

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Die Fernmeldeanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Winterthur  
**Autor:** Werdenberg, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057737>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

RÉDACTION:  
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens  
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:  
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42  
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXIV<sup>e</sup> Année

N<sup>o</sup> 14

Mercredi, 14 Juillet 1943

## Die Fernmeldeanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Winterthur

Von W. Werdenberg, Winterthur

654.93

*Durch die Automatisierung der Mutatoranlage für die Verkehrsbetriebe konnte Ende 1941 in der letzten Station des Elektrizitätswerkes Winterthur die ständige Bedienung aufgehoben werden. Zur Ueberwachung der ausgedehnten Verteilnetze des EWW wurde eine Fernmeldeanlage eingerichtet. Diese gestattet, an zentraler Stelle jederzeit den Schaltzustand des Hochspannungsnetzes zu überblicken. Aenderungen im Schaltzustand durch Personal oder durch Störungen im Netz werden über werkseigene Steueradern auf die zentrale Signaltafel gemeldet. Ausser der Geschäftszeit ist mit jeder Störungsmeldung eine automatische Alarmierung des verantwortlichen Beamten in seiner Wohnung verbunden (Pikettschaltung des Telefons). Gleichzeitig mit der Fernmeldeanlage wurde in den Transformatorstationen das Werktelefon eingerichtet. Für die Fernmeldung und die für später in Aussicht genommene Fernsteuerung sowie für das Werktelefon werden die gleichen Steueradern benützt. Der Verfasser gibt eine nähere Beschreibung der ausgeführten Anlage.*

*A la fin de 1941, la surveillance permanente de la dernière station du Service de l'électricité de Winterthur a pu être supprimée par suite de l'automatisation de l'installation de mutateurs. Le contrôle du vaste réseau de distribution de Winterthur est désormais assuré par une installation de signalisation, qui permet de constater en tout temps, dans un poste central, l'état du couplage du réseau à haute tension. Toute modification de couplage par le personnel ou à la suite de perturbations dans le réseau est signalée par fils-pilotes sur un tableau central. En dehors des heures de service, les perturbations alarment automatiquement chez lui l'employé responsable (téléphone de piquet). En outre, un téléphone d'exploitation a été installé dans les postes de transformation. Les mêmes fils-pilotes servent aussi bien à la signalisation qu'à la commande à distance qui sera prévue ultérieurement et à l'installation téléphonique d'exploitation. Description détaillée de cette installation.*

### 1. Gründe für die Erstellung einer Fernmeldeanlage

Das EW Winterthur betreibt keine eigenen Kraftwerke; es besitzt nur Unterwerke, Transformatoren- und Schaltstationen mit dem dazugehörigen Hochspannungsnetz. Eine neben diesem allgemeinen Verteilnetz vorhandene Umformeranlage für die Verkehrsbetriebe ist Ende 1941 voll automatisiert worden. Es sind also keine Anlagenteile vorhanden, die eine dauernde örtliche Ueberwachung durch besonderes Personal erfordern. Es genügt, wenn die ohnehin seltenen Störungen im Netz möglichst rasch und genau an eine zentrale Stelle gemeldet und von dieser aus in kürzester Zeit soweit behoben werden, dass die Abnehmer keinen empfindlichen Unterbruch in der Energielieferung erleiden. Da fast alle Stationen von zwei Seiten gespeist werden können, müssen zur raschen, vorläufigen Behebung von Störungen meistens nur Schaltungen vorgenommen werden.

Der Betriebsdienst ist deshalb so geordnet, dass die für den Störungsdienst notwendigen Beamten und Monteure während der Arbeitszeit auf ihren normalen Arbeitsplätzen und ausserhalb der Arbeitszeit in ihren telephonisch verbundenen Wohnungen bereitstehen. Telephonische Anrufe des Betriebsdienstes werden ausserhalb der Arbeitszeit automatisch zu dem den Störungsdienst leitenden Beamten umgeleitet. Damit und mit den ständig bereitstehenden Transportmitteln ist es möglich,

erhebliche Zeitverluste zwischen der Meldung und der Behebung einer Störung zu vermeiden.

Die Erfahrung zeigt aber, dass öfters längere Zeit verstreicht, bis eine aufgetretene Störung so gemeldet wird, dass sich der verantwortliche Beamte ein Bild über den Umfang und den ungefähren Ort der Störung machen kann; es fällt eben dem Laien schwer, rasch und zuverlässig zu melden. Es war daher gegeben, Aenderungen im Schaltzustand des Verteilnetzes durch besondere Einrichtungen automatisch an die zentrale Betriebsleitung melden zu lassen. Selbstverständlich ist es wünschenswert, mit der Fernmeldung auch eine Fernsteuerung der Hochspannungsschalter zu verbinden. Auf eine solche Fernsteuerung wurde aber vorläufig verzichtet, weil gegenwärtig ein grosser Teil der Hochspannungsschalter keine entsprechenden Antriebe besitzt, und weil in vielen Fällen ein Augenschein an Ort und Stelle doch nicht zu umgehen ist.

### 2. Forderungen und Bedingungen

Eine Fernmeldeanlage leistet nur dann zuverlässige Dienste, wenn sie möglichst alle wichtigen Meldungen umfasst. Sie hat deshalb folgende Aufgaben zu erfüllen:

a) Der Schaltzustand des gesamten Verteilnetzes ist an eine zentrale Stelle zu melden.

b) Beim Anzeigen von Aenderungen des Schaltzustandes muss unterschieden werden können, ob die Aenderung gewollt oder ungewollt erfolgte.

c) *Unerwünschtes Verhalten von Hilfsbetrieben* (z. B. Druckluftanlagen für Druckluftschalter) *muss auch gemeldet werden.*

d) *Das Auftreten von Erdschlüssen im Hochspannungsnetz ist ebenfalls zu signalisieren.*

Alle diese Signale müssen auf einer einzigen Signaltafel übersichtlich geordnet eintreffen, denn beim endgültigen Ausbau sollen rund 360 Schaltstellungen überwacht und etwa 20 andere Vorkommnisse gemeldet werden. Dies bedingt, dass die Anzeigeapparate räumlich wenig Platz beanspruchen. Selbstverständlich müssen mehrere, gleichzeitig eintreffende Meldungen getrennt und vollständig angezeigt werden. Da die Signaltafel nicht ununterbrochen beobachtet werden kann, muss ein besonderes Alarmsignal die Betriebsleitung darauf aufmerksam machen, wenn eine Meldung eingetroffen ist. Dieses besondere Signal muss ausser-

möglichst einfach sein; die Apparatur ist soweit als möglich am Empfangsort zusammenzufassen.

Die Anlage muss ferner ohne wesentliche Aenderungen die Einführung der *Fernsteuerung* gestatten. Im Interesse einer raschen Behebung von Störungen wurde ferner verlangt, dass die Fernmeldeanlage gleichzeitig zur telephonischen Gesprächsübermittlung zwischen den einzelnen Stationen benützt werden kann, und zwar unabhängig vom öffentlichen Telephonnetz. Dabei müssen Störungsmeldungen automatisch immer den Vorrang vor Telefongesprächen haben.

Für die Uebertragung der Meldungen und Gespräche steht ein besonderes Netz von Steueradern zur Verfügung. Seit mehreren Jahren werden nämlich die Niederspannungskabel mit Steueradern verlegt; dadurch konnte mit geringen Kosten das in der Fig. 1 gezeigte Netz der Steuerleitungen er-

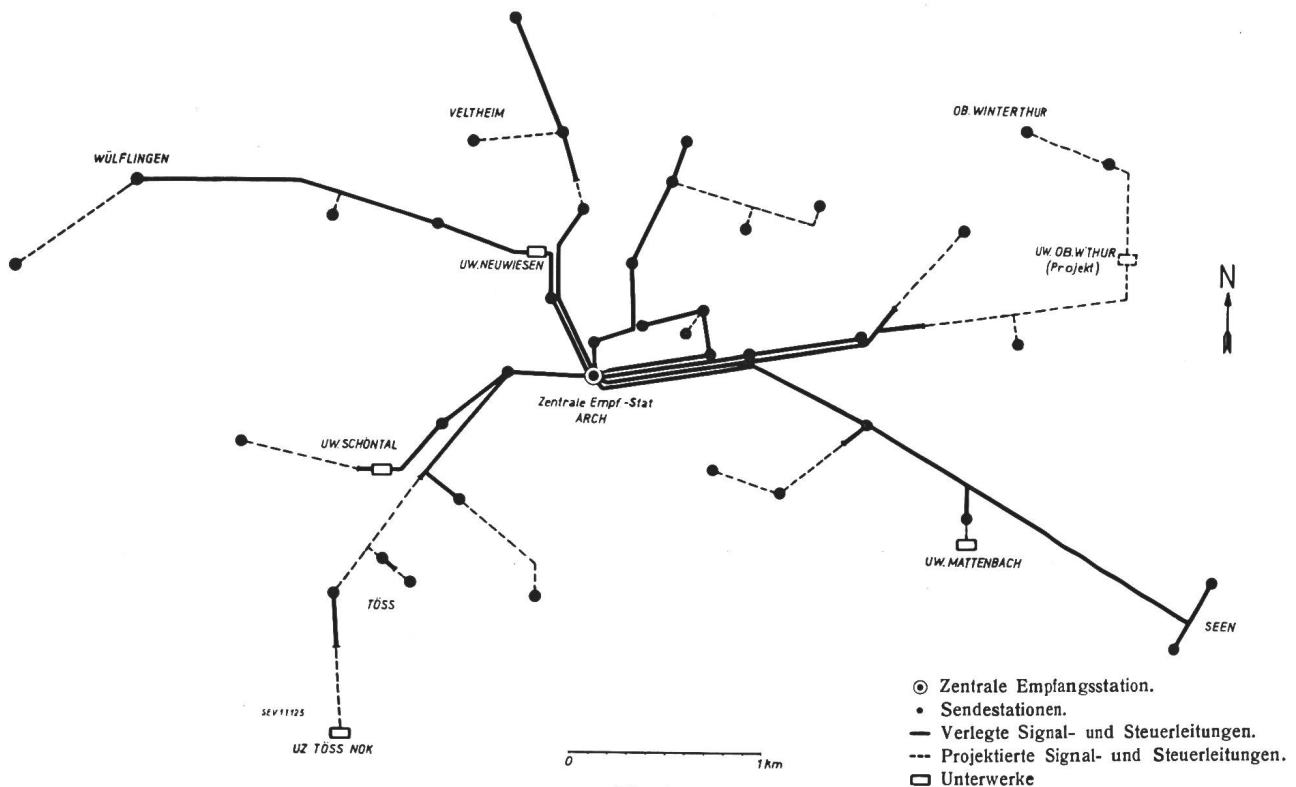


Fig. 1.  
Fernmeldenetz des Elektrizitätswerkes Winterthur

halb der Arbeitszeit in die Wohnung des den Störungsdienst leitenden Beamten übertragen werden.

Da immer damit gerechnet werden muss, dass in der Fernmeldeanlage selbst eine Störung auftreten kann, müssen auch solche Störungen gemeldet werden; die Fernmeldeanlage muss also automatisch überwacht werden. Die Energiequelle für die Uebertragung aller hereinkommenden Meldungen muss am Empfangsort konzentriert sein; eine Verteilung der Energiequellen auf die verschiedenen Sendestellen wäre ohne ständige Ueberwachung zu wenig betriebssicher. Die Apparaturen in den Aussenstellen sind also von der Zentralstelle aus zu speisen. Mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit sollen auch die Apparaturen in den Sendestellen

stellt werden. Eine Anzahl Steuerleitungen wurde beim Bau des Unterwerkes Neuwiesen<sup>1)</sup> verlegt. Die Zahl der verfügbaren Fernmeldeleitungen ist aber beschränkt; es ist nicht möglich, jede Station einzeln mit der zentralen Empfangsstelle zu verbinden. Mehrere Sendestellen müssen deshalb parallel an die selbe Fernmeldeleitung angeschlossen werden.

### 3. Die ausgeführte Anlage

Die im Jahre 1936 versuchsweise im kleinen Umfang eingerichteten Fernmeldeanlagen<sup>2)</sup> erfüllten die genannten Forderungen nur teilweise und befriedigten deshalb nicht. Da auch andere Aus-

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1943, Nr. 7, S. 163.

<sup>2)</sup> Bull. SEV 1936, Nr. 22, S. 635.

führungen nicht ohne weiteres unsern Bedingungen entsprachen, wurde zusammen mit der Albiwerk Zürich AG. eine besondere Ausführung entwickelt, die im Februar 1943 in Betrieb genommen wurde und die alle von uns gestellten Forderungen erfüllt.

a) Der äussere Aufbau.

Die Einrichtung setzt sich zusammen aus einer zentralen Empfangsstelle im Verwaltungsgebäude und den Sendeapparaten, von denen jeder Schalt- oder Transformatorstation je einer zugeteilt ist. Die Empfangsstelle besteht aus zwei Teilen: einer Reihe von Relais-Gestellen, die alle Apparate enthält, welche nur gelegentlich bedient werden, und einer Signaltafel, auf der die Signale aller Meldungen untergebracht sind. Die Einrichtung gestattet die Uebertragung von total 450 Doppel-Signalen und das Sprechen zwischen beliebigen Transformatoren- oder Schaltstationen und zwischen diesen Stationen und der zentralen Empfangsanlage.

Die Fig. 2 zeigt die zentrale Signaltafel. Sie ist 3·1,8 m gross und im sogenannten Betriebsraum so aufgestellt, dass sie vom Schreibtisch aus leicht

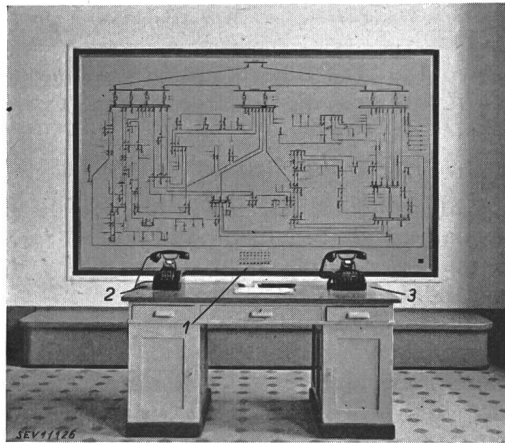


Fig. 2.  
Signaltafel

- 1 Prüftasten.
- 2 Staatstelephon.
- 3 Telefon der Fernmeldeanlage.

überblickt werden kann. Die Signaltafel zeigt das vollständige einpolige Schema des gesamten 45-kV- und 3-kV-Netzes mit allen Stationen und allen Schaltern, Trennern und Trennsicherungen.

Als Symbol für sämtliche Trennstellen sind drehbare Griffe aufgebaut (Fig. 3). Neben den Griffen für die selbst auslösenden Schalter ist noch ein Signallämpchen angebracht. Stimmt die Stellung dieser Symbole nicht mit der tatsächlichen Stellung der Schalter im Netz überein, so leuchtet diese Signallampe, und zwar: kontinuierlich, wenn die Schaltung gewollt ist, und blinkend, wenn die Schaltung nicht gewollt ist. Damit werden dem Betriebsbeamten nicht nur die Schalterauslösungen augenfällig gezeigt, er erkennt auch sofort, wann eine angeordnete Schaltung ausgeführt ist. Neben diesen Lampen ist allen Stationen, die Hilfsbetriebe (Druckluftanlage, Batterie usw.) besitzen, eine wei-

tere Signallampe zugeordnet, die aufleuchtet, sobald eine Störung in diesen Hilfsbetrieben auftritt. Dort, wo Erdschluss-Ueberwachungen eingerichtet sind, zeigt eine weitere Signallampe durch Aufleuchten das Bestehen eines Erdschlusses an.

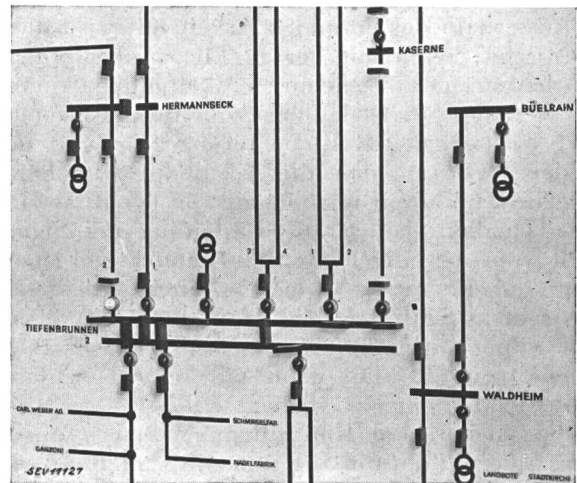


Fig. 3.  
Ausschnitt der Signaltafel

Um die Betriebsbereitschaft der Anlage jederzeit überprüfen zu können, sind am untern Rand des Schaltbildes 9 Prüftasten, der Aufteilung des Fernmeldenetzes in 9 Sektoren entsprechend, eingebaut. Durch das Drücken einer solchen Taste werden alle Rückmeldeeinrichtungen angelassen und sämtliche Meldungen in ihr Gegenteil verwandelt. Bei normalem Zustand des Netzes müssen also sämtliche Signallampen aufleuchten, wenn die Fernmeldeanlage in Ordnung ist. Läuft die Apparatur nicht richtig oder herrscht irgendwo ein Unterbruch, so wird ausserdem eine besondere Si-

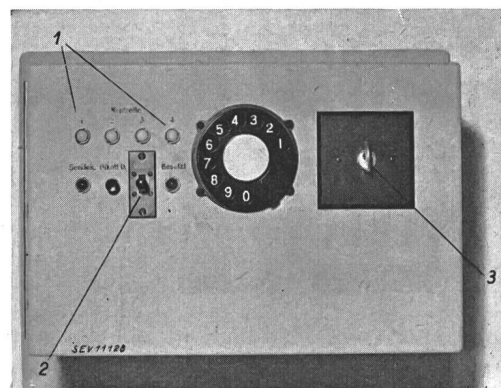


Fig. 4.  
Piketautomat

- 1 Jedem Beamten zugeordnete Kontrolllampe.
- 2 Taste zum Abstellen des akustischen Signals.
- 3 Schlüssel zur Sicherung der Uebermittlung.

gnallampe eingeschaltet. Der Prüfzustand der Anlage wird mit einem zweiten Druck auf die Prüftaste in den Normalzustand zurückgeführt. Um die Anlage öfters und regelmässig in dieser Weise anzulassen und zu prüfen, ist im Relais-Gestell eine Schaltuhr eingebaut, die die gleiche Aufgabe wie

die Prüftasten hat. Ungewollte Schaltungen, Störungen in den Hilfsbetrieben, Erdschlüsse und Störungen in der Fernmeldeanlage selbst setzen ausserdem ein akustisches Signal in Tätigkeit. Dieses kann für die Dauer einer Störung mit einer Taste abgestellt werden.

Ausserhalb der normalen Arbeitszeit wird dieses akustische Signal mit der in Fig. 4 abgebildeten Einrichtung, dem sogenannten Pikettautomaten über das Netz des Staatstelephons zum Betriebsbeamten nach Hause geleitet. Eine Störung zeigt sich dort in der Weise an, dass die Telephonglocke kontinuierlich, und zwar unabhängig von der Benützung des Telephons läutet. Die Umleitung des Signals wird vom jeweiligen Betriebsbeamten vorgenommen, indem er vor Verlassen seiner Arbeitsstelle mit seinem Schlüssel den Pikettautomaten öffnet, seine ihm zugeteilte Nummer an der Wählerscheibe einstellt und dann mit seinem Schlüssel den Pikettautomaten wieder schliesst. Am Automaten angebrachte Kontrolllampen zeigen ausserdem dauernd, ob und für wen die Umleitung vorgenommen ist.

Die in jeder Station eingebaute Sendeapparatur zeigt Fig. 5. Sie hat folgende Abmessungen: Höhe 50 cm, Breite 35 cm, Tiefe 29 cm, so dass sie auch in räumlich beschränkten Stationen leicht eingebaut werden kann. Sie gestattet das Senden von maximal 30 Doppel-Meldungen.

Die mit der eigentlichen Fernmeldeeinrichtung verbundene Telephoneinrichtung besteht zusätzlich nur aus je einem Telephonapparat in der Empfangsanlage und in den Sendestationen. Der Apparat in

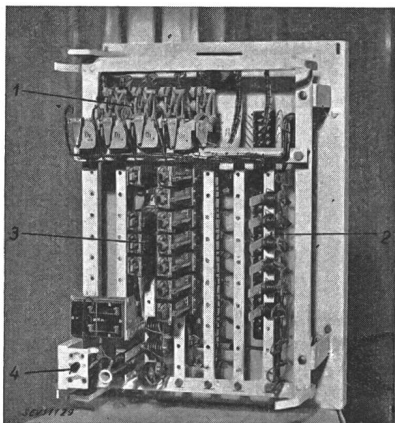


Fig. 5.

## Sendeapparatur

- 1 Schrittwähler.
- 2 Gleichrichter.
- 3 Wechselrelais P.
- 4 Prüftaste.

der Empfangsstation wird bedient wie eine normale Tischstation; die Verbindung mit irgendeiner Sendestation wird durch Einstellen der betreffenden Stationsnummer an der gewöhnlichen Nummernscheibe hergestellt. Die Apparate in den Sendestationen sind Wandstationen (Fig. 6); hier werden die Verbindungen mit andern Stationen des gleichen Fernmeldesektors durch Einstellung eines Drehschalters auf die betreffende Nummer hergestellt. Will eine Sendestation mit einer Station eines andern Sektors verkehren, so muss zuerst die zentrale Empfangsstation aufgerufen werden; diese stellt eine Transitverbindung her. Die Empfangsstation kann die verschiedenen Stationen auch zu Konfe-

renzgesprächen verbinden. Muss während eines Gespräches im dazugehörenden Sektor eine Meldung, d. h. ein Signal durchgegeben werden, so wird die Telefonverbindung augenblicklich vollständig un-



Fig. 6.

## Wandstation des Werktelephons

terbrochen; das Gespräch kann erst wieder aufgenommen werden, wenn der Meldevorgang beendet ist.

## b) Die grundsätzliche Schaltung.

Die Anlage ist auf das bekannte Verfahren mit synchronlaufenden Schrittwählern aufgebaut. Den grundsätzlichen Aufbau zeigt das in Fig. 7 dargestellte, vereinfachte Schema.

Wie bereits erwähnt, ist das gesamte Netz in 9 Sektoren eingeteilt. Jeder Sektor ist durch zwei Steueradern mit der zentralen Empfangsstelle verbunden; die Erde wird nicht zur Uebertragung der Signale benützt. In jedem Sektor können maximal 6 Sendestationen angeschlossen werden.

Jede Sendestation ist mit einer Anzahl 11-stufiger Drehwähler ausgerüstet, nämlich je mit einem sogenannten Verteilwähler  $D_v$ , je einem Telephonwähler  $D_t$  und den Abgreifwählern  $D_1 \dots D_n$ , deren Anzahl sich nach der Zahl der überwachten Schalter oder anderer überwachter Netzteile richtet. Der Einfachheit halber sind im Schema nur zwei solche Abgreifwähler pro Station und nur zwei Stationen eingezeichnet.

Die Empfangsstation enthält entsprechend der Anzahl Sektoren auch 9 gleiche Einrichtungen; im Schema ist nur eine dieser Einrichtungen angedeutet. Sie besteht im wesentlichen aus einem sogenannten Synchronwähler  $D$ , der alle Schritte der Drehwähler in den Sendeapparaturen mitmacht; ferner enthält sie noch einige für jeden Sektor gemeinsame Relais und die zu jeder möglichen Meldung gehörenden Signalrelais  $S$ . Die Symbole auf dem Schaltbild sind mit Quittungsschaltern  $q$  verbunden; im Schema sind nur zwei solche Quittungsschalter mit den dazugehörenden Signallampen  $Z$  eingezeichnet. Um das Schema nicht zu



überlasten, ist auch die Telephoneinrichtung nicht dargestellt worden.

Zur Erläuterung der grundsätzlichen Arbeitsweise sei nun angenommen, dass z. B. sämtliche Hochspannungsschalter ausgeschaltet seien und die Stellungen der Quittungsschalter  $q$  im Schaltbild damit übereinstimmen. Ferner sei vorerst ange-

Moment des Abfallens des  $K$ -Relais an. Gleichzeitig wird der Wechselkontakt  $p$  in der Sendestation umgelegt. Im Zeitpunkt, wo das Relais  $R$  anzieht, d. h. der Kontakt  $r$  geschlossen wird, steht der Arm  $d$  des Synchronwählers  $D$  auf dem Kontakt, an dem das Signalrelais  $S_e$  liegt, das der Stellung des Hochspannungsschalters entspricht. Dieses Re-

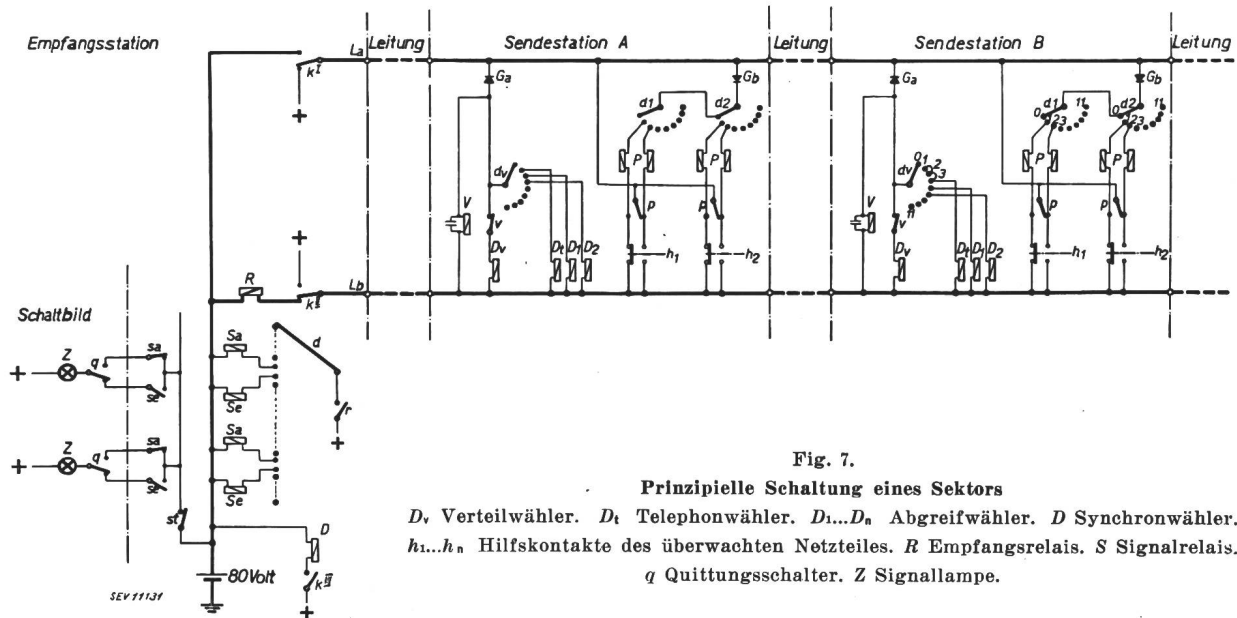


Fig. 7.

Prinzipielle Schaltung eines Sektors

$D_v$  Verteilwähler.  $D_t$  Telefonwähler.  $D_1...D_n$  Abgreifwähler.  $D$  Synchronwähler.  $h_1...h_n$  Hilfskontakte des überwachten Netzteiles.  $R$  Empfangsrelais.  $S$  Signalrelais.  $q$  Quittungsschalter.  $Z$  Signallampe.

nommen, dass nur eine Sendestation  $A$  vorhanden sei.

Wird nun z. B. ein Hochspannungsschalter  $H_1$  der Station  $A$  eingeschaltet, so schliesst sein Hilfskontakt  $h_1$  über den Wechselkontakt  $p$  die Schlaufe der Rückmeldeleitung  $L_a-L_b$  kurz. Dadurch spricht das Empfangsrelais  $R$  an. Dieses setzt nicht eingezeichnete Fortschalt-Impulsrelais in Betrieb, die bewirken, dass die Kontakte  $k$  dauernd hin- und herschalten, so dass abwechselnd  $L_a$  und  $L_b$  der Rückmeldeleitung mit dem positiven Pol (+) verbunden wird. Die Gleichrichter  $G_a$  und  $G_b$  sorgen dafür, dass der Strom jeweils nur im gewünschten Stromkreis fließen kann.

Zieht also nun das Relais  $K$  das erste Mal an, so erhalten die Verteilwähler  $D_v$  und der Synchronwähler  $D$  Spannung und gehen um einen Schritt vorwärts. Gleichzeitig ist das Verzögerungsrelais  $V$  an Spannung gelegt worden und dessen Kontakt  $v$  setzt den Verteilwähler  $D_v$  still. Die nächsten vom Relais  $K$  bewirkten Impulse gelangen auf den Telefonwähler  $D_t$ . Dieser Wähler  $D_t$ , dessen Ausgänge nicht eingezeichnet sind, dreht einmal durch und steht dann still. Gleichzeitig schreitet der Synchronwähler  $D$  um die gleiche Anzahl Schritte weiter. Das Relais  $V$  fällt nun ab und der Verteilwähler  $D_v$  schaltet um einen Schritt weiter auf Stellung 2, so dass nun der Abgreifwähler  $D_1$  die folgenden Impulse erhält. In der Stellung 1 dieses Wählers  $D_1$  bleibt nach unserer Annahme über den Schaltzustand des Netzes der Stromkreis am «Aus»-Kontakt  $h_1$  offen; in der Stellung 2 dagegen wird der Stromkreis geschlossen und das Relais  $R$  zieht im

lais  $S$  schaltet mit seinem Kontakt  $s_e$  die Signallampe  $Z$  ein. Durch Umlegen des Quittungsschalters  $q$  in die Stellung «Ein» wird die Signallampe ausgeschaltet und gleichzeitig der Lampenstromkreis für eine künftige Ausschaltmeldung vorbereitet. Inzwischen macht der Abgreifwähler seine Schritte bis zur letzten Stellung weiter, worauf der Verteilwähler  $D_v$  den nächsten Abgreifwähler  $D_2$  arbeiten lässt usw. Wenn alle Abgreifwähler vollständig gedreht haben, dreht der Verteilwähler  $D_v$  heim und bleibt in seiner Stellung  $O$  stehen.

Sollte während eines Meldevorganges ein weiterer Hochspannungsschalter seine Stellung ändern und der zugehörige Abgreifwähler schon fertig abgegriffen haben, so wird diese Meldung aufgespeichert; der noch nicht umgeschaltete Wechselkontakt  $p$ , der dem betr. Hochspannungsschalter zugeordnet ist, veranlasst dann den Verteilwähler  $D_v$ , eine weitere vollständige Drehung auszuführen. Zur Kontrolle des synchronen Laufes des Wählers  $D$  mit den Wählern  $D_v$ ,  $D_t$  und  $D_1$  wird die Tatsache benützt, dass die Reihenfolge der Schaltmeldungen zwangsläufig ist: wird z. B. eine «Aus»-Meldung gegeben, so darf mit dem nächsten Schritt keine «Ein»-Meldung erfolgen, und wird die «Aus»-Meldung nicht gegeben, so muss mit dem folgenden Schritt eine «Ein»-Meldung folgen. Ist der Synchronismus aus irgendeinem Grunde gestört, so spricht ein Störungsrelais an, das mit seinem Kontakt  $s_t$  die Signallampen abstellt und das bereits früher erwähnte optische und akustische Signal einschaltet.

Da nun mehrere Sendestationen an der selben Leitung liegen, ist zu vermeiden, dass Meldungen verschiedener Sendestationen gleichzeitig durchgegeben werden. Dies wird damit erreicht, dass die Abgreifwähler  $D_1 \dots D_n$  der verschiedenen Sendestationen an die Verteilwähler  $D_v$  derart versetzt angeschlossen werden, dass in einem ganzen Sektor nur ein Abgreifwähler nach dem andern dreht und nie gleichzeitig mehrere solche Wähler drehen können. Da jedoch die Impulse der  $k$ -Kontakte alle Verteilwähler  $D_v$  gleichzeitig zum Arbeiten bringen, werden die überzähligen Anfangs-Stellungen dieser Wähler mit dem Telephonwähler  $D_i$  verbunden. Die Wähler in den Sendestationen eines Sektors arbeiten also in folgender Weise:

Mit dem ersten Impuls der  $k$ -Kontakte gehen alle Verteilwähler in die Stellung 1 und alle Telephonwähler  $D_i$  drehen einmal durch. Dann machen sämtliche Verteilwähler  $D_v$  den Schritt 2 und der Abgreifwähler  $D_1$  der Sendestation  $A$  dreht durch. Gleichzeitig kommen die Telephonwähler  $D_i$  der

folgenden Sendestationen ein zweites Mal zum Arbeiten. Nun gehen die Wähler  $D_v$  in die Stellung 3; der Abgreifwähler  $D_2$  der Station  $A$  dreht durch und gleichzeitig arbeiten wieder die Telephonwähler der übrigen Stationen. In unserem Beispiel kommen erst jetzt, wenn der Verteilwähler der Station  $A$  heimdreht und der Verteilwähler der Station  $B$  den vierten Schritt macht, die Abgreifwähler der Station  $B$  an die Reihe. Hat dann auch der letzte Abgreifwähler der letzten Station durchgedreht, so wird in der Empfangsstation der Fortschaltmechanismus abgestellt und der Synchronwähler  $D$  geht in seine  $O$ -Stellung, wo er für eine neue Anlasung bereit bleibt.

Selbstverständlich enthält die Fernmeldeanlage in Wirklichkeit noch Einrichtungen, die im Schema nicht angedeutet, oder in der Beschreibung nicht erwähnt sind. Da aber der vollständige prinzipielle Aufbau nur einen engern Kreis von Spezialisten interessieren dürfte, wird auf dessen Darstellung verzichtet.

## Untersuchung des Aufladevorganges im Kaskadengenerator zur Erzeugung hochgespannten Gleichstroms aus Wechselstrom \*)

Von Martin Jaggi, Zürich

621.319.52

*Der in der Kernphysik und in der Röntgentechnik verwendete Höchstspannungs-«Kaskadengenerator» besitzt eine sehr charakteristische und exakt reproduzierbare Spannungsaufbau-Kurve. Dieser Spannungsaufbau wird an einer ein- und an einer zweistufigen Schaltung theoretisch und experimentell untersucht.*

*Theoretisches: Durch ein Rechenverfahren, das sich auch auf den drei- und mehrstufigen Kaskadengenerator übertragen lässt, wird der Aufladevorgang vom Zeitpunkt des Einschaltens bis zum asymptotischen Uebergang in den stationären Zustand berechnet.*

*Experimentelles: An ein- und zweistufigen Versuchsgärten wird der Einschwingungsvorgang mit einem Elektronenstrahl-Oszillographen untersucht. An zwei zahlenmässig durchgerechneten Beispielen wird gezeigt, dass die theoretischen Betrachtungen mit den experimentellen Untersuchungen übereinstimmen.*

*La courbe de tension des générateurs en cascade à très haute tension utilisés en physique nucléaire et en radiologie est très caractéristique et peut être exactement reproduite. L'auteur examine, des points de vue théorique et expérimental, la constitution de cette tension pour un couplage à un seul étage et un couplage à deux étages.*

*En usant d'une méthode de calcul qui s'applique également aux générateurs en cascade à trois étages et plus, l'auteur détermine l'allure de la charge entre le moment de l'enclenchement et celui du passage asymptotique à l'état stationnaire.*

*Il examine ensuite, à l'aide d'un oscillographe à rayons électroniques, l'augmentation de la tension par oscillations de générateurs à un étage et à deux étages. Il démontre, par deux exemples numériques, que les considérations théoriques concordent avec les résultats expérimentaux.*

### I. Einleitung und Problemstellung

In den letzten zehn Jahren haben die Fortschritte auf dem Gebiete der Kernphysik die Höchstspannungstechnik vor neue grosse Aufgaben gestellt. Als besonders erfolgreiches Verfahren zur Erzeugung der für diesen Zweck erforderlichen extrem hohen Gleichspannungen (einige Millionen Volt) erwies sich die in der Literatur als «Greinacher-Vervielfachungs-Schaltung» oder «Kaskaden-Schaltung» bezeichnete Methode. Die Kaskaden-Schaltung wurde im Jahre 1920 von Greinacher angegeben <sup>1)</sup>.

#### Wirkungsweise der $n$ -stufigen Kaskaden-Schaltung.

In den beiden grundlegenden Arbeiten von Greinacher <sup>1) 2)</sup> wird gezeigt, dass man mit  $2n$  Kondensatoren und  $2n$  Gleichrichtern aus einer Wechselspannung eine konstante Gleichspannung vom  $2n$ -fachen Betrag des Wechselspannungs-Scheitelwertes  $u_s$  herstellen kann. Wenn zwischen  $P_1$  und dem dauernd geerdeten Schaltpunkt  $P_0$  eine Wechselspannung gelegt wird, so kann, wie sich aus dem Schema Fig. 1 leicht ersehen lässt, als stationärer Gleichgewichtszustand nur eine ganz bestimmte Potentialverteilung in Frage kommen. Wegen der Durchlassrichtung der Ventile kann sich das Potential von  $P_2$  nur innerhalb der Grenzen  $2u_s$  und Null, dasjenige von  $P_4$  nur innerhalb  $4u_s$  und  $2u_s$  usw. bewegen (Fig. 2). Aus demselben Grund müssen die Punkte  $P_3, P_5, P_7, \dots$  im Gleichgewichtszustand konstante Potentiale  $2u_s, 4u_s, 6u_s, \dots$  annehmen. Alle Ventile und Kondensatoren erhalten maximal eine Spannung  $2u_s$ . Eine Ausnahme bildet der Kondensator  $C_1$ , der eine konstante Gleichspannung  $u_s$  auszuhalten hat. Die vom  $n$ -stufigen Gerät erzeugte konstante Hochspannung  $2nu_s$  setzt

\*) Siehe auch die vorläufige Mitteilung Helv. phys. acta, Bd. 15 (1942), S. 339.

<sup>1)</sup> Greinacher, Bulletin SEV, Bd. 11 (1920), S. 59.

<sup>2)</sup> Greinacher, Z. Phys., Bd. 4 (1921), S. 195.