

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 50 (1959)  
**Heft:** 11  
  
**Artikel:** Tendenz im Bau von Schaltwarten  
**Autor:** Hugentobler, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059461>

### **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:** 17.02.2026

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

gegenüber der Eisenkonstruktion hochwertig isoliert bleiben. Bei Richtungsänderungen oder Abzweigungen der Verdrahtung wird der Kanal unterbrochen

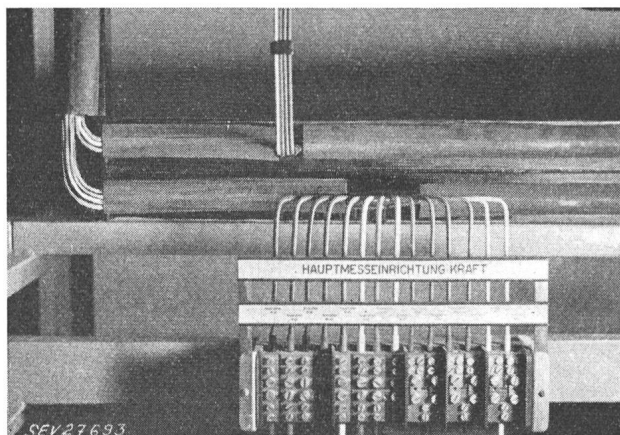


Fig. 8  
Fertiger Teil einer Kanalverdrahtung  
Beim Austritt der Drahtbündel sind die Gummiprofile unterbrochen

und werden die Leiter frei geführt. Die Platzersparnis in einem Schaltfeld fällt stark ins Gewicht und ist um so mehr gerechtfertigt, als der historische Verlauf der konstruktiven Durchbildung von Mess- und Steuergeräten eine Entwicklung zum Kleingerät einschlägt.

Nachträgliche Erweiterungen können mit dieser Verdrahtungstechnik durch einfaches Entfernen der

Gummiprofil-Abdeckungen mit Leichtigkeit durchgeführt werden, im Gegensatz zu der klassischen Verdrahtung, wo dies mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Es ist sogar möglich, eine nachträgliche Kontrolle der lose im Kanal liegenden Drähte durch Bewegung im Leitungszuge vorzunehmen.

Das erwähnte Verdrahtungsprinzip lässt dem Konstrukteur trotzdem eine Reihe von Möglichkeiten offen, da die Anschlüsse der Klemmen und Apparate auf mannigfaltige Art hergestellt werden können. Die Drähte sind einzeln, flach oder gebündelt aus dem Kanal herauszuführen, je nach gewünschtem Zeitaufwand und Art und Weise der örtlichen Apparate- und Klemmenanordnung (Fig. 7, 8). Auf Grund von ausgeführten Kanalverdrahtungen kann die Montagezeit gegenüber einer Flachverdrahtung auf die Hälfte reduziert werden.

Mit der Schaffung von Verdrahtungskanälen wird dem Ersteller von Verdrahtungen ein praktisches Bauelement in die Hand gegeben, das ihm erlaubt, moderne und in Bezug auf Sicherheit und Betrieb einwandfreie, Montagezeit sparende Anlagen zu erstellen.

Die in dieser Arbeit angeführten Beispiele beschränken sich auf die Starkstromtechnik. Selbstverständlich wird ein Ingenieur der Schwachstromtechnik ebenso viele interessante Beispiele bringen können.

Adresse des Autors:

Chr. Oester, Betriebsabteilung des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern, Sulgeneckstrasse 18, Bern.

## Tendenz im Bau von Schaltwarten

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV am 20. November 1958 in Zürich,  
von E. Hugentobler, Aarau

621.311.47

*Nach einem historischen Überblick über die konstruktive und bauliche Entwicklung der Schaltwarten werden die heutigen Bauprinzipien besprochen und die sich abzeichnenden Tendenzen dargelegt.*

*Après un résumé du développement historique des dispositions et éléments constructifs le présent article décrit les principes actuels pour la disposition des salles de commande et donne quelques tendances de développement pour l'avenir.*

Um sich ein Bild über die heutigen Tendenzen im Bau von Schaltwarten zu machen, wird es nützlich sein, zuerst in groben Zügen die historische Entwicklung auf diesem Gebiet zu betrachten.

### A. Historische Entwicklung

#### 1. Räumliche Gestaltung

Bei den ersten Anlagen, die zur Produktion und Übertragung elektrischer Energie gebaut wurden, konnte man kaum von eigentlichen Schaltwarten oder Kommandoanlagen sprechen. Die wenigen Hilfsapparate, die zur Anwendung gelangten, wurden einzeln, wenn möglich in der Nähe der Maschinen, aufgestellt und von Hand gesteuert.

Schon bald ging man jedoch dazu über, die notwendigen Apparate an einem Ort zusammenzufassen, wobei dann die ersten eigentlichen Schaltwarten entstanden (Fig. 1). Dabei versuchte man, in dieser Kommandoanlage möglichst alle notwendigen Apparate unterzubringen, wobei vor allem die folgenden Einrichtungen in Frage kamen:

- Apparate für die Steuerung von Maschinen, Schaltern, Trennern, usw.,
- Regelorgane für die Maschinen,
- Schutzeinrichtungen für Maschinen, Transformatoren und Leitungen,
- Anzeigende und registrierende Messinstrumente,
- Zähler,
- Hilfsapparate für Wasserstandsmeldung, Stufenschaltersteuerung, Synchronisierung, usw.

Solche Schaltwarten wurden je nach Anlage mit einem Blindschema oder Leuchtschema ausgestattet, wobei auch reine Rückmeldetafeln mit Stellungsanzeigern zur Anwendung gelangten.

Im Laufe der Entwicklung der letzten Jahrzehnte wurden die zu steuernden Anlagen immer grösser und komplizierter, wodurch die Kommandoanlagen ebenfalls grösser und dadurch weniger übersichtlich wurden. Diese Entwicklung führte zu einer gedrängteren Bauweise der Schalttafel, d. h. die Elemente zur Steuerung und Überwachung eines Anlageteils, wie z. B. eines Leitungsabganges, wurden auf kleinerem Raum der Kommandotafel unterge-

bracht. Neben dieser Anwendung von kleinern Feldbreiten ging man auch dazu über, in der eigentlichen Schaltwarte nur noch die wesentlichen Elemente für Steuerung, Überwachung und Messung unterzubringen, während alle übrigen Apparate in

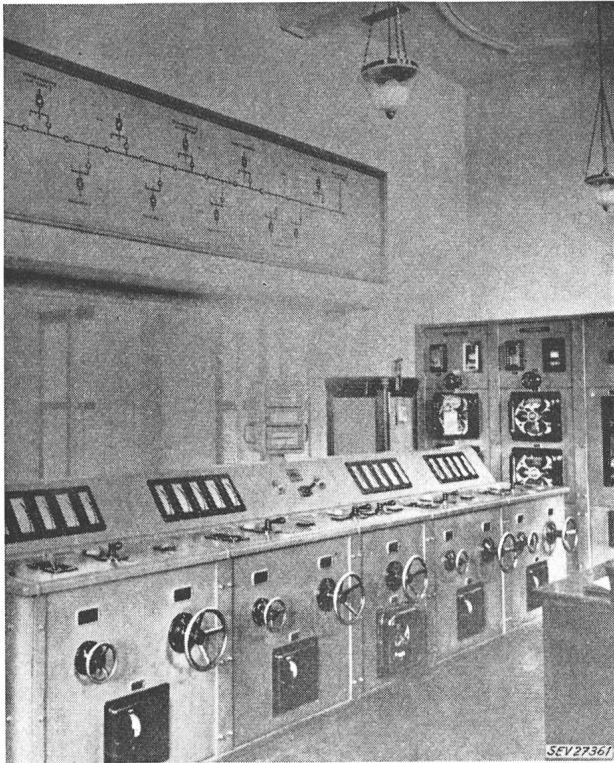


Fig. 1

Beispiel eines der ersten Kommandoräume  
Zusammenfassung aller Apparate, wie Steuerorgane, Regler, Messinstrumente, Schutzeinrichtungen, Zähler

Nebenräumen placiert wurden. Es sind dies vor allem die Schutzrelais, die Zähler, die Hilfsrelais für Steuerung und Überwachung sowie auch die meisten Regelorgane. Unter Nebenraum ist dabei ein beliebiger Ort innerhalb der Anlage zu verstehen, d. h. diese Hilfsapparate können in speziellen Räumen untergebracht sein, sie können aber auch in besondern Fällen in der ganzen Anlage verteilt werden.

Parallel mit dieser Entwicklung in der räumlichen Gestaltung von Kommandoanlagen fand natürlich auch eine Entwicklung in der Konstruktion von Schalttafeln und Apparaten statt.

## 2. Konstruktive Entwicklung der Schalttafeln und Apparate

### a) Schalttafeln

Die Entwicklung der Schalttafeln führte von den ursprünglichen angewandten Marmortafeln über die Blechtafeln mit Rohr- oder Winkelleisengerüst zu den selbsttragenden Konstruktionen. Diese, welche normalerweise aus abgekanteten Blechen aufgebaut sind, haben sich heute weitgehend durchgesetzt.

### b) Verdrahtung

Ursprünglich wurde die Verdrahtung, und zwar jeder einzelne Draht, flach auf die Seitenwände

eines Schalttafeldes aufgedruckt (Fig. 2). Als historische Reminiszenz soll erwähnt werden, dass es in dieser Zeit Kunden gab, welche verlangten, dass jeder einzelne Draht in der richtigen Dicke im Massstab 1 : 1 aufgezeichnet wird.

Später kam dann die freitragende Flachverdrahtung zur Anwendung, welche noch heute ziemlich weit verbreitet ist. In den letzten Jahren wurden verschiedene Versuche von Verdrahtungsarten (Bündelverdrahtung, Kanalverdrahtung), welche in der Montage weniger zeitraubend sind als die Flachverdrahtung, gemacht. Wenn diese Verdrahtungsarten heute auch teilweise zur Anwendung gelangen, so konnten sie sich noch nicht allgemein durchsetzen.

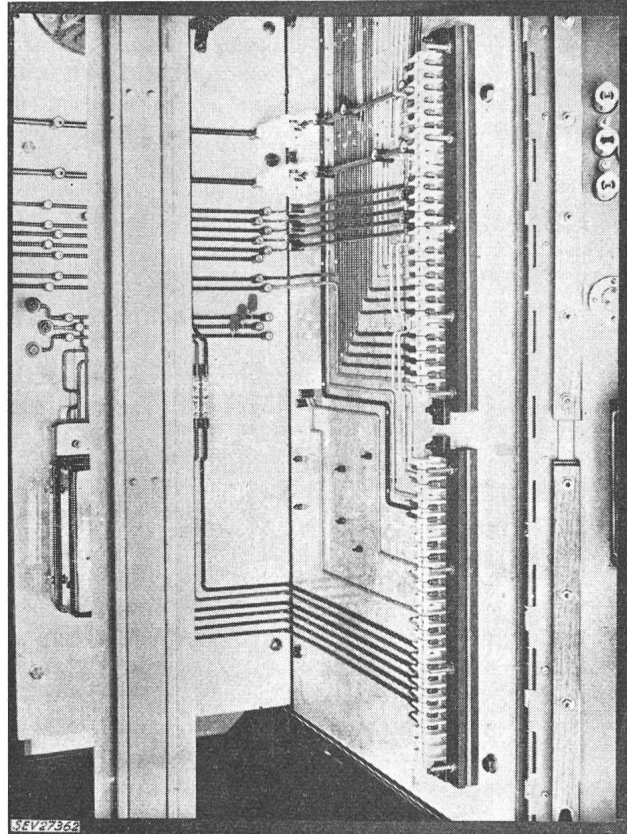


Fig. 2

Verdrahtung flach aufgedruckt

### c) Apparate

Die Apparate entwickelten sich alle in der Richtung von kleinern, raumsparenden Einheiten, ohne jedoch die Betriebssicherheit zu beeinträchtigen.

Die ganze Entwicklung im Bau von Schaltwarten zeigt die Tendenz, dass diese klein, übersichtlich, einfach zu bedienen und ästhetisch ansprechend sein sollen.

## B. Heutiger Stand im Bau von Schaltwarten

### 1. Arten von Steuerungen

Die Disposition einer Kommandoanlage als Ganzes wird wesentlich beeinflusst durch die Steuerungsart, welche zur Anwendung gelangt. Man unterscheidet heute zwischen:

— Direktsteuerung, wobei ein Steuerbefehl, z. B. direkt vom Steuerschalter auf die Einschaltspule

eines Leistungsschalters geht, ohne Zwischenschaltung von Hilfsapparaten. Es werden dabei Spannungen von 110 oder 220 V<sub>~</sub> verwendet.

- Schwachstromsteuerung, wobei die Steuerbefehle über Telefonkabel übertragen werden. Zur Steuerung eines Apparates muss dann mit einem Hilfsrelais die verwendete Spannung von normalerweise 48 V in die Steuerspannung des Apparates von 110 oder 220 V umgesetzt werden.
- Fernsteuerung, wobei Befehle und Meldungen zuerst nach einem bestimmten Code verschlüsselt, über Telefonleitung oder HF-Übertragung zum Empfänger übermittelt, dort entschlüsselt und auf die zu betätigenden Organe weitergegeben werden.

Alle erwähnten Steuerungssysteme können natürlich mit einer Anwahlsteuerung verbunden werden, wobei die Steuerorgane in der Schaltwarte nur in einem Satz vorhanden sind, um dann je nach Bedürfnis auf die eine oder andere Apparategruppe geschaltet zu werden.

Für die Wahl der Steuerungsart spielen sowohl technische wie auch wirtschaftliche Überlegungen eine Rolle. So sind z. B. bei einer Fernsteuerung die Kosten für die Apparatur verhältnismässig hoch, während die Entfernung zwischen Schaltwarte und zu steuernder Anlage nur eine untergeordnete Rolle spielt. Bei einer Direktsteuerung liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt, indem die festen Anlage-Kosten niedriger sind, aber mit zunehmender Entfernung zwischen den einzelnen Schaltorganen die zu verlegenden Kabel einen immer grösseren Teil der Gesamtkosten ausmachen.

## 2. Abmessung

Unabhängig von der einmal gewählten Steuerungsart wird man immer bestrebt sein, die Abmessungen der Schaltwarte so klein wie möglich zu halten. Man gewinnt dadurch an Übersichtlichkeit, wodurch die Gefahr von Bedienungsfehlern reduziert wird. Andererseits wird es dadurch möglich, die Bedienung mehrerer Anlagen von einer Schaltwarte mit vernünftigen Abmessungen aus zu vollziehen. Auch der Übergang zu einem Einmannbetrieb ist ohne weiteres möglich. Beim Bau von Kavernenkraftwerken spielt auch die kleinere Raumbeanspruchung eine gewisse Rolle.

Auf der Apparateseite wurde der Tendenz zum Bau von immer kleineren Schaltwarten dadurch Rechnung getragen, dass immer mehr robuste und betriebssichere Kleinapparate erhältlich sind. Als Beispiele sollen die folgenden erwähnt werden:

- Steuerschalter, welche früher Frontabmessungen von 40...60 mm hatten, brauchen heute nur noch 30, oder bei Schwachstromsteuerung nur noch 25 mm.
- Die Gefahrmelder hatten früher die Dimensionen eines Schutzrelais, während sie heute 48×48 mm oder sogar noch kleiner sind.
- Die 250°-Messinstrumente sind heute in den Dimensionen 48×48 mm auf dem Markt erhältlich, wobei Skalenlänge und Ablesbarkeit immer noch genügend sind.

## 3. Einfachheit der Bedienung

Die Betriebssicherheit und die Verhinderung von Bedienungsfehlern hängen weitgehend mit der Einfachheit der Bedienung zusammen. Durch die Beschränkung auf die notwendigsten Elemente und die Reduktion der Schalttafel-Abmessungen gelingt es, das Blindschema klarer und übersichtlicher zu gestalten (Fig. 3). Auch die Anwendung von verschiedenen Farben trägt zur Übersichtlichkeit bei.

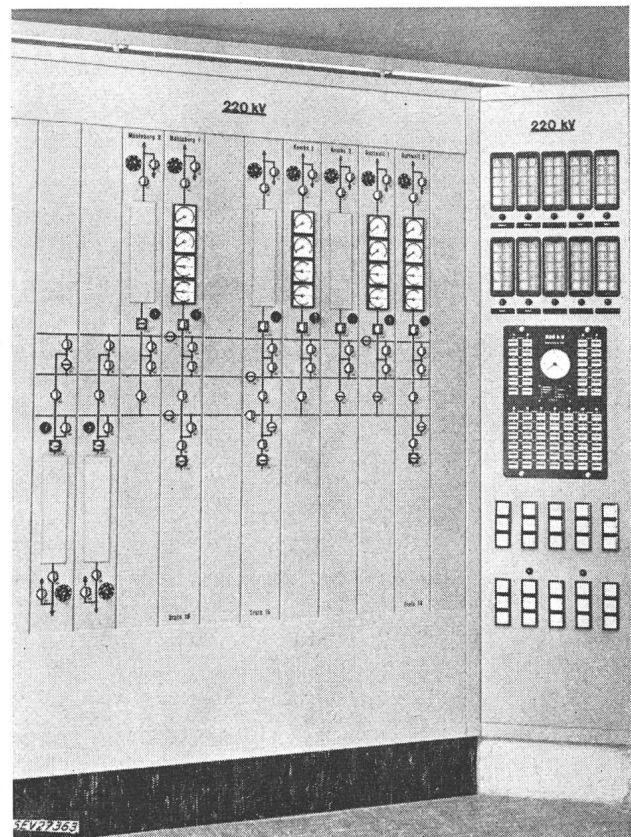


Fig. 3

Beispiel einer neueren Kommandotafel

Klares, übersichtliches Blindschema. Weglassung aller nicht notwendigen Apparate.

Kleine Abmessungen (120 mm Feldbreite)

Die Einfachheit der Bedienung wird wesentlich unterstützt durch die Anwendung der Automatik beim Betrieb eines Kraftwerkes. So kann z. B. der Anlauf einer Maschinengruppe durch einen einzigen Steuerbefehl hervorgerufen werden, wobei selbstverständlich durch die Automatik vor Anlauf der Gruppe sämtliche notwendigen Hilfsfunktionen wie Wasserstand, Öldruck, Kühlwasser usw. kontrolliert werden. Auch die richtige Reihenfolge des Anlassvorganges wird dabei gewährleistet.

Als weiteres Beispiel für die Einfachheit der Bedienung soll die Zählerablesung erwähnt werden. Bisher war es meistens üblich, die Zählerstände durch einen Schaltwärter einzeln von Hand auf einem vorgedruckten Formular aufschreiben zu lassen. Bei grösseren Anlagen kann diese Arbeit eine verhältnismässig lange Zeit in Anspruch nehmen. Um dem abzuweichen, können die Zähler einer Anlage mit Impulskontakten ausgerüstet werden. Die Impulse werden auf kleine Impulszählwerke in der Schalttafel übertragen, welche so den Zählerstand



reproduzieren<sup>1)</sup>). Dies gestattet, eine grosse Anzahl Zähler auf kleinstem Raum zusammenzufassen, wobei es dann ohne weiteres möglich ist, die Ablesung photographisch vorzunehmen.

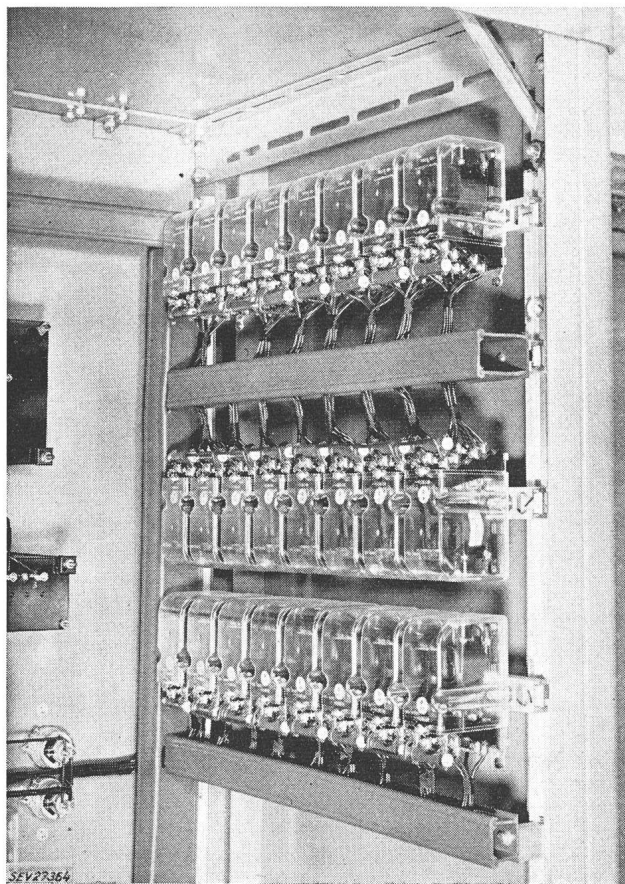


Fig. 4

#### Kanalverdrahtung

Die Drähte werden in einen Kanal aus Isoliermaterial eingelegt, der mit einem selbsthaltenden Deckel verschlossen wird

die konstruktive Seite der Schalttafeln und Schalt-pulte. Abgesehen von der äusseren Form bedingt die heute übliche gedrängte Bauweise neue Möglichkeiten für den Einbau und die Verdrahtung der Apparate. So können z. B. extrem schmale Schalttafelfelder eine vernünftige Verdrahtung fast verunmöglichen, wenn sie nicht herausklappbar konstruiert werden. In solchen Fällen können nur noch Bündel- oder Kanalverdrahtung sinnvoll angewandt werden, da mit einer Flachverdrahtung der Raum viel zu stark verbaut würde (Fig. 4). Auf eine gute Anordnung der Klemmen muss in solchen Fällen ebenfalls stark geachtet werden.

### 5. Ästhetische Gestaltung

Die allgemeine Verkleinerung der Kommandoräume sowie die Beschränkung auf Steuerungs- und Überwachungsorgane ermöglichen heute eine wesentlich bessere Beachtung der architektonischen Gesichtspunkte. Während früher für die Gestaltung einer Schaltwarte kaum ein Architekt beigezogen wurde, wird heute der Ingenieur sich weitgehend nur noch mit der Gestaltung der Schalttafel-front befassen, die Raumgestaltung als Ganzes wird er aber dem Architekten überlassen. Diese Entwicklung führt dazu, dass die bis heute üblichen Formen von Schalttafeln und Kommandopulten verlassen werden, um durch neuartige Formen ersetzt zu werden. Dabei zeigt sich eine Tendenz von stark abgerundeten Einheiten, dann aber können z. B. auch Schalttafeln fensterartig in die Wände eingelassen werden, wodurch dem Architekten eine wesentlich grössere Fläche zur freien Gestaltung zur Verfügung steht (Fig. 5).

Vom Standpunkt des Fabrikanten von Schaltanlagen aus gesehen bedeutet diese Entwicklung eine Erschwerung in seinen Bestrebungen nach möglichst weitgehender Normung, was sich auf die Preise der Anlagen auswirken muss.

### C. Weitere Entwicklung

Für die weitere Entwicklung im Bau von Schaltwarten ist zu erwarten, dass vermehrt Schwachstrom- und Fernsteuerungen zur Anwendung gelangen werden. Diese Entwicklung ist vor allem auf die immer grösseren Abmessungen der Anlagen zurückzuführen, wobei diese Abmessungen einmal von

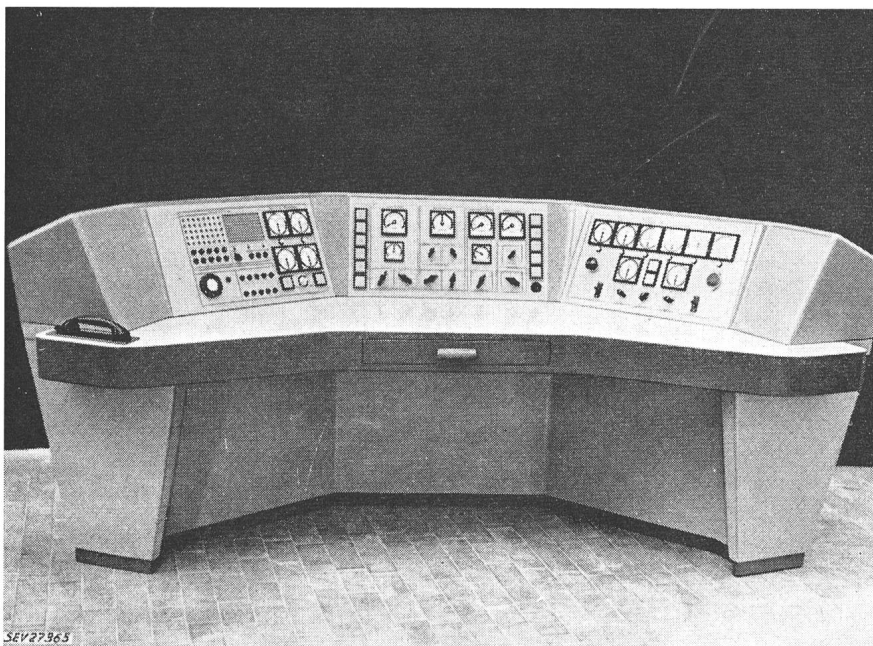


Fig. 5

#### Modernes Schaltpult

Abgerundete, ästhetisch ansprechende Form. Kleine Dimensionen der eingebauten Instrumente und Apparate

### 4. Konstruktives

Die allgemeine Entwicklung beim Bau von Schaltwarten hat natürlich auch ihren Einfluss auf

<sup>1)</sup> Siehe Bull. SEV Bd. 49(1958), Nr. 11, S. 496, Fig. 13.

der Grösse der Anlage als solche abhängen, dann aber auch mit den hohen Übertragungsspannungen, welche grosse Abstände bedingen, zusammenhängen. Auch die Steuerung mehrerer Anlagen von einer

zentralen Stelle aus kommt immer mehr zur Anwendung. Eine weitere Entwicklungstendenz zeichnet sich durch die vermehrte Anwendung der Automatik ab, einerseits für die Inbetriebsetzung und Abschaltung von Maschinengruppen, dann aber auch für die Steuerung der Maschinengruppen mit Hilfe von Lastverteilern. Diese Entwicklung gestattet eine Reduktion des ausgebildeten Fachpersonals, da es ohne weiteres möglich ist, die Steuerung durch angelernte Hilfskräfte vorzunehmen. In allen Fäl-

len wird es aber unumgänglich sein, dass für die Projektierung und Ausführung von Schaltwarten eine enge Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur und Betriebsleuten stattfindet. Nur so wird es möglich sein, Anlagen zu bauen, welche sowohl technisch wie praktisch den Betriebsanforderungen genügen.

Adresse des Autors:

E. Hugentobler, Ingenieur, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.

## Diskussionsbeiträge

Dr. F. Kurth, Direktor, Accumulatoren-Fabrik Oerlikon, Zürich: Ein Zubehör einer Hilfsanlage ist der Akkumulator, von dem man wenig spricht und wenig hört, weil er zuverlässig jederzeit seine Aufgabe erfüllt. Die Akkumulatoren-Batterie ist im komplizierten Steuerungsnetz oder in der Sicherungsanlage eines Kraftwerkbetriebes die einzig sichere Energiequelle. Sie hilft nicht selten, die wertvollen Anlagenteile vor grossem Schaden zu bewahren. Es werden deshalb an den Akkumulator als Bestandteil der Hilfs- oder Notstromanlage eines Kraftwerkes hohe Anforderungen gestellt. Für stationäre Batterien, wie diese Energiespeicher technisch bezeichnet werden, im Kraftwerkbetrieb, in Unterstationen, Telephonzentralen oder Notstromanlagen, kommen Blei- oder Stahl-Akkumulatoren in Frage. Obwohl beide Ausführungen zahlenmässig sehr verschieden anzutreffen sind, bewähren sich beide gut.

Der Blei-Akkumulator feiert im nächsten Jahr seinen 100. Geburtstag. Die Erfinder, die vor etwa siebzig Jahren die wissenschaftlichen Grundlagen für die praktische Anwendung des Blei-Akkumulators schufen, haben gleichzeitig auch einige wesentliche Möglichkeiten der Elektrodengestaltung gezeigt, die bis heute dieselben geblieben sind. Während die ersten von Planté im Jahre 1859 verwendeten Elektroden noch einfache, in Form von Spiralen gerollte und durch Gummistreifen gegeneinander isolierte Bleibleche waren, werden heute Grosseoberflächenplatten-Batterien konstruiert, die hinsichtlich Lebensdauer sehr günstig sind.

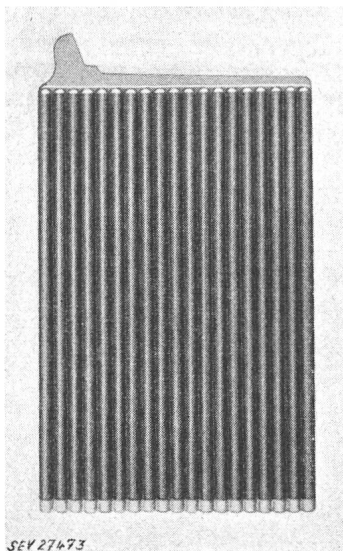


Fig. 1  
Positive Röhrenplatte Typ PAM

Gitterplatten-Batterien kamen etwa um 1950 für stationäre Zwecke erstmals zur Anwendung. Der Träger der Platten ist ein Gitter, welches je nach Verwendungszweck grössere oder kleinere waagrechte oder diagonale Maschen besitzt. Zum Giessen dieser Gitter verwendet man Hartblei, eine Legierung von Blei und Antimon, um dem Gitter eine grössere Festigkeit zu geben. Die wirksame Masse setzt sich bei der positiven Elektrode aus Bleioxyden zusammen, die auf elektrochemischem Wege in Bleidioxyd umgewandelt werden. Der Aufbau

der negativen Platte ist praktisch der gleiche. Nach der Formation besteht die aktive Masse aus fein verteiltem Schwammblei.

Die günstigen Eigenschaften der Grosseoberflächenplatten-Batterien hinsichtlich der Lebensdauer und diejenigen der Gitterplatten-Batterien in bezug auf Gewicht und Raum sind in den Panzerplatten-Batterien vereinigt. Die ursprüngliche Panzerplatten-Ausführung stammt aus Amerika. Sie wurde

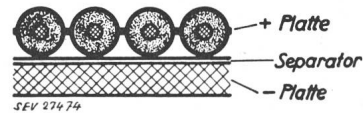


Fig. 2  
Schnitt durch positive Röhrenplatte und negative Gitterplatte, Typ PAM

vor ungefähr 30 Jahren von den europäischen Fabrikanten übernommen. Die positive Platte besteht aus nebeneinander angeordneten, geschlitzten und mit Bleioxyden gefüllten Hartgummiröhren. Zur Stromableitung dienen zentrisch in den Röhren gelagerte Bleidrähte aus einer Hartblei-Legierung gegossen. Die einzelnen Bleidrähte sind oben und unten miteinander zu einer Platte verschweisst. Zwischen der positiven Platte und der negativen Gitterplatte befindet sich als Plattentrennung ein 1...1,2 mm starker Miporscheider. Mit dem Aufkommen neuer Kunststoffe, insbesondere Kunstfasern, ersetzte man die früheren geschlitzten Hartgummiröhren der

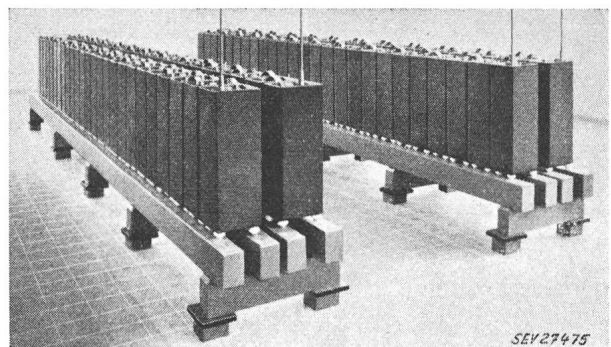


Fig. 3  
Stationäre Batterie Typ PAM, bestehend aus Einzelelementen

Panzerplatten durch solche aus Kunststoff. Bei gleichem Ausendurchmesser der mikroporösen Röhren wird nicht nur mehr aktive Masse untergebracht, sondern der Säureausgleich ist durch eine wesentlich vergrösserte freie Porenfläche erleichtert (Fig. 1 und 2).

Diese neue Panzerplatten-Batterie weist gegenüber den bisherigen, mit geschlitzten Hartgummiröhren ausgeführten positiven Platten eine starke Erhöhung des Energiespeichungsvermögens pro Raum- und Gewichtseinheit auf. Stationäre Panzerplatten-Batterien benötigen deshalb zur Unterbringung nur etwa die Hälfte der Grundfläche von konventionellen Grosseoberflächenplatten-Batterien gleicher Leistung. Sie