren der Anlagen gemacht. Seit die Bewilligung zur Anwendung erteilt wurde, hat dies Verfahren bereits gute Früchte getragen. Sie sind noch kaum bekannt, aber sehr wichtig für die ganze Elektrizitätswirtschaft. Darnach studiert diese Kommission wichtige Vorlagen an das Starkstrominspektorat über Ferngrossleitungen und Unterwerke schon in der ersten Vorlage auf Notwendigkeit, Wirtschaftlichkeit, Zusammenlegbarkeit mit andern, Einordnung in die Verhältnisse des ganzen Landes und Genügen für die Zukunft. Gegebenenfalls erteilt dann das Departement die Projektgenehmigung nur unter entsprechenden schützenden Bestimmungen. Die Durchführung erfordert, weil streng juristisch vielleicht nicht für alles scharf bestimmte Kompetenzen vorliegen, schwierige, oft manche Tage dauernde Arbeit der einzelnen Kommissionsmitglieder für die freiwillige Verständigung der beteiligten Werke und andern Interessenten. Es haben sich aber die Unternehmungen bisher als verständnisvoll und opferwillig erwiesen. Das Verfahren dürfte hierin das Nötige erzielen, wenn es durch Massnahmen aller beteiligten Behörden unterstützt wird.

11. Schliesslich noch einige Worte über die immer noch da und dort als ein unrichtiges Vorgehen angesehene *Ausfuhr* von hydro-elektrischer Energie:

Für den *Export* bleiben neben voller Inlandsversorgung heute noch bedeutende Energiemengen

verfügbar. Abgesehen von den Grosswerken mit Jahresspeichern liefern alle unsere Wasserkräfte namentlich bedeutende, im Inland wirtschaftlich unverwertbare Sommerüberschüsse an Energie. Der neuerdings mit Beschleunigung betriebene Kraftwerksbau wird für einige Zeit viel rascher eine Steigerung der verfügbaren Energie ergeben, als die Zunahme des Inlandbedarfs vor sich geht. Neue Werke können auch oft überhaupt nicht schon anfangs genügend ausgenützt werden. Jede Einnahme der Werke für Exportenergie mindert die verbleibende Auslage für die Inlandenergie und verbilligt so diese im Durchschnitt. Mit den schützenden Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes ist daher der Export zuzulassen und soll nicht, wie früher versucht, durch die Forderung sehr kurzzeitiger Verträge, unter denen kein ausländischer Interessent sich auf Bezug von schweizerischer Wasserenergie einlassen kann, gehemmt werden.

Andererseits soll mit den Exportverträgen wo immer möglich die Pflicht des ausländischen Bezügers zum *Import* von Energie in die Schweiz bei *Wasserklemme* (gewöhnlich kurzzeitige kalorische Energie) verbunden und selbstverständlich die schon im Gesetz vorgesehene Rückrufmöglichkeit stipuliert werden.

Die Aufstellung von das Inland schützenden Bestimmungen durch den Bundesrat bei Export hat sich bisher im allgemeinen bewährt; dabei ist auch unbedingt beizubehalten, dass Zulässigkeit und Bedingungen jedes einzelnen Exports durch eine Kommission von Sachverständigen beraten und dem Bundesrat vorgeschlagen werden.

12. *Erstellung und Ausbeutung schweizerischer Wasserkraftwerke durch ausländische Interessenten* ist dagegen zu vermeiden. Wo die Beteiligung ausländischer Unternehmungen an schweizerischen Kraftwerken deren Verwertung auch im Interesse des Inlands fördern kann, soll sie wenigstens in erheblicher Minderheit bleiben und die Ausbeutung an Bedingungen geknüpft werden, die der Schweiz das Recht auf die produzierbare Energie bei Bedarf sichern.

VI. Zukünftige Entwicklung.

1. *Unsere wirtschaftlich ausbaufähigen Wasserkräfte* genügen gut für die absehbare Entwicklung des Inlandbedarfs, mit Ausnahme für die Grossraumheizung. Für die letztere wird aus unabänderlichen, physikalischen Gründen die hydraulische Energie unter normalen Umständen absehbar niemals mit den Brennstoffen wirtschaftlich konkurrieren können, wie auch nicht für die *Grossindustriewärme*, mit den *mittlern* Gestehungskosten der hydraulischen Energie. Für diesen Zweck können dagegen *Sommerenergien* Verwendung finden, die sonst unverwertbar wären, die aber eben unabänderlich nicht das ganze Jahr lieferbar sind. Diese nur saisonweise Verwendung ist, wie erwähnt, ebenfalls nicht überall wirtschaftlich, in der Schweiz nicht

voll zu erzielen, weshalb stets Energie für *Export* zur Verfügung bleiben wird.

2. Die Erhaltung des heute im allgemeinen vorhandenen *rationellen Zusammenwirkens* der *hydroelektrischen Werke* auch in der Zukunft, also die wirtschaftliche Ausnützung unserer Wasserkräfte, erfordert, namentlich angesichts der nicht unbeschränkten Zahl möglicher Gross-Speicherwerke, dass *weitere Konzessionsprojekte* nicht nur rein technisch und wasserpolizeilich überprüft werden durch technische, kantonale und Bundesämter, sondern auch darauf, ob ein Werk energiewirtschaftlich dem jeweils herrschenden Bedürfnis entspricht. Dies kann sehr wohl ermittelt und in Anwendung von *Art. 5* des *Wasserrechtsgesetzes* durchgeführt werden, wenn der Bundesrat dazu jeweilen ein Gutachten von einer auch energiewirtschaftlich sachverständigen Kommission einholt.

3. Es ist nicht zu bestreiten, dass manches, was in der schweizerischen Hydro-Elektrizitätswirtschaft noch verbesserungsfähig ist, sich leichter machen würde bei einer zweckentsprechenden *Aenderung der Gesetze*. Es würde sich dabei aber nicht nur um das Gesetz betreffend die elektrischen Anlagen, sondern auch um das Wasserrechtsgesetz handeln.

Dieses Vorgehen würde aber nicht nur zweifellos jahrelang dauern, sondern sich sehr wahrscheinlich nicht in der gewollten Richtung auswirken. Das zeigen deutlich mancherlei geäusserte Begehren. Vergessen wir nicht, dass man es dabei mit politischen Ansprüchen zu tun bekommt, mit den Kantonen und Städten zu rechnen hat. Es besteht bei Gesetzesänderungen die Gefahr, dass die Ausnützung der Wasserkräfte in gemeinnütziger Weise als Quelle billiger elektrischer Energie für das ganze Volk nicht gefördert, sondern erschwert würde, z. B. durch kantonale und kommunale fiskalische und andere Tendenzen. Diese Ansicht hat die bundesrätliche Kommission für elektrische Anlagen in ihrem Gutachten längst geäussert, der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband, der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke und andere haben dieselbe Meinung kundgetan, und es erklärt nun auch der Bundesrat in seiner letzten Botschaft zur Motion Grimm, dass man besser ohne Gesetzesänderungen vorgehe und dies auch könne.

Die bisherige Entwicklung beweist ja wohl auch durch ihren Stand, dass mit den heutigen Gesetzen sehr Grosses und Gutes geleistet werden konnte, und es wird noch mehr möglich sein durch Ausbau der Handhabung dieser Gesetze.

4. Alles Vorstehende zeigt, wie *Wasserkraftnutzung und Elektrizitätsversorgung* bei uns untrennbar verknüpft sind.

Unser neuer, tatkräftiger Vorsteher des Eisenbahndepartementes war daher gewiss aufs beste beraten, als er, noch beim Departement des Innern, sich zur Vereinigung des Amtes für Wasserwirtschaft mit dem Eisenbahndepartement, dem die elektri-

schen Betriebe unterstellt sind, entschloss; man darf allseitig diesen Beschluss dankbar begrüßen.

Zweckmässig und in gewissem Grad notwendig ist es auch, dass die eidgenössischen Behörden ihrerseits der Wandlung folgen, die mit der Zeit bei den Leitern der Elektrizitätswerke sich naturgemäss vollzog, nämlich neben dem rein Technischen namentlich das *Wirtschaftliche* zu betreuen.

5. Das vom Bundesrat nunmehr vorgeschlagene, *neue Elektrizitätsamt* kann bei zweckentsprechender Organisation und Besetzung, in Zusammenarbeit mit den unterm gleichen Departement stehenden Starkstrominspektorat und Wasserwirtschaftsamt, zur Erleichterung der Lösung der weiteren Aufgaben der schweizerischen Elektrizitätsversorgung viel beitragen. Der bereits sehr hohe Stand der letztern und die reiche Erfahrung ihrer erfolgreichen Leiter wird die Tätigkeit des Amts um so fruchtbringender gestalten, je mehr es sich dabei auf das Allgemeine und das die Hilfe der Behörden Erfordernde beschränkt.

6. Organisation und Tätigkeit dieses Amtes werden nicht leicht sein. Die Verflechtung von Wasser- und Elektrizitätswirtschaft und Elektrotechnik macht eine stete und gute Zusammenarbeit der drei Ämter, des Wasserwirtschaftsamtes, des Elektrizitätsamtes und des Starkstrominspektorats, notwendig. Sodann handelt es sich um derart komplexe Fragen und so mannigfach verschiedene Einzelfälle, die in die Tätigkeit dieser Ämter fallen, dass Bundesbeamte, die ausserhalb des praktischen Betriebs stehen, unmöglich alle Verhältnisse so gut kennen und alle Umstände so sicher bewerten können, wie es für wichtige Entscheide unentbehrlich ist. Die Mithilfe, die Beratung durch Personen, die ausserhalb dieser Bundesämter, dagegen in der Praxis dieser Wirtschaft und Technik im Land stehen und darin Erfahrung aus verschiedenen Gebieten besitzen, muss beigezogen werden in der Gestalt einer vom *Bundesrat bezeichneten Kommission aus Fachmännern*.

An verschiedenen Stellen dieser Darlegungen haben wir darauf aufmerksam gemacht, dass und wofür eine solche Kommission dem Bundesrat jeweiligen Gutachten und Antrag zu unterbreiten hätte. Für *alle* jene erwähnten Fälle kann bei geeigneter Zusammensetzung diese Kommission ein und dieselbe sein, die wir soeben nannten. Aber auch diejenigen Dinge können durch diese einheitliche Kommission erledigt werden, die gemäss Gesetz über die elektrischen Anlagen der seit 1902 bestehenden Kommission für elektrische Anlagen vom Bundesrat zu überweisen sind. Tatsächlich hat diese Kommission in der letzten Zeit bereits Gebiete behandelt, die der wirtschaftlichen Tätigkeit des neuen Amts entsprechen.

Für diese Arbeiten sind schon bisher für die Eidgenössische Kommission für elektrische Anlagen viele Vorstudien, zeitraubende technisch-wirtschaft-

liche Feststellungen und die Sammlung vieler Grundlagen nötig gewesen; noch in höherem Mass wird das für die vorgeschlagene neue, umfassende Kommission erforderlich werden.

Diese grundlegenden Arbeiten auszuführen für diese Kommission und für die Entscheide des Bundesrates, insbesondere auf dem wirtschaftlichen Gebiet, dürfte die wichtigste und fruchtbringendste Tätigkeit des neuen Amts sein. Dazu wird selbstverständlich die ständige Sammlung aller erhältlichen Daten über die schweizerische Hydro-Elektrizitätswirtschaft nötig sein, wofür schon die heute geführten, laufenden und periodischen Statistiken, die, entgegen anderer Beurteilung, so eingehend sind wie auch nicht annähernd in irgend einem andern Land, das Hauptsächlichste liefern werden. Eine direkte Einwirkung des Amts auf den Betrieb der einzelnen Unternehmungen ist dagegen weder nötig, noch wäre sie bei der herrschenden Kompliziertheit und Mannigfaltigkeit und dem raschen Wechsel der Verhältnisse irgendwie zweckdienlich denkbar.

Der komplexe Charakter der zu lösenden Aufgaben muss auch dazu führen, das Hauptgewicht der Lösung in die genannte, ständige «Elektrizitätskommission» oder «Energiekommission» oder wie man sie nennen mag, zu verlegen. In einem solchen Gremium allein kann die Kenntnis aller in Betracht kommenden Gesichtspunkte, Technik und Wirtschaft, Produktion wie Verbrauch, abweichende Verhältnisse in verschiedenen Teilen des Landes, bekannt sein und zur Wirkung kommen. Dabei ist für diese Kommission entschieden nicht eine formelle «Vertretung» vorhandener «Interessen», gar eine numerisch bestimmte, notwendig; ja wir würden eine solche Bestimmung für schädlich halten. Denn sie verpflichtet das einzelne Mitglied zur Verfechtung bestimmter Interessen auf alle Fälle und kann zu Entscheiden führen, die nicht dem Optimum für das Gemeinwohl entsprechen. Eine dem Besten der Gesamtheit dienende Beurteilung tritt viel eher ein bei einem Kollegium, in welchem die vielerlei zu berücksichtigenden Umstände und Verhältnisse zwar allen einzelnen Mitgliedern bekannt sind und erwogen werden, aber ohne Bindung an zu vertretende Interessen. Das Gewicht der Argumente wird dann viel richtiger angerechnet als bei einer «proportionalen» oder «paritätischen» Vertretung; die Ausführungen der speziell Sachverständigen werden von den Kollegen in der Kommission vertrauensvoll entgegengenommen und die Beurteilung wird auf höherer Warte stehen. Beispiele, auf die ich nicht eintreten will, bestätigen dies.

7. Die Untrennbarkeit der Wasserkraftausnutzung, der Elektrizitätsproduktion, -verteilung und -konsumation macht es nun weiter erforderlich, dass die Aufgaben, die bisher von der gesetzlich (zu 7 Mitgliedern) festgelegten «Kommission für elektrische Anlagen» ebenso wie diejenigen der vom Bundesrat geschaffenen «Ausfuhrkommission», alle

von der neuen *einheitlichen* Kommission übernommen werden.

Diese Vereinigung ist u. a. von der Eidgenössischen Kommission für elektrische Anlagen selbst schon vor fünf Jahren befürwortet worden. Es wurden aber früher rechtliche Bedenken dagegen geltend gemacht. Nun sagt die neueste Botschaft des Bundesrats zur Motion Grimm erfreulicherweise dass diese Zusammenziehung «ohne Schwierigkeiten» ausführbar sei. In der Tat kann wohl die gesetzlich, und zwar zu 7 Mitgliedern vorgeschriebene «Kommission für elektrische Anlagen», innerhalb der neuen Einheitskommission ihre gesetzlichen Entscheide für sich treffend, bestehen. Die neue Gesamtkommission dürfte allerdings in der totalen Mitgliederzahl nicht zu gross sein, im ganzen vielleicht 9 oder 11 Mitglieder umfassen. Da aber gerade für die Zusammenarbeit erwünscht ist, dass Mitglieder vorhanden seien, die nach zwei oder mehreren Richtungen (Elektrotechnik, Produktion und Konsumation der Energie, Wasserwirtschaft und -technik) erfahrene Sachverständige sind, so lassen sich in dieser beschränkten Gesamtzahl unter Ueberschiebung durch Gemeinschaftsmitglieder in sehr zweckdienlicher Weise Gruppen oder Sektionen für die notwendig werdende Teilung der Vorarbeiten bilden. In dieser Form könnten auch die Ausfuhrgesuche in einer genügend grossen Sektion, ähnlich der bisherigen Ausfuhrkommission, behandelt werden.

Die richtige Zusammenarbeit zwischen Wasserkraftwerksbau und Elektrizitätswirtschaft lässt sogar ernstlich an die Mitwirkung der eigentlichen Wasserkrafttechnik durch wenige geeignete Persönlichkeiten (Ingenieure) in dieser Kommission den-

ken, wodurch dann die viel zu grosse, mehr politische als wirtschaftlich-technische und daher bisher sehr unbefriedigend arbeitende Eidgenössische Wasserwirtschaftskommission in sehr verkleinerter Form ebenfalls in diesem «Energierat» aufgehen und zu fruchtbringender Tätigkeit geführt werden könnte.

8. Unter Zuweisung des neuen Elektrizitätsamtes, des Starkstrominspektorats und wohl auch des Wasserwirtschaftsamts als Ämter, deren Hilfsarbeit der Kommission zur Verfügung stehen, ist daher für diese einheitliche ständige Energiekommission folgende Wahlart zu empfehlen:

Der Bundesrat wählt die Mitglieder dieser Kommission auf übliche Amtsdauer aus erfahrenen Sachverständigen auf dem Gebiete der Elektrizitäts- und Wasserkraftwirtschaft und -technik und Kennern der Bedürfnisse der Energieverbraucher, möglichst aus verschiedenen Gegenden des Landes. Der Präsident der Kommission wird aus ihren Mitgliedern von dieser selbst gewählt oder vorgeschlagen zur Wahl durch den Bundesrat.

Meine Herren! Ich habe die Ueberzeugung, dass, wenn man vorsichtig in geschilderter Weise vorgeht, wenn man den Elektrizitätsunternehmen, die doch Namhaftes, wenn nicht mehr, leisten, Vertrauen schenkt, ihnen nicht zu teures Geld verschafft und auch die kommunalen und staatlichen Werke von politischen Einflüssen befreit, man annehmen darf, dass die Schweiz in der Elektrizitätsversorgung ihre Einwohner befriedige und auch weiterhin darin an der Spitze marschiere!

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Neuere Untersuchungen über die Wechselstrom-Koronaentladung.

621.3.014.4: 621.315.1.014.4

In Band 68, Heft 11 und 12 der «Zeitschrift für Physik» berichtet Alfred von Engel «Ueber die Wechselspannungskoronaentladung an oxydierten Kupferelektroden»¹⁾. Der Autor untersuchte einen Cu-Draht von 6 mm Durchmesser, der, in einen Metallzylinder gebracht, einen Kondensator bildete. Der Sprühdraht war zunächst blank und wurde dann durch Behandlung mit einer Lösung von fünfprozentiger Natronlauge und einprozentigem Kaliumpersulfat oxydiert; die Oxydschicht erreichte eine Dicke von einigen Zehntel μ . Die Messanordnung ist in Fig. 1 dargestellt.

Die bewegliche Spule des Elektrodynamometers L mit Spiegelablesung wurde wahlweise vom Strom der gegen äussere Felder abgeschirmten Sprühanordnung oder dem Lade-
strom einer verlustfreien Kapazität C durchflossen.

Die feste Spule des Dynamometers war durch den Rotor des als Phasenschieber benützten Asynchronmotors P erregt. Wurde nun bei Anschluss der verlustlosen Kapazität der Ausschlag des Dynamometers durch Drehung des Rotors von P auf Null gebracht und dann ohne Aenderung auf die Sprühanordnung (Strom I_A) umgeschaltet, so konnten die Verluste nach der Gleichung:

$$\alpha \cdot K = i \cdot I_A \cdot \cos \varphi \quad \left(\begin{array}{l} K = \text{Galvanometerkonstante,} \\ \alpha = \text{Galvanometerausschlag} \end{array} \right)$$

bestimmt werden.

Die Versuche wurden unter Verwendung einer Kondensatordurchführung mit bekanntem Verlustwinkel als Vergleichskondensator durchgeführt und die gemessene Leistung entsprechend korrigiert.

Die Messresultate sind aus Fig. 2 ersichtlich. Die Einsetzspannung des blanken Drahtes ist durch die Bedeckung mit CuO von 36,5 kV auf 39,5 kV angestiegen, die Verlustkurve verläuft unterhalb der Kurve für den unoxydierten Leiter.

Die Erklärung des Messunterschiedes scheint uns bemerkenswert, so dass wir die Ausführungen des Autors wörtlich wiedergeben:

«Solange die Spannung des Sprühdrahtes nur wenig grösser ist als die Einsetzspannung, hat die sich ausbildende Gasentladung wegen der relativ geringen Raumladungen (kleine Stromdichte) noch Townsend-Charakter. Die an den Stossprozessen beteiligten Elektronen entstammen teils dem Gas, teils dem Metall (Sprühdrahtoberfläche). Nach der Townsendschen Theorie ist die Zahl der neu erzeugten Elektronen von einer dem Gas und dem Elektrodenmetall eigentümlichen Konstante abhängig. Eine Veränderung des Oberflächenmetalls gibt somit eine andere pro einfallendes Ion

¹⁾ Sonderdruck 1931, Verlag Jul. Springer, Berlin.