Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 20 (1929)
Heft: 23

Artikel: Telephonische Verständigungsmöglichkeiten der Kraftwerke in der Schweiz

Autor: Leuch, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056836

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: 22.08.2025

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

	charge minimum	année précédente	charge moyenne	charge maximum	année précédente
en décembre 1928 .	0,67	(0,65)	1	1,35	(1,42)
mars 1929 . . .	0,66	(0,67)	1	1,31	(1,31)
juin 1929 . . .	0,76	(0,73)	1	1,26	(1,29)
septembre 1929 .	0,75	(0,74)	1	1,25	(1,26)

Par rapport à l'année précédente nous constatons
une augmentation de $198 \cdot 10^6$ kWh, soit 5,9 % du total de l'énergie utilisée,
une augmentation de $8{,}7 \cdot 10^6$ kWh, soit 0,8 % de l'énergie exportée,
une augmentation de $206 \cdot 10^6$ kWh, soit 10,3 % de l'énergie absorbée en Suisse pour des besoins normaux,
une diminution de $17 \cdot 10^6$ kWh, soit 6,2 % de l'énergie absorbée en Suisse à des prix de déchet.

Les moyens de production dont ont disposé les centrales dans la période envisagée n'ont que très peu augmenté par rapport à ceux de la période précédente (Peuffaire et installations complémentaires des Forces Motrices de Brusio).

L'année prochaine les centrales disposeront en plus de l'énergie que pourront produire l'usine de la Handeck, celle de Sembrancher et celle de Champsec. Il faudra attendre la période 1930/31 pour que l'usine de Ryburg-Schwörstadt puisse entrer en service.

La puissance maximum produite a atteint 633000 kWh en décembre 1928. La durée d'utilisation (virtuelle) de la puissance maximum a été de

$$\frac{3559 \times 10^6}{633000} = 5620 \text{ heures (5681 en 1927/28 et 5390 en 1926/27).}$$

Telephonische Verständigungsmöglichkeiten der Kraftwerke in der Schweiz.

Von *H. Leuch,* Oberingenieur des E. W. Zürich.

621.312 (005)

Auf Grund von Erfahrungen aus dem Werksbetrieb wird untersucht, inwieweit die verschiedenen heute verwendeten telephonischen Verständigungsmöglichkeiten den an sie gestellten Anforderungen genügen. Es werden die Vor- und Nachteile, die Besonderheiten und die Wirtschaftlichkeit des Staatstelephons, der werkseigenen Telephonstromkreise auf Hochspannungsgestängen, der Hochfrequenzübertragungssysteme und der werkseigenen Niederfrequenzverbindungen untersucht. Besonders eingehend behandelt der Autor den heutigen Stand und die Zukunftsmöglichkeiten der Hochfrequenztelephonie, der er eine Reihe wesentlicher Vorteile zuspricht.

Partant d'expériences tirées de l'exploitation des centrales, l'auteur examine jusqu'à quel point les moyens divers de communications téléphoniques en usage aujourd'hui atteignent leur but. Il passe successivement en revue les avantages et les inconvénients, les particularités et le côté économique du téléphone fédéral, des circuits téléphoniques appartenant à l'entreprise et posés soit séparément, soit sur les supports de lignes à haute tension, ainsi que ceux du système à haute fréquence. L'auteur voue une attention toute particulière à l'état actuel et aux possibilités de développement de la téléphonie à haute fréquence, qui présente une série d'avantages essentiels.

Einleitung.

Es werden hier die mit verschiedenen Verbindungsmitteln im Werksbetrieb gesammelten Erfahrungen besprochen. Einesteils sind es Erfahrungen des Betriebs von im Werksbesitz stehenden Mitteln, anderseits solche, die sich anlässlich des Baues neuer Anlagen beim Bauherr gesammelt haben. Vorerst seien die Grundbedingungen aufgestellt, denen die Betriebstelephone genügen müssen; alsdann werden die Bau- und Betriebserfahrungen mitgeteilt und zum Schluss die verschiedenen Telephonarten einer Kritik unterworfen, inwieweit sie den an sie gestellten Anforderungen zu genügen vermögen.

Die 3 wichtigsten Bedingungen lauten:

a) Raschheit der Verbindungsherstellung,
b) Betriebssicherheit und Verbindungsmöglichkeit zu jeder Tages- und Nachtzeit,
c) Billigkeit der Anlage und ihres Betriebes.

Es sei vorausgeschickt, dass hier hauptsächlich die Verständigung des Personals weit entfernter Betriebsknotenpunkte (Kraftwerke, Unterwerke, Schaltstellen usw.) besprochen wird. Telephonanlagen, welche nicht etwas für den Ueberland-Kraftwerksbetrieb Charakteristisches an sich besitzen, werden hier nicht erörtert.

1. Das staatliche Telephon.

Das Staatstelephon genügt den 3 Bedingungen nicht ohne weiteres, dagegen vermittelt es die Verbindung mit einer grossen Zahl anderer Stellen, mit denen jedes Werk zu verkehren hat. Für Projektierungs- und Bauarbeiten leistet es sehr gute Dienste, weil dabei die Betriebssicherheit und die Verständigung in einer bestimmten Minute nicht unbedingt gefordert werden, wie dies beim Werksbetrieb der Fall ist. Ausserdem kann der Telegraph in die Lücke treten. Das Staatstelephon muss, wenn es dem Elektrizitätswerkbetrieb dienen soll, bei allen wichtigen Betriebsstellen eines Werknetzes eingerichtet sein, so dass stets die Betriebsleute miteinander, ohne Umsprechen der Meldungen durch werksfremde Leute, verkehren können.

Die Raschheit der Herstellung von Verbindungen des Staatstelephons ist im Ortsverkehr von Städten und meistens auch in Dörfern eine genügende; dagegen löst das Staatstelephon die Aufgabe, welche die Werke dem Betriebstelephon im Ueberlandverkehr stellen, nur unvollkommen. Bekanntlich geniessen die Elektrizitätswerke, wie die Eisenbahnverwaltungen, Gaswerke, Feuerwehren und Polizeibehörden das Recht, in dringenden Fällen (für Betriebsgespräche) gegen Entrichtung der dreifachen Taxe den Vorrang vor anderen dringenden Privatgesprächen zu beanspruchen. Diese Vergünstigung ist in § 59 der Vollziehungsverordnung III (vom 17. Dezember 1923) zum Telephon- und Telegraphenverkehrsgesetz vom 14. Oktober 1922 festgelegt. Die Vollziehungsverordnung und die Ausführungsbestimmungen vom 27. Dezember 1923 reduzieren jedoch den Wert dieses Rechtes für die Werkspraxis. In § 60 wird jedem Teilnehmer das Benützungsrecht von Fernleitungen, gleichgültig, ob für dringende oder gewöhnliche Gespräche, auf sechs Minuten beschränkt. Diese Bestimmung kann für Elektrizitätswerke sehr einschränkend wirken.

Die Betriebssicherheit des Staatstelephons ist im allgemeinen eine genügende. Dagegen unterliegen die nicht verkabelten Fernverbindungen den gleichen Störeinflüssen wie die Uebertragungsleitungen der Elektrizitätswerke. Das Staatstelephon versagt gelegentlich gerade dann, wenn Werke sich seiner zur Wiederaufrichtung des Betriebes bedienen sollten. Um unliebsame Betriebsunterbrechungen der eidg. Telephonanschlüsse zu vermeiden, ist es ratsam, mit der Telephonverwaltung den möglichst raschen Ersatz unbrauchbar gewordener Sicherungen zu vereinbaren. Es zeigt sich oft, dass bei atmosphärischen oder ähnlichen Störungen die Sicherungen zahlreicher Anschlüsse ansprechen. Es ist der Telephonverwaltung dann in städtischen, wie in ländlichen Verhältnissen auch bei bestem Willen nicht immer möglich, die unterbrochenen Anschlüsse in allerkürzester Zeit wieder in Betrieb zu setzen oder den Anschlüssen der Werke einen Vorrang einzuräumen. Als Mittel, um diesen Schwierigkeiten vorzubeugen, kommt die Abgabe von Reservesicherungen und allenfalls von Schlüsseln in Frage. Selbstverständlich muss aber die Verantwortung für deren Verwendung klargestellt werden.

Auf die werkseitige Automatisierung von Telephonanlagen einzugehen, würde hier zu weit führen. Auch liegt dieses Problem ausserhalb des vorgezeichneten Rahmens. Die Staatstelephonanlagen werden ausschliesslich durch die eidg. Telephonverwaltung erstellt; es ist nicht Aufgabe dieser Zeilen, über Bauerfahrungen solcher Anlagen zu sprechen.

Der Beschränkung der Bedienungszeit kleinerer Ortszentralen, an welche Betriebsstellen von Werken angeschlossen sind, kann man meistens dadurch begegnen, dass man gegen eine monatliche Gebühr von Fr. 2.– eine Dauerverbindung zu einer ununterbrochen besetzten Zentrale herstellen lässt. Das Staatstelephon ist zweifellos ein sehr billiges Verbindungsmittel.

Den Werken steht die Möglichkeit offen, Adernpaare in staatlichen Telephonsträngen zu mieten. Erstes Erfordernis ist, dass Drähte verfügbar sind; zweitens liegen bei Freileitungen die Störungsmöglichkeiten im gleichen Rahmen, wie diejenigen der durch das nämliche Gebiet führenden Kraftleitungen und drittens ist die jährliche Miete von 100 bis 180 Fr./km Schleifenleitung verhältnismässig hoch, weil sie von der Obertelegraphendirektion (O. T. D.) nach dem mutmasslichen Gesprächsausfall berechnet wird. Bei einer Streckenlänge von z. B. 100 km und 12,5 % Jahresbetriebskosten einer werkseigenen Anlage dürften deren Baukosten 80 000 bis 144 000 Fr. betragen, wenn sie mit einer gemieteten Leitung in Konkurrenz treten muss. Für 80 000 Fr. kann sich ein Werk mit den heute bekannten Mitteln eine eigene Anlage schaffen.

Unentbehrlich ist das Staatstelephon den Werken für den allgemeinen Verkehr; entbehrlich kann es für manche Betriebsstelle werden, wenn geeignetere Anlagen zur Verfügung stehen. Soweit sich die Werke nicht mit eigenen Verbindungsmitteln für den Betrieb vom Staatstelephon unabhängig gemacht haben, können Fälle eintreten, in welchen Werke und Telephonverwaltungen auf einander angewiesen sind. Es sei daher noch auf einige Erfahrungen hingewiesen. Das zeitliche Zusammentreffen von Störungen der Licht- und Kraftversorgung mit solchen des Telephons kann ein Werk in die unangenehme Lage bringen, dass das Staatstelephon ihm nicht eher Verbindungen schaffen kann, als das Werk wieder Strom liefert und umgekehrt kann das Werk ohne vorangehende Verständigung seiner Betriebsstellen dem Telephonamt keine Energie zu Beleuchtungs- oder Rufzwecken verschaffen. Es ist deshalb zweckmässig, diesen Fall mit dem zuständigen Telephonamt zu besprechen und da wo dieses nicht über Reserveenergiequellen verfügt, andere Hilfsmittel bereitstellen zu lassen, z. B. Induktoren für den Anruf.

2. Werkseigene Telephonstromkreise auf Hochspannungsgestängen.

Diese Art von Niederfrequenz-Drahttelephonie wird meist als Hochspannungstelephonie bezeichnet, weil die Leitungsdrähte unter dem Einfluss von Hochspannung stehen. Sie bildet einen ersten Schritt in der Entwicklung der Elektrizitätswerkstelephonie zum Unabhängigmachen der Werke vom Staatstelephon. Es war naheliegend, an den Gestängen der Kraftleitungen Telephondrähte anzubringen, um die Raschheit der Betriebsverbindungen zu steigern, doch erschwert man sich durch die Nachbarschaft der Hochspannungsleitungen das Telephonieren und erhöht die Apparatekosten gegenüber gewöhnlichen Drahttelephonen.

Bau und Betrieb werkseigener Telephonleitungen auf einem Gestänge sind keine produktive Erwerbszweige einer Starkstromunternehmung; wohl aber dienen sie dem Geschäftsbetrieb, insbesondere dem betriebstechnischen Dienst. Einer gewinnbringenden Ausnutzung dieser Privattelephonanlagen stehen die Konzessionsbestimmungen entgegen. Die Ueberlandwerke trachten daher nach möglichster Verbilligung dieser Verbindungsmittel.

Wohl sind nach Entstehung des Gesetzes von 1908 telegraphische Verbindungen durch Werke erstellt worden, doch konnten sie sich gegenüber den, einen rascheren und freieren Verkehr gestattenden, verbesserten Telephonanlagen nicht halten. Bei den Wechselstrom-Ueberlandwerken tritt eine Erschwerung ein, weil infolge der Parallelführung der Telephondrähte mit der Uebertragungsleitung, sei es auf denselben Tragwerken oder auf grosse Strecken auf separatem Gestänge, bedeutende Induktionsspannungen auftreten. Die Telephondrähte, die im allgemeinen als doppeldrähtige Schleife verlegt werden, sind einerseits einem elektrostatischen Wech-

selfeld ausgesetzt, welches stets vorhanden ist, wenn die benachbarte Wechselstromleitung (Ein- oder Mehrphasensystem) unter Spannung steht. Dazu kommt anderseits die Beeinflussung durch das elektromagnetische Wechselfeld, welches seine Ursache in dem im Wechselstromsystem fliessenden Strom hat, also mit der übertragenen Scheinleistung im Zusammenhang steht. Die auf diese Weise induzierte Spannung wächst mit der Länge der Parallelführung, der abnehmenden Distanz zwischen Telephon- und Kraftleitung, der Periodenzahl. Die auf elektrostatischem Wege induzierte Spannung steht in Abhängigkeit von der Spannung des Uebertragungssystems und der Kapazität der Telephonleitung gegen jenes, sowie gegen Erde. Sie ist also von vornherein durch die Betriebsspannung und durch die räumliche Anordnung der einzelnen Drähte, gegeneinander und gegen Erde, sowie durch die Drahtdurchmesser bestimmt. Anders verhält es sich mit der elektromagnetischen Induktion, denn die Belastungen der Wechselstromleitungen sind in weiten Grenzen variabel und nicht immer zum voraus genau bestimmbar. Die gegenseitige Lage der Drähte hat auch an dieser Beeinflussungsart ihren Anteil. Die Periodenzahl des Stromes der Hochspannungsleitung darf als konstant betrachtet werden; im Hörer treten die Oberschwingungen des Hochspannungsnetzes viel unangenehmer hervor, als die tiefe Grundschwingung.

Sucht man Mittel und Wege um die verschiedenen Einflüsse unwirksam oder unschädlich zu machen, oder wenigstens deren störende Einwirkung auf den Fernsprechbetrieb zu beseitigen, so hält man sich zuerst an diejenigen Grössen der Uebertragungsleitung, die zu deren Baukonstanten gehören. Sind nämlich die beiden Drähte einer Schleifenleitung verschiedenen elektrostatischen und elektromagnetischen Einflüssen ausgesetzt, so entstehen wohl gleichgerichtete, aber verschieden grosse Induktionsspannungen in beiden Drähten. Ihre Differenz führt zu Ausgleichsströmen, welche die an die Leitung parallel geschalteten Sprechapparate durchfliessen, störende Geräusche verursachen und sogar die Einrichtungen gefährden können. Die Abhilfe wird dadurch geschaffen, dass die beiden am Hochspannungsgestänge oder in dessen Nähe verlegten Drähte einer Telephonschleife in regelmässigen Abständen gekreuzt werden, also ihren Platz wechseln, wodurch eine praktisch genügende Symmetrie erreicht wird. Voraussetzung ist hiebei, dass beide Drähte von Erde gleich gut isoliert sind. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so ist es nicht mehr die Differenz der absoluten Grössen der induzierten Spannungen, welche die Ausgleichströme hervorruft, sondern die Ableitung im einen Draht, weil sich das Spannungsgefälle gegen die Punkte der Ableitung verschiebt und die Sprechstellen aus ihrer elektrischen Symmetrieachse in das Gebiet der Ausgleichströme rückt. Um die Ursache der störenden Geräusche zu beseitigen, führt man die induzierten Spannungen von der Telephonleitung gegen Erde ab, ohne aber die Telephondrähte direkt zu erden. Dabei ist zu beachten, dass die Sprechströme und die induzierten Spannungen von verschiedener Frequenz sind. Diese Tatsache ermöglicht die Erdung der Telephonleitung über eisengefüllte Spulen, welche für die Sprechströme hoher Frequenz eine Verbindung von grossem Scheinwiderstand bilden, während in den beiden Wicklungen der Erddrosselspule durch die zur Erde abfliessenden induzierten Ströme entgegengesetzt gerichtete magnetische Felder auftreten, die sich aufheben. Alle äusseren Einflüsse, welche in den beiden Drähten Induktionsspannungen verschiedener Grösse hervorrufen, stören die Symmetrie in gleichem Masse wie Ungleichheiten in den elektrischen Konstanten der Drahtleitungen. Solche Möglichkeiten liegen in direktem Uebergang von Hochspannung in einen Telephondraht, in welchem Falle die Erddrosselspule nicht imstande sein wird, den auftretenden Strom abzuführen, ohne selbst dabei Schaden zu leiden; zudem würde das Bedienungspersonal gefährdet. Man schützt die Sprechstationen durch vorgeschaltete Stromsicherungen und Spannungsableiter. Immerhin muss die Schaltung so getroffen werden, dass die Erddrosselspule nur im Notfalle, also zum Schutz gegen Verbrennen abgeschaltet wird, weil damit die Telephonleitung von Erde ganz isoliert wird, die Induktionsspannung auf hohe Werte steigen und die

Telephonleitung oder etwa noch angeschaltete Glocken beschädigen kann. Erträgt dagegen die Erdungsspule den abzuführenden Strom trotz einer für den Menschen gefährlichen Spannung, so muss zu dessen Schutz eine weitere Vorkehrung getroffen werden, die man durch Transformieren der Sprechströme auf Niederspannung zu erreichen sucht. Dadurch wird es möglich, Sprechapparate der heute üblichen Bauart zu verwenden, immerhin unter der Bedingung, dass die Wicklungen von Apparat und Schutztransformator aufeinander abgestimmt sind und dass ein zusätzlicher Induktor das Aufrufen der Gegenstationen ermöglicht.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (E.W.Z.) hat Versuche angestellt mittels einer dem Netz entnommenen Wechselspannung von 60 bis 80 V (50 Per/s) über eine Drahtleitung von 137 km Länge zu rufen bei 7 an die Leitung parallel geschalteten Stationen (12 Sprechstellen). Die Anlage funktioniert seit 4 Jahren befriedigend; allerdings ist die Beschränkung der parallelgeschalteten Wecker auf ein Mindestmass oder die Verwendung eines besonderen Rufrelais in jeder Station notwendig.

Die Betriebssicherheit von Hochspannungstelephonen ist mit derjenigen der auf dem gleichen Gestänge geführten Kraftleitung eng verknüpft. Es kommt vor, dass die Drähte des Hochspannungstelephons durch Hochschnellen oder Reissen die Ursache von Störungen der darüber angeordneten Hochspannungsleitung werden oder dass umgekehrt die Hochspannungsdrähte den Telephonbetrieb stören. Hiezu ist eine direkte Berührung nicht erforderlich, sondern es genügt eine in hohem Grade unsymmetrische Belastung oder ein Erdschluss im Hochspannungsnetz. Uebertritt von Hochspannung in das Hochspannungs-Telephonnetz muss die Schutzvorrichtungen zum Ansprechen bringen; damit wird die Verständigung unterbrochen. Der Hochspannungs-Telephonbetrieb unterliegt somit ähnlichen und gleichzeitig auftretenden Störeinflüssen wie die Hochspannungsleitung. Niemand wird die Forderung stellen, dass die Sprechmöglichkeit bei Drahtbruch fortdauern müsse. Man schickt sich also im allgemeinen in die Koinzidenz von Störungen im Uebertragungsnetz und im Hochspannungstelephon. Das E.W.Z. hat diesem ausgesprochenen Nachteil des Verbindungsmittels dadurch zu begegnen versucht, dass es in den mit Schutzeinrichtungen ausgerüsteten Stationen jene in doppelter Zahl anbrachte; ein Satz ist stets im Betrieb, während der andere betriebsbereit, aber abgetrennt in Reserve steht. Tritt eine Störung im Hochspannungstelephon ein, so werden die Schutzeinrichtungssätze rasch von Hand umgeschaltet und der Telephonverkehr ist wieder möglich. Das Hochspannungstelephon hat dank seiner Empfindlichkeit die für den Betriebsleiter angenehme Eigenschaft, durch die Wecker Isolationsfehler, Spannungsübertritt oder stark unsymmetrische Belastung anzuzeigen. Damit ist das Betriebs- und Streckenpersonal sehr rasch über den Isolationszustand der Hochspannungstelephon- wie der Hochspannungsleitung unterrichtet. Das E.W.Z. verfügt seit dem Jahre 1909 über Hochspannungstelephone und besass früher auch ein durch die gleichen Drähte verbundenes Telegraphensystem. Das Werk hat Gelegenheit gehabt, in langjähriger Entwicklung die Fortschritte zu verfolgen und auf seinen 290 km langen Strecken zu erproben. Besondere Schwierigkeiten verursachte seiner Zeit die Herstellung passender Erddrosselspulen.

Wenn auch die Betriebssicherheit von Hochspannungstelephonen nicht restlos befriedigt, so ist doch durch die zur Befriedigung der Betriebsbedürfnisse eigens hergestellten Netze die rasche Ueberlandverbindung ermöglicht. Wenn eine Mehrzahl von Stationen in einem Netz vorhanden ist, können sie, je nach den Erfordernissen und den örtlichen Verhältnissen durch ein Radialnetz mit einer Zentralstation verbunden oder alle dauernd parallel geschaltet werden.

Die Baukosten von Hochspannungstelephonen sind von den zu überbrückenden Strecken abhängig, wenn die Leitungskosten mitgerechnet werden. Vergleichsweise sei angeführt, dass eine vollständige Stationsausrüstung von Siemens & Halske mit einem Sprechapparat und allen zugehörigen Schutzeinrichtungen ohne die Montage etwa 1000 Fr. kostet. Die reinen Baukosten einer Telephonschleife an vorhandenem

Gestänge betragen etwa 600 Fr./km ohne Berücksichtigung der höher zu bemessenden Stützpunkte. Wenn der Bau von 100 km Hochspannungstelephonleitung mit 2 Sprechstellen die vorher erwähnten 80000 Fr. kosten darf, bleiben auf 1 km Leitung rund 200 Fr. für die Mehrkosten der höhern Tragwerke. Sowohl Leitungen wie Stationen bedürfen aber der Pflege; insbesondere müssen der Isolationszustand des Telephonnetzes und die Symmetrie der Schaltung dauernd aufrecht erhalten bleiben. Bei modern gebauten Uebertragungsleitungen mit mittleren und grossen Spannweiten wird das Anbringen von Telephondrähten schwierig oder gar unwirtschaftlich. Einerseits begrenzt die Bruchfestigkeit der Telephondrähte die Spannweite und anderseits müsste das Mastbild bei grosser Spannweite wegen des grössern Durchhanges und der Gefahr der Leiterberührung stark erweitert werden. Dadurch steigen die Mast-Mehrkosten erheblich, so dass das Anwendungsgebiet der Hochspannungs-Drahttelephonie beschränkt ist.

3. Hochfrequenz-Uebertragungssysteme für Kraftwerke.

Die Verbindungs- und Signalmittel, welche sich hochfrequenter Wellen bedienen, sind so wichtig und für Kraftwerke so zukunftsreich, dass dieser Stoff hier ausführlicher und zum Teil beschreibend in gegliederter Form behandelt wird.

a) Allgemeines über Hochfrequenzübertragung.

Gegenüber der Raum-Telephonie hat die leitungsgerichtete Hochfrequenz (HF)-Telephonie den grossen Vorteil besseren Energiewirkungsgrades, daher kleinerer Senderleistungen und billiger Geräte. Es wird davon abgesehen, die bisher in der Schweiz im Dienste der Kraftwerks-Unternehmungen noch nicht praktisch angewendete Raumtelephonie hier zu erörtern, obschon es denkbar ist, dass auch dieser Verständigungsweg einmal in den Dienst der Kraftwerke gestellt wird.

Die Hochfrequenztelephonie längs Drahtleitungen verdankt ihr Entstehen dem Bestreben, die Wirtschaftlichkeit von Telephonverbindungen durch Mehrfachausnützung vorhandener Drähte zu steigern, sowie dem Wunsche, Verbindungsmittel zu schaffen, welche nicht den gleichen Störeinflüssen, wie die Hochspannungsfreileitungen unterworfen sind. Die Grosskraft-Fernübertragung hat zum Bau von sehr widerstandsfähigen Freileitungen geführt, deren Betriebssicherheit von der Hochfrequenztelephonie vielleicht noch übertroffen wird. Die Hochfrequenzübertragungsmittel sind nur vom Isolationszustand der als Richtleitungen benützten Hochspannungsübertragungssysteme abhängig. Sie machen sich deren gute Pflege durch die Werke zu Nutze. Die Anforderungen, welche von den Elektrizitätswerken an die Hochfrequenz-Nachrichtenmittel gestellt werden, können heute, ausgenommen durch die Kabeltelephonie, kaum durch ein anderes Hilfsmittel erfüllt werden.

Die HF-Telephonie der Elektrizitätswerke benützt hochfrequente elektromagnetische Wellen, welche sich im Dielektrikum der Hochspannungs-Freileitungen fortpflanzen; diesem Band hochfrequenter Trägerwellen werden die Sprachschwingungen niederer Frequenz überlagert. Weil die wissenschaftlichen und konstruktiven Grundlagen der Schwingungserzeugung (Röhrensender), Modulation, Verstärkung usw. im Rahmen dieser Abhandlung keinen Platz finden, bleiben sie unerörtert. Dagegen sollen hier die für die Elektrizitätswerk-Telephonie charakteristischen Energieübertragungsverhältnisse eingehender betrachtet werden, denn sie müssen vor dem Bau neuer Anlagen von Fall zu Fall beurteilt werden und interessieren deshalb die Werksleitungen. Die in der Einleitung unter *a* und *b* aufgestellten Forderungen hoher Betriebssicherheit, sowie jederzeitiger rascher Verbindungsmöglichkeit sind wegleitend für die Beurteilung der Verhältnisse. Will man die verschiedenen zu Gebote stehenden Lösungen vergleichen, so sollten sie auf der Basis gleicher Empfangslautstärke einander gegenübergestellt werden und zwar unter voller Berücksichtigung aller Betriebsbedingungen. Empfänger- und Senderstrom sind durch die Dämpfung der Uebertragungsstrecke miteinander verknüpft, während die Laut-

stärke vom Empfängerstrom in quadratischer Beziehung abhängig ist. Dämpfungsänderungen rufen daher erhöhte Lautstärkeschwankungen hervor. Die Dämpfung des Uebertragungsmittels ist im allgemeinen wegen der ändernden Betriebsverhältnisse nicht konstant; um die wünschbare gleichmässige Empfangslautstärke zu erzielen, müsste die Senderleistung oder die Abstimmung verändert werden. Beide Möglichkeiten verlangen Eingriffe und sind für ein Verbindungsmittel höchster Betriebssicherheit keine Ideallösungen. Wertvoller scheint ein Ausweg zu sein, welcher mit der geringstmöglichen Dämpfungsschwankung arbeitet. Die Ursachen der Dämpfungsänderungen können in Schalthandlungen, Leitungsstörungen oder atmosphärischen Einflüssen liegen; sie sind also nicht leicht auszuschalten. Für eine Anlage ist zur Erreichung höchster Betriebssicherheit, unter Vermeidung jedes künstlichen Eingriffs zur Wiedererstellung der Verbindung unwesentlich, ob sie auch im Normalbetrieb dauernd mit höherer Dämpfung oder einem Energieüberschuss arbeitet. In der Praxis äussern sich diese Erwägungen in der Frage der Benützung einer Richtphase und der Erde (Einphasenkopplung) oder zweier Phasen des Hochspannungssystems (Zweiphasenkopplung). Im ersten Fall ist die Dämpfung je nach der verwendeten Wellenlänge dauernd etwa 2,5 bis 3,5 mal grösser als im zweiten. Für bestimmte Sende- und Empfangsgeräte drückt der Quotient aus grösstem möglichem Senderstrom und kleinstem notwendigem Empfängerstrom die Reichweite aus; sie ist direkt abhängig von der Dämpfung der Leitung. Man erkennt daraus, dass die Zweiphasenkopplung mit ihrer im Normalbetrieb niedrigen Dämpfung vorwiegend zur Ueberbrückung grosser Strecken geeignet ist; bei Störung der Richtleitungen von Zweiphasenkopplung treten im allgemeinen grosse Dämpfungsänderungen auf, die zur Aufrechterhaltung des Sprechverkehrs in der Regel höhere Senderleistungen verlangen. Die HF-Telephonie der amerikanischen Elektrizitätswerke hat sich in dieser Richtung entwickelt. Berücksichtigen wir noch die weiteren Vor- und Nachteile der beiden Kopplungsmöglichkeiten. Bei Zweiphasenkopplung ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine der Kopplungsphasen an einer Leitungsstörung beteiligt ist, unbedingt grösser als bei der auf Dämpfungsänderungen unempfindlicheren Einphasenkopplung. Während bei Zweiphasenkopplung auf kurzen Leitungsstrecken Aenderungen der Betriebsschaltung sich weniger stark bemerkbar machen als bei Einphasenkopplung, stellt bei gleich grossem Aufwand an HF-Sperren Einphasenkopplung die vollkommenere Lösung dar als Zweiphasenkopplung mit Sperrung nur einer Welle in jedem Verzweigungs- oder Kopplungspunkt. Nachteilig sind die unbekannten Erdeinflüsse bei Einphasenkopplung, insbesondere Aenderungen der Leitfähigkeit und des Erdübergangswiderstandes. Um die schwankenden Erdeinflüsse für die HF-Anlage praktisch bedeutungslos zu machen, bedarf die Einphasenkopplung guter Geräte- oder Masterdungen. Nachteilige Wirkungen der schwankenden Erdeinflüsse sind uns weder aus Anlagen mit, noch aus solchen ohne Erdseil bekannt geworden. Der Erdwiderstand muss im Vergleich zum Wellenwiderstand der Leitung auf einem niedrigen Mass gehalten werden. Bei Rauhreif an den Leitungen ist anzunehmen, dass sich die Zweiphasenkopplung ungünstiger verhält als die einphasige, weil Dämpfung und Widerstand stärker ansteigen. Unter besonderen Umständen, welche die Betriebssicherheit nicht direkt beeinflussen, verhält sich die zweiphasige Kopplung günstiger als die einphasige. Isolationsfehler der Richtleitungen verursachen bei Zweiphasenanschluss theoretisch schwächere Störgeräusche. Die aktive Einwirkung fremder Sender (Stören) und der passive Einfluss benachbarter Empfänger (Abhören) sind bei Einphasenkopplung grösser; um quantitativen Aufschluss zu erhalten, müssen die herrschenden Verhältnisse berücksichtigt werden. Der moderne Leitungsbau mit seinen grossen Leiterabständen erhöht die bei kleinem Mastbild geringe Abhörbarkeit der Zweiphasenkopplung. Diese Beurteilung der Kopplungsfrage setzt gleiche Sende- und Empfangsgeräte voraus, wobei zu beachten ist, dass die Selektivität (System, Fabrikat) der Geräteschaltung auf die Güte der Sprachübertragung einen wesentlichen Einfluss ausüben kann. Nach diesen Erwägungen bestehen in der Betriebssicherheit zwischen beiden Systemen beachtenswerte Unterschiede; die Be-

triebserfahrungen haben aber bewiesen, dass in europäischen Verhältnissen beide Kopplungsarten praktisch fast gleich gute, jedenfalls befriedigende Verhältnisse ergeben.

Ausser der Uebermittlung von Lauten können hochfrequente Schwingungen zur Uebertragung von geschriebenen Zeichen, von Bildern, von Messwerten, von Schaltbefehlen, von Steuerimpulsen und von Rückmeldungen verwendet werden. Man kennt heute das Fernsprechen, Fernschreiben, Fernsehen, Fernmessen, Fernbefehlen und -Steuern, Fernmelden. Zweifellos ist das Fernsprechen mittels hochfrequenter Trägerwellen von den aufgeführten Anwendungsmöglichkeiten heute am weitesten entwickelt. Es gibt verschiedene Verfahren zur Uebertragung von Messwerten mittels hochfrequenter Wellen. Man trachtet im allgemeinen, die für den Fernsprechverkehr notwendigen HF-Geräte und Kondensatoren mitzubenützen. Auf dem Markt sind aber auch besondere kleine Sende- und Empfangsgeräte erhältlich, welche einen billigeren Betrieb ermöglichen als Sprechgeräte. Für die Fernmessung werden besondere Trägerwellenpaare benützt; Wellenlängen, die sich für Sprachübertragung nicht eignen, können der gleichzeitigen Uebermittlung mehrerer Messwerte dienen. Fernmessanlagen bestehen schon und für die Fernschreibverfahren zeigen viele Betriebsleiter wegen der raschen Uebermittlung geschriebener und mit Schemata versehener Schaltbefehle grosses Interesse. Die Anwendung dieser Methoden ist jedoch noch jung und die Apparate sind kaum der Durchbildung entwachsen, so dass auf konstruktivem Gebiet wohl noch eine starke Weiterentwicklung zu erwarten ist. Die praktische Erprobung der heute bekannten Systeme, ihre Einführung und weitere Verbreitung bei den Werken bleibt der Zukunft vorbehalten.

b) Bau- und Betriebs-Erfahrungen mit Hochfrequenzübertragung.

Theoretisch gibt es induktive und kapazitive Ankopplung der HF-Stationen an die Richtleitungen; praktisch kommt heute fast nur noch die zweite Art zur Verwendung. Die früher benützte Antennenkopplung ist abhängig vom Mastbild und hat im allgemeinen den Nachteil grösserer Kapazität gegen Erde als gegen die Richtleitungen. Heute benützt man meistens Kopplungskondensatoren, deren Kapazität von der Grössenordnung 10^3 cm ist. Während bis in die letzte Zeit überwiegend Hartpapierkondensatoren verwendet wurden, gibt es heute auf dem Markt auch Kondensatoren, deren Isolation aus Porzellan besteht. Die Konstruktion der von der Hescho G.m.b.H. in den Handel gebrachten ein- und zweiteiligen Freiluft-Porzellankondensatoren ist an sich neu. Eine Flasche aus Porzellan ist durch Aufbringen je eines inneren und äusseren hautdünnen Metallbelages als Kondensator ausgebildet. Bei der einteiligen Ausführung trägt die Flasche selbst um ihren Hals die Regenteller. Der Hals muss luft- und wasserdicht verschlossen werden; er trägt eine aufgekittete Klöppelklappe. Von ihr aus wird die Hochspannung mittelst einer durch den Hals zum Boden-Federkontakt verlaufenden Stange an den inneren Flaschenbelag gelegt. Der äussere, durch einen Metallmantel geschützte Belag, ist mit der untern Kappe verbunden, an welche das Geräte oder ein weiteres Kondensatorenelement angeschlossen wird. Wesentlich für die Fabrikation dieser Kondensatoren war die Kenntnis des Porzellan-Giessverfahrens, der Herstellung gut haftender, fehlerfreier Metallbeläge mit zweckmässig ausgebildetem Rand, insbesondere auch im Innern der Flasche. Die Armaturen sind jedoch aufgekittet, wodurch ein wahrscheinlich der Alterung unterworfenes Element und die Gefahr der Rissbildung auch in diese Kondensatorbauart eingeführt wird. Für die Verwendung im Freien dürfte aber das Porzellan im Hinblick auf seine allgemeinen und günstigen elektrischen Eigenschaften in scharfe Konkurrenz zum Hartpapier treten, um so mehr, als auch der Papierkondensator für Freiluftzwecke bisher meistens mit einem gekitteten Porzellanüberwurf versehen wurde. Die für die verschiedenen Kondensatorbauarten pro Element garantierten elektrischen Prüfwerte halten sich annähernd die Wage (ca. 150 kV, 5 Minuten, trocken). Aus Fig. 1 geht der Aufbau des einteiligen Porzellankondensators hervor. Mit Kabelkondensatoren sind wohl Versuche angestellt, aber keine günstigen Erfahrungen gesammelt worden.

Die mit Abstimmkreisen versehenen, vom Betriebsstrom durchflossenen HF-Sperren (kurzschlussfest!) und die Kopplungskondensatoren sind als Teile der Hochspannungsanlage zu betrachten; sie geniessen deshalb meistens die besondere Aufmerksamkeit der Betriebsleiter. So wie die HF-Sperren das Abwandern der HF-Energie auf nicht zur Richtphase gehörende Leitungen verhindern, so sollen die HF-Brücken die Energie dauernd über zwischen den Sprechorten liegende Schaltpunkte hinwegleiten, in welchen die Richtleitung betriebsmässig unterbrochen werden kann. Die Zahl der in einer Anlage unumgänglichen HF-Brücken hat nicht nur eine Schwächung der Empfangsenergie zur Folge, sondern beeinflusst wegen der hohen Baukosten die finanzielle Seite dieses Verbindungsmittels in wesentlichem Masse.

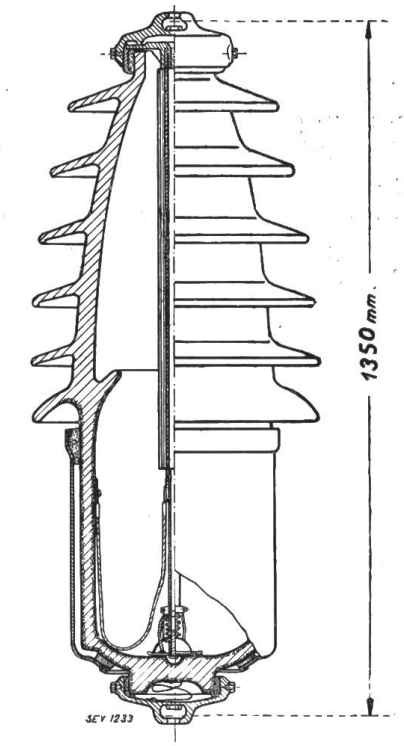

Fig. 1. Porzellankondensator.
Porzellan.
Leitender Belag.

Die in der Schweiz vorkommenden Leitungsstrecken erheischen im allgemeinen keine grösseren Senderleistungen als 5 bis 10 Watt. Wenn nicht mehr als zwei HF-Brücken in Reihe liegen, kommt an der empfangenden Station genügend Energie an, um den Anruf sicher zu übermitteln und den Sprechverkehr selbst bei starker Dämpfung zu ermöglichen. Die HF-Uebertragung gestattet niederfrequenzseitig den Anschluss von Telephonautomaten und damit die freie Durchwahl. Gerade der Automat löst die Aufgabe, unzählige vorher vereinbarte Schaltbefehle, Rückmeldungen usw. zu vermitteln. Die Wahl der Gegenstation geht mittels des Nummernschalters in gleicher Weise vor sich, wie beim automatischen Staatstelephon.

Moderne HF-Telephonanlagen benötigen ein Trägerwellenpaar für das Sprechen und Gegensprechen ohne Umschalten. Die ruhenden Geräte sind stets auf die Empfangswelle eingestellt; der Wellenwechsel wird beim Betätigen des Geräts automatisch eingeleitet. Die Erzeugung hochfrequenter Schwingungen in Generatorröhren erheischt Gleichstrom. Vorläufig gehören zu jedem HF-Gerät eine oder mehrere Akkumulatorenbatterien. Die Anodenspannung wird bei einzelnen Systemen einer besondern 300 bis 400 Volt-Batterie entnommen; sie kann aber auch in Umformern mit funkenfreiem Lauf erzeugt werden. Die Pflege dieser Hilfsbetriebe bildet in den Unterhaltskosten einen mindestens ebensogrossen oder grösseren Posten als der Ersatz von Sicherungen und Röhren. Die zur Ladung der Batterien erforderliche elektrische Arbeit fällt für Kraftwerke nicht ins Gewicht.

Die Betriebserfahrungen mit neueren Geräten haben ergeben, dass die HF-Anlagen ausserordentlich betriebssicher funktionieren können. Von insgesamt 6 Verbindungsstörungen innerhalb eines Jahres auf einer mit 2 Geräten versehenen Strecke waren 2 auf die Hilfsbetriebe und 4 auf das Versagen von Röhren zurückzuführen. Jede der ausgefallenen Röhren hatte die garantierte Brenndauer überschritten; einzelne dauernd im Betrieb stehende (Empfänger-) Röhren erreichten über 8000 Brennstunden. Von den Hochspannungsleitungsstörungen verursachte keine eine merkliche Beeinträchtigung des Anruf- oder Sprechverkehrs. Gegenüber Gewittern sind die HF-Telephone im allgemeinen wenig empfindlich; diese Eigenschaft ist dort besonders erwünscht, wo Leitungen älterer Bauart im Betriebe stehen, welche durch Gewitter erfahrungsmässig leicht beschädigt werden können. Die Stör- und Abhörmöglichkeit ist wie erwähnt bei Einphasenkopplung grösser als bei zweiphasiger; es ist uns aus der Schweiz bisher kein Fall von Abhören der, im übrigen für Drittpersonen wenig interessanten Betriebsgespräche bekannt geworden. Damit verschiedene Werke, welche HF-Telephonanlagen betreiben, einander nicht stören,

werden in zusammenstossenden Sprechbezirken die gleichen Wellenlängen nur einmal verwendet (Wellenverteilung).

Das E.W.Z. hat schon im Jahre 1920 Versuche auf einer 140 km langen 50 kV-Uebertragungsleitung alter Bauart vorgenommen. Die Ruf- und Sprechverbindungen mit damaligen Hilfsmitteln (Antennenkopplung, keine HF-Sperren) waren jedoch unzuverlässig und von Schaltungen im Hochspannungsnetz abhängig. Die aus den letzten 4 bis 6 Jahren stammenden und grösstenteils inzwischen vervollkommneten Anlagen stellen in der Elektrizitätswerk-Telephonie bezüglich Betriebssicherheit und Uebertragungsgüte einen grossen Fortschritt dar.

c) Die Hochfrequenz-Telephonnetze in der Schweiz.

Der Zusammenschluss von Hoch- und Niederdruckwerken der gleichen Unternehmung zur besseren Anpassung verschiedener Produktionsmöglichkeiten an den veränderlichen Bedarf war die Vorstufe des galvanischen Zusammenschlusses der Netze benachbarter Unternehmen. Dieser liegt in der Schweiz noch nicht viel mehr als ein Jahrzehnt zurück. Damals beherrschte der Sammelschienengedanke viele Geister; heute sind aber die Verbindungen von Unternehmen zu Unternehmen viel leistungsfähiger und die gegenwärtigen Beziehungen vielerorts enger als früher.

Art. 1 und 3 des Telegraphen- und Telephonverkehrsgesetzes von 1922 machen alle Anlagen für elektrische und radioelektrische Zeichen, Bild- und Lautübertragung konzessionspflichtig. Auf der Grundlage des genannten Art. 6 der Bundesvorschriften ist es denkbar, dass das Bedürfnis des direkten Sprechverkehrs verschiedener Betriebsleitungen untereinander einem werkseigenen schweizerischen Fernsprechnetz ruft. Wenn mehrere Unternehmen HF-Telephonnetze besitzen, die in einzelnen Stationen zusammenstossen, ist es ein leichtes, durchgehende Verbindungen herzustellen. Diese Möglichkeiten lassen die allmähliche Entstehung eines, einen grossen Teil der Schweiz überspannenden, HF-Telephonnetzes erwarten, welches aber nur von benachbarten Werken benützt und nur während des Bestehens von Energieaustauschverträgen wirklich über die eigene Unternehmung hinaus betrieben werden dürfte. Die Kupplung von Netzen, welche verschiedenen Werken gehören, wird zweckmässigerweise niederfrequent erfolgen; die Unternehmen sind dann in der Systemwahl vollkommen frei. Die Hochfrequenzübertragung bringt es mit sich, dass während eines Gespräches, welches zwei Stationen miteinander führen, die übrigen auf die gleichen Wellen abgestimmten Stationen nicht gleichzeitig weitere Verbindungen unter sich herstellen können. Unternehmen mit einer grösseren Anzahl von HF-Sprechstellen gruppieren zweckmässigerweise ihre Stationen in mehrere Sprechbezirke; es werden dadurch allerdings mehr Wellenpaare beansprucht, aber es können ebensoviele Verbindungen gleichzeitig hergestellt werden als Sprechbezirke — Wellenpaare — zur Verfügung stehen. Die gleichmässige Verteilung der Wellen ist im Hinblick auf das Zusammenstossen von Richtleitungen verschiedener Sprechbezirke und Unternehmungen notwendig. Die Wellen über 2000 m sind von der O.T.D. für den Elektrizitätswerk-Telephonverkehr im Rahmen der

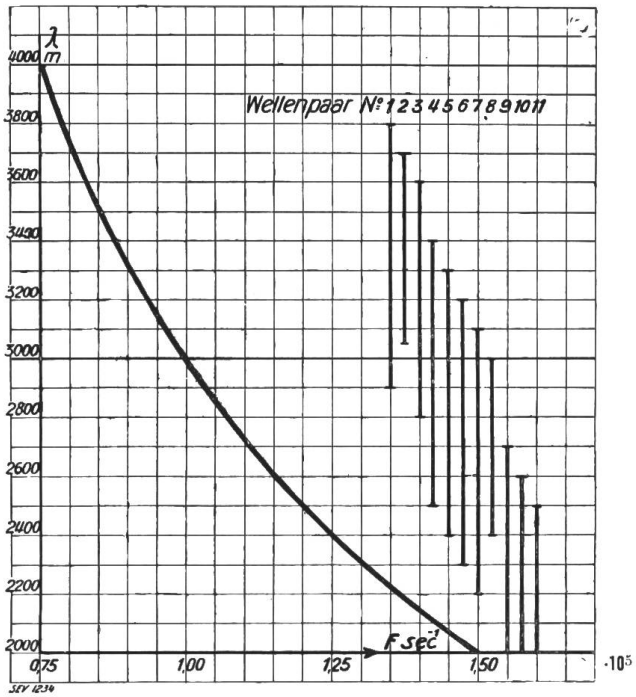

Fig. 2.
Wellenverteilung.

Konzessionen freigegeben. Um einen einwandfreien HF-Telephonverkehr zu gewährleisten sind verschiedene Bedingungen zu erfüllen; je nach der Selektivität der Geräteschaltung müssen die lange und die kurze Welle wenigstens 20 bis 30 % dieser letzteren auseinanderliegen. Die in Knotenpunkten verwendeten Wellen verschiedener Sprechbezirke sollten eine Differenz von wenigstens $5 \cdot 10^3$ Per/s und, sofern die Richtleitungen auf eine gemeinsame Sammelschiene münden, einen Unterschied von 10^4 Per/s aufweisen. Zur Nachprüfung der Knotenpunktsbedingungen benützt man zweckmässigerweise einen Frequenzen- und Wellenlängenplan nach Fig. 2. Die für das betreffende System geforderten Frequenz-Unterschiede können im Abszissenmasstab direkt abgegriffen werden. In Fig. 2 und Tabelle I

Tabelle I.

Unternehmen	Sprechbezirk	Wellenpaar No.*)	Wellenlängen Kurz m	Wellenlängen Lang m	Bemerkungen
a) Ganz innerhalb der Schweiz liegende Strecken:					
NOK	West	3	2800	3600	
NOK	Ost	6	2300	3200	
NOK	Kappelerhof-Grynau	10	2000	2610	
NOK	Schwörstadt . . .	12	2070	2700	projektiert
EWZ	Nord	9	2000	2700	
EWZ	Süd	1	2900	3800	projektiert
BK	. . . . .	4	2500	3400	
RW	Nord	7	2200	3100	projektiert
RW	Süd	3	2800	3600	
KWB	. . . . .	6	2300	3200	projektiert
BKW	. . . . .	2	3050	3700	
SK I	Rathausen . . .	5	2400	3300	
EEF	. . . . .				projektiert
EOS	. . . . .	13	1410	1890	kein Wellenwechsel
b) Die Landesgrenze kreuzende Strecken:					
SK II	Laufenburg . . .		3300	5600	
Ofelti	Bodio	11	2000	2500	kein Wellenwechsel

*) Vergl. Fig. 3.

sind die für ein, in absehbarer Zukunft entstehendes, schweizerisches HF-Telephonnetz vorgesehenen Wellen eingetragen (unverbindliche Zuteilung). Das Netz ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Aus Tabelle II geht die beträchtliche Zunahme der Gerätezahl und der Länge der mit HF-Telephonen ausgerüsteten Leitungsstrecken hervor.

Tabelle II.

	Im März 1927	Im April 1929
Anzahl der in der Schweiz im Betrieb stehenden Geräte . . .	13	24
Anzahl der in der Schweiz und auf den mit ihr verkehrenden Strecken benachbarter Länder befindlichen Geräte	20	31
Ganz in der Schweiz liegende HF-Telephonstrecken . . . ca.	330 km	650 km
In der Schweiz und von ihr nach den Nachbarländern ausgehenden HF-Telephonie-Strecken . . . . . ca.	950 km	1270 km

d) Bau- und Betriebskosten.

Die Hochfrequenz-Telephonverbindungen zeichnen sich dadurch aus, dass jegliche Kosten für Leitungsbau und -Unterhalt wegfallen. Dieses Verbindungsmittel ist in hervorragendem Masse zur Ueberbrückung grosser Entfernungen geeignet.

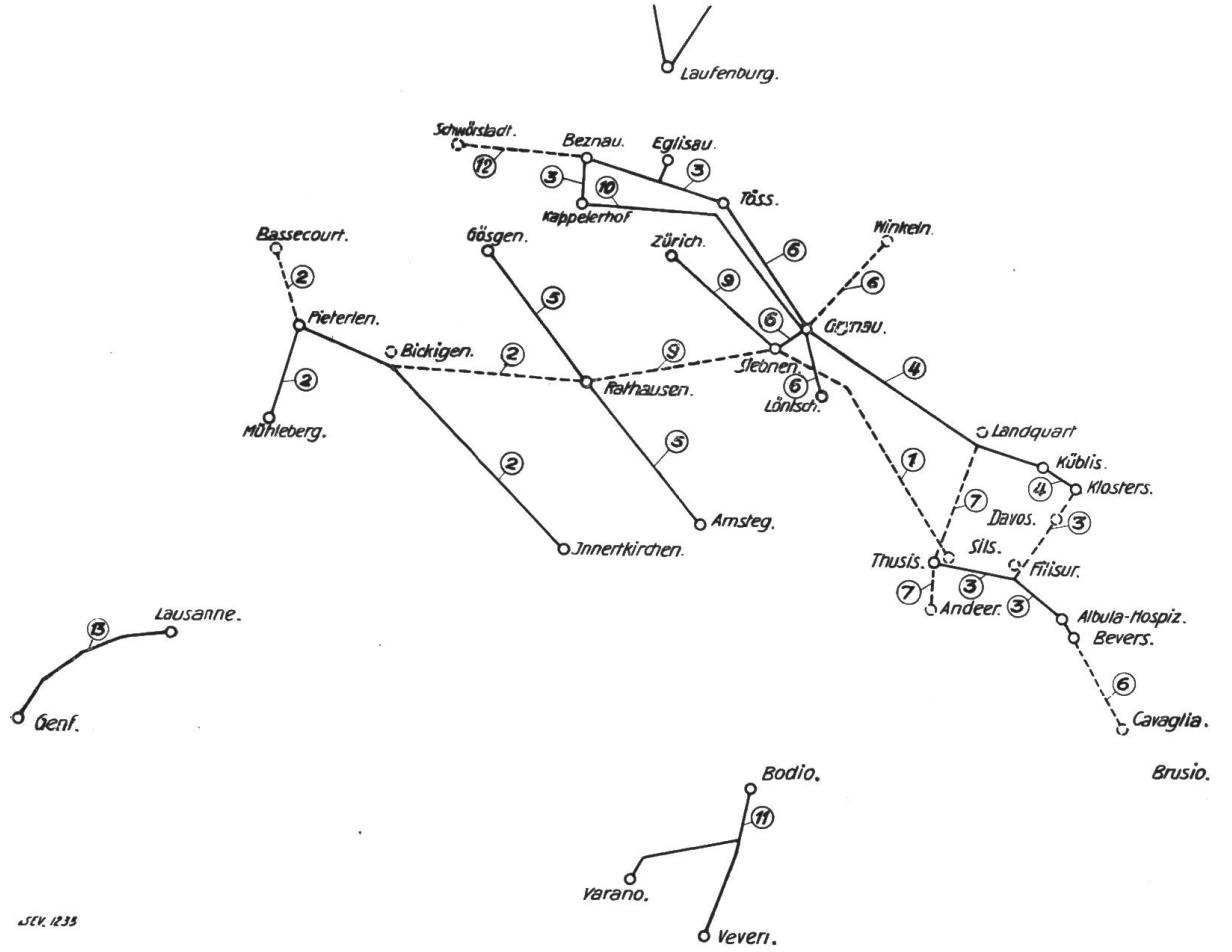

Fig. 3.
Schweizerisches HF-Telephonnetz (schematisch).
Durch Nummern sind die Wellenlängen angegeben, welche den Teilstrecken zugeteilt und in Tabelle I zahlenmässig aufgeführt sind.
—— Bestehende Sprechstrecken. ---- Projektierte Sprechstrecken.

In ganz rohen Zahlen ausgedrückt kostet ein Gerät (Telefunken, ähnlich wie D. T. W.) samt Montage rund Fr. 20000.—. Selbst wenn etwa noch HF-Brücken oder sonstige Komplikationen hinzukommen, kann man für das im Abschnitt 1 über gemietete Staatstelephonleitungen genannte Baukapital von Fr. 80000.— wenigstens drei Geräte mit allem Zubehör aufstellen und damit eine weit grössere Strecke als nur 100 km mit ganz beträchtlicher Betriebssicherheit überbrücken. Die Jahreskosten belaufen sich ohne den Energieverbrauch für ein Telefunken-Gerät für den Röhrenverschleiss allein auf 350 bis 400 Fr., das sind 2 % der Baukosten eines Geräts; bei einem Gerät der D. T. W. steigen sie annähernd auf das Doppelte. Hiezu kommen ausser dem Kapitalzins etwa 200 kWh pro Jahr, die Batteriewartungskosten, sowie allfälliger Sicherungsersatz und Gerätereparaturen. Diese treten allerdings in den ersten Betriebsjahren zurück und über ältere Geräte liegen noch keine Betriebserfahrungen vor.

Wenn man von einzelnen Fehlschlägen in der kurzen Reihe von Entwicklungsjahren der Elektritätswerks-Telephonie absieht, darf man zusammenfassend behaupten, dass die heute bekannten Systeme von HF-Telephonie befriedigende Betriebsresultate ergeben und sich gegenüber Staats- und Hochspannungstelephon an ihren Plätzen als betriebssicher und konkurrenzfähig erwiesen haben.

4. Werkseigene Niederfrequenz-Verbindungen.

Zu den zuverlässigsten Verbindungsmitteln gehören die werkseigenen Telephonnetze, sofern sie sich in gutem Zustand befinden. Besonders betriebssicher sind

Anlagen mit Kabelleitungen. In der Schweiz verfügen die Bundesbahnen seit der Elektrifizierung über ein ausgedehntes eigenes Telephon-Kabelnetz. Im Besitz von Kraftwerksunternehmungen erreichen diese Netze meist nur eine beschränkte Ausdehnung, weil sie sich nur in Bezirken lohnen, in denen die Sprechstellen im Versorgungsgebiet ziemlich dicht beisammen liegen und wo die Telephonkabel in den Gräben der übrigen elektrischen Kabel verlegt werden können; diese Voraussetzungen sind im allgemeinen in städtischen Verhältnissen erfüllt, während in der Ueberlandversorgung die Kabelverbindungen wegen der grossen Strecken zu teuer ausfallen. Der Aufwand für diesen Hilfszweig der Elektrizitätsversorgung kann aber in Städten einen erheblichen Umfang annehmen. Das E.W.Z. besitzt beispielsweise allein innerhalb des Stadtgebietes ein eigenes Telephonkabelnetz von rund 440 km Drahtlänge. Solche werkseigene Telephonnetze sind auf die Betriebsanforderungen zugeschnitten und leisten daher vorzügliche Dienste im ordnungsmässigen Betrieb, besonders aber dank ihrer Betriebssicherheit auch bei Störungen der Speiseanlagen. Wenn die Bauaufwendungen gelegentlich hoch erscheinen mögen, können doch zuverlässig funktionierende Telephonverbindungen kostensparend wirken, wenn es mit ihrer Hilfe gelingt, Versorgungsstörungen in Ausdehnung oder Dauer zu beschränken.

5. Zusammenfassung.

Zum Schluss sei erwähnt, inwiefern die besprochenen Telephonarten den in der Einleitung genannten Bedingungen *(a, b, c)* zu genügen vermögen.

Vom Betriebsstandpunkt aus beurteilt, liegt der grösste Vorteil des *Staatstelephons* in seinen verhältnismässig niedrigen Betriebskosten (Bedingung *c*). Als genügend kann die Raschheit der Verbindung im Lokal- und im allgemeinen im interurbanen Verkehr vom Lande gegen die Stadt bezeichnet werden (*a*). Dagegen vermögen die Betriebssicherheit (Freileitungs-, Zentralen-Störungen) und der von Städten ausgehende Fernverkehr wegen der damit verbundenen Wartefristen die Betriebsbedingungen nicht im gewünschten Umfang zu erfüllen (*a* und *b*). Um jederzeit Verbindung zu erhalten, bedarf es einer organisatorischen Massnahme (*a*).

Hochspannungstelephone sind bezüglich Raschheit der Verbindungsherstellung und Verbindungsmöglichkeit zu jeder beliebigen Zeit für den Werkbetrieb vorzüglich geeignet (*a*). Dagegen ist die Betriebssicherheit nur mittelmässig; häufig fallen die Telephonstörungen mit den Leitungsstörungen zeitlich zusammen (*b*). Die Betriebskosten lassen sich mit denen des HF-Telephons wegen der Abhängigkeit von der Uebertragungsdistanz nicht generell vergleichen. Berücksichtigt man die Baukosten, so wird der Betrieb im allgemeinen teurer sein als der des Staatstelephons auf gleiche Streckenlänge (*c*).

Die *HF-Uebertragungssysteme* vermitteln die Verbindungen bei zweckmässigem Ausbau rasch und zu jeder Zeit (*a*). Die Betriebssicherheit ist im allgemeinen höher als bei Hochspannungstelephonen; von hohem Wert für den Werksbetrieb ist das Funktionieren bei Leitungs- oder Werksstörungen (Gewitter, Schneefall, Sturm usw.) (*b*). Die Betriebskosten sind unter Berücksichtigung der Anlagekosten allgemein höher als beim Staatstelephon; für einen Betriebskostenvergleich mit dem Hochspannungs- oder Staatstelephon muss die Streckenlänge und die Gesprächshäufigkeit berücksichtigt werden (*c*).

Rasch und jederzeit arbeiten *werkseigene Telephonnetze* (*a*); sie sind besonders betriebssicher, wenn sie verkabelt sind (*b*). Nachteilig sind die hohen Anlagekosten (*c*); dafür sind diese Netze im Unterhalt meistens sehr billig und erreichen eine beträchtliche Lebensdauer, wenn sie gepflegt werden. Die Betriebskosten sind unter diesen Umständen mässig (*c*).

Zurückblickend erkennt man, dass heute für jeden Werksbedarf eine passende Verständigungsmöglichkeit bekannt ist. Auch hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Telephonautomat eine erhöhte und vielseitige Ausnützung der Leitungen erlaubt. In jedem Einzelfalle bedarf es der Prüfung, welche Art des Verständigungsmittels technisch und wirtschaftlich gerechtfertigt ist.