

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 50 (1959)
Heft: 25

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: 10.01.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Die wesentlichen Grundgedanken für den Aufbau eines Rundsteuersystems

Von H. Schmid, Zug

(nach dem Tonbandmanuskript eines frei gehaltenen Referates)

621.398 : 621.311

Im Rahmen unserer Berichterstattung über den Erfahrungsaustausch über Tonfrequenz-Rundsteueranlagen (Netzkommandoanlagen) vom 4. und 5. Juni 1959 in Gmunden veröffentlichten wir nachstehend den Vortrag eines weiteren Schweizer Referenten, Herrn Dr. H. Schmid, Zug. Der Verfasser behandelt die theoretischen und praktischen Randbedingungen des Netzkommandoproblems, sowie deren Einfluss auf die Beschickung des Übertragungskanals mit Tonfrequenzenergie und auf die Einlagerung der Empfänger in diesen Übertragungskanal. Insbesondere werden die Fragen im Zusammenhang mit der Frequenzwahl, der Empfängerselbstselektivität, dem Sendepegel, dem Schutz gegen die Harmonischen der Netzfrequenz sowie der Überlagerungsart besprochen. Der Autor kommt zum Ergebnis, dass zur Lösung der Aufgaben möglichst einfache Empfangs- und Sendealgen sowie eine verhältnismässig hohe Sendeleistung verwendet werden sollen und ferner, dass für die Wahl der günstigsten Frequenz keine allgemein gültigen Regeln aufgestellt werden können. Es gilt vielmehr, die Frequenz sowie die Art der Überlagerung je nach der strukturellen Individualität des Netzes zu bestimmen.

Ohne auf die Theorie und Einzelheiten einzugehen, soll hier gezeigt werden, wie wir heute als Lieferanten über die Rundsteuertechnik denken und wie wir daraus unsere Handlung auf diesem Gebiet ableiten. Die Lage ist nicht mehr die gleiche wie vor 6 bis 7 Jahren. Damals hatten die meisten Lieferfirmen noch eine verhältnismässig geringe Zahl von Rundsteueranlagen im Betrieb. Die Risiken bezüglich der Investitionen der Lieferfirmen hielten sich noch in einem begrenzten und tragbaren Rahmen.

Heute befinden wir Techniker der Lieferfirmen uns in einer wesentlich veränderten Lage. Die Zahl der Anlagen ist auf mehrere Hundert, diejenige der Empfänger auf einige Hunderttausend gestiegen. Für die gestaltende Technik besteht also die Verantwortung nicht mehr nur für die Sicherheit des Produktes, das dem Kunden geliefert wird, sondern vermehrt auch gegenüber der Lieferfirma selber. Wir müssen uns deshalb über den Kurs, den wir eingeschlagen haben, vertieft Rechenschaft geben.

Bevor ich auf das eigentliche Thema eintrete, möchte ich mich zu einer Bemerkung über die Anlage in Schaffhausen¹⁾ äussern, die von der Firma Landis & Gyr erstellt wurde. Diese Anlage besitzt Maschinen mit Frequenzregulierung. Sie wurde indessen vor ca. 10 Jahren gebaut; heute haben wir diese Bauart verlassen, und zwar nicht, weil sie sich technisch nicht bewährt hat, sondern aus praktischen Gründen. Damals bestand in unserer Firma der Grundsatz, wonach das gewünschte Überlagerungsgebiet vollständig mit Sperren abzuriegeln und in einem geeigneten Punkt innerhalb dieses Gebietes parallel einzuspeisen sei. Mathematisch betrachtet war ein solches Vorgehen richtig. Es benötigte indessen viele Sperren und, um diese besser auszunützen zu können, war es zweckmässig, die Fre-

Dans le cadre du compte rendu de l'échange d'expériences sur les installations de télécommande centralisée qui a eu lieu à Gmunden les 4 et 5 juin 1959, nous publions ci-après la conférence d'un autre participant suisse, le Dr. H. Schmid, de Zug. L'auteur examine les conditions aux limites théoriques et pratiques du problème de la télécommande centralisée, ainsi que leur influence sur l'alimentation du canal de transmission en énergie à fréquence musicale et sur l'incorporation des récepteurs dans ce canal. Il étudie en particulier les questions du choix de la fréquence, de la sélectivité des récepteurs, du niveau d'émission, de la protection contre les harmoniques de la fréquence du réseau, ainsi que du choix du mode d'injection. Le conférencier arrive à la conclusion que pour résoudre les problèmes posés il convient d'utiliser des installations d'émission et de réception aussi simples que possible ainsi qu'une puissance d'émission relativement élevée. A son avis, aucune règle générale ne peut être énoncée au sujet du choix de la fréquence la plus favorable, de sorte que la fréquence et le mode d'injection doivent être déterminés en fonction de l'individualité structurelle du réseau.

quenz zu regulieren. Die Regulierung ist damals tatsächlich nur aus diesem Grunde eingeführt worden; die Empfänger benötigten sie nicht. Solche Anlagen waren sehr teuer, sogar so teuer, dass der Verkauf praktisch stagnierte. Mitbestimmend für die Aufgabe der Frequenzregulierung war nicht zuletzt die Konkurrenz, die sich höheren Frequenzen zuwandte, um die TF-Leistungsverluste zu verkleinern; dies ermöglichte den Bau einfacher, kleiner Anlagen ohne Frequenzregulierung. Tatsächlich hat damals unsere Konkurrenz mit diesem Vorgehen auf dem Markt erhebliche Erfolge erzielt. Es liegt hier also ein typisches Beispiel dafür vor, wie ein technisch an sich durchaus übersichtliches und brauchbares Verfahren aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben werden muss, eine sicher gesunde und fruchtbare Erscheinung der freien Marktwirtschaft.

Nach dieser Vorbemerkung kann ich zum Thema übergehen.

Die Aufgabenstellung: Es sind in bestimmten Energieversorgungsnetzen, ohne wesentliche Verwendung besonderer Verbindungsmitte, Steuerungen durchzuführen, derart, dass an jedem Ort, «wo eine Glühlampe betrieben werden kann», eine oder mehrere Steueroerationen getätigten werden können.

Die Art der Aufgabe: Es liegt primär sicher ein nachrichtentechnisches Problem vor: der klassische Zusammenhang Sendeanlage, Übertragungskanal, Empfangsanlage.

Die Randbedingungen des Problems: Wesentlich bei diesem Nachrichtenproblem, das man heute Rundsteuerung nennt, ist die Eigenart des Übertragungskanals. Unter den *elektrotechnischen Randbedingungen* ist diese Eigenart für das Wesen der Rundsteuerung grundlegend.

Dabei ist als *erstes wesentliches Axiom* die Tatsache anzusprechen, dass der Übertragungskanal im

¹⁾ s. Bull. SEV, Seiten des VSE, 50. Jg. (1959), Nr. 23, S. 1157 ff.

allgemeinen ein flächenhafter *Streckenkomplex* ist, ein topologisch sehr kompliziertes Gemisch von induktiven und kapazitiven Elementen (Freileitungen, Kabel) mit der ganzen Vielfalt der eingelagerten Apparate und Verbraucher der Energieversorgungstechnik. Hierbei ist zu beachten, dass dieser Streckenkomplex nicht etwa ein statisches Gebilde linearer Elemente ist, sondern dass er lebt, von morgens bis abends, Woche für Woche, jahrein jahraus, durchaus in bildlicher Analogie zu einer Brownschen Bewegung, womit auch bereits der *statistische Charakter der Rundsteuertechnik* angedeutet ist.

Ein zweites wesentliches *Axiom* dieser nachrichtentechnischen Randbedingungen besteht darin, dass der Übertragungskanal bezüglich Vielfalt und Intensität zweckmäßig als ein *Störquellenkomplex* angesehen wird. Der ganze Kanal in seiner Eigenart als Streckenkomplex ist im Prinzip erfüllt von Störquellen; seien es Harmonische irgendwelcher Art, seien es Stosswellen infolge von Schaltvorgängen, seien es Einflüsse von Gleichrichtern oder verschiedene andere, bekannte Vorgänge der Starkstromtechnik. Auf diese Störquellen kann man keinen Einfluss nehmen; man muss sie — abgesehen von vereinzelten, auch im Rahmen der Starkstromtechnik als abnormal und unqualifizierbar geltenen Erscheinungen — in ihrer Gesamtheit hinnehmen und sehen, wie man ihnen begegnet. Auch hier ist der *statistische Charakter der Rundsteuertechnik* offensichtlich.

Das sind die beiden elektrotechnischen Axiome. Sie gehören vorzüglich zur theoretischen Grundlage und vertreten gewissermassen die Gesichtspunkte der reinen Vernunft.

Es sind noch zwei weitere Axiome hervorzuheben, die der praktischen Vernunft entspringen, aber ebenso entscheidend sind für die richtige technische Handlung.

Das dritte wesentliche *Axiom* lautet: Die Rundsteuerung bedient sich eines *Übertragungskanals*, der *verfahrensfremd* ist. Sein Zweck ist ja bekanntlich in erster Linie die Energieversorgung. Sein ganzer Aufbau und Ausbau, seine ganze Handhabung, seine ganze Betriebsführung ist ausgerichtet nach den Gesichtspunkten der 50-Hz-Versorgung. Im allgemeinen ist man nicht gewillt, hier einem Steuerverfahren zuliebe Konzessionen zu machen. Das dritte Axiom ist also identisch mit dem Postulat der *Erhaltung der Freizügigkeit des 50-Hz-Betriebes*. Hieraus können sich z. B. bezüglich Frequenzwahl und Art des Sendeverfahrens von Fall zu Fall einschneidende Beschränkungen ergeben.

Endlich ist noch ein vierter *Axiom* zu nennen, dasjenige der *Wirtschaftlichkeit an sich*. Schliesslich soll mit der Rundsteuerung elektrizitätswirtschaftlich etwas herausgeholt und die Rendite verbessert werden. Die Rundsteueranlage muss bei *beweglichster Aufgabenerfüllung und hinreichender Sicherheit*, sowohl auf der Sende- als auch auf der Empfangsseite, *einen minimalen Aufwand* benötigen.

Von den vier genannten Axiomen stellen die beiden ersten die theoretische, die beiden letzten die praktische Grundlage dar. Auf dieser Basis muss eine Lösung der Rundsteuertechnik, die vernünftig sein soll, aufbauen.

Wir kommen damit zum *Aufbau der Lösung*, wobei ich allerdings nur die hauptsächlichsten Gesichtspunkte berühren kann. Ich setze voraus, dass sich alles nur auf das heute gebräuchliche Impuls-Intervall-Verfahren bezieht.

Dieses ist in seinem Ursprung sehr alt. Es wurde, Irrtum vorbehalten, zuerst von *Kemmelmeier* angewandt; das war noch vor dem Kriege. Während und nach dem Kriege wurde das Verfahren von verschiedenen Firmen in der Schweiz intensiv bearbeitet; später ist auch Frankreich vom Mehrfrequenzverfahren «Actadis» zum heutigen Impuls-Intervall-Verfahren «Pulsadis» übergegangen, so dass zurzeit praktisch das Intervallverfahren auf tonfrequenter Grundlage das Feld beherrscht.

In diesem Rahmen ist ein *erstes Hauptproblem* wohl die *Beschickung des Übertragungskanals mit tonfrequenter Steuerenergie*.

Die Beschickung der Netze mit Tonfrequenz-Energie wirft sofort die ganze Problematik der Frequenzwahl auf. Der Wunsch ist ja der, dass jeder Punkt, wo man eine Glühlampe betreiben kann, auch die Signalenergie erhält. Über die hierbei zweckmäßig zu wählenden Frequenzen haben jahrelange Auseinandersetzungen stattgefunden. Ich glaube, dass sich heute im grossen und ganzen die Auffassungen ausgeglichen haben und dass kein Grund mehr besteht, in ein Handgemenge zu kommen, wenn man alle Randbedingungen objektiv berücksichtigt.

Ein zweites *Hauptproblem*, das sich für den Aufbau der Lösung stellt, ist die *Einlagerung der Masse der Empfänger* in den *Übertragungskanal* mit seiner Eigenart als Störquellenkomplex. Die Empfänger müssen also die Eigenschaft aufweisen, dass sie von der Mehrzahl der möglichen Störungen praktisch ausreichend abgeschirmt sind.

Diese beiden Hauptprobleme erfassen das Wesentliche. Hierbei spielt eine Unzahl von Freiheitsgraden und Komponenten mit. Man muss nach einem Kompromiss suchen, der, soll er vernünftig sein, sich wohl nur mit Hilfe der statistischen Denkweise finden lässt.

Zum Frequenzproblem ist zu bemerken, dass eine ganze Anzahl Frequenzen verwendet werden. Lediglich Frankreich hat sich für eine einzige entschlossen, 175 Hz. Wir haben selber in Frankreich mehrere solche Anlagen in Betrieb genommen, können uns aber, trotzdem wir diese Technik beherrschen und trotzdem wir patentrechtlich frei sind, nicht entschliessen, ausserhalb von Frankreich von dieser Gebrauch zu machen. Wir verwenden vielmehr die Frequenzen 200, 300, 400, 500, 600, 750 Hz, wobei die Abstimmwerte von diesen Nennwerten um 3 % abweichen. Sodann werden weiter noch die Frequenzen 1050, 1350 und 1560 Hz verwendet. Der Grund der Verwendung mehrerer Frequenzen ist vornehmlich ein wirtschaftlicher. Es können weitgehend alle Schutzmassnahmen wie Sperren, Saugkreise und dergleichen, die zu einer grossen Verteuerung führen, weggelassen werden. Bei unserer Firma ist zurzeit die Verteilung der Frequenzen ungefähr so, dass ca. 50 % bei der mittleren Frequenzlage 500 Hz liegen, etwa 25 % darüber (600 Hz, 750 Hz) und die restlichen 25 % darunter (400, 300 und 200 Hz). Diese Verteilung hat sich im wesentlichen ergeben

durch die Frequenzplanung, die Netzkonfiguration und durch bauliche Aspekte.

Hinsichtlich der Einlagerung der Empfänger in den Übertragungskanal sind vornehmlich die zwei folgenden Gesichtspunkte massgebend, um die Störsicherheit zu untermauern:

1. die Selektivität des tonfrequenten Eingangskreises und
2. der Sendepegel, bzw. die Höhe der Ansprechselektivität der Empfänger.

Eine bedeutsame Frage ist die Höhe des Sendepegels. Je mehr wir uns dem Störpegel nähern, um so grössere Anforderungen müssen wir an die Störsicherheit der Apparate stellen, die infolgedessen rasch teurer werden. Je höher wir über dem Störpegel arbeiten, um so einfacher werden die Empfänger, was indessen durch erhöhten Leistungsbedarf auf der Sendeseite erkauft werden muss.

Bei den Entschlüssen im Rahmen der soeben berührten Fragen stellen wir immer wieder das genannte vierte Axiom, d. h. das gesamthafte wirtschaftliche Optimum bei hinreichender Aufgabenerfüllung in den Vordergrund. Nicht etwa nur aus Gründen des Konkurrenzkampfes. Die Sachlage gründet tiefer. Dieser Weg muss beschritten werden, um die Rundsteuertechnik nicht im grundsätzlichen zu stagnieren. Es geht um die allgemeine Anerkennung und breite Auslagerung einer Technik, die der freien Eigengesetzlichkeit in der ökonomischen und funktionellen Bewertung standhält.

In den vergangenen Jahren gingen denn auch alle unsere Überlegungen und technischen Massnahmen darauf aus, zu einem möglichst einfachen und ökonomischen System zu gelangen, das einen hinreichenden Grad an Sicherheit bietet. Über diesen hinreichenden *Grad der Sicherheit* kann man sich nun streiten. Ich habe nur kurz mit den Begriffen «Streckenkomplex» und «Störquellenkomplex» angedeutet, wie viele Freiheitsgrade und wie viele Möglichkeiten der Beeinflussung es gibt. Nicht viel weniger Möglichkeiten gibt es denn auch beim Bau der Empfänger, um dieser oder jener möglichen Störursache zuvorzukommen. Das Problem lautet aber doch wohl, wie man den statistischen Schwerpunkt findet; man wird denn auch eine Annahme treffen, einen technischen Ansatz machen müssen, wie das in den vergangenen Jahren getan worden ist, und dann kann nur die Erfahrung zeigen, ob er hinreichend ist oder nicht. Glücklicherweise hat sich unser Ansatz bis heute als hinreichend erwiesen.

Als Beispiel sei der Schutz gegen benachbarte Harmonische berührt. Die Auffassungen sind recht unterschiedlich. Wie gross sind die Harmonischen, die in den Netzen auftreten? Der Durchschnittsgehalt an Harmonischen ist bekannt. Nun kann es aber vorkommen, dass in Einzelfällen diese Werte höher werden. Es sind nicht einfach die Quellwerte der Störungen massgebend, denn diese sind verstreut im ganzen Streckenkomplex eingelagert. Jede Störquelle hat also eine nähere oder weitere elektrische Umgebung, die gelegentlich irgendeine Harmonische durch Resonanz anheben kann.

Wir haben heute mit einer grossen Zahl von Anlagen über viele Jahre Erfahrungen gesammelt und auch mit derartigen Erscheinungen Bekanntschaft

gemacht. Wir haben einige Störungen erlebt und mussten uns natürlich Rechenschaft darüber geben, inwieweit diese praktisch tragbar sind. Glücklicherweise war die Zahl dieser Störungen statistisch gesehen so gering, dass wir uns nicht veranlasst sahen, zu Schutzmassnahmen zu greifen, die zu einer unerwünschten Verteuerung des Verfahrens geführt hätten.

Über diesen Punkt ist recht viel diskutiert worden, insbesondere im Bereich der niedrigeren Harmonischen. Ob es z. B. sinnvoll und notwendig sei, von der Annahme auszugehen, die Spannung der 5. Harmonischen betrage 17 %, soll dahingestellt bleiben. Ich hatte zwar schon selber das seltene Glück, 5. Harmonische bis zu 20 % zu messen. Das war aber ein ausgesprochener Resonanzfall. Eine 3-MVA-Batterie war in einem 50-kV-Netz einer ziemlich langen Leitung vorgeschaltet, und zudem herrschte noch ein seltener, abnormaler Schaltzustand. Auf der Verbraucherseite waren noch einige kleine, alte Generatoren von 50 oder 60 kW im Betrieb, mit einem aussergewöhnlichen Störspektrum. Irgendwie zu einem bestimmten Zeitpunkt ist dann die 5. Harmonische in Resonanz gekommen und wurde auf den genannten Wert angehoben. Ein sehr seltener Extremfall.

Eine vernünftige Lösung kann kaum alle Extremfälle berücksichtigen. Wir haben denn auch diese Extremfälle übergangen und uns auf die Umgebung des statistischen Schwerpunktes begrenzt: die dabei gemachten Erfahrungen sind sehr gut.

Ich glaube, dass auch die Fachverbände, wenn sie ihre Vorschriften ausarbeiten, irgendwo eine Grenze ziehen müssen, um zu einer *brauchbaren* Norm zu gelangen. — In der technischen Entwicklung müssen jedenfalls die seltenen Extremfälle übergangen werden, sonst kommt man zu Lösungen, die wirtschaftlich unter normalen Verhältnissen nicht tragbar sind.

In der gleichen Denkweise haben wir versucht, einen möglichst einfachen Empfänger zu entwickeln, der keine geregelte Frequenz erfordert und auch keine Wobbelung. Es gibt Empfänger, bei denen das eine oder das andere oder sogar beides notwendig ist. Dies ist bekanntlich der Fall bei den mechanischen Zungen. Entweder muss man wobbeln oder dann die Frequenz so starr halten, dass die Toleranz der sehr selektiven Zungen noch im Fabrikationsband bleibt. Wir haben den Schritt zu höchster Selektivität denn auch bewusst nicht getan, weil er nebst hohen Anforderungen an die Fabrikation vor allem auch eine Komplizierung und Verteuerung des Sendeverfahrens mit sich bringt. Bis jetzt ist es uns gelungen, an mehreren hunderttausend Apparaten den Nachweis zu erbringen, dass diese einfachen Empfänger ihrer Aufgabe gewachsen sind, und zwar sowohl zwischen der 3. und 5. Harmonischen bei der Frequenz 194 Hz als auch bei den Frequenzen 291 Hz, bzw. 309 Hz, also zwischen der 5. und 7. Harmonischen und selbstverständlich ebenfalls bei höheren Steuerfrequenzen.

Ähnlich verhält es sich mit dem Sendepegel. Es sei nochmals an den Störquellenkomplex und die Vielfalt dieses Problems erinnert. Bekanntlich ist es auch der Nachrichtentechnik nur begrenzt gelungen, sich in den Geräuschpegel hineinzudrängen und

dort etwa mit der Ruftechnik durchzukommen, trotz Mehrfrequenzverfahren usw. Um so gefährlicher erscheint es uns, sich gerade auf dem Rundsteuersektor allzu sehr diesem intensiven Störgebilde zu nähern. Wir haben es deshalb vorgezogen, und wir halten auch heute daran fest, mit verhältnismässig hoher Leistung zu senden, d. h. den unstabilen, schwer vorausberechenbaren und schwer definierbaren Störpegel einfach zuzudecken; mit andern Worten: die Ansprechschwelle der Empfänger darf nicht zu tief gewählt werden, womit auch die Möglichkeit einer einfachen Konstruktion gegeben ist.

Wir haben zwar auf Grund der Erfahrungen der ersten hundert- bis zweihunderttausend Empfänger die Ansprechschwelle im Durchschnitt etwas hinuntergesetzt. Wir waren früher mit diesem Wert auf 1,5 %. Seit zwei Jahren liefern wir weitaus die meisten Empfänger mit ca. 1 %, und es hat sich gezeigt, dass das im allgemeinen ausreicht. Wohl haben wir einige vereinzelte Fälle erlebt, wo wir unter besonders ungünstigen Verhältnissen nachträglich die Ansprechschwelle wieder hinaufsetzen mussten, was mit einer kleinen Justierung am Empfänger möglich ist. Aber trotzdem die Erfahrungen über mehrere 100 000 Empfänger sehr befriedigend sind und nur in wenigen Ausnahmefällen, welche in der gesamten Lagenbeurteilung kaum ins Gewicht fallen, die Empfindlichkeit wieder verkleinert wurde, geben wir eine erhebliche Reserve in der Sendeleistung zurzeit noch nicht auf. Obwohl die grosse Masse der Empfänger auf 1 % Empfindlichkeit ausgelegt wird, werden die Sendeanlagen noch genügend überdimensioniert, um in Überraschungsfällen die Ansprechschwelle nachträglich hinaufsetzen zu können. Da wo das Gesetz der «Grossen Zahl» spielt, erhärtet man die Erfahrung im Durchschnitt eben vielleicht besser auf beispielsweise 1 Million Empfänger, bevor man Einsparungen an den Signalleistungs-Reserven ins Auge fasst.

Die Handhabung eines verhältnismässig hohen Signalpegels legt zwangsläufig einfache Erzeugungsanlagen bzw. billige TF-Leistung nahe. Das Vorgehen im *Bau der Sendeanlagen* steht denn auch in engstem Zusammenhang mit den bisher entwickelten Gedanken. Mit der Entwicklung eines einfachen, billigen Empfängers haben wir uns bemüht, die Sendeanlagen zu vereinfachen; erstens aus Gründen der Betriebssicherheit und zweitens der Wirtschaftlichkeit. Es ist klar, dass hierbei der *Maschinensender* im Vordergrund steht, denn mit ihm ist die TF-Leistung mit Abstand am billigsten, jedenfalls dann, wenn keine Frequenzregelung erforderlich ist.

Auch der *elektronische Sender* mit seiner Eleganz verdient sicherlich Beachtung. All die Fragen der Wobbelung, der Frequenzregelung und auch die Phasensynchronsendung sind mit elektronischen Sendern verhältnismässig leicht lösbar. Mit Maschinensendern kommt man da schwerer durch. Früher hat man zwar noch gewobbelt mit Maschinensendern; bei Mehrfrequenzverfahren, als die einzelnen Impulse noch 20 bis 30 Sekunden Länge hatten. Sobald man aber die Impulse auf eine Sekunde kürzte, zwecks Hintereinanderreihung zu einem Zeitintervalldiagramm, konnte man das nicht mehr. So taucht denn, wenigstens auf dem Gebiete der mechanischen

Zungenrelais, verständlicherweise der Wunsch nach Röhrensendern immer wieder auf. Für ein Verfahren aber, dem wie skizziert, das Prinzip der maximalen Ökonomie und das Prinzip der Sicherheit mit relativ hohem Pegel und demgemäß auch mit viel TF-Leistung zugrunde liegt, ist der elektronische Sender noch untragbar. Das Preisverhältnis liegt heute noch in der Grössenordnung 5 : 1. Wenn man etwa für eine noch nicht allzu grosse TF-Leistung von 50 kW bei 200 Hz maschinenmässig mit allem Zubehör 8000 Franken zahlt, dann kostet ein Röhrensender wohl gegen 40 000 Franken. Trotzdem halte ich es für möglich, dass man mit dem Preis der Röhrensender, insbesondere bei Wechselrichtern, vielleicht doch einmal in diskutable Preisnähe zu den Maschinensendern gelangt. Ich denke hierbei an die Möglichkeit sehr hoher Impulsleistungen bei kurzen Impulsen, ähnlich wie in der Radartechnik. Das wäre erfreulich. Eine solche Entwicklung ist aber noch offen. So steht denn für uns bis auf weiteres der grösstenordnungsmässige Vorsprung der Maschinensender außer Frage.

Bezüglich der Einspeisung verfügt man über zwei Verfahren: *Serienüberlagerung* und *Parallelüberlagerung*. In gewissen Frequenzlagen kann man beide Verfahren anwenden. In den extremen Frequenzlagen verschiebt sich das zugunsten des einen oder andern Verfahrens. Bei sehr hohen Frequenzen kann man nur noch parallel arbeiten, bei sehr tiefen Frequenzen nur noch mit Reihenüberlagerung. Die untere Grenze liegt praktisch etwa bei 300 Hz. Bei 175 Hz ist nur noch Reihenüberlagerung möglich. Das gilt auch für 200 Hz. Bei 300 Hz ist man gerade an der Grenze. Es gibt Fälle, bei denen etwa die Transformatoren im einspeisenden Netz hohe Kurzschlussspannungen, z. B. 12 %, aufweisen; dann ist unter Umständen die Paralleleinspeisung mit 300 Hz noch gut tragbar. Haben wir indessen z. B. nur 6 %, ist es mit der Parallelüberlagerung im allgemeinen aus. Wir haben eine Anzahl Parallelanlagen mit 300 Hz gebaut und mit Erfolg in Betrieb genommen. Die Frequenz 500 Hz lässt beide Überlagerungsarten zu. Bei 725 Hz wiegt die Parallelüberlagerung schon bei weitem vor. Es gibt nur vereinzelte Fälle, wo man hier noch Reihenüberlagerung zur Anwendung bringen kann. Bei Frequenzen über 725 Hz ist praktisch nur noch Parallelüberlagerung möglich.

Die Frage, ob Reihen- oder Parallelüberlagerung, ist auch für die Wirtschaftlichkeit außerordentlich wichtig. Es kommen oft Überlagerungsnetze vor, mit Fremdeinspeisung von einem übergeordneten Netz, wobei gleichzeitig noch Generatoren in das Überlagerungsnetz speisen. Will man in einem solchen Fall Reihenüberlagerung anwenden, so muss man damit rechnen, dass die eine oder andere Speiseart gelegentlich unterbrochen wird. Dann muss man Reiheneinspeisungen da wie dort anordnen, was natürlich sehr kostspielig ist. In derartigen Fällen ist die Parallelüberlagerung um eine Grössenordnung günstiger. Bei Reihenüberlagerung müssen zudem oft bei jedem Transistor Kopplungen eingebaut werden. Gerade beim heutigen Entwicklungstempo des Energieverbrauches werden diese Transformatoren rasch durch andere Typen ausgewechselt, was auch für die Kopplungen entsprechende Umtriebe zur Folge hat.

Wir haben im Bau beider Überlagerungsarten grosse Erfahrung. Bei unserer Firma ist zurzeit, ohne Berücksichtigung der Niederspannungseinspeisungen, das Verhältnis etwa $\frac{1}{3}$ Reihenüberlagerungen zu $\frac{2}{3}$ Parallelüberlagerungen. Die Parallelüberlagerung bietet den Vorteil, dass man leicht an eine Schiene anschliessen kann und dass die Kopplungen irgendwo, z. B. in einem Kellerraum, aufgestellt werden können. Man kann auf diese Weise sehr erhebliche bauliche Einsparungen erzielen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es keine Generalregel gibt, die etwa aussagt, dass Reihe besser sei als Parallel oder umgekehrt. Es gibt aber eine grosse Zahl von typischen Beispielen, bei denen die Anwendung von Parallelüberlagerung eindeutig überlegen ist. Es gibt andererseits Fälle, wo ein Netz wie für Reihenüberlagerung gemacht ist. Da die Kostenaufwendungen für die baulichen Notwendigkeiten der Rundsteueranlagen unter Umständen sehr gewichtig sein können, scheint es uns wesentlich, in der Wahl zwischen Serie und Parallel von Fall zu Fall möglichst frei zu bleiben. Auch das ist mit ein Grund, warum wir nach wie vor das ganze Frequenzband verwenden.

Aber nicht nur im Hinblick auf das soeben Gesagte und auf die Frequenzplanung arbeiten wir im ganzen Frequenzband; wir tun dies zudem noch mit Rücksicht auf die *strukturelle Netzindependentität*. In Überlandnetzen mit sehr langen Leitungen und schweren Kondensatorbelegungen ist es richtig, mit der Frequenz nicht zu hoch zu gehen. Die Frequenzen 300, 200 und 175 Hz haben in derartigen Fällen einige Berechtigung, obschon damit nicht alle Schwierigkeiten beseitigt sind. Ich darf da aus Erfahrung sprechen. Wir haben heute etwa 25 Anlagen mit Frequenzen der Größenordnung 200 Hz in Betrieb. Im grossen und ganzen geht es gut, aber einige Schwierigkeiten gibt es auch. Wir haben beispielsweise in der Schweiz eine Anlage für ein Netz von 6 MVA bei 194 Hz gebaut, wobei wir damals noch eine Überlagerungsspannung von 2,5 % zugrunde legten. Die heutige Netzspitze beträgt erst 2,5 MVA. Nachts war alles in bester Ordnung. Morgens aber, als einige mittlere Gewerbebetriebe mit nicht kompensierten Asynchronmotoren kamen, fiel der Pegel schlagartig herunter bis knapp auf die Ansprechempfindlichkeit der Empfänger. Strommessungen zeigten eindeutig, dass grosse tonfrequente Verlustströme in die genannten Motoren flossen. Wir haben hierauf die Anlage verstärkt bis zu einer Überlagerungsspannung von 4 %. — Wir haben auch einige andere derartige Erfahrungen gemacht. Selbst in einer unserer 175-Hz-Anlagen in Frankreich haben wir das gleiche erlebt: tagsüber fiel aus dem gleichen Grunde der Steuerpegel auf die Hälfte. Ich möchte diesen Erscheinungen nicht allzu grosse Bedeutung beimessen. Immerhin gibt es Fälle, nicht zuletzt auch bezüglich der Rückschlussverhältnisse, wo man bei den *sehr niedrigen* Frequenzen auf beunruhigende Abnormitäten stossen kann, wie man andererseits bei *sehr hohen* Frequenzen und dichten Kondensatorbelegungen gelegentlich erhebliche Schwierigkeiten in Kauf nehmen muss.

Es ist meines Erachtens denn auch völlig unangezeigt, von einer einzigen, optimalen Rundsteuerfrequenz zu sprechen. Je nachdem, ob städtische oder

ländliche oder gemischte Verhältnisse vorliegen, je nachdem, ob in derartigen Fällen Kabel oder Freileitungen vorwiegen, sind die Schwerpunkte der Netzindependentität größenordnungsmässig verschieden. Von den Schwerpunkten der Lastindividualität und der Individualität der Betriebsführung gar nicht zu sprechen. Auch in dieser Hinsicht streben wir in der Frequenzwahl von Fall zu Fall das jeweilige Optimum an.

Damit sind einige wesentliche Grundgedanken skizziert, nach denen wir handeln. Zusammenfassend kann man sagen, dass das Prinzip, nach dem wir heute vorgehen, in einer *Systematik nach Gesichtspunkten der Wahrscheinlichkeit von Häufungen* besteht. Wir ordnen und treffen die Lösungen nach der Häufung allfälliger Schwierigkeiten oder der Häufigkeit der günstigsten Fälle. Durchaus auch mit Berücksichtigung bestehender und zukünftiger Betriebseigenschaften der Netze legen wir den passenden statistischen Schwerpunkt über alle wesentlichen Komponenten fest. Man darf vielleicht auch von einer systematischen Elastizität in der Anpassung an Häufungen der Wahrscheinlichkeitsverteilung sprechen.

Wir verfolgen die Bestrebungen unserer französischen Freunde mit grossem Interesse. Wir arbeiten sogar fleissig mit und verschliessen uns den Anstrengungen für eine uniforme Technik durchaus nicht. Doch scheint mir, dass die Randbedingungen wesentlich andere sind. Nun kann man aber Lösungen nicht vergleichen, wenn man nicht gleichzeitig die Randbedingungen vergleicht. Ein Vergleich hat auch nur dann einen Sinn, wenn man gleichzeitig die Kosten in Franken und Rappen danebenstellt.

Gestatten Sie mir noch einige Bemerkungen, die für unseren Kurs in Zug ganz spezifisch sein dürften.

Es gibt in der Tat einen ganz *spezifischen Kurs Landis & Gyr*. Man kann vielleicht von einem *Prinzip der maximalen Geschwindigkeit* sprechen. Wir handhaben das schon seit langem und forcieren es heute mehr denn je. Das hat zwei wichtige Gründe.

Der erste Grund ist die Möglichkeit der schnellen Programmwiederholung. Wie bereits mehrmals unterstrichen, hat die ganze Rundsteueraufgabe wesentliche Merkmale eines statistischen Problems. Wenn man an die Multiplikationsregel der Wahrscheinlichkeitsrechnung denkt, so erkennt man sofort, dass man mit der Möglichkeit flüssiger Wiederholung der Befehle eine aussergewöhnliche Steigerung der Steuersicherheit erzielen kann.

Der zweite Grund der raschen Sendung sind die kurzen Impulse. Unsere Steuerimpulse dauern ca. 100 Millisekunden, sie sind also sehr kurz. Andererseits beträgt der Abstand zwischen den Impulsen ca. 500 Millisekunden. Die Empfänger sind ihrerseits im Prinzip so beschaffen, dass die Wege zu den Schaltrelais zwischen den Impulsen gesperrt sind. Es können also nur Störungen auf die Ausführungsrelais einwirken, wenn sie gerade während der 100-Millisekunden-Intervalle eintreffen. Zusammen mit der kurzen Programmdauer oder, was das gleiche heisst, zusammen mit der grossen Sendegeschwindigkeit, wird damit die Störtrefferwahrscheinlichkeit entsprechend klein.

Es gibt natürlich auch andere Möglichkeiten, sich gegen Störfeuer zu sichern, beispielsweise mit Hilfe

eines Speicherverfahrens, wobei allerdings unter Umständen wegen der Integration eintreffender Störungen besondere Anforderungen an die Selektivität des Empfangselementes gestellt werden müssen; ebenfalls erfordert die Speicherung naturgemäß Zeit.

Wie gesagt, man kann auf verschiedenen Wegen dem gleichen Ziel zustreben. Wir haben uns unsererseits entschlossen, ein wahrscheinliches Störfeuer möglichst schnell zu durchheilen und mit möglichst kurzen Einflussintervallen.

Ich möchte noch einige nachgeordnete Gründe erwähnen, warum wir das Prinzip der grossen Sendeschwindigkeit handhaben.

Einer ist z. B. die Sendetechnik bei vermaschten Netzen. Glücklicherweise sind komplizierte, vermaschte Netze nicht allzu häufig. Nach unserer Erfahrung hat man es höchstens in 10% aller Fälle mit der Problematik der Simultanüberlagerung in vermaschten Netzen zu tun. Darunter sind wiederum viele verhältnismässig einfach. Für extreme Fälle muss man Sonderlösungen versuchen. Die «rasche Sendetechnik» ermöglicht in vielen Fällen, schwierige Probleme zu lösen ohne Komplizierung des Verfahrens und der Konstruktion. In vermaschten Netzen kann man z. B. nacheinander senden. Man überflutet das Netz zuerst mit der einen Anlage und anschliessend gleich mit der zweiten. Hierbei muss man lediglich für die Sicherstellung einer eindeutigen Überdeckungszone besorgt sein und auch dafür sorgen, dass die Empfangsapparate nur bei Startimpulsen, nicht aber bei Befehlsimpulsen anlaufen

können. Wir gehen in der Bewältigung derartiger Probleme heute sogar noch weiter, indem wir nicht nur nacheinander senden, sondern direkt ineinander verschachteln, d. h. ein zweites Programm gleich in die Impulslücken des ersten einschachteln. Auch damit löst man gewiss nicht die letzten Probleme, aber doch die meisten.

Als ein weiterer, ökonomisch sehr wichtiger Punkt sei noch erwähnt, dass die schnellen und kurzen Programme mit ihren kurzen Impulsen erhebliche Vorteile bieten im Bau der Elemente der Sende anlagen bzw. bei der Dimensionierung der hier benötigten Kondensatoren, Transformatoren und Maschinen.

Endlich bietet natürlich die grosse Steuereschwindigkeit bei vielen Problemen, wo Wert auf Beweglichkeit gelegt wird, beachtliche Vorteile, beispielsweise da, wo man die Rundsteuerung zu Alarmzwecken mit verwendet und bei der Handhabung grosser Befehlszahlen, insbesondere zahlreicher Kombinationsbefehle.

Meine Ausführungen bezwecken — wie einleitend gesagt — einen Einblick in die Denkweise zu vermitteln, aus der der Lieferant seine Handlung ableitet. Dann habe ich gezeigt, welchen Weg wir heute beschreiten, immer im Bestreben, die optimale Einfachheit des Empfangsapparates und der Sende anlage zu wahren, und endlich noch wie versucht wird, durch hohe Geschwindigkeit der Steuerung wesentliche Vorteile zu erzielen.

Adresse des Autors:
Dr. sc. techn. Hans Schmid, c/o Landis & Gyr AG, Zug.

Belastungsregistriergeräte mit statistischer Auswertung

Von H. Strauch, Berlin

621.317.782.087.6 : 519.24

Der Verfasser beschreibt Belastungsregistriergeräte, die in den letzten Jahren entwickelt wurden und eine automatische bzw. halbautomatische statistische Auswertung ermöglichen. Diese Geräte lassen sich auch mit Erfolg bei der Registrierung nicht elektrischer Grössen verwenden.

Rationalisierung im Versuchs- und Beobachtungswesen

Die Erhöhung der Benutzungsdauer der Kraftwerkeinrichtungen und Verteilungsanlagen ist bekanntlich für die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit im Betrieb der Elektrizitätswerke von entscheidender Bedeutung [1] ¹⁾. Im Zusammenhang mit den Bestrebungen nach fortschreitender Rationalisierung wird deshalb dem Belastungsverlauf von Kraftwerkseinrichtungen und Übertragungsanlagen (Transformatoren, Kabel, Leitungen usw.) ständig wachsende Bedeutung beigemessen [2...12]. Um Unterlagen für die Selbstkostenermittlung, die Werbung und die Kreditgewährung zu beschaffen, um Entwicklungstendenzen zu studieren und um zu erkennen, wie sich die Belastungscharakteristik in einer wirtschaftlich optimalen Weise beeinflussen lässt (spitzenfreier Strom, Ausgleich des Nachlasttals, Zu- und Abschaltung mittels Netzkommandoanlagen u. a.), ist es erforderlich, den Belastungsverlauf in den einzelnen Abnehmergruppen durch entsprechende *analytische* und/oder *synthetische* Verfahren zu ermit-

teln, und zwar bei den Hochspannungsabnehmern wie bei den Niederspannungsabnehmern, hier getrennt nach den beiden Gruppen Gewerbe [13...16] und Haushalt [17...25]. Bei diesen Untersuchungen ist die Benutzungsart der einzelnen elektrischen Verbrauchseinrichtungen in der Industrie [26, 27] und im Haushalt bedeutungsvoll. So liegen interessante Arbeiten über den Einfluss der Elektroherde [28...30], der Warmwasserbereitung [31...33] auf die Belastungscharakteristik vor. In der Schweiz wurde unter Verwendung des Poissonschen Verteilungsgesetzes untersucht, wie sich Waschmaschinen im Einzelhaushalt und in Zentralwaschanlagen auf die Belastungscharakteristik auswirken [34]. In jüngster Zeit befasst man sich in Deutschland wie in anderen Ländern eingehend mit den Problemen der elektrischen Raumheizung [35...38]. Bemerkenswert ist übrigens, dass in den USA durch die starke Verwendung von Klimaanlagen die Netzsippenlast im Hochsommer zur Zeit der Hitzewelle auftreten kann [39].

Die Grösse der modernen Unternehmungen zwingt uns immer mehr, die Grundsätze des rationalen Arbeitens auch bei den Untersuchungen zur Ermittlung des Lastanteils der einzelnen Abnehmer-

¹⁾ Die Literaturhinweise erfolgen am Schluss des Aufsatzes in der nächsten Nummer.

gruppen, ja selbst der einzelnen Gerätearten, anzuwenden. Hierbei sind verschiedene Wege beschritten worden. Es wäre technisch und wirtschaftlich untragbar, sämtliche Haushaltabnehmer einzeln mess-technisch zu erfassen. Man muss hier zur Stichprobe greifen, wodurch einerseits der Umfang der Messungen geringer, jedoch andererseits die Anwendung mathematisch-statistischer Methoden unerlässlich wird [40...42]. Durch besondere technische Massnahmen lassen sich der Aufwand an Messmitteln und die Auswertearbeit bereits vor dem Anschluss von Geräten reduzieren. Man kann die einzelnen Gerätyphen an bestimmte Phasen eines Vierleiternetzes anschliessen, z. B. auf Phase *R* alle elektrischen Kochherde, auf Phase *S* alle Heisswasserspeicher, auf Phase *T* die übrigen Einrichtungen (Licht, Staubsauger, Kleingeräte). Eine andere Methode verwendet die Fernsteuerung. Man kann z. B. kurzzeitig alle Heisswasserspeicher durch Fernsteuerung ausschalten. Aus der Differenz der Belastungen des Netz- oder Unterwerktransformators beim Zu- und Abschalten der Geräte kann man auf die Belastung durch die Warmwassergeräte schliessen. Ausserdem ermöglichen die Methoden der Einflussgrössenrechnung in gewissen Fällen eine mathematische Analyse über den Lastanteil der einzelnen Verbrauchsgeräte [43]. So hat man z. B. Stadtteile in Gruppen von mehreren Hundert Wohnungen eingeteilt. Jede Gruppe unterschied sich von der anderen durch die Änderung eines Merkmals, meist der Gerätesättigung; sie wurden getrennt versorgt, so dass die Belastungscharakteristik jeder Gruppe festgehalten werden konnte. Mit Hilfe der multiplen Korrelation lässt sich dann der Anteil der einzelnen Gerätearten an der Belastung zu irgendeinem Zeitpunkt ermitteln.

Trotz all dieser Massnahmen, die bei der Durchführung einer bestimmten kollektiven Messaufgabe eine Verringerung des Messaufwandes zur Folge haben, steigt die Anzahl der benötigten *Registriergeräte* in erheblichem Umfang. Denn die wissenschaftlichen Methoden zur Überwachung der Betriebsführung mit dem Ziel optimaler Wirtschaftlichkeit dehnen sich auf immer weitere Teilgebiete aus. Ausserdem führt auch die mathematisch-statistische Auswertung meist zur Forderung nach einer grösseren Anzahl von Geräten, wenn man bei den grossen Streuungen Aussagen von hoher Zuverlässigkeit, also mit engem Vertrauensbereich, machen will. Diese statistische Auswertung ist andererseits unerlässlich, da sie allein die konzentrierte Darstellung unserer ausserordentlich kompliziert gewordenen Wirklichkeit und damit ihre Überschaubarkeit ermöglicht.

Aus all diesen Gründen ist man bestrebt, die statistische Auswertung von Messergebnissen zu automatisieren, zu beschleunigen und zu verbilligen.

Hierbei sind verschiedene Wege beschritten worden. Man kann z. B. so vorgehen, dass man, wie bisher üblich, die Augenblickswerte der Leistung auf einem Registrierstreifen mit Tinte aufzeichnet [44] und eine Vielzahl derartiger Streifen in einem einzigen, zentral gelegenen Messwertspeicher M 126 [45] der Firma *W. Masing* [46] auswertet. Hier wird der Registrierstreifen unter ein Testlineal (Fig. 1) gelegt und schrittweise weiterbewegt. Das Testlineal

enthält 10 Klassen gleicher Breite. Man berührt die Kurve mit einem Kontaktstift (Fig. 2), wodurch das zugeordnete Zählwerk um eine Zähleinheit weiter-

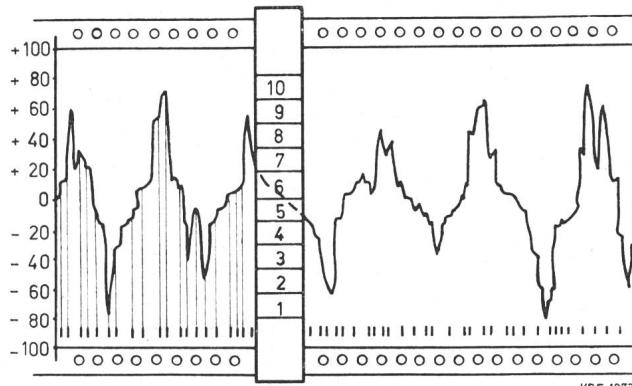


Fig. 1
Registrierstreifen mit Testlineal von *W. Masing*

geschaltet wird. Im vorliegenden Fall kommt z. B. Zählwerk 6 zum Ansprechen. Eine derartige Einrichtung bietet zweifellos bereits eine gewisse Erleichterung der Auswertung, erfordert aber noch sehr viel eintönigen Arbeitsaufwand, der geradezu den Anreiz bietet, die statistische Auswertung zu automatisieren.



Fig. 2
Ansicht des Messwertspeichers M 126

Grundsätzlich gibt es hierfür zwei Systeme. Man kann die statistische Auswertung unmittelbar mit dem Registriergerät vereinigen, so dass also an jeder Meßstelle auch sofort die Auswertung erfolgt. Der andere Weg besteht darin, Aufnahme und Auswertung räumlich zu trennen. Dann hat man meistens ein einziges Auswertegerät an einer zentralen Stelle, in das eine Vielzahl der Registrierstreifen von zahlreichen Meßstellen nacheinander oder gleichzeitig eingelegt werden kann. Im letzten Fall gibt es wiederum zwei grundsätzlich verschiedene Ausführungen, je nachdem, ob man bereits entwickelte Auswerteinrichtungen mit universellem Anwendungsbereich (z. B. IBM-Lochkarten-Maschinen) oder für die speziellen Zwecke in der Elektrizitätswirtschaft Sonderkonstruktionen verwendet. Eine weitere Unterscheidung liegt darin, dass man einerseits Geräte entwickelt hat (System *I*), bei denen es nur auf die Häufigkeitsverteilung ohne Rücksicht auf die Variable «Zeit» ankommt, andererseits aber auch Geräte benötigt (System *II*), bei denen außer der Höhe der Belastung der Zeitpunkt ihres Auftretens eine

ausschlaggebende Rolle spielt. Wenn es darauf ankommt, Unterlagen über die Korrelation verschiedener Zustandsgrößen im praktischen Betrieb der Elektrizitätswerke zu erhalten (z. B. über die Beziehung zwischen elektrischer Energie, welche die Generatoren abgeben, zu Kohleverbrauch, Dampfmenge usw.), ist es notwendig, diese Variablen zu gleichen Zeitpunkten bzw. in Integrierwerten über gleiche Registrierperioden zu ermitteln [47].

In vielen Fällen werden sich die Gerätetypen I und II bei der Durchführung einer bestimmten Registrieraufgabe ergänzen können. So kann man an einer bestimmten Meßstelle zunächst ein Registriergerät mit sofortiger Anzeige der statistisch ausgewerteten Ergebnisse ohne Berücksichtigung des zeitlichen Auftretens einsetzen, um zunächst eine Übersicht über die Verhältnisse an der Meßstelle zu erhalten (Zustandsbeobachtung). Dort, wo auf Grund dieser vorläufigen Resultate eine Beeinflussung, d. h. eine Verbesserung der Belastungscharakteristik angestrebt wird, kann man anschliessend Registriergeräte einbauen, die die Belastung in Abhängigkeit von der Zeit erfassen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Geräte nach System I (Häufigkeitsverteilung ohne Berücksichtigung der Zeitvariablen) in Verbindung mit Schaltuhren für die Belastungsermittlung zu bestimmten Zeiten, z. B. in der Nähe der Jahresspitzenlastzeit, zu verwenden.

Die folgenden Ausführungen befassen sich mit der Beschreibung einiger *Belastungsregistriergeräte mit statistischer Auswerteinrichtung*, die in den letzten Jahren in Europa und USA entwickelt worden sind. Die Ergebnisse solcher messtechnisch-statistischen Untersuchungen werden z. B. für die Selbstkostenrechnung, für die Tarifgestaltung auf der Basis der «kostenechten» — besser: «kostennahen» — Tarife, für die Zwecke der Kreditgebung und Werbung für bestimmte elektrische Verbrauchseinrichtungen, wie z. B. Kochherde, Warmwasserbereiter, Industrielle Wärmeanwendungen, Nachspeicheröfen, Kühlschränke, Klimaanlagen usw. verwertet.

Die Geräte können jedoch nicht nur für die Registrierung und statistische Auswertung der Belastung, sondern auch für die Erfassung vieler nicht elektrischer Vorgänge innerhalb und ausserhalb der Elektrizitätswirtschaft benutzt werden. So kann das eine oder andere Gerät z. B. in der Betriebsüberwachung der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie, für die statistische Erfassung der thermischen Belastung von Generatoren, Transformatoren, Kabel und Leitungen, für die Pegelanzeige, für die statistische Ermittlung und Auswertung von Wärmemengen, Windstärken, Drücken, für die Massenfertigung, für die Ermittlung der Belegungsdichte von Telefon-, Fernschreib- und Funkkanälen oder bei der Untersuchung der Verkehrsdichte von Verkehrswegen und für viele andere Zwecke wertvolle Dienste leisten.

Geräte zur Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der Last ohne Berücksichtigung des Zeitpunktes des Auftretens

Vierfachzählwerk

In Grossbritannien wurden in einer grösseren Anzahl von Haushalten Untersuchungen über die Strombelastung von Einphasenzählern durchge-

führt [48]. Auf der Zählerachse (Fig. 3, links) sind vier Kegelräder montiert, die zum Antrieb des ersten Sonnenrades eines Planetenradsystems [49] dienen. Über die zweite Welle, die sich mit konstanter Ge-

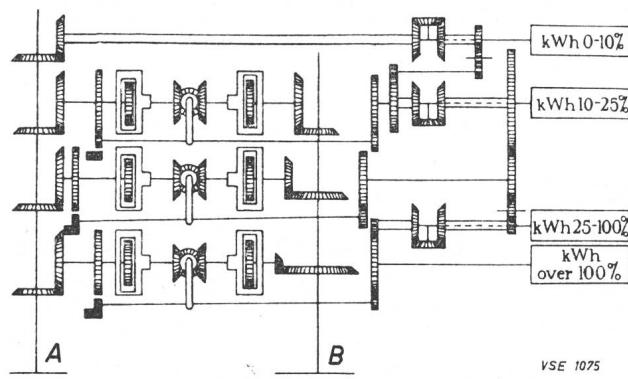


Fig. 3
Vierfachzählwerk für Last- bzw. Arbeitsregistrierung
A Zähler
B konstante Geschwindigkeit

schwindigkeit dreht (Fig. 3, Mitte), werden über Kegelradgetriebe mit unterschiedlichen Übersetzungsverhältnissen die zweiten Sonnenräder der Planetengetriebe in Drehung versetzt. Je nach der Belastung — und mithin Drehzahl der Zählerscheibe — wird die Bewegung auf eines der folgenden vier Zählwerke übertragen:

1. 0... 10 %
2. 10... 25 %
3. 25...100 %
4. > 100 %

Das Ordnungsmerkmal ist hier die Belastung. Das Gerät ist eine Sonderentwicklung eines britischen «Aera Board» und wurde im Northmet-Gebiet des *Eastern Electricity Board* mit seinen 400 000 Haushaltungen in einer Stichprobe von 110 Exemplaren über ein Jahr lang hindurch für die Registrierung der Belastung in den einzelnen Haushaltungen verwendet. Die praktischen Ergebnisse betreffen z. B. die Ermittlung der wirtschaftlichsten Überholungs- und Verschrottungszeit von Elektrizitätszählern. Ferner ergab die Untersuchung, dass in ca. 20 % der Anlagen Zähler mit ungeeigneten Nennstromstärken eingebaut waren. Ausserdem wurde eine Lücke in der Typenreihe der erst kurz vorher verabschiedeten Norm für Elektrizitätszähler aufgedeckt.

Das Zonendauer-Fernzählwerk von Siemens

Beim Zonendauer-Fernzählgerät der Firma *Siemens* [50] werden mit Hilfe eines Kontaktgebers die Mittelwerte von Leistungen oder Strömen, die in einem Zeitintervall von jeweils 6 Minuten auftreten, in 20 Klassen — meist unterschiedlicher Klassenbreite — gezählt. Dem Zonendauer-Fernzählwerk ist ein Kontaktgeber vorgeschaltet. Der Elektrizitätszähler besitzt zusätzlich ein Kontaktgabewerk. Nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen der Zählerscheibe, die einer bestimmten elektrischen Arbeit entspricht, wird unter Verwendung eines Verstärkermotors (Fig. 4) die Wischkontakte in eine andere Lage gekippt und hierdurch ein Impuls ausgelöst. Dadurch wird der Kontaktarm im oberen Teil des Zonendauer-Zählwerks (Fig. 5) um einen Drehschritt weiterbewegt. Dieser ist über

einem Kontaktsatz zunächst frei beweglich angeordnet. Nach Ablauf von 6 Minuten wird der Kontaktarm auf den unter ihm befindlichen Kontakt gedrückt und damit das zugehörige Zählwerk um eine

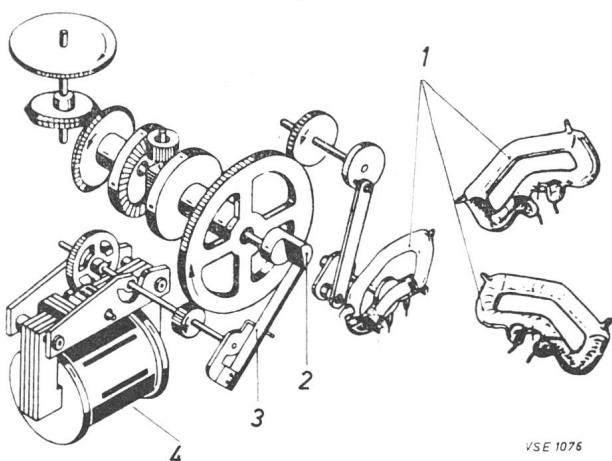


Fig. 4

Kontaktgabewerk mit Verstärkermotor, Differentialgetriebe und Wischkontaktröhre

- 1 Wischkontaktröhre
- 2 Sperrnocke
- 3 Fangarm
- 4 Verstärkermotor

Einheit weitergeschaltet. Die Betätigung des Kontaktarmes und der weiteren Hilfseinrichtungen geschieht durch einen Synchronmotor und ein Getriebe, das nach Art des Maximumzählers arbeitet.

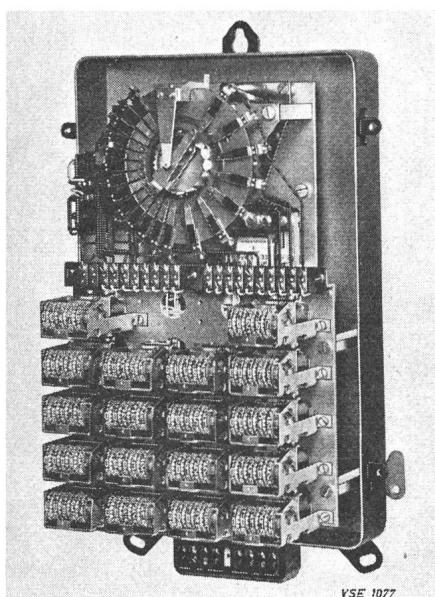


Fig. 5

Rückseite des Zonendauer-Fernzählers von Siemens

Die Klassenbreite («Zonenbreite») kann in gewissen Grenzen variiert werden. Die kleinste Klassenbreite beträgt 5 % des Bezugswertes. Die üblichen Zonendauer-Zählwerke haben 20 Zählwerke mit folgenden Stufen: 2,5 — 10 — 20 — 30 — 40 — 50 — 60 — 70 — 75 — 80 — 85 — 90 — 95 — 100 — 105 — 110 — 115 — 120 — 125 — 130 % des Bezugswertes. Die Wischkontaktröhre gibt bei Nennlast (5 A) 200 Impulse in der Registrierperiode ab. Die Zählwerke haben eine Kapazität von 10 000 Stunden und sind damit für Ablesezeiträume von mehr als einem Jahr verwendbar.

Bei der statistischen Auswertung ist zu beachten, dass die Klassenbreite im unteren Teil des Bereiches bis zu 60 % des Bezugswertes grösser als im oberen Teil von 70 bis 130 % ist. Die unmittelbare Darstellung der Ergebnisse im Häufigkeitsdiagramm kann mithin zu Fehlschlüssen Anlass geben. Es empfiehlt sich deshalb, die Auftragung in einem Summendiagramm, u. U. im Wahrscheinlichkeitsnetz [51] vorzunehmen und hieraus gegebenenfalls die Häufigkeitsverteilung durch Unterteilung in Klassen konstanter Breite abzuleiten.

Bemerkungen über die Klassenbreite w und die Anzahl der Klassen n_c

Über die Frage, in welcher Weise die Merkmalswerte in Klassen zu unterteilen sind, herrschte bisher keine einheitliche Auffassung. Die in der Literatur angegebenen Faustformeln und Empfehlungen weichen erheblich voneinander ab. *Kohlweiler* [52] schreibt z. B.: «Im allgemeinen kann man sagen, gehört ein gewisser „statistischer Instinkt“ dazu, in jedem Falle die richtige Klassengrösse und die geeignete Klasseneinteilung zu treffen, und dieses „statistische Gefühl“ kann man sich nur durch Übung und das Sammeln von Erfahrungen aneignen.» Da aber die statistische Methode in besonderer Weise dazu dienen soll, die «gefühlsmässige Beurteilung» durch eine Entscheidung auf rationaler Basis zu überwinden, ist dieser Begriff des «statistischen Gefühls» ein Widerspruch in sich selbst.

Der Wert der «Faustformeln» ist grundsätzlich begrenzt. Diese beweisen, dass man praktische Regeln aufgestellt hat, ohne ihre theoretischen Grundlagen zu kennen. Die Folge ist eine entsprechende Unsicherheit in der Handhabung.

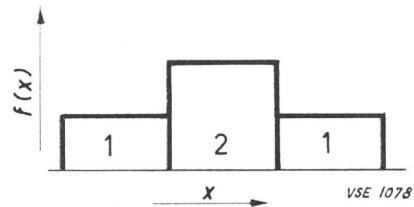


Fig. 6

Symmetrische Bernoullische Verteilung bei $n = 2$

Anzahl der Klassen $n_c = 3$
Mindestzahl der Elemente $N = 2^2 = 4$

x Merkmalswert
 $f(x)$ Häufigkeit

Wie *Strauch* 1946 nachgewiesen hat [53], gibt es eine Gesetzmässigkeit, welche die Abhängigkeit der Anzahl der Merkmalsklassen vom Umfang der untersuchten Gesamtheit bestimmt [54]. Man benutzt zweckmässig als Annäherung an die Gaußsche Verteilung die symmetrische Bernoullische Verteilung und untersucht, wieviel Elemente N erforderlich sind, damit beim Vorliegen von n unabhängigen Einflüssen jede Klasse gerade voll besetzt ist, und zählt die Anzahl der Klassen n_c . In Fig. 6 ist die symmetrische Bernoullische Verteilung für $n = 2$ gezeichnet. Die Anzahl der Klassen ist $n_c = 3$, die Anzahl der Elemente im Kollektiv bei voller Besetzung der Klassen mit der kleinstmöglichen Elementenzahl $N = 2^2 = 4$. Einen zweiten Fall gibt Fig. 7 an. Hier ist die Anzahl der Einflüsse $n = 6$. Die Häufigkeits-

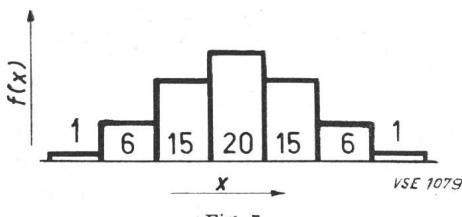


Fig. 7

Symmetrische Bernoullische Verteilung bei $n = 6$
 Anzahl der Klassen $n_c = 7$
 Mindestumfang des Kollektivs $N = 2^6 = 64$
 x Merkmalswert
 $f(x)$ Häufigkeit

Verteilung ergibt sich aus der gliedweisen Entwicklung des binomischen Ausdrucks:

$$(1+1)^6$$

Man erhält damit die gezeichnete Häufigkeitsverteilung, die sich auf $n_c = 7$ Klassen verteilt. Die Anzahl der erforderlichen Elemente beträgt $N = 2^6 = 64$.

Es hat also in diesem Falle keinen Sinn, die Anzahl der Klassen n_c grösser als 7 zu wählen, weil es sonst nicht möglich ist, dass jede der Klassen voll besetzt sein kann. Würde man $n_c > 7$ nehmen, so entstehen unruhige Verteilungen, wodurch leicht «Mischkollektive» vorgetäuscht werden können, die tatsächlich nicht vorhanden sind.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich folgende Formel für die Anzahl der Intervalle $n_{c \max}$, in die man ein Kollektiv vom Umfang N höchstens unterteilen darf:

$$n_{c \max} \leq \frac{\log N}{\log 2} \quad (1)$$

Ordnet man N nach steigenden Zweierpotenzen, so erhält man Tabelle I.

Tabelle I

Anzahl der Beobachtungswerte N	Höchstzahl der Klassen $n_{c \max}$
32	6
64	7
128	8
256	9
512	10
1024	11

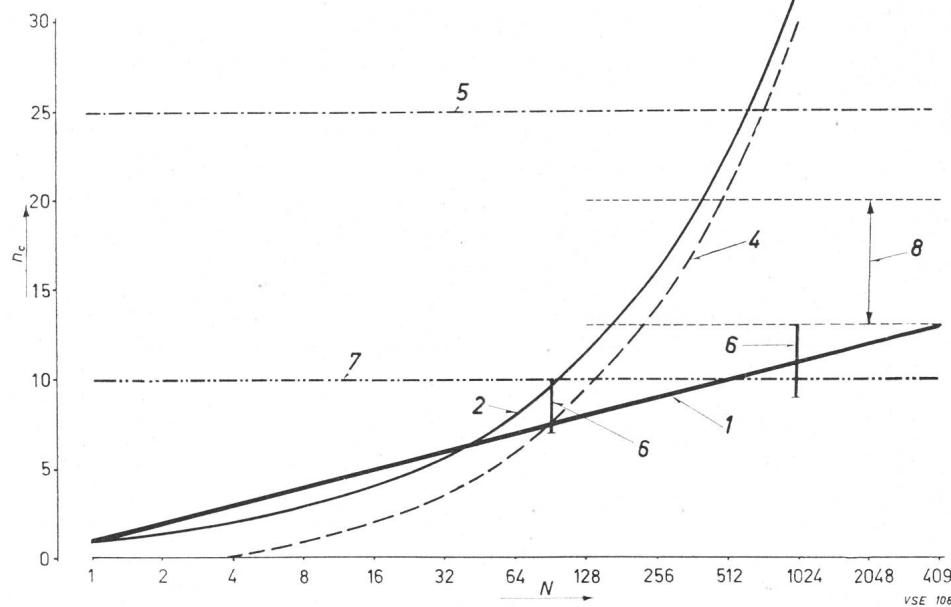


Fig. 8
 Abhängigkeit der Anzahl der Klassen n_c vom Umfang der Gesamtheit N

N Anzahl der Elemente im Kollektiv
 n_c Anzahl der Klassen
 1 nach Formel (1)
 2 nach Formel (2)
 4 nach Formel (4)
 5 nach Formel (5)
 6 nach Normblattentwurf DNA
 7 nach ISO/TC 69 (kleine Kollektivumfänge)
 8 nach ISO/TC 69 (große Kollektivumfänge)

Trägt man N logarithmisch auf, so ergibt sich für die Funktion $n_{c \max} = f(N)$ eine ansteigende gerade Linie, die in Fig. 8 stark ausgezogen ist.

In der Beschreibung des Statistifix-Gerätes [64] befindet sich z. B. die Faustformel:

$$n_c = \sqrt{N} \quad (2)$$

Diese Kurve hat im Diagramm der Fig. 8 parabelähnliche Gestalt. Im Gebiet kleiner Kollektive bis etwa 60 sind die Unterschiede unbedeutend, jedoch im Gebiet der grossen Kollektive wird nach der Faustformel die Anzahl der Klassen viel zu hoch und damit die Verteilung zu unruhig.

Eine weitere, dort angegebene Faustformel sagt folgendes aus: Ist die Streuung (Standardabweichung) s annähernd bekannt, so kann man die Klassenbreite w festlegen gemäss:

$$w = \frac{6s}{\sqrt{N} - 2} \quad (3)$$

Macht man die Voraussetzung, dass die Spannweite (Streubreite) einer Gaußschen Verteilung praktisch $6s$ (bzw. 6σ) beträgt und beachtet man, dass diese Spannweite gleich dem Produkt $w \cdot n_c$ ist, so kann man Gleichung (3) umformen in:

$$n_c = \frac{6s}{w} = \sqrt{N} - 2 \quad (4)$$

Diese Kurve verläuft in gleicher Weise wie die Kurve nach Gleichung (2), jedoch in allen Bereichen um zwei Einheiten von n_c niedriger. Sie hat also die gleichen Nachteile wie Gleichung (2), jedoch machen sich die Abweichungen erst bei etwas höheren Werten des Kollektivumfangs N bemerkbar.

R. A. Fisher geht von einem anderen Gesichtspunkt bei der Klasseneinteilung aus. Er schreibt [55]: «Es kann die Frage aufgeworfen werden: Geht durch Gruppenbildung etwas (an Genauigkeit) verloren? Bei der Gruppierung werden tatsächliche Daten durch fiktive ersetzt, die willkürlich in die Zentralwerte der Gruppen verlegt werden. Es ist klar, dass eine sehr grobe Gruppierung irreführend wirken kann. Es wurde gezeigt, dass der Verlust an Informationen infolge Gruppierung, soweit Schätzungen der Parameter einer normalen Population in Betracht kommen, weniger als 1% beträgt, vorausgesetzt, dass das Gruppierungsintervall nicht $1/4\sigma$ überschreitet». Er geht also von Fragen der

normalen Population in Betracht kommen, weniger als 1% beträgt, vorausgesetzt, dass das Gruppierungsintervall nicht $1/4\sigma$ überschreitet». Er geht also von Fragen der

Genauigkeit aus bei der Ermittlung von s bzw. σ und verlangt:

$$w \leq 0,25 \sigma \quad (5)$$

Geht man hier wiederum davon aus, dass die gesamte Spannweite des Gaußschen Kollektivs 6σ entspricht, so führt diese Empfehlung auf einen konstanten Wert von $n_c = 25$ Klassen unabhängig vom Umfang des Kollektivs. Sie wird durch eine Parallel zur Abszissenachse dargestellt und schneidet die Linie nach Gleichung (1) in einem Punkte $N > 10^6$.

Nach dem Entwurf ISO/TC 69/Secretariat 6/ vom 6. Juni 1951 soll für kleine Kollektivumfänge die Klassenbreite höchstens gleich $0,6 s$ sein. Dies entspricht etwa 10 Klassen (7). — Für grosse Kollektivumfänge gibt ISO mehrere Empfehlungen, sie spricht von mindestens 10, besser 13 bis 20 Klassen (8). Auch diese Geraden sind in Fig. 8 eingezeichnet. Im allgemeinen führen die ISO-Empfehlungen zu wesentlich höheren Klassenzahlen als Gleichung (1).

Tabelle II

(1) Umfang der Gesamtheit N	(2) Anzahl n_c der Klassen nach: Normblattentwurf	(3) Strauch (genau)
		Normblattentwurf
100	6...10	7,6
1 000	9...13	11,0
10 000	12...16	13,3
100 000	15...20	16,6

Im Normblattentwurf «Mittelwert und Streuung» des DNA (Dezember 1958) werden Richtwerte nach Spalte (2) der Tabelle II angegeben. Die Werte in Spalte (3) entsprechen den (genauen) Ausrechnungen nach der Formel von Strauch. Die Empfehlungen des Normblattentwurfs lassen sich im Diagramm der Fig. 8 als senkrechte Linien (6) darstellen, die etwa in der Mitte von der Geraden nach Formel (1) durchstossen wird.

(Fortsetzung folgt)

Aus dem Kraftwerkbau

Inbetriebnahme der Grandinagia- und Grimsel-Leitungen

Nach knapp zweijähriger Bauzeit konnten am 14. November 1959 die beiden Höchstspannungsleitungen *San Carlo-Grandinagia-Ulrichen* und *Ulrichen-Grimsel-Innertkirchen* in Betrieb genommen werden.

Die neue 220-kV-Hochgebirgsleitung *San Carlo-Ulrichen*, die als *Grandinagia-Leitung* bezeichnet wird und zurzeit die höchste Alpenleitung der Schweiz ist, führt von San Carlo zuhinterst im Bavoratal über die Bocchetta Formazzora (2730 m ü. M.) in der Nähe des Grandinagiapasses und über den Nufenenpass (2500 m ü. M.) nach Ulrichen. Sie ist — wie auch die Grimsel-Leitung — eine Gemeinschaftsanlage der BKW und der Elektrizitätswerke der Städte Basel, Bern und Zürich. Die gesamten Aufwendungen für die 22 km lange Alpenleitung betragen rund 7,5 Millionen Franken.

Ab Ulrichen erfolgt der Energietransport über die 220-kV-*Grimsel-Leitung*, welche von Ulrichen (mit Anschluss an die 220-kV-Rhonetalleitung Mörel-Ulrichen) über den Grimselpass (2200 m ü. M.) nach Innertkirchen führt. Sie weist eine totale Länge von 25,7 km auf. Die gesamten Aufwendungen für die Erstellung der Grimsel-Leitung betragen rund 8,5 Millionen Franken.

Gleichzeitig mit der Inbetriebnahme der beiden Alpenleitungen wurde in der *Unterstation Bickigen* bei Burgdorf die erste Etappe der Erweiterungsarbeiten für eine 220-kV-Anlage beendet. Die Schaffung eines zweiten Speisepunktes 220/150 kV durch Ausbau dieser Unterstation wurde notwen-

dig, weil eine weitere Erhöhung der Transformatorenkapazität in der Unterstation Mühleberg nicht als zweckmäßig erachtet wurde. Die erweiterte Unterstation Bickigen wurde vorläufig mit vier Schaltfeldern 220 kV und einer Transformatorengruppe 220/150 kV (Leistung 125 000 kVA) ausgerüstet.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Unverbindliche mittlere Marktpreise

je am 20. eines Monats

Metalle

		November	Vormonat	Vorjahr
Kupfer (Wire bars) ¹⁾	sFr./100 kg	300.—	305.—	292.—
Banka/Billiton-Zinn ²⁾	sFr./100 kg	988.—	988.—	940.—
Blei ¹⁾	sFr./100 kg	91.50	92.—	95.—
Zink ¹⁾	sFr./100 kg	117.50	119.50	97.—
Stabeisen, Formeisen ³⁾	sFr./100 kg	56.50	54.50	53.50
5-mm-Bleche ³⁾	sFr./100 kg	56.—	54.—	55.—

¹⁾ Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 t.

²⁾ Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 5 t.

³⁾ Preise franko Grenze, verzollt, bei Mindestmengen von 20 t.

Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		November	Vormonat	Vorjahr
Reinbenzin/Bleibenzin ¹⁾	sFr./100 kg	37.—	37.—	39.50
Dieselöl für strassenmotorische Zwecke ²⁾	sFr./100 kg	35.15	35.15	36.15
Heizöl Spezial ²⁾	sFr./100 kg	16.15	16.15	16.—
Heizöl leicht ²⁾	sFr./100 kg	15.45	15.45	15.20
Industrie-Heizöl mittel (III) ²⁾	sFr./100 kg	12.10	12.10	12.20
Industrie-Heizöl schwer (V) ²⁾	sFr./100 kg	10.90	10.90	11.—

¹⁾ Konsumenten-Zisternenpreise, franko Schweizergrenze Basel, verzollt, inkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.

²⁾ Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Schweizergrenze Buchs, St. Margrethen, Basel, Genf, verzollt, exkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t. Für Bezug in Chiasso, Pino und Iselle reduzieren sich die angegebenen Preise um sFr. 1.—/100 kg.

Kohlen

		November	Vormonat	Vorjahr
Ruhr-Brechkoks I/II ¹⁾	sFr./t	105.—	105.—	136.—
Belgische Industrie-Fettkohle				
Nuss II ¹⁾	sFr./t	81.—	81.—	99.50
Nuss III ¹⁾	sFr./t	78.—	78.—	99.—
Nuss IV ¹⁾	sFr./t	76.—	76.—	97.—
Saar-Feinkohle ¹⁾	sFr./t	72.—	72.—	82.50
Französischer Koks, Loire ¹⁾	sFr./t	124.50	124.50	139.—
Französischer Koks, Nord ¹⁾	sFr./t	119.—	119.—	136.—
Polnische Flammkohle				
Nuss I/II ²⁾	sFr./t	88.50	88.50	96.—
Nuss III ²⁾	sFr./t	82.—	82.—	93.—
Nuss IV ²⁾	sFr./t	82.—	82.—	93.—

¹⁾ Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon Basel, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.

²⁾ Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon St. Margrethen, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.

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 Winterthur Winterthur		Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen Schaffhausen		Elektrizitätswerk der Stadt Biel Biel		Elektrizitätswerk der Gemeinde St. Moritz St. Moritz	
	1957/58	1956/57	1957/58	1956/57	1958	1957	1958	1957
1. Energieproduktion . . . kWh	711 630	826 850	—	—	2 097 700	1 879 200	13 091 430	11 045 130
2. Energiebezug . . . kWh	199 833 616	181 180 465	174 313 700	160 478 815	96 778 385	90 670 988	6 078 735	6 456 710
3. Energieabgabe . . . kWh	191 272 905	173 596 440	166 432 997	151 484 325	91 960 273	86 112 898	18 450 690	17 088 540
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	10,2	8,8	+ 10	+ 14	6,8	12,1	+ 8	— 0,24
5. Davon Energie zu Abfallpreisen . . . kWh	26 249 950	20 314 100	—	—	—	—	521 555	160 915
11. Maximalbelastung . . . kW	44 300	40 800	40 250	37 376	20 443	19 925	4 680	5 000
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	328 887	301 757	—	—	155 608	144 545	37 460	36 480
13. Lampen {Zahl	392 048	376 938	—	—	270 561	261 092	54 360	53 960
14. Kochherde {Zahl	9 752	9 207	6 330	—	6 665	6 192	1 012	982
15. Heisswasserspeicher . . . {Zahl	65 891	62 032	—	—	48 018	44 397	5 620	5 420
16. Motoren {Zahl	13 397	12 553	5 060	—	9 208	8 635	934	920
17. Heisswasserspeicher . . . {kW	24 345	22 486	—	—	18 175	16 820	1 860	1 840
18. Motoren {kW	39 670	38 932	—	—	19 096	18 099	1 588	1 550
19. Motoren {kW	99 488	90 653	—	—	21 034	19 458	3 100	2 840
21. Zahl der Abonnemente . . .	41 922	42 458	14 628	14 526	42 789	41 885	3 737	3 630
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	6,43	6,53	5,15	5,13	8,75	8,8	7,99	8,18
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital Fr.	—	—	—	—	—	—	—	—
32. Obligationenkapital . . . »	—	—	—	—	—	—	—	—
33. Genossenschaftsvermögen »	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Dotationskapital . . . »	12 849 300	11 574 200	—	—	7 112 529	7 037 943	2 500 000	2 500 000
35. Buchwert Anlagen, Leitg. »	11 942 800	10 626 300	620 009	620 009	7 910 719	6 231 764	1 657 900	1 718 900
36. Wertschriften, Beteiligung »	—	—	1 468 660	1 756 880	3 000	3 000	980 101	820 101
37. Erneuerungsfonds . . . »	2 686 700	2 608 400	540 000	540 000	2 059 254	2 059 254	649 600¹⁾	472 600 ¹⁾
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . Fr.	13 312 900	12 253 300	8 574 630	7 773 100	8 434 990	7 932 652	1 514 424	1 436 680
42. Ertrag Wertschriften, Beteiligungen . . . »	—	—	55 870	62 650	71	71	19 033	15 314
43. Sonstige Einnahmen . . . »	—	—	127 730	131 750	9 884	9 884	9 470	5 607
44. Passivzinsen . . . »	578 700	480 000	—	—	313 670	296 791	125 000²⁾	125 000 ²⁾
45. Fiskalische Lasten . . . »	—	—	—	—	2 506	2 460	26 983	25 230
46. Verwaltungsspesen . . . »	658 000	584 500	552 150	503 620	940 802	798 004	91 473	87 210
47. Betriebsspesen . . . »	2 431 800	2 279 900	999 490	947 380	2 115 002	2 117 824	247 377	225 991
48. Energieankauf . . . »	6 592 500	5 805 600	5 973 860	5 289 520	2 810 313	2 610 392	305 673	301 528
49. Abschreibg., Rückstell'gen »	1 340 900	1 236 600	607 840	600 170	768 763	618 234	167 672	158 113
50. Dividende »	—	—	—	—	—	—	—	—
51. In % »	—	—	—	—	—	—	—	—
52. Abgabe an öffentliche Kassen »	1 711 100	1 685 200	625 000	625 000	1 493 889	1 498 902	262 560	297 514
<i>Übersicht über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Berichtsjahr Fr.	24 424 400	21 750 100	15 178 027	14 570 185	18 587 243	16 404 006	4 169 222	3 989 036
62. Amortisationen Ende Berichtsjahr »	12 481 500	11 123 800	14 558 018	13 950 176	10 676 524	10 172 242	2 511 322	2 270 136
63. Buchwert »	11 942 800	10 626 300	620 009	620 009	7 910 719	6 231 764	1 657 900	1 718 900
64. Buchwert in % der Baukosten	48,9	48,9	4	4	42,56	37,99	40	43

¹⁾ einschliesslich Fonds für verschiedene Anlage-Projekte.

²⁾ Verzinsung des Dotationskapitals 5 %.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telephon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.