

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen  
**Autor:** Meyer, U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916567>

#### 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:** 20.02.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

### Sonderdruck der "Seiten des VSE"

Wir planen einen *Sonderdruck der «Seiten des VSE»* mit folgenden zwei Artikeln (Nr. 25 und 26/1965):

1. «Das Konkurrenzverhalten der ölbefeuerten kombinierten Zentralheizungs-Warmwasserbereitungsanlagen zu elektrisch beheizten Speichern» von U.V. Büttikofer, Direktor der AEK, Solothurn

2. «Das Boilerproblem in energiewirtschaftlicher Sicht» von J. Blankart, Direktor der CKW, Luzern

Preis ca. Fr. 2.50. Interessenten wollen sich bitte melden beim Sekretariat des VSE, Postfach 3295, 8023 Zürich.

## Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen

von U. Meyer, dipl. Elektrotechniker, Aarau

621.398 : 621.316

Bereits im Jahre 1949 befassten sich die Industriellen Betriebe der Stadt Aarau ernsthaft mit der Einführung einer Netzkommandoanlage. Eine Befehlsübertragung über vorhandene Starkstromleitungen war damals für die Elektrizitätsversorgung noch Neuland, und Betriebserfahrungen waren so gut wie keine vorhanden. Nach verschiedenen Überlegungen, Versuchen und Vorführungen fiel die Wahl eindeutig auf das System der Firma Landis & Gyr, und der *sukzessive Ausbau* unserer Verteilnetze wurde beschlossen.

Die Projektierungs- und Erstellungsarbeiten der Hochspannungseinspeisung sollte jedoch noch einige Zeit in Anspruch nehmen, so dass wir, um den weiteren Ankauf von Schaltuhren umgehen zu können, nach einer Übergangslösung suchen mussten.

Glücklicherweise hatten wir an der Peripherie der Altstadt einige Transformatorenstationen, welche noch durch ein altes, brachliegendes Hochspannungskabel untereinander verbunden waren. Dieses Kabel benützten wir, um die tonfrequenten Steuerimpulse einer provisorisch aufgestellten Sendeanlage nach vier Transformatorenstationen zu leiten, um sie dort mittels Serie-Einspeisung den Niederspannungsnetzen zu überlagern.

Anfangs 1950, also vor 15 Jahren, war es dann soweit. Mit den ersten Netzkommado-Empfängern konnte bei einer Anzahl Abonnenten der Probetrieb aufgenommen werden. Schon die provisorische Anlage war für eine Sendefrequenz von 475 Hertz erstellt, damit die eingebauten Empfänger später ohne weiteres von der Hochspannungseinspeisung her betrieben werden konnten.

Als Aufstellungsort für die definitive Anlage wurde unsere Kraftzentrale bestimmt. Damit waren neben dem Problem einer Aussteuerung des gesamten Netzes von einer zentralen Stelle aus auch die Frage der ständigen Betriebsüberwachung gelöst.

Die speziellen Netzverhältnisse des EWA machen es notwendig, dass wir den Aufbau des Verteilnetzes anhand eines Schemas etwas genauer betrachten (*Fig. 1*).

Das EWA besitzt ein eigenes Kraftwerk an der Aare, welches bei guter Wasserführung eine Leistung von 16,5 MW in einer Spannung von 8,6 kV abgibt. Die bis anhin gemessene Netzhöchstlast beträgt hingegen 34,5 MW. Die zur Deckung

des Gesamtbedarfs notwendige Zusatzenergie wird von zwei Nachbarwerken bezogen.

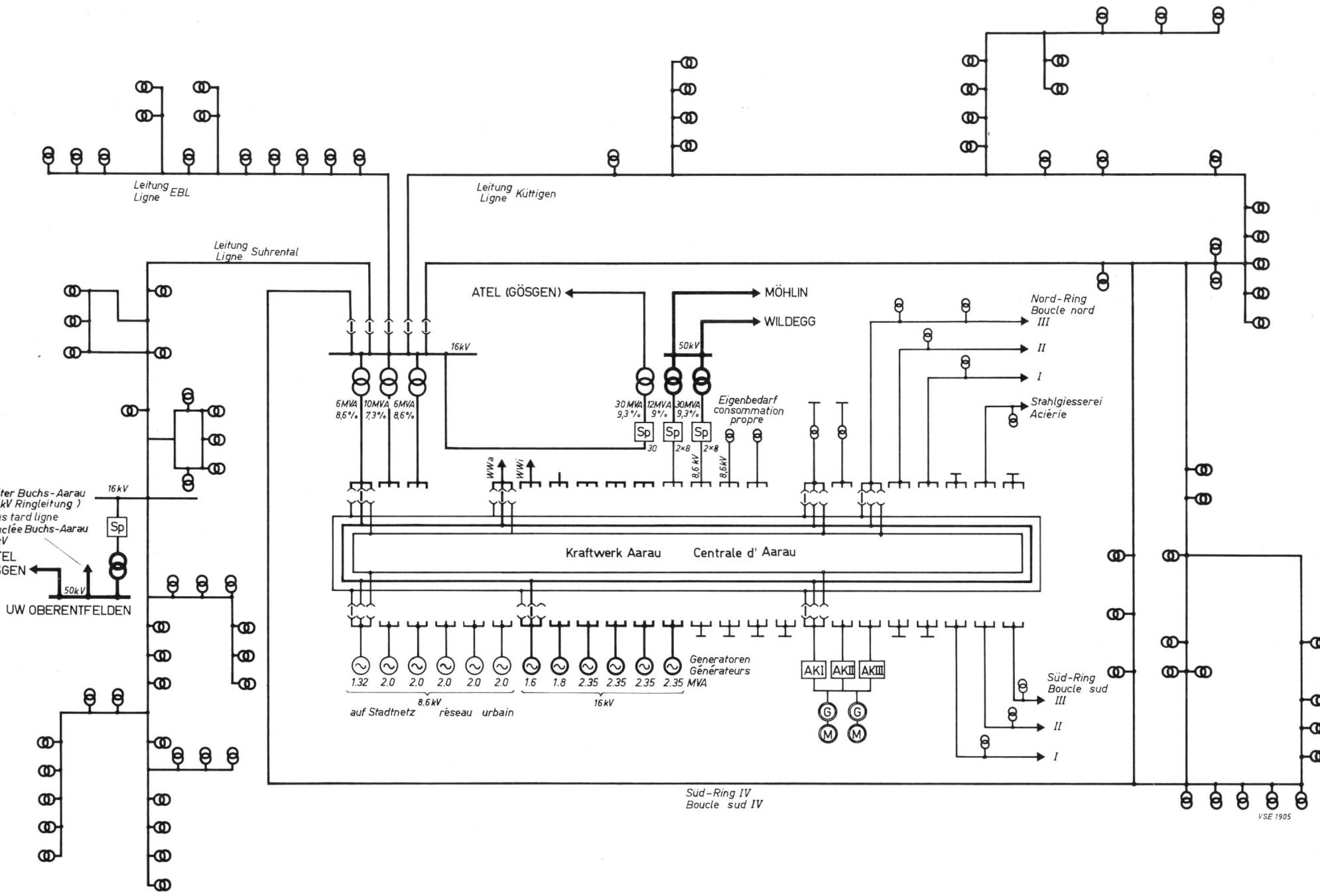
In der Schaltanlage der Kraftzentrale sind drei Sammelschienen vorhanden. Auf Schiene I steht ein Teil der Eigenproduktion plus die Fremdennergie des einen Nachbarwerkes zur Verfügung. Ab Schiene II wird die Erzeugung unserer restlichen Generatoren über Transformatoren auf eine 16 kV-Sammelschiene geleitet. Auf diese Spannungsebene speist auch das andere Lieferwerk die von uns benötigte zusätzliche Energie ein. Die Sammelschiene III ist als Hilfsschiene gedacht. Für alle drei Schienen bestehen die gleichen Schaltmöglichkeiten. Die Fremdenergie kann von den beiden Lieferwerken über je zwei 50 kV-Leitungen bezogen werden. Der Parallellauf der beiden übergeordneten Werke über unsere Schaltanlage ist jedoch aus Gründen der Energieverschiebung, der Abschaltleistungen usw. undenkbar. Die beiden Sammelschienen sind deshalb immer als *nicht synchron* zu betrachten. Auch das versorgte Gebiet wird dadurch in zwei betrieblich unabhängige Sektoren geteilt. Für unsere Betriebsleute sind darum die Begriffe Stadt und Land nicht nur Unterscheidungen wirtschaftlicher oder kultureller Art.

Das ländliche Netz mit insgesamt 87 Transformatorenstationen wird mit 16 kV betrieben. Etwa die Hälfte dieses Netzes ist verkabelt, der restliche Teil ist oberirdisch. Das zugehörige Sekundärnetz besteht zum grössten Teil aus Freileitungen. Die 80 Stationen des Städtischen Netzes werden hingegen direkt von der 8,6 kV-Schiene aus durchwegs über Kabelleitungen gespiesen. Auch sekundärseitig überwiegt hier der verkabelte Netzteil.

Diesen nicht ganz einfachen Bedingungen hatte die Netzkommadoanlage — nebenbei bemerkt die vierte Anlage mit Hochspannungseinspeisung, die von der Firma Landis & Gyr in der Schweiz dem Betrieb übergeben wurde — zu genügen.

Projektiert und angeschafft wurden zwei voneinander unabhängige jedoch an einem gemeinsamen Ort aufgestellte Anlagen. Jede Anlage kann über eines der drei Kopplungsfilter die ihr zugeordnete Sammelschiene in Parallelankopplung überlagern und genügt für eine Netzeistung von 20 MVA. Von den beiden Tonfrequenzgeneratoren vermag jeder eine intermittierende Leistung von 100 kVA bei einer Spannung von 500 Volt abzugeben. Dies genügt zur Aussteuerung des

Netz-Schema E.W. Aarau



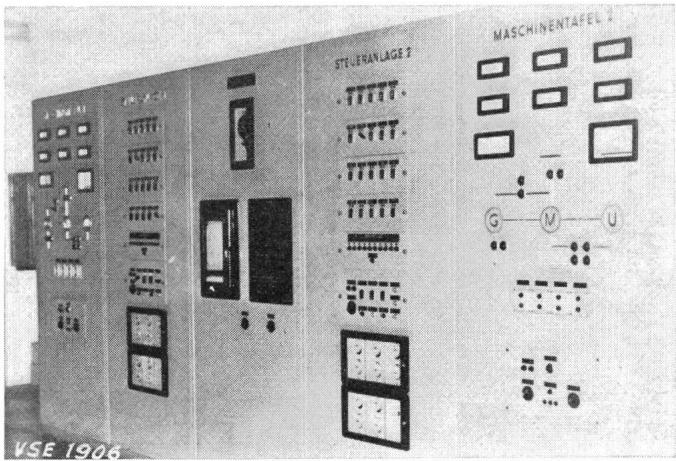


Fig. 2

Sendeautomatik im Kraftwerk Aarau mit gemeinsamem Mittelfeld und symmetrischer Anordnung der beiden Anlagen

Netzes über zwei parallele Ankopplungsglieder bis zu einer Netzlage von 40 MVA.

Zusätzlich sind die Umformergruppen, Maschinen und Steuertafeln sowie die Kopplungsfilter über einen 4-stufigen Maschinenschalter kreuzweise vertauschbar. So wurde eine jederzeit betriebsbereite Reserve geschaffen.

Damit die Tonfrequenz-Energie nicht in die benachbarten Netze abfließt, sind Sperrfilter eingebaut. Anfänglich war jedes Sperrfilter für 8 MVA bemessen. Der enorme Zuwachs an Fremdenenergie machte eine Erweiterung bald notwendig.

Durch Parallelschalten von zwei vorhandenen Filtern konnte die Durchgangsleistung für zwei Leitungen auf 16 MVA erhöht werden. Die beiden neu angeschafften Filter wurden den erhöhten Trafoleistungen angepasst. Sie betragen je 30 MVA. Gesperrt wird auf der 8 bzw. 16 kV-Spannungsebene.

Zur Veranschaulichung des bisher Besprochenen möchte ich Ihnen noch einige Bilder zeigen.

Bei unserer Anlage, die nach dem Impuls-Intervall-Verfahren arbeitet, stehen nebst dem Startimpuls 50 Kommandoimpulse zur Verfügung. 40 dieser Befehlsimpulse wurden zu 20 Doppelkommandos zusammengefasst, die restlichen 10 sind für die Kombinationswahl vorgesehen.

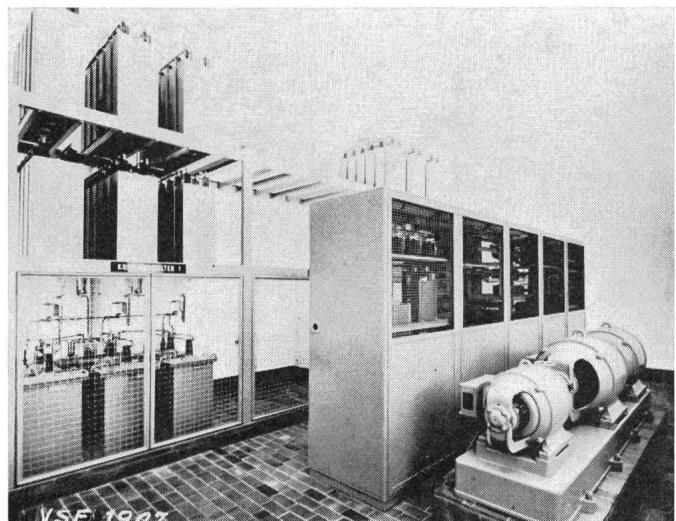


Fig. 3

Maschinen und Kopplungsfilterraum im Kraftwerk Aarau. Auf dem Bild sichtbar: Maschinentafel für beide Anlagen, eine Umformergruppe und zwei Kopplungsfilter

17 solcher direktwirkenden Doppelkommandos, welche die Schaltbefehle «Ein — Aus» umfassen, sind momentan belegt. Für sich periodisch wiederholende Aufgaben werden gebraucht:

- 3 Doppelkommandos für Tarifumschaltungen
- 1 Doppelkommando für Wochenendschaltungen
- 6 Doppelkommandos für 6 Boilergruppen

und 2 Doppelkommandos zur Sperrung von Verbrauchergruppen

Für unregelmässig vorzunehmende Schaltungen sind belegt:

- 4 Doppelkommandos für Strassen- und Festbeleuchtungen sowie Flutlichtanlagen
- 1 Doppelkommando zur Sperrung von Verbrauchern.



Fig. 4

Pol eines Innenraumsperrfilters 8 kV. 2 parallelgeschaltete 8 MVA-Filter, so dass eine Durchgangsleistung von 16 MVA resultiert

Die Strassenbeleuchtung mit einer Leistung von 800 kW wird durch einen Dämmerungsschalter, welcher die Helligkeit überwacht, automatisch ein- und ausgeschaltet. Die Warmwasserspeicher sind in Gruppen zu 6- und 8-stündiger Aufheizzeit unterteilt. Die Sperrung wird für Waschmaschinen, Grossbacköfen und festmontierte Heizungen angewendet.

Unterschiedliche Schaltungen mit gleichen Schaltzeiten werden durch verschiedene Steuerbefehle ausgeführt. Dagegen haben wir das Wochenendprogramm mit den normalen Kommandos kombiniert. So werden beispielsweise Grossboiler, die über das Wochenende freigegeben werden, an Werktagen mit den normalen Boiler- und Tarifkommandos betätigt. Über das Wochenende werden diese Befehlsdurchgaben durch das Wochenendkommando unwirksam gemacht.

Ähnlich handhaben wir die Schaltungen für Halbnacht-, Flutlicht- und Festbeleuchtungen. Die Vorbereitung dieser Befehle erfolgt tagsüber. Beim Einschalten der normalen Strassenbeleuchtung werden sodann auch diese Beleuchtungen eingeschaltet. Die Ausschaltung kann hingegen unabhängig und jederzeit erfolgen.

Für die Ausführung eines Kombinationsbefehls sind drei Einzelimpulse notwendig, welche nach einem bestimmten

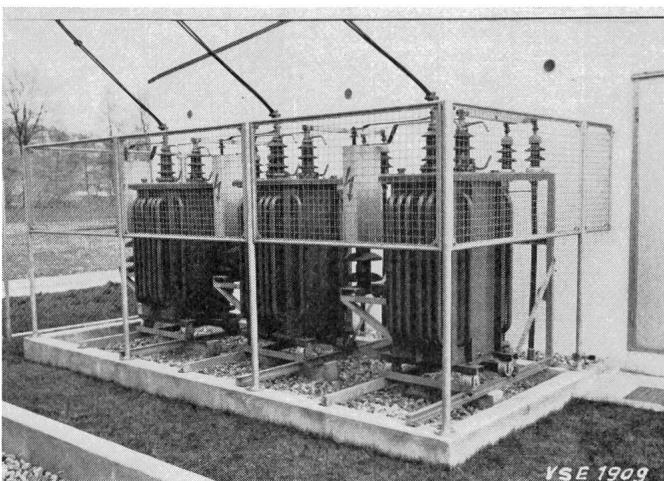


Fig. 5

**Freiluftsperrfilter im UW Oberentfelden, Durchgangsleistung 30 MVA**

Code gruppiert ausgesandt werden. Es ist dadurch möglich, aus den 10 Einzelimpulsen 120 Schaltbefehle zu bilden. Diese werden für verschiedene Spezialaufgaben herangezogen. So werden in den Grundwasser-Pumpwerken unseres Wasserwerkes 3 Pumpen von insgesamt 1200 PS Leistung ferngesteuert. Die Sperrung einzelner Elektrokessel und die Betätigung einiger Hochspannungsschalter (Spalschalter) kann ebenfalls mit der Kombinationswahl vollzogen werden. Im weiteren werden fünf verschiedene Gruppen Feuerwehrleute der Stadt Aarau und der Gemeinde Oberentfelden auf diesem Weg alarmiert, sofern sie nicht über das Telefon erreichbar sind. Wir haben zu diesem Zweck im Polizeiposten der Stadt Aarau einen kleinen Hilfssender aufgestellt, mit welchem über eine Telefonschlaufe die Sendeanlage in der Kraftzentrale in Betrieb gesetzt wird (Fig. 6).

Ebenfalls durch ein Kombinationskommando kann der weit entfernte, auf einer Jurahöhe stehende Hauptsender unseres Autofunks bei einem Ausfall auf einen auf dem Verwaltungsgebäude stehenden Notsender umgeschaltet werden.

Die Auslösung und Kontrolle aller erwähnten Schaltbefehle ist über eine parallele Steuertafel vom Betriebsbüro des Verwaltungsgebäudes aus ebenfalls möglich (Fig. 7).

Für die Befehlsdurchgaben hat die Anlage pro Tag 15 bis 20 Umläufe auszuführen. Die benötigte Zeit pro Umlauf beträgt 30 Sekunden, wobei das Hochfahren der Maschine und das Einregulieren der Frequenz — wir besitzen noch eine frequenzregulierte Anlage — nicht eingerechnet ist. Kommandowiederholungen führen wir bei gleichzeitiger Durchgabe von Schaltbefehlen nur dreimal täglich durch. Bei den übrigen Sendungen werden nur diejenigen Schaltimpulse ausgesendet, die eine Kommandoänderung bewirken. Der Energiebedarf pro Anlage und Umlauf beträgt knapp 1 kWh.

Die bei den Abonnenten eingebauten Empfänger führen wir in den 5 verschiedenen Ausführungen von 1 bis 5 Doppelkommandos. Von der Möglichkeit, die Verbraucherleistungen im Empfänger direkt zu steuern, machten wir anfänglich häufig Gebrauch. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass bei der Montage zusätzlicher Verbraucher die reine Schützensteuerung wesentlich einfacher erweitert werden kann. Diese Technik wenden wir in letzter Zeit immer häufiger an, umso mehr, als die von uns verwendeten Schaltschützen praktisch keinen Ausfall aufweisen.

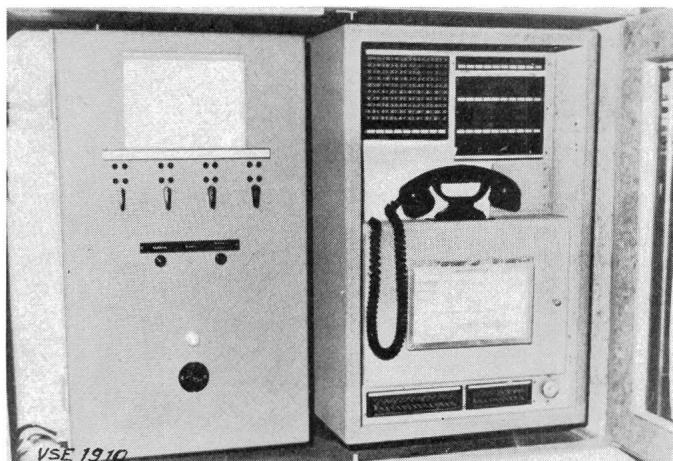


Fig. 6

**Hilfssender des Polizeipostens der Stadt Aarau**

Kurz möchte ich noch andeuten, dass wir für jede Empfänger-Montage eine Kontrollkarte erstellen. Diese gibt uns genaue Auskunft über den Empfängertyp, die eingestellten Schaltbefehle, die Tarifeinrichtungen und die Art und Grösse der in der Steuerung einbezogenen Verbraucher. Die Karte ist als einfache Lochkarte ausgebildet, was uns das Aussortieren aller Informationen sehr erleichtert.

Nach den letzten Ermittlungen steuern wir demnach:

- 11 000 Doppeltarifrelais für Wärme- und Kraftzähler
- 600 Doppeltarifrelais für Lichtzähler
- 33 Doppeltarifrelais für Backofenzähler
- 3 872 Boiler mit 6-stündiger Aufheizzeit
- 3 191 Boiler mit 8-stündiger Aufheizzeit

An 244 Orten werden Straßenbeleuchtungen einzeln oder strangweise ein- und ausgeschaltet.

33 Grossbacköfen werden in der Zeit der Spitzenbelastung ausser Betrieb gesetzt.

Und 3859 Waschmaschinen von 4 kW und mehr werden gesperrt.

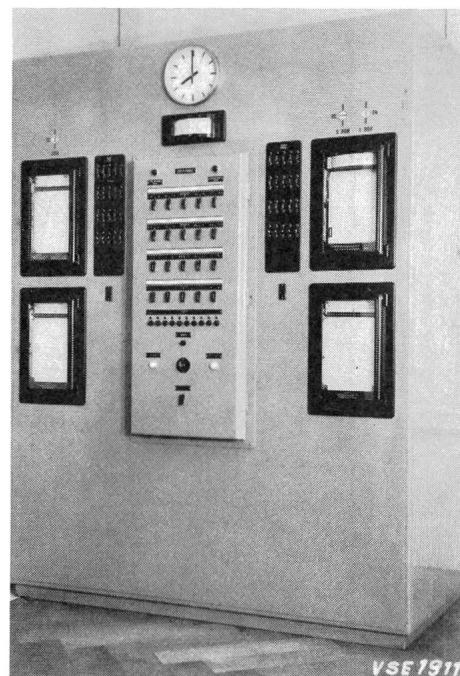


Fig. 7

**Steuertafel im Betriebsbüro des Verwaltungsgebäudes zur Auslösung und Kontrolle aller Schaltbefehle**

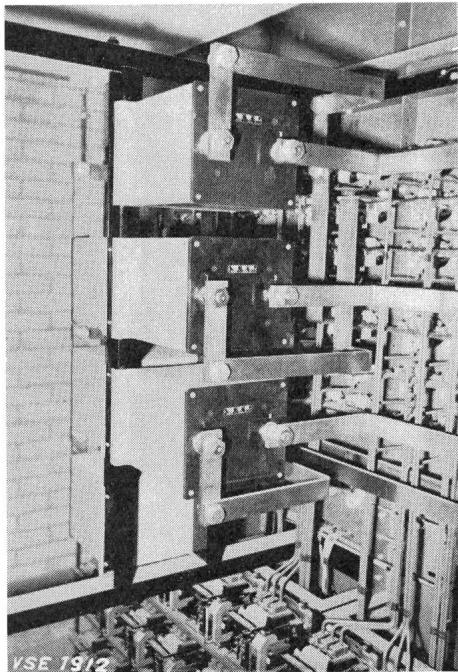


Fig. 8  
Sperrkreis für Kondensatorenbatterie 3polig, Nennstrom 400 A

Rund 22 000 Einzel-Schaltungen werden von insgesamt 5201 montierten Empfängern ausgeführt. Der Anschlusswert der so beeinflussbaren Verbraucher liegt mit ca. 42 MW um das 1,2fache über der höchsten gemessenen Netzspitze.

Meine Herren, Sie können sich leicht vorstellen, dass eine Einrichtung, der so viele Funktionen zugeschlagen sind, ihre Aufgabe mit einer grossen Zuverlässigkeit auszuführen hat. Die Netzkommandoanlage darf wahrhaftig nicht der schwächste Punkt in der Energieversorgungsanlage sein. Die wenigen Störungen, die wir in unserer Sendeanlage hatten und die sich hauptsächlich auf die ersten Betriebsjahre beschränken, will ich Ihnen noch kurz beschreiben.

Der erste Ausfall der Anlage wurde durch einen Sicherungsdefekt hervorgerufen, welcher sich noch zweimal wiederholte. Die Sicherungen lösten zwar nicht infolge Überlast oder Kurzschluss aus, sondern ganz einfach weil die harten Schläge der zwei Serie geschalteten 100 A Tastschützen den Quarzsand aus den Patronen rüttelten und der Schmelzeinsatz durch die Vibrationen geschwächt wurde. Die Schützen wurden auf Schwingungsdämpfer montiert und damit diesem Übel Abhilfe geschaffen. Leider wurde aber bei dieser Gelegenheit der Flexibilität der Zuleitung zu den Schützenspulen zu wenig Beachtung geschenkt, so dass ein Drahtbruch abermals zu einer Störung führte.

Der schwierigste Defekt trat an einem Anlageteil auf, wo er am wenigsten erwartet wurde. Eine Maschine erlitt einen Wicklungsschaden. Glücklicherweise stand die bestellte Reservemaschine zu jenem Zeitpunkt auf dem Prüfstand der Maschinenfabrik, so dass wir nur zwei Tage lang mit dem eingangs erwähnten Umschalter den Netzkommando-Betrieb aufrecht erhalten mussten. Inzwischen hatte sich gezeigt, dass die Schleifringträger der Tonfrequenzgeneratoren zu schwach dimensioniert waren. Bei der sich in Reparatur befindenden Maschine wurden diese verstärkt, damit durch nachheriges zweimaliges Auswechseln die beiden andern Generatoren in Ordnung gebracht werden konnten. Zu erwähnen wäre noch,

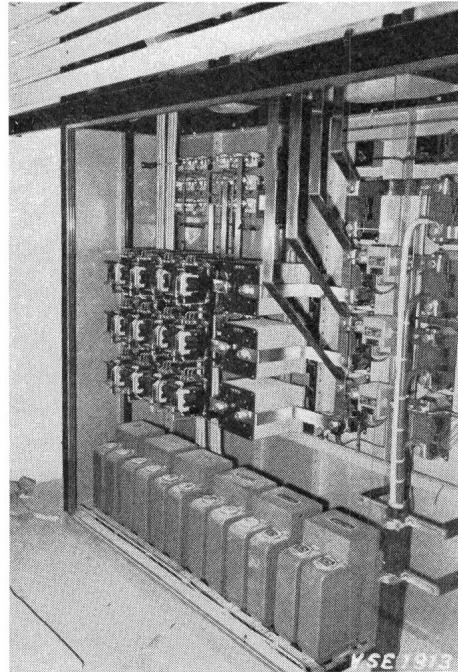


Fig. 9  
Kondensatorenbatterie 300 kVar, mit zugehörigem Sperrkreis 3polig, 400 A (Bildmitte). Die Schaltschützen sind links im Bilde sichtbar

dass einige Kondensatoren der Kopplungsfilter nicht von Anfang an ordentlich waren und einer Nachschweißung bedurften.

Alle diese Anlageteile waren schweizerischer Herkunft, doch dies sei zu Ehren der Unterlieferanten beigefügt, die Mängel wurden prompt und zuverlässig behoben.

Ein defekter Durchführungsisolator an einem später angeschafften 16 kV Freiluftsperrfilter wurde von uns selbst ausgewechselt.

Nach etwa zehnjähriger Betriebsdauer trat am Anlageum-schalter ein Isolationsdefekt auf. Er wurde jedoch, bevor er eine eigentliche Störung verursachen konnte, entdeckt und behoben.

Revisions- und Einstellarbeiten wurden bis anhin an den Synchronschaltern, den Programmgebern, den Sendewählern und der Steueruhr durchgeführt. Die Zwischenrelais, welche die Minutenimpulse der Steueruhr an die Programmgeber weiterleiten, werden in einem zweijährigen Turnus überholt.

Als Kinderkrankheiten bei den Netzkommado-Empfängern kann die durch Materialwanderung verursachte Kleb-

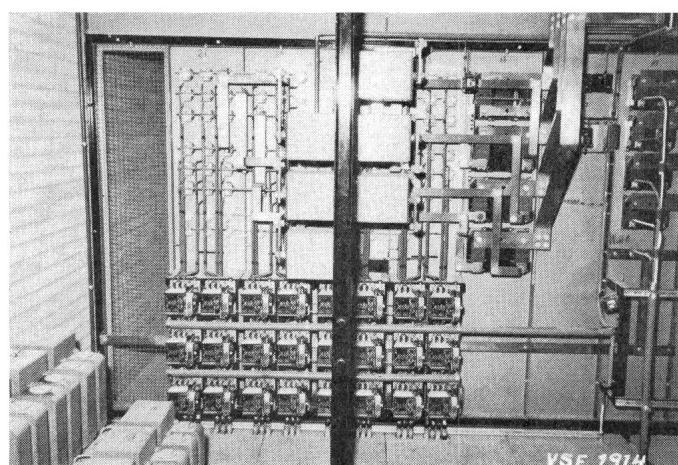


Fig. 10  
Zwei Sperrkreise 3polig, 400 A, für eine Kondensatorenbatterie 600 kVar links und rechts des Trägers in der Bildmitte angeordnet

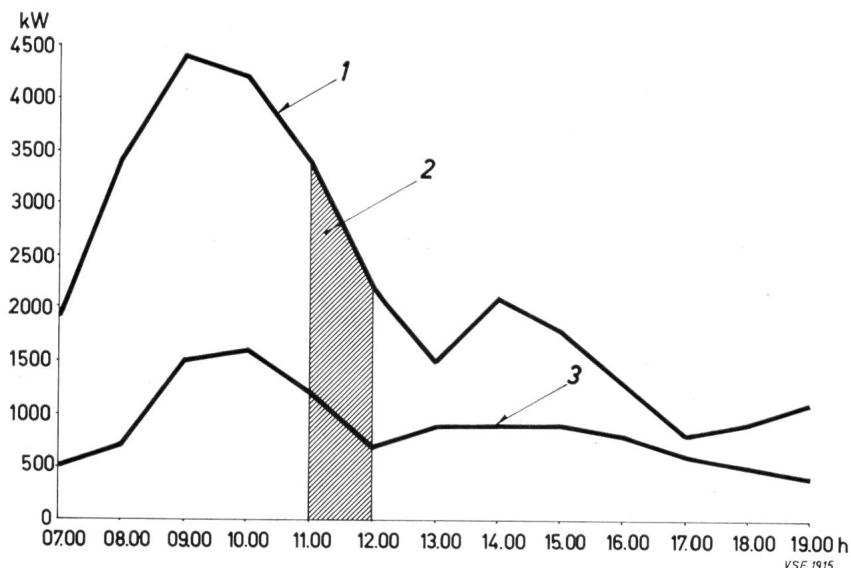


Fig. 11

**Rückgang der Belastung im EWA-Netz bei Sperren der Waschmaschinen**

Mittwoch, 7. April 1965 / Wetter schön (stündliche Messungen)

Montag, 5. April 1965 / Wetter schön (ein Messpunkt)

Montag, 12. April 1965 / Wetter bewölkt bis bedeckt (stündliche Messungen)

erscheinung an den Resonanzrelais-Kontakten gewertet werden.

Nachdem anstelle der Silber-Silber-Kontakte eine Silber-Molybdän-Kombination verwendet wurde, hat diese Erscheinung schlagartig aufgehört.

Der akustische Störpegel der Anlage liegt tief. Er hat bis anhin zu keinen allgemeinen Reklamationen von Seiten der Abonnenten Anlass gegeben; dass einige wenige unglücklich plazierte Empfänger durch ihre Laufgeräusche zu Beanstandungen geführt haben, ist begreiflich. Durch den Einbau mechanischer Dämpfungsglieder oder den Austausch der älteren Relaistypen durch neue, geräuscharme Empfänger, welche solche Dämpfer serienmäßig eingebaut haben, waren diese wenigen Störungsursachen behoben.

Defekte und Funktionsstörungen treten an den Empfängern selten auf. Bezogen auf 100 montierte Apparate rechnen wir mit einer Reparatur pro Jahr. Im Jahre 1964 hatten wir bei einem Montagebestand von 5201 Empfängern 55 Defekte. 26 Empfänger oder 0,5 % des Bestandes waren durch Blitzschlag beschädigt. 27 Apparate oder 0,52 % mussten wegen Funktionsfehlern ausgewechselt werden.

Obwohl unsere ältesten Empfänger ihren Dienst seit 15 Jahren zum Teil unter sehr ungünstigen Bedingungen ausüben — in unserem ländlichen Verteilernetz sind nicht wenige der Empfangsapparate im Freien auf Lauben ohne Beheizung montiert — hat sich die Notwendigkeit der Einführung einer Revisionsperiode noch nicht abgezeichnet.

Im Gegensatz dazu die Schaltuhren. Dort mussten wir bei einem seinerzeitigen Bestand von 4000 Uhren mit einem jährlichen Ausfall von 10 % rechnen.

Einige wirtschaftliche Überlegungen, die zu Gunsten der Netzkommndo-Anlage sprechen, möchte ich kurz andeuten, ohne dass

ich Sie an dieser Stelle mit langen Berechnungen hinhalten möchte.

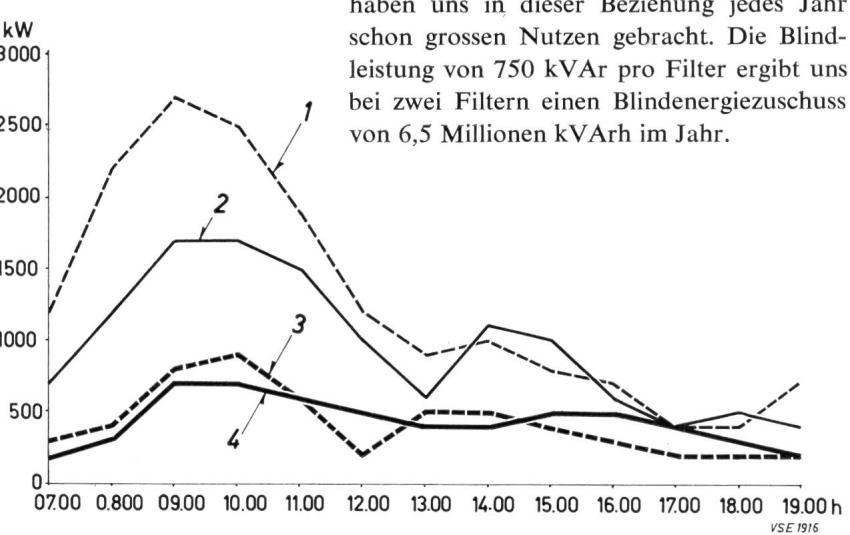
Dass ein Netzkommndo-Empfänger in der Anschaffung billiger zu stehen kommt als eine entsprechende Schaltuhr, dürfte heute allgemein bekannt sein. Die Preisdifferenz bewegt sich in der Grössenordnung von Fr. 50.— pro Apparat. Dies ergibt in unserem Fall bei einem Totalbestand von ca. 6000 Empfangsapparaten eine Summe, mit der ein außerordentlich grosser Aufwand in der Sende anlage bestritten werden kann.

Für Revisions- und Reparaturarbeiten, inklusive Abmontieren und Ersetzen, müssen wir pro montierter Schaltuhr jährlich einen Betrag von Fr. 7.— in die Rechnung einsetzen. Für die gleichen Arbeiten an den Empfängern und der Sendeeinrichtung genügen jährlich 50 Rp. pro montierten Apparat. Für unsern Empfängerbestand ergibt dies eine jährliche Einsparung an Betriebskosten von Fr. 39 000.—.

Werden für eine Schaltuhr in zwei Monaten 5 Minuten Zeitaufwand für Richtarbeiten eingesetzt, so zeigt die Rechnung, dass durch den Wegfall dieser Bemühungen mehr als die Arbeitskraft einer Person und somit nochmals rund Fr. 15 000.— im Jahr gespart werden können.

Der hohe Leistungsfaktor der heute von den Energie lieferanten gefordert wird, zwingt uns, die gleichen Bedingungen von unsern Abonnenten zu verlangen. Alle Kondensatorenbatterien — und es sind deren 55 in unserem Verteilernetz mit Leistungen zwischen 30 und 600 kVar aufgestellt — sind über Sperrkreise angeschlossen. Anhand einiger Lichtbilder kann ich Ihnen den Platzbedarf einer solchen Einrichtung vor Augen führen (Fig. 8, 9, 10).

Darüber hinaus werden wir in Zukunft noch genötigt sein, die Blindenergie durch werkeigene, statische Phasenschieber zu kompensieren. Die drei Kopplungsfilter, von denen mindestens zwei dauernd an Spannung liegen, haben uns in dieser Beziehung jedes Jahr schon grossen Nutzen gebracht. Die Blindleistung von 750 kVar pro Filter ergibt uns bei zwei Filtern einen Blindenergiezuschuss von 6,5 Millionen kVAh im Jahr.

**Verteilung der Waschmaschinenlast im EWA-Netz**

- Halbstädtisch bis ländliches Netz / Montag, 12. April 1965
- ===== Städtisches Netz / Montag, 12. April 1965
- Halbstädtisch bis ländliches Netz / Mittwoch, 7. April 1965
- ===== Städtisches Netz / Mittwoch, 7. April 1965

Den grössten Nutzen bringt uns die Netzkommando-Anlage jedoch durch die Möglichkeit der Steuerung, beziehungsweise Sperrung von Verbrauchergruppen.

Wie im Vorherigen erwähnt, werden in den Nachtstunden Heisswasserspeicher in Gruppen freigegeben, um die Energie während der Schwachlastzeit auszunützen. Die geschaltete Last beträgt durchschnittlich jede Nacht 11 000 kW, während dem der Anschlusswert der Boiler 13 200 kW beträgt. Der Gleichzeitigkeitsfaktor kann somit zu 0,84 angegeben werden. Als durchschnittlichen Anteil an der Netzbelaistung können wir pro Speicher 1,5 kW annehmen.

Zum Schluss möchte ich Ihnen noch die Resultate einiger sehr interessanter Messungen bekanntgeben, die auch für Sie wertvoll sein dürften. Dank unserer Eigenerzeugung sind wir in der Lage, die Waschmaschinen während der Sommermonate durchgehend freizugeben. Unsere Abonnentinnen benützten ihre Wascheinrichtungen in dieser Zeit uneingeschränkt, und wir besitzen dadurch die Möglichkeit, anhand einer kurzen Sperrung — sie dauert genau die Zeit eines Senderumlaufes, also 30 Sekunden — den verursachten Waschmaschinen-Spitzenanteil zu messen. Der Rückgang der mittleren Leistung während der Stunde unserer Netzhöchstlast beträgt 2800 kW. Die Berechnung des uns dadurch entstehenden Nutzens kann ich Ihnen überlassen.

Der Anteil einer Waschmaschine an der Netzspitze kann bei einem Bestand von 3859 Waschmaschinen zu 0,725 kW errechnet werden.

Die Messungen haben wir in der Folge über zwei Tage stündlich ausgeführt, um die zeitliche Verteilung der Waschmaschinenlast im Tagesablauf feststellen zu können. Die Resultate scheinen die Beobachtungen, die die Herren Morel

und Pfähler im Bulletin Nr. 1 Jahrgang 1956 veröffentlichten, zu bestätigen (Fig. 11).

Die Waschmaschinenspitze tritt in den ersten Morgenstunden auf. Vielleicht ist die Frühjahrszeit daran schuld, dass sich die Höchstlast etwas später einstellt als im erwähnten Artikel. An dieser Spitze ist jede installierte Maschine mit 1,14 kW beteiligt. Recht interessant ist auch der Vergleich der zwei verschiedenen Wochentage. Der Montag scheint doch noch der stark bevorzugte Washtag zu sein, steht doch die Waschmaschinenleistung gegenüber dem Mittwoch in einem Verhältnis von 2,5 zu 1.

Wie sich die Waschmaschinenbelastungen im städtischen beziehungsweise halbstädtisch bis ländlichen Netz verhalten, möchte ich Ihnen anhand folgender Kurven vorführen. (Fig. 12).

Die Kurvencharakteristik ist für beide Netzteile ungefähr dieselbe. Die Waschmaschinenhöchstlast in den Morgenstunden stellt sich auf dem Lande etwas früher ein als in der Stadt. Der Maschinenanteil an dieser Höchstlast beträgt auf dem Lande 1,25 kW, in der Stadt 1,0 kW, dagegen sind die Werte für den Netz-Spitzenanteil mit 0,73 kW für das Land und 0,72 kW für das Stadtnetz praktisch ausgeglichen.

Mit den letzten Messresultaten, meine sehr geehrten Herren, wollte ich Ihnen zeigen, dass eine Netzkomandoanlage auch für solche Zwecke recht nützlich und brauchbar sein kann, und damit habe ich meine Ausführungen geschlossen.

#### Adresse des Autors:

U. Meyer, dipl. Elektrotechniker, Industrielle Betriebe der Stadt Aarau, 5000 Aarau.

## Ergebnisse mit dem Bohrlochverfahren zur Nachbehandlung von Leitungsstangen

von O. Wälchli, St. Gallen

621.315.668.1 : 674.048

### Einleitung

Die Idee, den Leitungsmasten in der Einbauzone durch ein oder mehrere Löcher Holzschatzmittel einzufüllen, ist nicht neu. Diese verhältnismässig einfache Imprägniermethode ist bis heute an den zur Verwendung gelangten Imprägniermitteln gescheitert. In den Feldversuchen des Verbandes schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) geprüfte ölige Schutzmittel, welche in Bohrlöcher eingefüllt wurden, konnten sich in den feuchten im Boden eingebauten Stangenpartien nicht ausbreiten, so dass die Stangen rasch von Pilzen zerstört werden konnten. In Bohrlöcher eingefüllte Salzpaster ergaben ebenfalls nicht voll befriedigende Resultate. Nachdem das in den Pasten enthaltene Wasser in das Holz eingedrungen war, blieben in den Löchern Salzzapfen zurück, von denen aus keine Salzdiffusion mehr ins Holz hinein erfolgte. Ein guter Erfolg kann mit Imprägniermitteln erwartet werden, die aus einem nur wenig Wasser enthaltenden und flüssig bleibenden Salzgemisch bestehen.

Das sogenannte Zentralbohrverfahren wird für die zusätzliche Imprägnierung des Stangenfusses auf dem Imprägnierwerk, also vor dem Einbau der Stangen in die Netze, empfohlen. Die von uns durchgeföhrt Versuche haben aber die Nachbehandlung schon stehender Stangen, die bis-

her noch nicht auf diese Weise behandelt wurden, zum Gegenstand. Dieses Bohrlochverfahren, bei dem an der stehenden Stange Bohrlöcher angebracht werden, hat gegenüber andern Nachbehandlungsverfahren den Vorteil, dass sich spätere Nachbehandlungen sehr einfach durchführen lassen. In die bestehenden Bohrkanäle kann jederzeit neues Schutzmittel nachgefüllt werden.

### Untersuchungsmethodik

Im Versuchsfeld Rathausen (Emmenbrücke) wurden am 26. Oktober 1962 acht rohe, nicht imprägnierte Stangenabschnitte von 3 m Länge eingesetzt und mittels Bohrlochtränkverfahren nachgepflegt \*). Für die Versuche wurde Fluralsil BFB verwendet. Zwei Stangen wurden 15 cm über Boden mit je einem schräg nach unten gegen die Stangenachse verlaufenden Bohrloch von 20 resp. 24 mm Durchmesser und etwa 34 cm Länge versehen. Bei drei weiteren Stangen wurden 15 cm über Boden zwei seitlich um 180° versetzte Bohrlöcher von 20 mm Durchmesser angebracht. Schliesslich wurden zwei Stangen mit drei seitlich um 120° und in der Höhe um 15 cm versetzten Löchern von 20 mm Durchmesser und 30—35 cm Länge versehen. Die mit 1

\*) Die Nachpflegebehandlungen wurden durch die Fa. Christen und Frey, Zürich, durchgeführt.