Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 26

Artikel: Die Informationen in Elektrizitätswerken und deren Übertragung

Autor: Schär, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916319

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: 12.12.2025

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

auf die überlagerte Regelgrösse (z. B. Temperatur ϑ). Wenn der Frequenzgang $|F| = \vartheta/x$ zumindest angenähert bekannt ist, kann mit Hilfe der allgemeinen Fourierzerlegung für $x(t)$ [Gl. (26)] die Auswirkung der Grundfrequenz in $x(t)$ leicht abgeschätzt werden [Gl. (27)]:

$$x(t) = \frac{2}{\pi} x_{\max} \frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_{\text{ein}}}{T} + \sum_{1}^{n} \frac{1}{n} \sin\left(n\pi \frac{T_{\text{ein}}}{T}\right) \cos(n \cdot 2\pi f_A t) \tag{26}$$

Die Grundwellenamplitude ist:

$$\hat{x}_1 = \frac{2}{\pi} x_{\max} \cdot \sin\left(\pi \frac{T_{\text{ein}}}{T}\right) \tag{27}$$

Die praktisch nutzbare Arbeitsfrequenz liegt bei 50-Hz-Energieversorgung in der Gegend von 20 Hz. Darüber hinaus macht sich der Abtasteinfluss nachteilig bemerkbar und man muss gegebenenfalls auch eine Einschalt-Abtastung vorsehen, wenn der statistisch auftretende Phasenausschnitt bei der Einschaltung stört.

Literatur

[1] *C. Kessler:* Ein Beitrag zur Theorie des Zweipunktreglers. Regelungstechnik 5(1957)10, S. 339...342.

[2] *W. T. Bane:* Design Charts for an ON/OFF Control System. Trans. Soc. Instrum. Technol. 5(1953)2, S. 52...61.

[3] *W. Oppelt:* Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge. Weinheim, Verlag Chemie 1954.

Adresse des Autors:

Dr. *Ernst Hermann Düll,* Laboratoriumsleiter, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Am Elfengrund 7, D–61 Darmstadt.

Die Informationen in Elektrizitätswerken und deren Übertragung

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 20. September 1967 in Zürich,

von *F. Schär,* Olten

65.011.56:621.39:621.31

Es wird ein Überblick über die vielen und verschiedenartigen Informationen gegeben, die bei Elektrizitätswerken anfallen und zu übertragen sind. Die hierbei auftretenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit der Übertragung werden dargelegt. Ferner wird auf die grosse Anzahl von Kanälen hingewiesen, welche die Werke benötigen. Anhand einiger typischer Bilder aus einem grossen amerikanischen Werk wird auf die zukünftigen weiteren Entwicklungsrichtungen und grossen Anforderungen hingewiesen.

L'auteur présente un aperçu des informations multiples et diverses reçues et transmises par les centrales électriques, en exposant les exigences relatives à la sûreté et la rapidité de la transmission. Il relate en outre le grand nombre de canaux indispensables aux centrales. A l'aide de quelques illustrations typiques, se rapportant à une grande centrale américaine l'auteur indique les tendances d'évolution ultérieures et les grandes exigences futures.

1. Das öffentliche Telephon

Es ist, wie Sie alle wissen, auch ein universelles Hilfsmittel für den Betrieb. Durch die automatische Wahl kann die Verbindung meist rasch erstellt werden. Bei Störungen in einem Stromversorgungsnetz machen sich jedoch einige Nachteile bemerkbar. Oft ruft zuerst ein unbedeutender Kunde beim Elektrizitätswerk an und weist dauernd auf die grossen Nachteile hin, die der Energieausfall in diesem Moment für ihn hat. Damit belegt er aber eine wichtige Verbindung für einen relativ unbedeutenden Zweck. Er blockiert den Betriebsleiter und sein wichtigstes Hilfsmittel in den kostbarsten Minuten. Eine kleine Abhilfe stellt die Geheimnummer dar, die nur denjenigen bekannt ist, die sie auch im Störungsfall benützen dürfen.

2. Telexverkehr

Der Telexverkehr wird natürlich von den Elektrizitätswerken in ausgiebigem Mass benützt; insbesondere leistet er sehr gute Dienste für die Programmübermittlung von den Lastverteilerstellen an die verschiedenen Zentralen und andern Gesellschaften sowie für die Übermittlung von Statistiken aus Partnerkraftwerken.

3. Die Netzkommando-Anlagen

Netzkommando-Anlagen geben anstelle der Schaltuhren die Befehle für den Beginn des Nieder- und Hochtarifs genau zur richtigen Zeit und bieten daneben den grossen Vorteil, wenn es nötig ist, jederzeit auf die Verbraucher einwirken zu können, z. B. auch bei sehr grossen Störungen zum Last abwerfen.

4. Leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie (TFH)

Die TFH hat den grossen Vorteil, dass sie nur den Betriebsleuten, dafür aber uneingeschränkt, zur Verfügung steht. Sie hat aber gleichzeitig den Nachteil, dass sie nur dorthin führt, wo auch Hochspannungsleitungen vorhanden sind. Für relativ kurze Distanzen, darunter sind jene verstanden, die bis zum nächsten Unterwerk oder Kraftwerk führen, funktioniert die Verbindung in der Regel einwandfrei. Je grösser die Distanzen aber werden, desto mehr Zwischenstationen durchläuft der Kanal. Bei einer Störung im Hochspannungsnetz wollen sich sozusagen alle Betroffenen via Hochfrequenztelephon gleichzeitig erkundigen, was passiert ist. Das Resultat ist ein besetztes Telephon, über welches die Verbindung nur mit grosser Zeitverzögerung zustande kommt. Immerhin ist zu sagen, dass man wichtigen Zentren eine Prioritätsschaltung zuteilen kann, die gestattet, den gewünschten Teilnehmer *sofort* zu erreichen.

Die zwei Beispiele zeigen, dass den manuellen Eingriffen per Telephon bei Störungen harte Grenzen gesetzt sind.

5. Fernmelden

Zu den wichtigsten Fernmeldungen gehören die Schalterstellungen, wie sie heute in den modernen Lastverteilern signalisiert sind. Schalterstellungen müssen möglichst rasch ferngemeldet werden, insbesondere dann, wenn es sich um Störungen handelt und die Betriebsleitung *sofort* einen guten Überblick für die nächsten Entscheide haben muss. Meistens erfolgen die Rückmeldungen in ein Blindschema im Lastverteilerraum. Dazu kommen alle Signale, z. B. für ein Unterwerk, wie sie sich aus einer automatischen Überwachung ergeben.

Es werden beispielsweise übertragen und automatisch registriert:

a) Nichtbefolgen von manuellen oder automatischen Befehlen nach Ablauf einer bestimmten Zeit;
b) Überschreiten von Grenztemperaturen;
c) Ausbleiben von Kühlwasser;
d) Signale von Hochspannungsschutzeinrichtungen, die bei Störungen angesprochen haben, wobei mit Hilfe eines Zwischenspeichers eine zeitfolgerichtige Registrierung wenigstens des ersten Signals angestrebt werden sollte. (Eine folgerichtige Registrierung nur des ersten Signals kann allerdings bei unterschiedlichen Anzugsgeschwindigkeiten der sendenden Signalkontakte zu Irrtümern führen);
e) Absinken von Gleich- und Wechselstrom-Hilfsspannungen unter die für das sichere Funktionieren minimal zulässigen Werte;
f) Ausbleiben des Ladestromes für die Gleichstrombatterien;
g) Isolationsfehler in den Gleich- und Wechselspannungshilfsnetzen sowie in den sekundären Strom- und Spannungswandlerkreisen;
h) Automatisches Auslösen von Sicherungsautomaten und Schaltern in Eigenbedarfsanlagen;
j) Anstehen von Regeleinrichtungen am oberen oder unteren Grenzwert;
k) Über- oder Unterschreiten von Minimal- oder Maximalwerten in Druckluftanlagen;
l) Dauerlauf von Kompressoren wegen undichten Ventilen oder sonstigen Leckverlusten;
m) Störungen an den Signalanlagen selber usw.

Diese Auslese von Signalen erhebt natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie zeigt aber, wie vielseitig die Überwachung sein muss.

Je nach der Gesamtkonzeption wird man durch einen Teil der Signale im Kraft- oder Unterwerk direkt Befehle auslösen lassen. Trotzdem ist es nötig, dass die Betriebsleitung von allen *anomalen* Vorfällen möglichst bald Kenntnis erhält.

Alle wichtigen Meldungen sollten innerhalb der nächsten 10...60 s, am besten in Klartext ausgedrückt, an die Betriebsleitung oder deren Überwachungsstelle übermittelt sein. Da eine Störung meist mehrere Signale zur Folge hat, darf die Übermittlungsgeschwindigkeit nicht zu klein sein.

Der verwendete Code muss sicher sein und darf keine Falschmeldungen zulassen. Die Disposition ist ferner so zu treffen, dass Störsignale *vor eventuellen neuen Steuerbefehlen* den Vorrang haben, denn solche Befehle könnten unnötig oder sogar schädlich sein. Aus demselben Grunde ist für Signale und Meldungen mindestens die gleiche Übertragungssicherheit erforderlich.

Man mag einwenden, dass es nicht von grosser Bedeutung sei, ob ein Befehl, ein Störsignal, einige Zehntelssekunden früher oder später eintrifft. In einigen einfachen Fällen mag dies gleichgültig sein. Bei Beginn einer Störung weiss jedoch kaum jemand, wie stark sie sich ausbreitet. Bei grossen Störungen resultiert daraus oft ein Wettlauf der Betriebsleitung mit der Zeit. Die Signale und Messwerte müssen nicht nur übermittelt, sondern richtig interpretiert und mit Kommandos beantwortet werden. Je schneller alle Informationen eintreffen, desto grösser ist die Aussicht auf Erfolg.

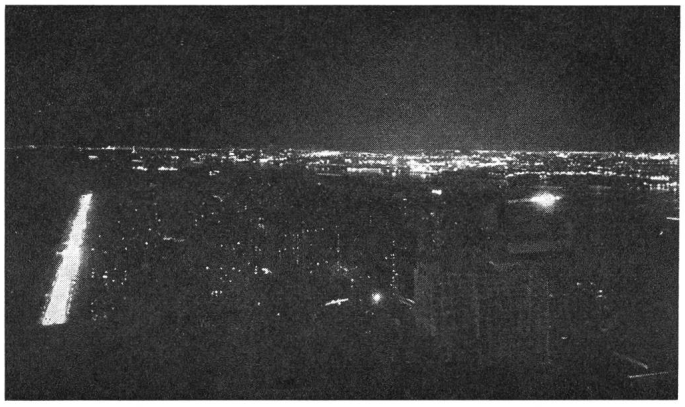


Fig. 1
New York am Abend des 9. November 1965
Die Verdunkelung und der totale Energieausfall waren das Werk von 12 min (im Hintergrund nicht betroffene Teile von New-Jersey)

Die bekannten grossen ausländischen Störungen (Fig. 1) hätten sich vielleicht gar nicht zu solchen Zusammenbrüchen auswirken können, wenn alle zu einer guten Übersicht nötigen Informationen rasch genug eingetroffen wären.

6. Fernsteuern

Unterwerke, kleinere und mittlere Kraftwerke werden mehr und mehr automatisiert und ferngesteuert, und zwar in erster Linie ihre Schalter und Trennmesser. Natürlich ist hiefür nur der höchste Sicherheitsgrad gut genug, denn eine Fehlschaltung kann sehr schwere Folgen haben. Dagegen werden hier nicht so hohe Ansprüche an die Geschwindigkeit gestellt. Wenn von einem Schalter in ca. 10 Sekunden nach erfolgtem Kommando die neue Stellung rückgemeldet wird, dann genügt dies vollkommen. Da je nach Grösse und Antriebsmittel die Trennmesser eine unvergleichlich kleinere Schaltgeschwindigkeit aufweisen, wird man sich bei diesen mit etwa 20...40 s zufrieden geben müssen, wobei durch automatisches Registrieren aller Rückmeldungen ein zuverlässiges, chronologisch richtiges Schaltprotokoll entsteht, das speziell nach Störungen wertvoll sein kann.

Durch Fernsteuern müssen auch andere Befehle, z. B. neue Sollwerte von Regeleinrichtungen usw. übermittelt werden. In allen diesen vornehmlich manuell ausgelösten Kommandos kommt es weniger auf die Geschwindigkeit als auf die absolut sichere, fehlerfreie Befehlsübermittlung und Rückmeldung an.

7. Befehlsübermittlung für die Schnellwiedereinschaltung

Eine Abart der Fernsteuerung ist die Schalterfernauslösung über Hochfrequenzkanäle für die Schnellwiedereinschaltung bei Störungen.

Werden für das Fernsteuern von Hand Zeitverzögerungen von mehreren Sekunden in Kauf genommen, so kommt es hier *sehr* auf Schnelligkeit an. Die Befehlsübermittlung muss praktisch momentan erfolgen, denn die Pausenzeiten sind sehr kurz.

Wenn heute ein elektronisches Schnelldistanzrelais nach einer halben Periode den Aus-Befehl am einen Ende der Leitung an den Schalter abgibt, dann sollte womöglich der Schalter am andern Ende praktisch gleichzeitig öffnen, denn nur bei genügend langer Entionisierungszeit kann ein eventuell vorhandener Lichtbogen löschen.

Die Pausenzeit beträgt bei Hochspannungsleitungen und mehrpoligen Kurzschlüssen mit Rücksicht auf die Stabilität ohnehin nur ca. 0,3 s und darf keinesfalls durch eine langsame Kommando-Übermittlung noch merkbar verkürzt werden.

Die Befehlsübermittlung über leitungsgerichtete HF-Kanäle funktioniert im allgemeinen gut, doch muss hier auf einige Schwierigkeiten hingewiesen werden, die sich zum Teil auch aus der durch die PTT beschränkten Sendeleistung ergeben.

Der Aus-Befehl muss über die gestörte Leitung mit Sicherheit übertragen werden, d. h. er muss trotz Kurzschlusslichtbogen auf der Hochspannungsleitung sicher durch denselben hindurch am andern Ende empfangen werden. Die PTT-Vorschriften gestatten nun nur eine relativ geringe Sendeleistung anzuwenden. Dies bedingt, dass die Empfänger sehr empfindlich eingestellt werden müssen. Sie werden damit aber auch für Störsignale empfänglich, wie solche von Leistungslichtbogen an der Fehlerstelle und vom Schalter je nach Typ als ganzes Spektrum ausgesandt werden. Diese Störsignale halten sich natürlich an keine PTT-Vorschriften! Es besteht deshalb Gefahr, dass Hochspannungsschalter von an der Störung unbeteiligten Leitungen, deren Schnelldistanzrelais sicherheitshalber ebenfalls ansprechen (dies ist das zweite Kriterium), durch solche Störimpulse zu einem unnötigen Wiedereinschaltspiel angeregt werden. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse, wenn die Hochspannungsleitung Kabelstrecken enthält, welche für die hochfrequente Sendeenergie einen guten Nebenschluss, wenn nicht sogar fast Kurzschluss darstellen.

Man mag einwenden, dass man ja in manchen Fällen den HF-Befehl über vorhandene Parallelleitungen übertragen könne, die meist nicht im gleichen Moment von einem Kurzschluss betroffen werden. Oft ist aber der Parallelstrang auf *demselben* Gestänge verlegt. Ein Blitzschlag in einen Mast kann sehr wohl zu Rücküberschlägen auf beiden Strängen führen. Dazu kommt, dass bei Unterhaltsarbeiten am einen Leitungsstrang der HF-Kanal der andern Leitung entweder ausfällt oder umgeschaltet werden muss, was bei Störungen und raschem Einsatz von Reparaturgruppen *nicht immer möglich* ist.

Aus all diesen Gründen drängt sich seit Jahren in vielen Ländern die Notwendigkeit auf, den Übertragungskanal von der Hochspannungsleitung zu trennen und die Signale über drahtlose Richtstrahlverbindungen zu übertragen. So berichtet z. B. schon 1956 *G. P. Fallon* im Cigré-Rapport Nr. 315, «Relais de Protection de réseaux à haute tension à commande par la voie radioeléctrique à hyperfréquences» über gute Erfahrungen mit den werkseigenen Mikrowellenverbindungen.

Diese Tendenz wird noch dadurch gesteigert, dass mit dem für THF reservierten Frequenzspektrum das in den letzten Jahren rasch wachsende Informationsvolumen gar nicht mehr bewältigt werden kann. Es erscheint daher verständlich, dass die Kraftwerkgesellschaften derart lebenswichtig gewordene Betriebsmittel gerne in ihrer eigenen unabhängigen Hand halten.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch auf eine neue Entwicklung hingewiesen, die für die Übertragung von Schutzsignalen, besonders auf leitungsgerichteten Trägerfrequenzkanälen, seit einiger Zeit mit Erfolg angewendet wird: Es handelt sich dabei um codierte Auslösekanäle, die bezüglich Unempfindlichkeit gegen Störsignale und Sicherheit in der Signalübermittlung alle bisherigen Verfahren bei weitem übertreffen. Wegen der Codierung sind jedoch grössere Übertragungsbandbreiten erforderlich als bisher, besonders wenn auch noch die Übermittlungszeiten sehr kurz sein müssen.

8. Fernmessen

Im Laufe der letzten Jahrzehnte sind in der Schweiz verschiedene grössere Fernmessnetze entstanden. Die modernen Lastverteileranlagen kommen ohne solche nicht aus. So werden, um nur ein Beispiel anzuführen, im neuesten Lastverteiler der NOK in Baden 203 Messwerte angezeigt und 174 Schalterdoppelstellungen übermittelt.

Bei der EGL, bei EOS, Atel und CKW sind ebenfalls Lastverteiler installiert, und weitere sind im Entstehen begriffen.

Nun werden zwar im Zeitmultiplexverfahren einer digital zyklischen Fernmessung gleichzeitig mehrere Messwerte in demselben Kanal übertragen, doch ist leicht einzusehen, dass diese Möglichkeit innerhalb der heute bestehenden Frequenzbänder nicht für beliebig viele Informationen besteht und auf diesem Gebiet noch neue Wege gefunden werden müssen.

9. Fernregulierung

Hier handelt es sich um die *kontinuierliche* Übermittlung von Messwerten von den Übergabestellen zum Netzregler und von Stellwerten an die zugeordneten Turbinenregler, die eine bestimmte Leistung gemäss Programm einhalten müssen. Im Gegensatz zum gewöhnlichen Fernmesswert wird in geschlossenen Regelkreisen jedem Messwert ein eigener Kanal zugeordnet, wobei die gewünschten Messwerte in Regelverteilern algebraisch addiert und den entsprechenden Netzreglern zugeleitet werden.

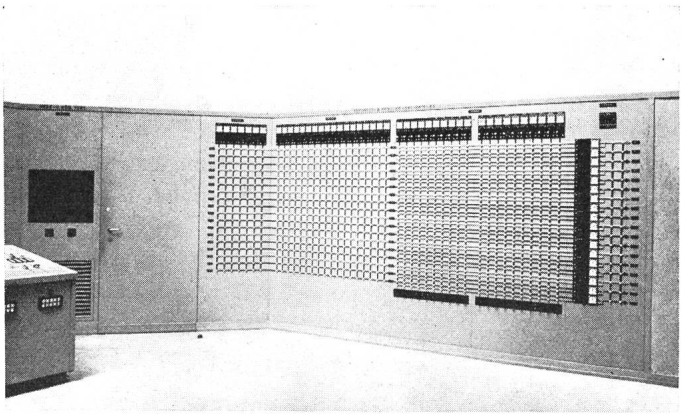


Fig. 2
Der Regulierverteiler Mettlen für 44 ankommende und 18 abgehende Regelkanäle

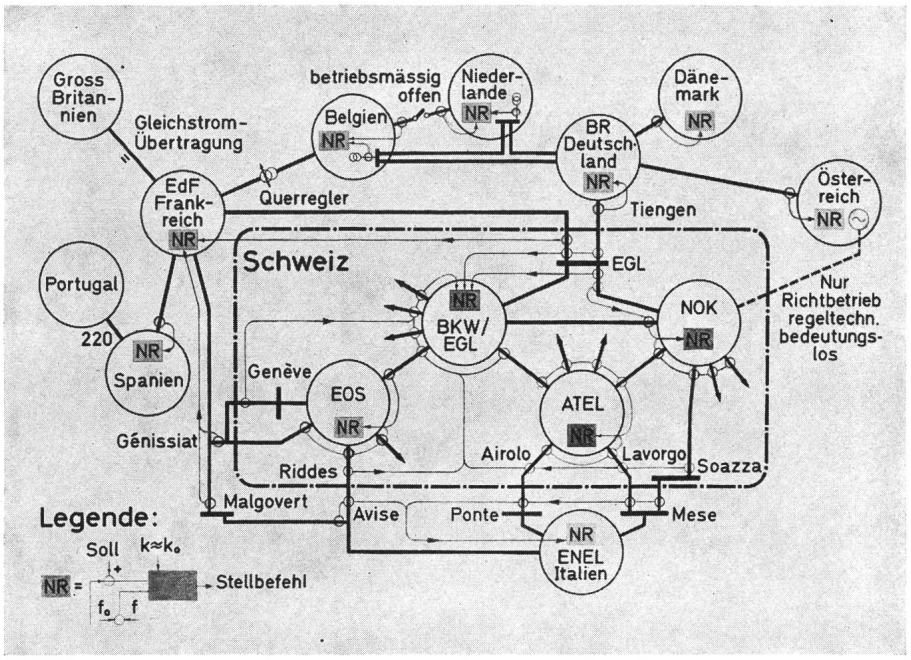
Fig. 2 zeigt Ihnen den Regulierverteiler Mettlen. Hier kommen 44 Regelkanäle an und 18 führen weg.

Mit Rücksicht auf die Regelung von ganzen Kraftwerken müssen solche Messwerte *kontinuierlich* mit hoher Genauigkeit und grosser Sicherheit übertragen werden. Welche Anforderungen an die Genauigkeit gestellt werden, mag aus den folgenden Betrachtungen hervorgehen.

Angenommen, dass aus 20 Übergabemeßstellen der totale Übergabeleistungswert summiert wird und die einzelnen Übertragungskanäle und Messwertumformer nur 0,5 % Fehler haben, dann ist der wahrscheinliche Fehler nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate 2,2 %. Nun kann aber der Messbereich der Fernmessumformer oder Geber nicht einfach nach der durchschnittlichen oder momentanen Last gewählt werden. Er muss der höchsten Last genügen. Nimmt man an, dass dieser Bereich —720—0+720 MW sei, dann wird der prozentuale Fehler für eine Last von beispielsweise 300 MW noch 4,8mal grösser oder 10,5 % sein.

Aus dieser einfachen Rechnung geht deutlich hervor, dass für die Regelung nur die genauesten Messwertumformer und Kanäle verwendet werden dürfen. Natürlich stellen die er-

Fig. 3
Die schweizerischen Regelzentren und ihre Verbindungen mit den umliegenden Ländern



mittelten Fehlerprozente nicht den totalen Regelfehler dar, sondern nur einen Teil. Die andern Einflussgrössen stehen aber hier nicht zur Diskussion.

Fig. 3 gibt einen Überblick über den weiten Wirkungsbereich der in der Schweiz vorhandenen Regelzentren und deren Zusammenwirken mit Nachbarländern. Der Übersicht halber wurden in der Skizze einzelne Regelgebiete des gleichen ausländischen Staates zusammengefasst. Das Schema lässt ahnen, wieviel von den Regelkanälen direkt und indirekt abhängt, denn die synchron laufende Maschinenleistung des europäischen Netzes beträgt ca. 70 000... 100 000 MW.

Die Vielzahl von Netz-Kuppelstellen mit andern Gesellschaften bringt es mit sich, dass auch eine entsprechende Anzahl Regelkanäle zur Verfügung stehen muss. So benötigt z. B. die Aare-Tessin allein hiefür 22.

Nun steht aber die Entwicklung nicht still, und man weiss seit langem, dass sich der Absatz an elektrischer Energie ca. alle 12 Jahre verdoppelt. Man wird zwar für einen grösseren Konsum nicht proportional mehr Kanäle benötigen, aber mit Rücksicht auf neue Kuppelleitungen und bessere Regel- und Überwachungsmöglichkeiten wird eben doch bald da, bald dort ein neuer wichtiger Kanal erforderlich sein.

10. Zählerstandübermittlung [1; 2] [1])

Die Zählerstandübermittlung wird erst seit einigen Jahren angewandt, findet aber immer mehr Eingang. Für die Abrechnung allein spielt es keine Rolle, ob ein Zählerstand einige Minuten früher oder später ankommt. Wichtig jedoch ist, dass der Zähler genau zur richtigen Zeit abgelesen wird. Falls kein Speicher vorhanden ist, wäre aus diesem Grunde eine möglichst rasche Übertragung wünschenswert. In der Regel wird jedoch ein Zählerstand an Ort laufend in einen Coder übertragen, gespeichert und danach in den gewünschten Intervallen übertragen. Die Zählerstandübermittlung wird auch noch zu andern Zwecken verwendet, insbesondere zur genauen Kontrolle der Regulierung und zur eventuellen Korrektur des Sollwertes an den Netzregler. Zu diesem Zweck müssen oft von vielen Übergabestellen — es können

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

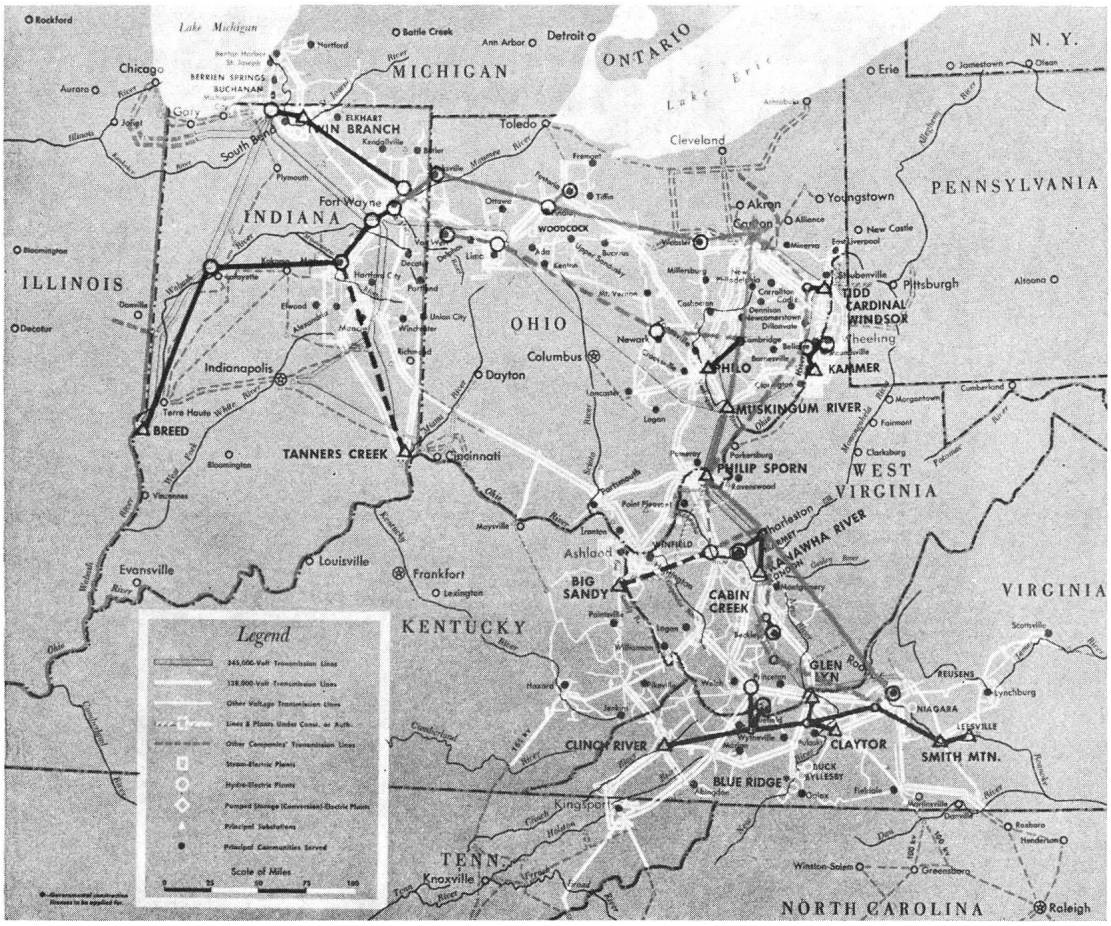


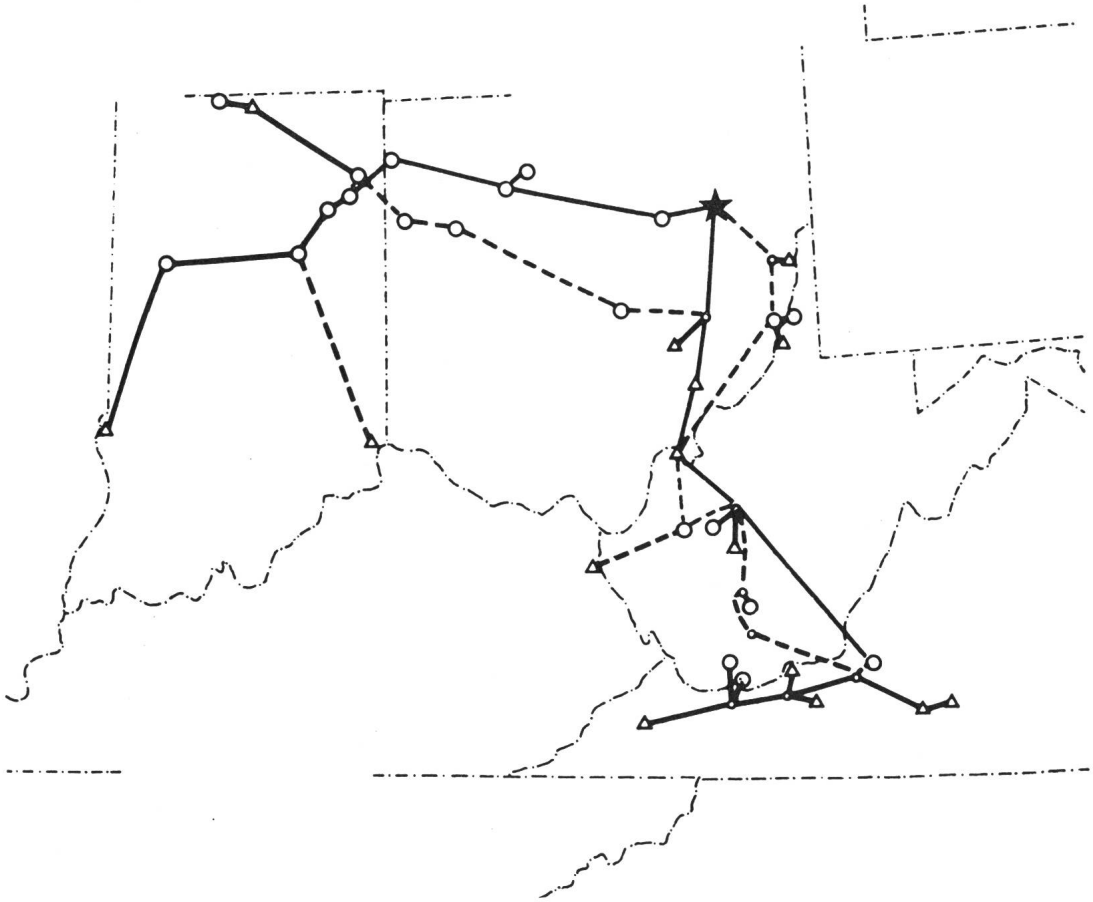
Fig. 4
Das Hochspannungsnetz der American Electric Power (AEP)

Die hellen Linien stellen das Höchstspannungsnetz, die dunklen das Nachrichtennetz dar

- 345-kV-Übertragungsleitung;
- 138-kV-Leitung;
- andere Übertragungsleitungen;
- Leitungen anderer Gesellschaften;
- □ Dampfkraftwerke;
- ○ Wasserkraftwerke;
- ◇ Pumpspeicherwerke;
- ▲ Hauptunterwerke;
- ● belieferte Hauptorte

Fig. 5
Das Mikrowellennetz der American Electric Power mit einer totalen Länge von ca. 2700 km

——— sehr leistungsfähige Hauptverbindungen;
- - - - - Nebenverbindungen mittlerer Leistung, gemietete Telephon Verbindungen;
△ Kraftwerk;
○ Endstation;
∘ Relais-Station;
★ Computer-Zentrum



10...20 sein — Zählerstände übertragen werden, wobei man vielleicht pro Übergabestelle 1...4 Messwerte zu übertragen hat. Das ergibt leicht 80 Messwerte. Wenn diese z. B. alle 5 min übertragen werden müssen, so muss die Geschwindigkeit der Übertragung entsprechend hoch sein.

11. Ein Beispiel aus den USA

In welche Richtung alle diese Forderungen schliesslich führen, mag ein Blick in das Höchstspannungsnetz der American Electric Power zeigen, deren Steuerzentrum in Canton (Ohio) liegt (Fig. 4). Dieses Netz hat in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung eine Ausdehnung von je ca. 1000 km. Fig. 5 zeigt das zugehörige, rund 2700 km lange Mikrowellen-Netz. Es führt dem Steuercomputer in Canton (Ohio) die Messwerte von 38 Generatoren mit einer Gesamtleistung von 8000 MW aus 15 Kraftwerken und die Übergabeleistungen von 19 Kuppelpunkten mit anderen Gesellschaften zu.

Fig. 6 stellt den Antennenturm in Canton (Ohio) für das von der American Electric Power privat aufgebaute und betriebene Mikrowellen-Netz dar. Zum Vergleich zeigt Fig. 7 den Mikrowellenturm der American Telephone and Telegraph Co. (ATT) am gleichen Ort.

Der Aufbau dieses grossen Mikrowellennetzes durch die American Electric Power musste von dieser Elektrizitätsgesellschaft selber vorgenommen werden, da die American

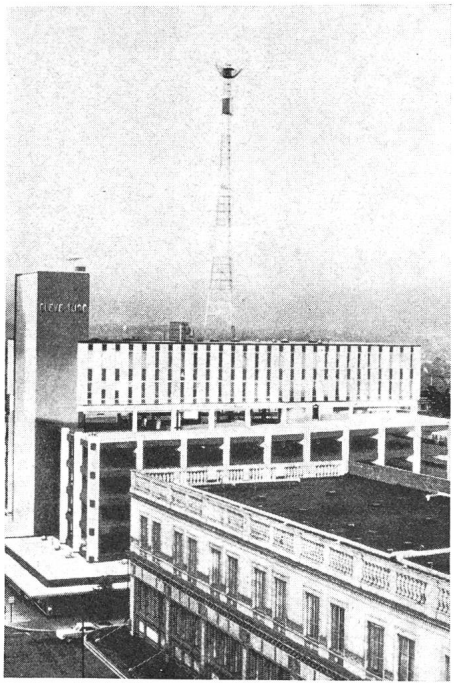


Fig. 6
Antennenturm der AEP auf dem Gebäude der Ohio Electric Power in Canton (Ohio)

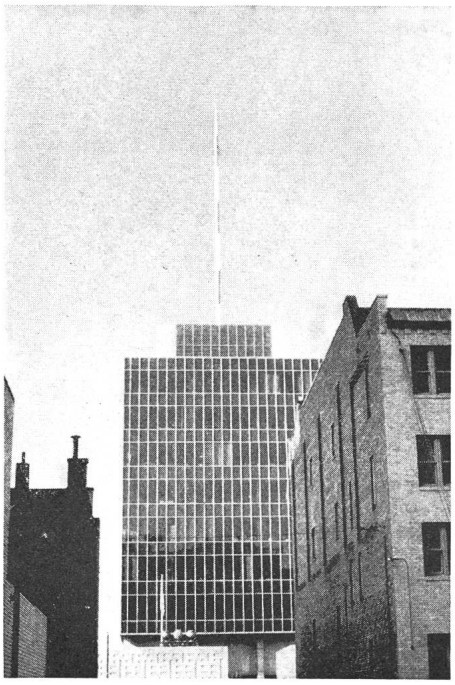


Fig. 7
Antennenturm der American Telephon and Telegraph Co. (ATT) in Canton (Ohio)

Fig. 8
Plattenspeicher und der Steuercomputer im Lastverteilerzentrum Canton der AEP

Telephone & Telegraph Co. die Kanäle nicht oder nicht rechtzeitig zur Verfügung stellen konnte.

Die über die vielen Kanäle in Canton eintreffenden Informationen werden laufend einem Steuer- und Datenverarbeitungszentrum zugeführt. Fig. 8 zeigt einen Ausschnitt davon mit dem Steuercomputer. Dieser errechnet alle 5 min, auf welche Kraftwerke die letzten Laständerungen verteilt werden müssen, damit das ganze Verbundsystem unter Einbezug der Transportverluste und Brennstoffkosten am wirtschaftlichsten arbeitet. Fig. 9 zeigt die Datenverarbeitungs-

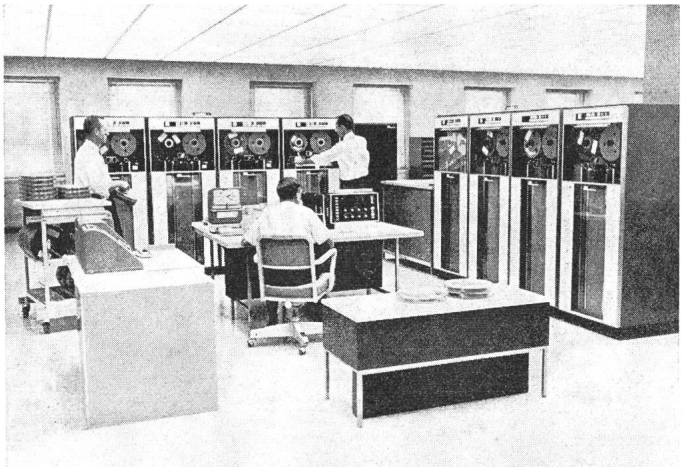


Fig. 9
Datenverarbeitungsanlage im Lastverteilerzentrum von Canton der AEP

anlage. Diese erstellt mit Hilfe von Bandspeichern und andern Maschinen allmonatlich 1,3 Millionen Abrechnungen.

Fig. 10 stellt einen automatischen Drucker dar, welcher die wichtigsten Betriebswerte in Canton in geeigneten Zeitintervallen und nötigenfalls auch Störungsmeldungen in Klartext automatisch ausdruckt. Auch er wird natürlich von den Richtstrahlverbindungen gespeist.

Wie aus der März/April-Nummer der Revue Générale de l'Electricité hervorgeht, sind auch in Frankreich bereits Computer in grosszügiger Weise vielseitig für den Netzbetrieb eingesetzt. In der Schweiz ist ein Computer bei EGL im On-line-Einsatz und andere Anlagen sind im Bau oder geplant. Alle diese neuen Betriebsmittel erfordern auch neue Übertragungskanäle.

12. Erste Mikrowellenverbindung im Elektrizitätswerkbetrieb in der Schweiz

Die Schweiz hat zwar heute noch nicht diese grossen Bedürfnisse und Belastungen erreicht, aber ohne Mikrowellenverbindungen kommt man auch hier nicht mehr aus.

Fig. 11 zeigt den Antennenturm im Unterwerk Breite der NOK für die Richtstrahlverbindung zum Lastverteiler in Baden. Über diesen Mikrowellenkanal werden von Baden nach Breite 5 Regelstellwerte und vom Unterwerk Breite nach Baden in 23 Normkanälen die bereits erwähnten 203 Messwerte und 174 Doppelmeldungen (Schalter «Ein» und

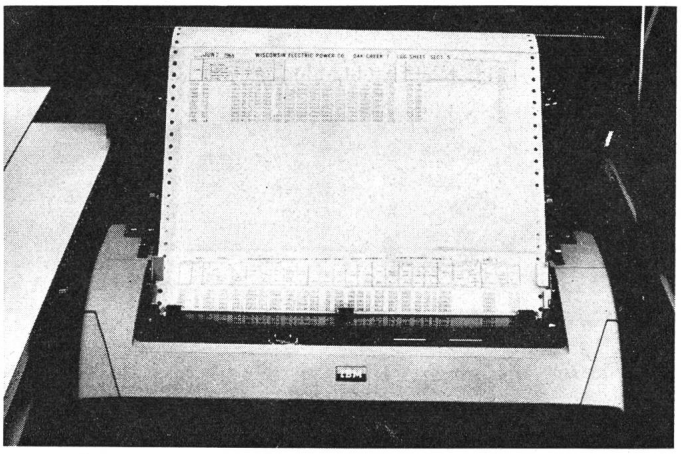


Fig. 10
Automatischer Drucker für die wichtigsten Betriebsdaten

«Aus») übertragen. Die Erfahrungen mit dieser nach neuesten Gesichtspunkten konzipierten Richtstrahlverbindung sind über Erwarten gut.

13. Automatische Netzüberwachung

Da Computer sehr vielseitig verwendbar sind und je nach Art auch ein grosses Speichervermögen besitzen, können sie auch für die Betriebsüberwachung benützt werden [3]. Heute schon haben die Schaltwärter in wichtigen Kraftwerken be-

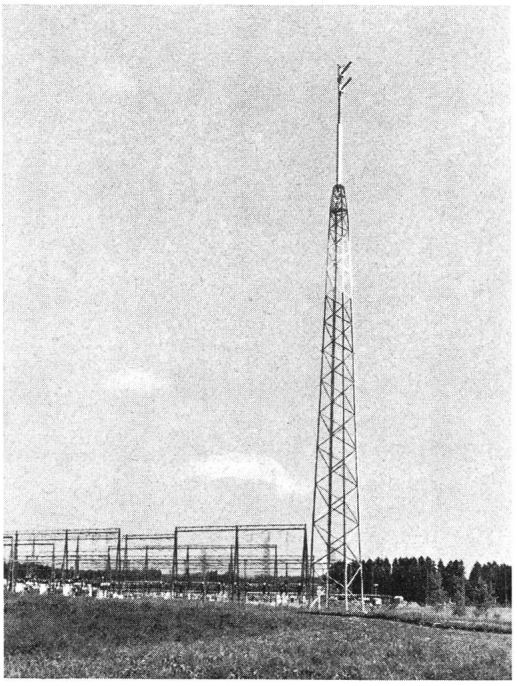


Fig. 11
Antennenturm beim Unterwerk Breite der NOK für die Richtstrahlverbindung nach Baden

stimmte Richtlinien, wie sie in Störungsfällen handeln müssen. Diese Richtlinien können natürlich ganz gut programmiert werden. Dabei kann dann der Computer bei Vorliegen eines bestimmten Betriebs- oder Störungsfalles unverzögert die vorgesehenen Befehle in der richtigen Zeitfolge sehr rasch auslösen.

Dieser Zweck müsste im Computer die Priorität haben. Auch für solche Aufgaben müssen, wenn noch nötig, Kanäle bereit gestellt werden.

Anforderungen an die Sicherheit

Jedermann hat sich daran gewöhnt, dass uns die elektrische Energie ebenso sicher ohne Unterbruch zur Verfügung steht, wie etwa das Wasser. Jedermann weiss aber, dass an der Erzeugung und Verteilung Tausende von einzelnen Komponenten beteiligt sind.

Machen wir ein Gedankenexperiment! Nehmen wir der Einfachheit halber an, die mittlere wahrscheinliche Zeit von einer Störung zur andern sei bei jeder Komponente gleich und betrage im Durchschnitt 10 Jahre. Dann hätte man bei 1000 beteiligten Komponenten im Jahr 100 Störungen oder alle 3...4 Tage eine. In Wirklichkeit sind es aber beim Konsumenten je nach Netz und Umständen pro Jahr etwa 0,2...4. Natürlich wirken hier Vermaschung und selektiver Schutz stark mit, aber doch auch die hohe Zuverlässigkeit bewährter Konstruktion und das sei mit der sehr vereinfachten Betrachtungsweise betont. Mindestens die gleich hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit müssen die Elektrizitätswerke auch von den Übertragungsmitteln fordern.

15. Dienst am Kunden

Jedermann weiss, wie umfangreich die Aufgaben der Informationsübertragung heute bei den Elektrizitätswerken sind und noch werden. Der Aufwand ist respektabel. Trotzdem dürfen die Auslagen dafür nicht so gross sein, dass weder die Werke noch der Konsument einen Vorteil davon haben. Es gilt somit, nicht nur technisch einwandfreie, sondern auch für alle Partner und alle Zwecke, vorab aber für den Konsumenten, wirtschaftliche Lösungen zu finden und anzuwenden.

Literatur

[1] *E. Hotz:* Anforderungen an Zählerstands- und Leistungscoder und deren Anwendungen. Bull. SEV 58(1967)25, S. 1176...1180.

[2] *M. Schönsleben:* Informationsübertragung über Hochspannungsleitungen. Bull. SEV 59(1968)1.

[3] *A. Hauri:* Steuersysteme für Kraftwerkautomatisierung. Bull. SEV 58(1967)23, S. 1061...1070.

Adresse des Autors:
F. Schär, Ingenieur, Aare-Tessin AG für Elektrizität, 4600 Olten.

Die Übertragung von Informationen im Kraftwerkbetrieb

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 20. September 1967 in Zürich

von *H. Abrecht,* Bern

65.011.56:621.39:621.31

Das Problem der Übertragung von Informationen im Kraftwerkbetrieb beschäftigt bekanntlich sowohl die Elektrizitätswerke wie die Fernmeldedienste der PTT seit mehreren Jahren. Die PTT-Betriebe haben volles Verständnis dafür, dass die Elektrizitätswerke ein zuverlässiges Nachrichtensystem fordern und sind bereit, den Bedürfnissen soweit zu entsprechen, wie es die Möglichkeiten erlauben. Schliesslich sind sowohl die Werke wie die PTT-Betriebe Dienstleistungsbetriebe, die den Benützern bzw. den Abonnenten zu dienen haben. Zudem sind die beiden Betriebe teilweise sogar voneinander abhängig, indem die Werke für ihre Betriebe die Einrichtungen der PTT oder von ihr konzessionierte Anlagen benützen und die PTT-Verwaltung auf eine zuverlässige Energielieferung für ihre Betriebseinrichtungen angewiesen ist. Somit ist es durchaus sinnvoll, wenn die Probleme gemeinsam im Interesse der schweizerischen Wirtschaft gelöst werden. Die Bereitschaft dafür ist, soweit man es feststellen kann, auf beiden Seiten vorhanden.

Mit den nachfolgenden Ausführungen sei versucht, die Möglichkeiten der Übertragungen aufzuzeigen, so wie die PTT sie sieht.

Zu diesem Zweck sei das Referat in 3 Teile gegliedert:

a) Vorhandene Mittel;
b) Möglichkeit der Schaffung eines speziellen PTT-Richtstrahlnetzes für die besonderen Anforderungen der Kraftwerke;
c) Voraussetzungen für die Konzessionierung werkeigener Richtstrahlnetze.

a) Vorhandene Mittel

Neben dem öffentlichen Telephon- und Telegraphennetz der schweiz. PTT-Betriebe besteht bekanntlich in der Schweiz ein ausgedehntes Übertragungsnetz, das ausschliesslich den Bedürfnissen der Elektrizitätswerke dient. Die Vermittlungseinrichtungen dieses Netzes sind mit wenigen Ausnahmen von der PTT erstellt und den Benützern im Abonnement abgegeben worden, wobei die PTT-Betriebe auch den Unterhalt besorgen. Als Verbindungsleitungen werden vorwiegend werkeigene Übertragungskanäle über Hochspannungsleitungen sowie in einigen Fällen gemietete Leitungen des PTT-Netzes benützt (Fig. 1). Im weiteren bestehen drahtlose Anlagen mit fixen und mobilen Telephonstationen, die den Bedürfnissen einzelner Elektrizitätswerke dienen. Auch diese Anlagen werden, sofern eine Verbindungsmöglichkeit mit dem öffentlichen Telephonnetz besteht, von der PTT erstellt und im Abonnement abgegeben, oder aber, wenn es sich um unabhängige Einrichtungen handelt, konzessioniert. Schliesslich sei noch auf die zahlreichen Fernwirkanlagen für Fernsteuerung, Fernmessung, Fernregulierung und Leitungsschnellschutz der Elektrizitätswerke hingewiesen, für die ebenfalls teilweise Übertragungskanäle der PTT in Miete abgegeben werden.

Nicht nur bei der Elektrizitätswirtschaft, sondern auch bei andern Versorgungsbetrieben, industriellen Organisationen, Handelsbetrieben, Banken usw. zeichnet sich in bezug auf Informationsübertragung eine ähnliche Entwicklung ab. Die PTT-Betriebe betrachten es als ihre Aufgabe, für Bedürfnisse von allgemeinem Charakter, die angeforderten Übermittlungseinrichtungen zur Verfügung zu stellen. Alle diese Begehren können auf lange Sicht am vorteilhaftesten im Rahmen eines landesweiten Übermittlungssystems befrie-