

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 17 (1926)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Die Gestaltung des Kommandoraumes in modernen Kraftwerken  
**Autor:** Puppikofer, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058863>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 18.01.2025

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

# SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

## ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des } REDAKTION { Secrétariat général de  
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des } Zürich 8, Seefeldstr. 301 { l'Association Suisse des Electriciens et de  
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke } l'Union des Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration { Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G. } Editeur et Administration  
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der | Reproduktion interdite sans l'assentiment de la rédaction et  
Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | sans indication des sources

XVII. Jahrgang  
XVII<sup>e</sup> Année

Bulletin No. 5

Mai 1926  
Mai

### Die Gestaltung des Kommandoraumes in modernen Kraftwerken.

Von H. Puppikofer, dipl. Ing., Baden.

*Der Autor beschreibt an Hand zahlreicher Beispiele die Entwicklung, welche der Kommandoraum im Laufe der Zeit in Kraftwerken durchgemacht hat bis zu den neuesten Ausführungen solcher, in welchen durch Ruhe, möglichst gleichmässige Beleuchtung und Einfachheit in der Anordnung die Vorbedingungen für fehlerfreies Arbeiten gegeben sind.*

*En s'aidant de nombreux exemples, l'auteur fait une description de l'évolution par laquelle ont passé un cours des années les postes de commande des centrales électriques. Il en arrive aux exécutions les plus modernes, celles où, grâce au silence, à un éclairage aussi régulier que possible et à la simplicité de l'aménagement, toutes les conditions requises sont remplies pour un fonctionnement exempt de perturbations.*

1. *Allgemeines.* Ein überaus wichtiger Teil jedes modernen Kraftwerkes ist der Kommandoraum. Es ist dies sozusagen der Kopf, das Gehirn des betreffenden Werkes, wo alle Meldungen zusammenlaufen und von wo aus die Befehle für den ganzen Betrieb ausgehen. Dort sitzt der verantwortliche Schichtenführer, vollzieht mit Hilfe der Fernantriebe die notwendigen Schaltungsänderungen und überblickt mit Hilfe der zahlreichen Instrumente und Signalapparate alle Vorgänge in seinem Werke. Wie beim Menschen gewisse Bewegungen, speziell die Schutz- oder Abwehrbewegungen, ohne Mitarbeit des überlegenden Gehirns ausgelöst werden, so sucht man auch in elektrischen Betrieben die Einrichtungen so zu treffen, dass die Fälle, in denen der denkende Mensch eingreifen muss, auf ein Minimum herabgesetzt werden. Die Maschinen werden daher mit automatischen Regulierapparaten und Schutzrelais ausgerüstet. Dadurch erreicht man, dass bei allfälligen Störungen sofort reflexartig auch die richtigen Schutzmassnahmen ergriffen werden, besser und rascher, als wenn dies von einem Wärter erledigt werden müsste. Dem Menschen bleiben die schwierigeren, Ueberlegung benötigenden Arbeiten vorbehalten. Das Anwachsen der Leistungen, sowohl von Kraftwerken als auch von Maschinen, führte mit der Zeit zu einer derartigen Ansammlung von Apparaten, Messinstrumenten und Relais, dass dadurch der Konstrukteur von Schaltanlagen vor ganz neue Aufgaben gestellt wurde. Die systematische Verfolgung der den Bau von Schaltanlagen leitenden Gedanken führte als vorläufig abschliessendes Glied einer Entwicklungskette zum heutigen Kommandoraum. Diese Entwicklung ist in kaum mehr als einem Jahrzehnt vor sich gegangen und kann heute noch leicht verfolgt werden.

Die für den Betrieb der Stromerzeuger notwendigen Apparate hat man früher ähnlich wie die Steuerorgane des hydraulischen Teiles auf Schaltsäulen (Fig. 1) oder kleineren Schalttafeln ganz in der Nähe der Maschinen selbst montiert. Diese Anordnung findet sich heute nur noch bei kleinen Kraftwerken, die nur eine oder höchstens zwei Gruppen besitzen. Mit dem Wachsen der Zentralenleistungen, d. h. der

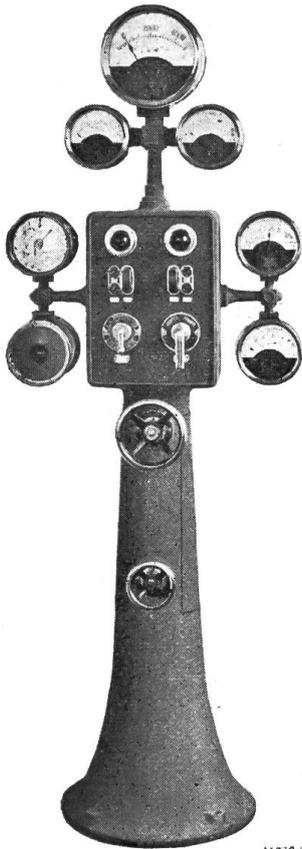


Fig. 1.  
Schaltssäule.

Maschinenzahl und -Grösse, entstand das Bedürfnis, die elektrischen Apparate zu zentralisieren und an eine Stelle zu bringen, von der aus man die Uebersicht über den ganzen Maschinensaal hatte. Es entstand so die Kommandostelle. Die elektrischen Steuerapparate wurden in Pulte eingebaut, die ihrerseits so auf einer Bühne oder einer Galerie aufgestellt waren, dass der bedienende Maschinenwärter gleichzeitig auch die Maschinen überblicken konnte. Ein solches Beispiel zeigt der in Fig. 2 dargestellte Maschinenraum des Kraftwerkes Augst. Mit der Zeit häuften sich die Steuerapparate und Messinstrumente derart an, dass die Kommandostelle nicht mehr Platz fand auf einem blossen Podium. Das durch die Maschinen verursachte Geräusch war ferner so gross, dass die Verständigung der Bedienenden auf der Kommandostelle sehr erschwert war. Man entschloss sich daher, die ganze Zentralstelle aus dem Maschinensaal herauszunehmen und in einem eigens dafür vorgesehenen Raum, dem Kommandoraum, unterzubringen. Hier kann nun der aufsichtführende Maschinist abseits vom Lärm den Betrieb überwachen und leiten.

2. Disposition. Die ganze Anordnung des Kommandoraumes muss so getroffen werden, dass Ruhe, Licht und Klarheit, die Hauptbedingungen für fehlerfreie Arbeit, in weitgehendem Masse vorhanden sind. Die Anordnung der Pulte und Tafeln, in denen die Steuer- und Messapparate untergebracht sind, spielt hiebei eine grosse Rolle. Ihre Teilung in Einzelfelder muss der gewählten Einteilung in Betriebs-

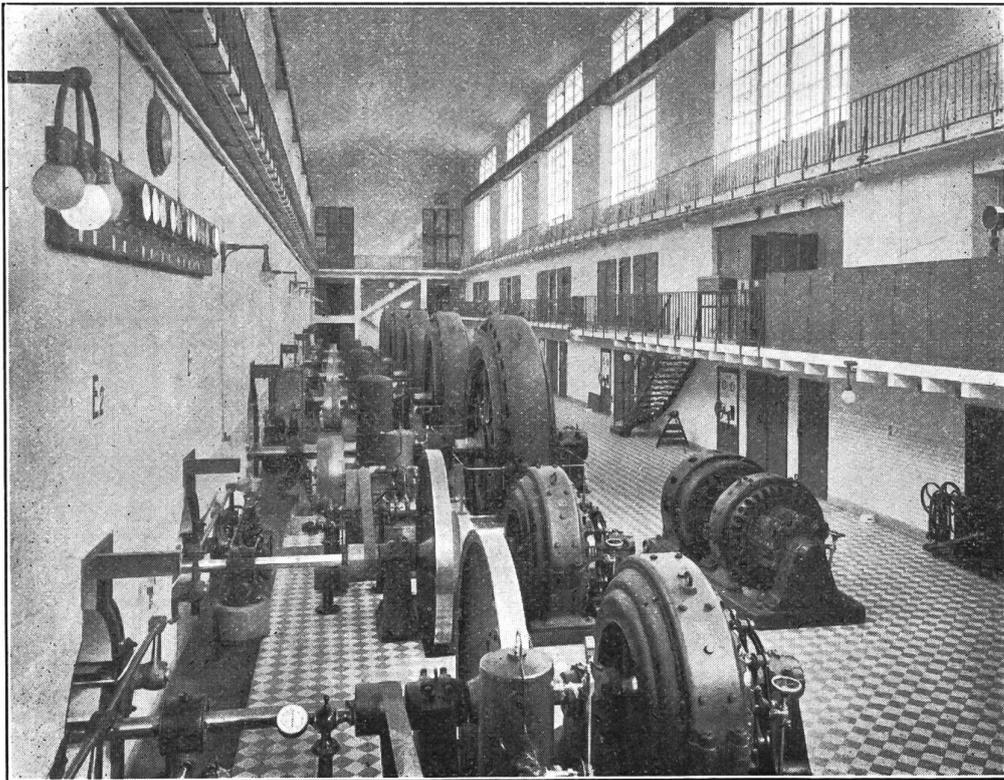


Fig. 2.  
Kraftwerk Augst des Elektrizitätswerkes Basel. — Schaltpulte auf einer Galerie.

einheiten entsprechen. Unter Betriebseinheit verstehen wir hier die Zusammenfassung aller Maschinen und Apparate, die zu einem selbständigen Betriebe gehören, z. B. einen Generator mit dem zugehörigen Transformator zur Herauftransformierung und allen seinen Apparaten. Die Aufstellung der Pulte und Tafeln erfolgt heute fast durchwegs halbkreis- oder hufeisenförmig, so dass sich im Mittelpunkt der Sitzplatz und das Pult des aufsichtführenden Wärters befinden. Grundsätzlich soll der Wärter von seinem Platz aus alle Zustandsänderungen an Instrumenten oder Appa-

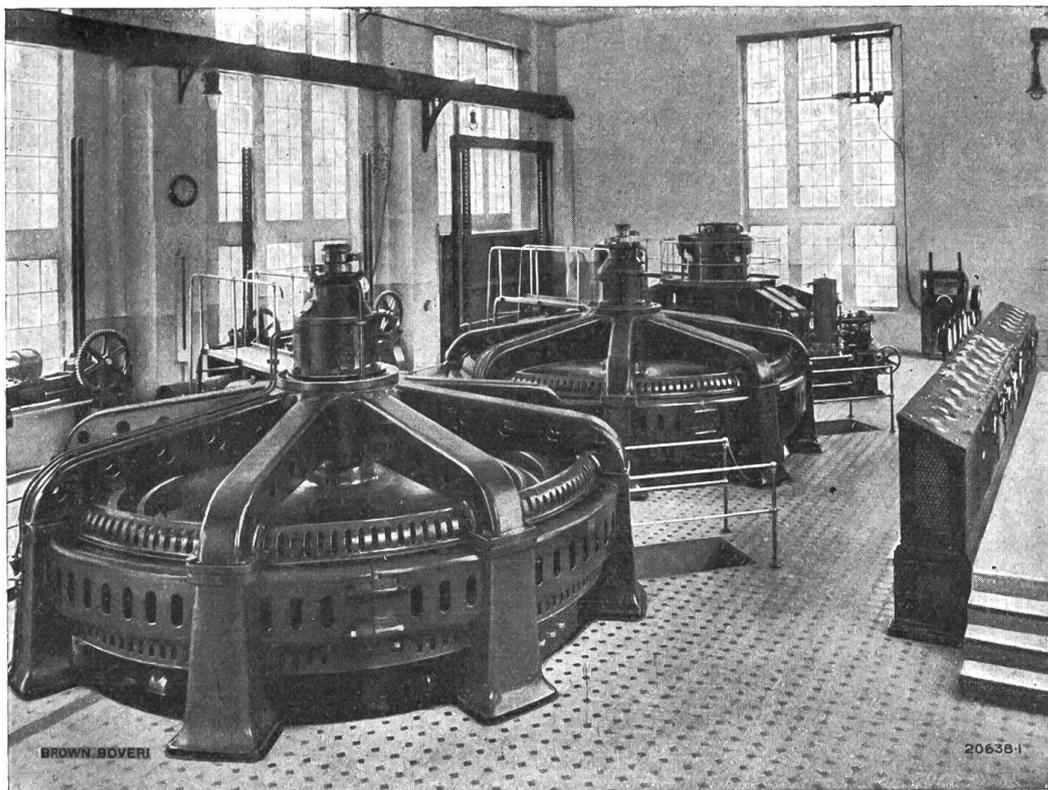


Fig. 3.

Kraftwerk Aue der städtischen Werke Baden. — Schaltpulte auf einem Podium.

raten wahrnehmen können. Es ist nicht unbedingt notwendig, dass er die Instrumente ablesen kann, aber er muss auffällige Zeigerstellungen und -Schwankungen, sowie das Aufleuchten der Signallampen sehen können. Es müssen also alle Instrumente oder Apparate, die bei Störungen irgendwelche Änderungen zeigen können, von seinem Platze aus sichtbar sein. Diese Bedingung führt dazu, dass man der Frage der Beleuchtung des Raumes besondere Aufmerksamkeit zu schenken hat. Die Fenster und Beleuchtungskörper müssen so verteilt sein, dass an keinem der Plätze, die der Schaltwärter betriebsmässig einnehmen wird, für ihn eine Blendung durch Spiegelung an Glasscheiben oder blanken Teilen eintreten kann. Als beste Lösung hat sich die ausschliessliche Beleuchtung durch Oberlicht bewährt. Bei Nacht treten einige starke Lampen, die sich oberhalb des Oberlichtabschlusses befinden, an Stelle des Tageslichtes; so hat man bei Tag und bei Nacht genau dieselbe indirekte Beleuchtung. Fenster, die nach aussen gehen, sollen nicht vorhanden sein.

Falls die Lage des Kommandoraumes bezüglich des Maschinenhauses es erlaubt, bringt man gegebenenfalls noch ein breites Fenster an, das ermöglicht, den Maschinensaal vom Kommandoraum aus zu überblicken. Da man aber zur Verständigung zwischen Kommandoraum und Maschinensaal sowieso den Maschinentelegraph und das Telephon benützen muss, hat man sich heute schon daran gewöhnt, den Kom-

mandoraum ganz unabhängig und abseits vom Maschinenhaus anzuordnen, sofern sich dadurch andere Vorteile erreichen lassen.

Das Wegfallen jeglicher direkten Beleuchtung durch Fenster erlaubt auch, alle Wände des Kommandopostens mit Schalttafeln zu belegen, wodurch der ganze Raum kleiner, gedrängter und dadurch auch übersichtlicher wird. Man sucht heute mehr

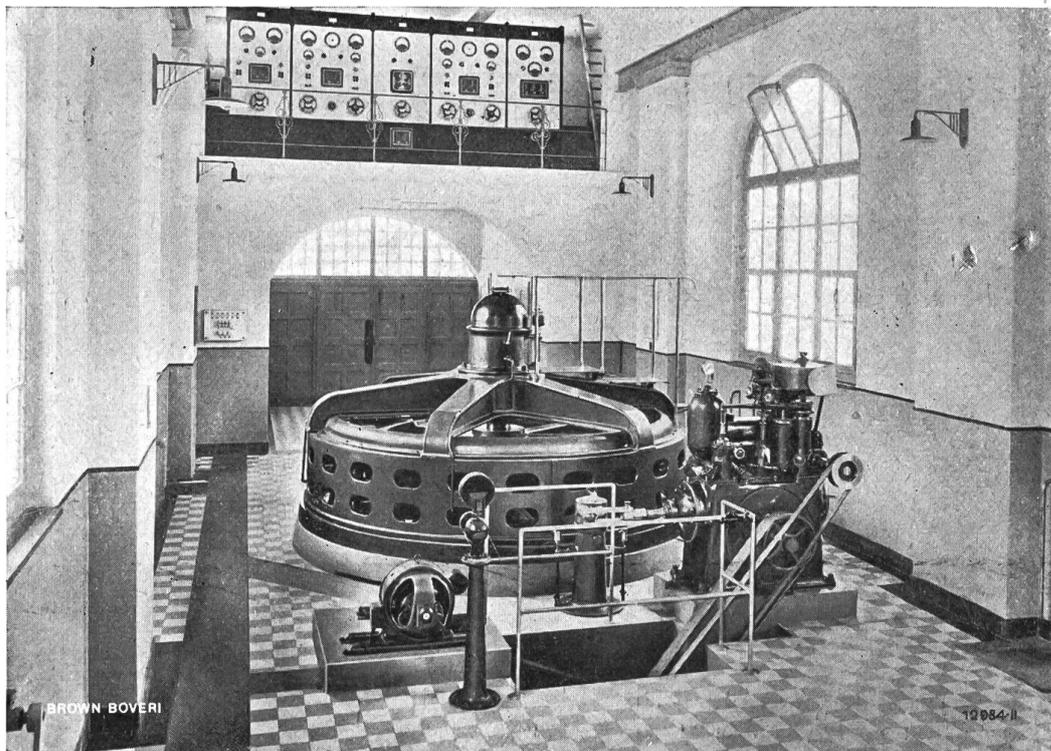


Fig. 4.

Kraftwerk Wettingen der Spinnerei und Weberei Wettingen A.-G. — Generatortafeln auf einer Empore.

und mehr den Raum mit den Tafeln selbst abzuschliessen, so dass diese nicht wie Möbel frei dastehen, sondern eingebaut als architektonische Bestandteile erscheinen. Dadurch wirkt der Kommandoraum als ein straff in sich geschlossenes Ganzes und durch einfache und ruhige Linienggebung der Tafeln und Pulte und passende Färbung lassen sich architektonisch einwandfreie, geschmackvolle Lösungen finden. Die ersten Kommandoräume für Grosskraftwerke, wie man sie z. B. heute noch bei den thermischen Grosszentralen in Deutschland findet, hat man als prunkvolle Empfangshallen ausgerüstet, mit viel Marmor, Messing und Nickel auf den Tafeln, die übrigen Wände häufig mit glasierten Tonplatten bedeckt. Heute ist der Kommandoraum in erster Linie Betriebsraum, klein aber übersichtlich, alle Tafeln und Pulte sind aus Blech und mit einer neutralen Farbe gestrichen, alle Instrumentenrahmen sind mattschwarz, alles ist möglichst ruhig und unaufdringlich gehalten. Ständig leuchtende Signallampen sind grundsätzlich verpönt. Nur dann darf eine Lampe aufleuchten, wenn eine Störung anzuzeigen ist. Im Brennpunkt des Raumes sitzt der Wärter und hat auf seinem Schreibpult die für den Verkehr mit der Aussenwelt notwendigen Telephone (Staatstelephon, Haustelesphon, event. noch Werktelephon).

Der grosse Vorteil der gedrängten Aufstellung der Pulte und Tafeln ist am besten ersichtlich beim Vergleich mit ausgeführten Kommandoräumen, bei denen die Pulte in einer grösseren Zahl von Reihen aufgelöst wurden. Die Unmöglichkeit, die wichtigsten Instrumente zu übersehen, führte dazu, dass man das Schreibpult des Schaltwärters mit einer Anzahl von kleinen Instrumenten ausrüstete, damit er sich, ohne sich von seinem Platze weg zu begeben, über die wichtigsten Vorgänge

orientieren konnte. Dadurch wurde eigentlich im Kommandoraum selbst ein zweiter, kleinerer Kommandoraum geschaffen, was die Leitungsführung erheblich kompliziert und nennenswerte Mehrkosten verursacht.

Interessant ist auch der Vergleich der europäischen mit der amerikanischen Praxis. Während man in Europa bei der bescheidensten, kleinsten Tafel Wert auf ein übersichtliches, klares und sogar hübsches Aussehen legt und deswegen fast ausschliesslich die Instrumente und Apparate versenkt in die Tafel einbaut, kümmert sich der Amerikaner nicht um solche Gefühlswerte, so dass seine Tafeln meistens unser europäisches Empfinden verletzen. Diese nach dem Prinzip des kleinsten Arbeitsaufwandes und unter weitgehender Benützung normalisierter Teile gebauten Tafeln werden vielleicht etwas billiger zu stehen kommen. Sie werden aber, ganz abgesehen von ihrem Aussehen, unsere europäischen Ansprüche bezüglich Uebersichtlichkeit, Bequemlichkeit und Sicherheit der Bedienung kaum befriedigen können. Es muss zwar hervorgehoben werden, dass man auch in Amerika in neuester Zeit anfängt, diesem Punkte mehr Beachtung zu schenken und es sind daher nun dort auch Kommandoräume zu sehen, die mit unseren Anschauungen schon wesentlich besser übereinstimmen.

*3. Konstruktion der Pulte und Tafeln.* Es ist allgemein üblich geworden, alle *Betätigungsorgane* auf Pulte mit schräg gestellter Platte anzubringen, während die Registrierinstrumente, automatische Reguliereinrichtungen und dergl. auf die zugehörigen Tafeln gesetzt werden. Selbstverständlich müssen auf dem Pulte bei den Betätigungsorganen auch die entsprechenden Messinstrumente stehen, z. B. soll bei den Druckknöpfen zur Betätigung der Drehzahlreguliereinrichtung der Primärmotoren der Frequenzmesser bzw. das Wattmeter stehen, beim Handrad des Magnetregulators das Voltmeter bzw. die Ampèremeter für Erreger und Maschine usw. Diese Einzelheiten der Anordnung, denen häufig nicht genügende Beachtung geschenkt wird, sind jedoch äusserst wichtig, denn sie helfen die Fehlschaltungen nach Möglichkeit zu vermeiden.

Das Gerüst der Pulte und Tafeln wird in Europa sozusagen durchwegs aus Profileisen hergestellt, während man in Amerika überall Eisenrohr mit entsprechenden Klemmschellen verwendet. Die amerikanische Praxis, die auch in der Schweiz Nachahmer fand, hat sicherlich den Vorteil der leichteren Montierung an Ort und Stelle, was bei den dortigen Lohnverhältnissen event. auch den Preis günstig beeinflussen kann. Sie hat aber auch den Nachteil des grösseren Platzverbrauches und ergibt schwerfälligere Konstruktionen.

Die Tafeln sind allgemein auf der Rückseite offen und vom äusseren Kontrollgang aus zugänglich. Die Pulte müssen, wenn sie nicht an eine Tafel angebaut sind, allseits geschlossen sein. Die Rückwand ist daher immer abnehmbar. Da die Zugänglichkeit damit nicht genügend wäre, macht man die Pultplatte drehbar, so dass sie aufgeklappt werden kann. Dadurch wird auch das tiefste Pult für Montage und Kontrolle leicht zugänglich. Alle Leitungen, die zu den auf der Pultplatte befestigten Instrumenten führen, gelangen von der Pultrückwand auf die schräge Pultplatte über ein flexibles Leitungsscharnier. Die Konstruktion der Pulte und Tafeln muss so durchgeführt sein, dass eine Revision oder Instandsetzung eines einzelnen Feldes ohne Störung der benachbarten Einheiten ausgeführt werden kann. Es verlangt dies eine konsequent durchgeführte felderweise Abtrennung aller Hilfsspannungen, so dass man das zur Revision bestimmte Feld für sich allein völlig spannungslos machen kann. Da es sich hierbei um ein stromloses Abschalten handelt, begnügt man sich meistens mit der Anwendung der zur Selektierung von Kurzschlüssen sowieso notwendigen Sicherungen. Die früher allgemein übliche Unterbringung dieser Sicherungen in die Pulte und Tafeln der betreffenden Felder ist nicht empfehlenswert, da man dadurch nicht abschaltbare, spannungsführende Teile in das Pult- oder Tafelfeld hinein bringt. Wenn man an die gedrängte Bauart z. B. der Pulte denkt, wird man die Abwesenheit jeglicher spannungsführenden Teile als grossen Vorteil für den revidierenden Monteur zugeben müssen. Es sollten

daher grundsätzlich durch die Pulte und Tafeln keine Leitungen durchgeführt werden, die nicht zum betreffenden Feld gehören und nicht abschaltbar sind. Gemeinsame Leitungen, wie Synchronisiersammelschienen z. B., die man event. doch durch die Pulte ziehen muss, müssen daher besonders gut isoliert werden.

Bei Tafeln und Pulten gelten die gleichen Grundsätze bezüglich übersichtlicher und klarer Leitungsführung wie bei den Hauptleitungen. Die Schwierigkeiten, die der Konstrukteur dabei zu überwinden hat, sind aber ungleich grosse, da die Zahl der Steuer- und Messleitungen, die im Kommandoraum eines grösseren Kraftwerkes zusammenlaufen, sehr gross ist. Die richtige Führung und Sammlung dieser vielen Leitungen verlangt eine sorgfältige, bis ins kleinste Detail gehende Projektierungsarbeit. Bei den modernen Kraftwerken wird daher der Raum unterhalb des Kommandoraumes als „Kabelverteilteraum“ für die Sammlung dieser Leitungen und deren übersichtliche Verteilung auf die oberhalb befindlichen Pulte und Tafeln benützt. Bei besonders sorgfältiger Leitungsführung und Benützung von Kanälen im Boden des Kommandoraumes kann man event. auch ohne den Kabelverteilteraum auskommen. Diese Lösung ist jedoch nicht zu empfehlen, da der Kabelverteilteraum in vielen Beziehungen eine Entlastung der Pulte und Tafeln mit sich bringt und besonders für Montage und Kontrolle grosse Erleichterungen schafft.

Für die Leitungsführung innerhalb der Pulte und Tafeln empfiehlt es sich sehr, farbige Drähte zu verwenden, so dass man aus der Farbe des Drahtes sofort an irgend einem Punkte seines Verlaufes seine Zweckbestimmung erkennen kann. Die Verteilung der Farbe hat also mit der Erkennung der Phasen bei den Messleitungen nichts zu tun. Um auch die Phasen bei den Zählern usw. zu bezeichnen, kann man mit Vorteil die bekannten farbigen Endmanschetten aus Zelluloid verwenden.

Im Kabelverteilteraum werden zweckmässigerweise auch die oben erwähnten Sicherungen zur Abschaltung der Hilfsstromkreise untergebracht. Mit Vorteil hält man sich an den Grundsatz, dass man sämtliche Hilfsspannungen, die sowohl in den Pulten und Tafeln, als auch in den zugehörigen Hochspannungszellen irgendwie benötigt werden, hier absichert. Durch diese Zentralisierung der Sicherungen erreicht man bei übersichtlicher Anordnung, dass man nach Abschalten der Oelschalter mit Hilfe der Fernsteuerung auch sämtliche Hilfsspannungen der betreffenden Betriebseinheiten abschalten kann, ohne dass etwas vergessen wird. Eine Hochspannungszelle darf erst dann zur Revision freigegeben werden, wenn alle zugehörigen Sicherungen herausgenommen sind. Dann aber muss der Monteur die völlige Gewissheit haben, dass im ganzen ihm zur Verfügung gestellten Raume sich kein einziger spannungsführender (auch keine Niederspannung führender) Teil mehr befindet. Es empfiehlt sich auch, am selben Orte Sicherungen oder Trenner in die Stromkreise der Spannungswandler einzubauen, so dass man zur völligen Abschaltung eines bestimmten Pultes nicht gezwungen ist, in die Schaltanlage hinüberzugehen. Selbstverständlich sind die Sekundärsicherungen bei den Spannungswandlern selbst trotzdem beizubehalten, um sich bei Arbeiten in den Zellen gegen Rückspannung zu sichern.

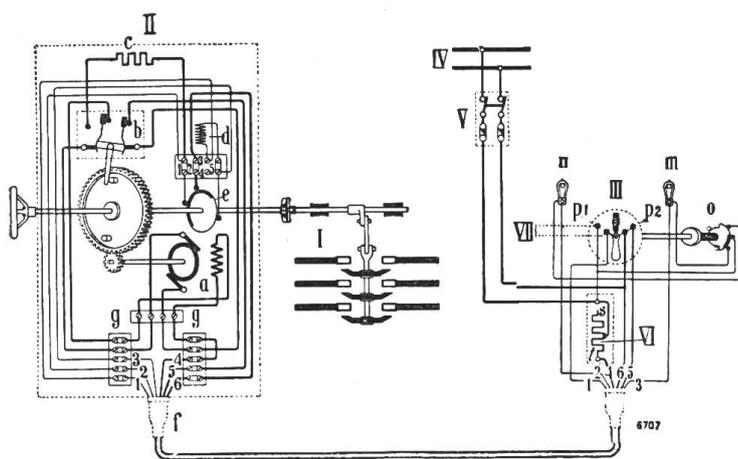


Fig. 5.

Schaltschema des BBC-Motorfernantriebes für Oelschalter.

Selbstverständlich sind die Sekundärsicherungen bei den Spannungswandlern selbst trotzdem beizubehalten, um sich bei Arbeiten in den Zellen gegen Rückspannung zu sichern.

4. Wahl der Apparate. Vom Kommandoraum aus können alle wichtigen Schaltungen mit Hilfe von Fernantrieben ausgeführt werden. Damit der Wärter fest-

stellen kann, ob der Fernantrieb richtig gearbeitet hat, wird die vollzogene Schaltung durch ein beim Steuerschalter befindliches Lampensignal gemeldet. Der von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. für diesen Zweck entwickelte Steuerschalter oder

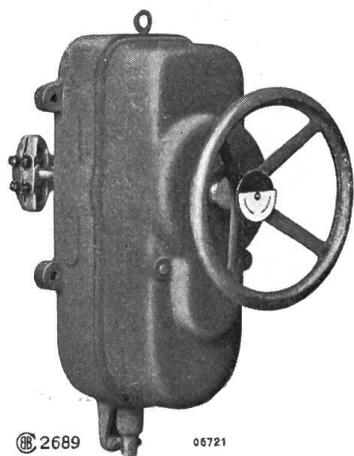


Fig. 6.  
BBC - Motorferntrieb.

Kontaktgeber zeichnet sich durch einfache und kräftige Bauart und seinen geringen Platzbedarf aus. Er ist mit Freilauf zur Verhütung mehrmaligen Schaltens auf bestehende Kurzschlüsse versehen (sogenanntes Pumpen der Schalter), was sonst unvermeidlich wäre, wenn die Schalter Ueberstromauslösung besitzen und der Wärter den Hebel längere Zeit in der Stellung „ein“ halten würde. Ausserdem weist der BBC-Kontaktgeber eine Sperrspule auf, die bewirkt, dass der einmal auf „ein“ gestellte Kontaktgeber nicht wieder in die Nullstellung zurückgedreht werden kann, bevor die Schaltung erfolgt ist. Dadurch wird verhindert, dass der Einschaltstromkreis mit dem Steuerschalter unter-

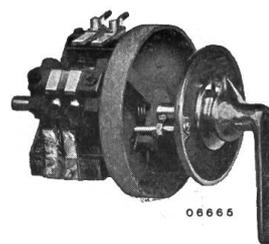


Fig. 7.  
BBC - Steuerschalter oder Kontaktgeber.

brochen werden kann, was bei den bekannten Eigenschaften des Gleichstrom-Ausschaltlichtbogens den Steuerschalter zerstören könnte. Die Unterbrechung des Ein- und Ausschaltstromkreises nach erfolgter Schaltung geschieht im Fernantrieb selbst. An Stelle dieser Sperrung verwenden verschiedene Konstrukteure zur Schaltung der Fernantriebe ausserhalb der Pulte aufgestellte Gleichstromschützen, die durch einen Magneten mit dem auf dem Pult befindlichen Kontaktgeber oder Steuerschalter betätigt werden. Diese Hintereinanderschaltung zweier Betätigungsstromkreise hat natürlich den Nachteil, dass die Schaltzeiten sich erheblich vergrössern, was besonders beim automatischen Parallelschalten unangenehm werden kann.

Bei jedem Steuerschalter werden zwei verschiedenfarbige Lampen eingebaut, welche die jeweils vollzogene Schaltung anzeigen. Damit man aber keine ständig brennende Lampe auf dem Pulte hat, leuchten diese nur so lange, als der Hebel des Steuerschalters in der der gewollten Schaltung entsprechenden Lage gehalten wird. Sobald man den Hebel in die Mittel- oder Ruhestellung bringt, löscht die Lampe aus. Falls ein Schalter durch die Schutzrelais automatisch ausgelöst wird, leuchtet die „Aus“-Lampe auf und brennt so lange, bis der Schaltwärter darauf aufmerksam wird und den Hebel des Steuerschalters kurz in die „Aus“-Stellung und zurück in die Mittellage gebracht hat. Die zuletzt vollzogene Schaltung wird am Kontaktgeber durch einen Schleppezeiger angezeigt, der stets in der betreffenden Stellung stehen bleibt und auf die zugehörige Signallampe hinweist. Ausser der optischen Signalisierung der erfolgten Schalterauslösung empfiehlt sich das Anbringen eines zentralen akustischen Signals, das den event. anderweitig beschäftigten Wärter herbeiruft. Das akustische Signal zeigt an, dass irgendwo ein Schalter ausgelöst hat; die genaue Bezeichnung des betreffenden Schalters erfolgt durch die aufleuchtende Lampe. Das Abstellen der Glocke erfolgt gleichzeitig mit dem Löschen der Lampe durch rasches Stellen des Steuerhebels in die „Aus“-Stellung und Zurückbringen in die Mittellage.

Um in grösseren Kraftwerken jederzeit einen Ueberblick über den Schaltzustand der ganzen Anlage zu haben, stellt man im Kommandoraum ein automatisches Schema auf. Für jeden Oelschalter und jedes Trennmesser ist ein Stellungsrückmelder vorgesehen, d. i. ein kleiner Apparat, der wie ein Gleichstrommotor bei Umkehrung der Stromrichtung in Feld oder Anker auch seine Drehrichtung ändert. Der beidseitige Drehwinkel ist durch Anschläge begrenzt. Auf der Welle sitzt eine Fahne oder Scheibe, die je nach der Lage den Schalter oder das Trennmesser als „ein“- oder „aus“-geschaltet meldet. Durch eine Feder ist eine Null- oder Fehlerlage

geschaffen, die der Apparat bei Stromunterbrechung sofort annimmt, so dass hierdurch jeder Fehler in der Signalanlage gemeldet wird. Soll das automatische Schema wirklich seinen Zweck erfüllen, so muss es unbedingt zuverlässig sein. Es muss

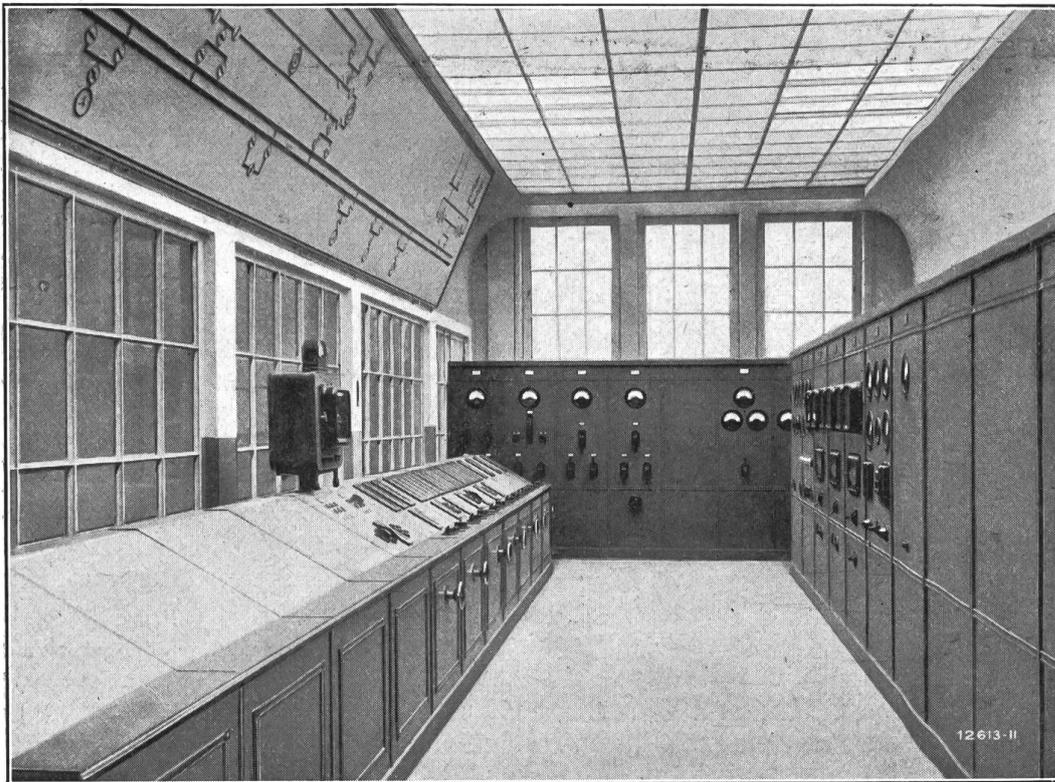


Fig. 8.

Kommandoraum des Kraftwerkes Bois Noir bei St. Maurice.

daher die Auswahl der Stellungsmelder mit besonderer Sorgfalt geschehen, wobei hauptsächlich das Ueberschussdrehmoment des Apparates und seine Schaltung zu kontrollieren sind. Fig. 8 zeigt den Kommandoraum und das automatische Schema des Kraftwerkes Bois Noir bei St. Maurice, das von Brown, Boveri & Cie. für das Elektrizitätswerk der Stadt Lausanne projektiert und ausgerüstet wurde.



Fig. 9.

Kommandoraum des Kraftwerkes Mühleberg bei Bern.

Es ist zum Teil üblich geworden, das Schema der Anlage auf die Pulte anzubringen, wo man es derart mit den Betätigungs- und Rückmeldeanlagen kombiniert, dass der bedienende Wärter bei der Schaltbewegung Zweck und Erfolg des Schaltmanövers sogleich erkennen kann. Eine nach diesem Prinzip mustergültig ausgeführte Anlage ist der Kommandoraum des Kraft-

werkes Gösgen (Fig. 10). Abgesehen davon, dass dadurch die Pulte selbst weniger übersichtlich werden, ist auch das auf die Pulte verteilte Schema durch die vielen Betätigungsorgane und durch Aufteilung gänzlich unübersichtlich geworden. Es

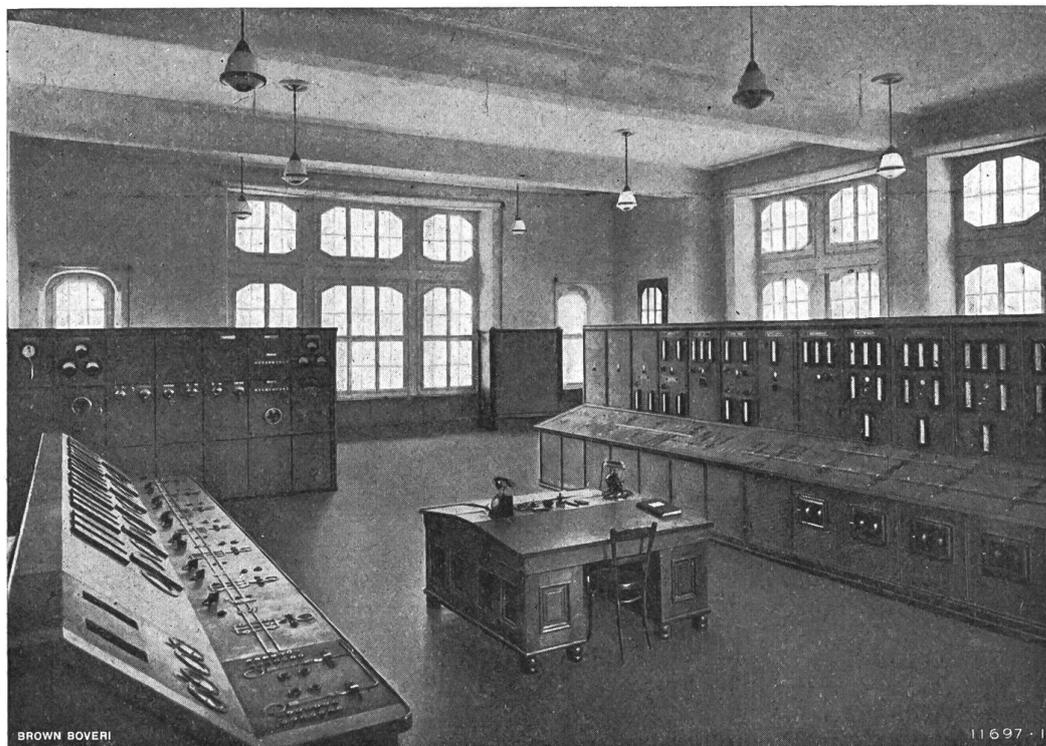


Fig. 10.

Kommandoraum des Kraftwerkes Gösgen.

muss daher festgestellt werden, dass durch dieses Schema das zentrale selbsttätige Schema nicht ersetzt, sondern nur eine nicht unbedingt notwendige Doppelspurigkeit geschaffen wird. Man beschränkt sich daher, wie die Bilder zeigen, in allen grösseren modernen Kraftwerken auf das zentrale Schema, dem man dafür grössere Abmessungen und grössere Betriebssicherheit geben kann.

Für Unterwerke mit einfachem Schaltungs-schema und wo sich der Wärter nicht ständig im Kommandoraum aufhält, ist hingegen die Anbringung des automatischen Schemas auf die Pulte, weil einfach und zweckmässig, zu empfehlen. Bei kleineren Kraftwerken, deren Schaltungs-schema ebenfalls einfach ist und deren Pulte daher nicht mit Betätigungshe-

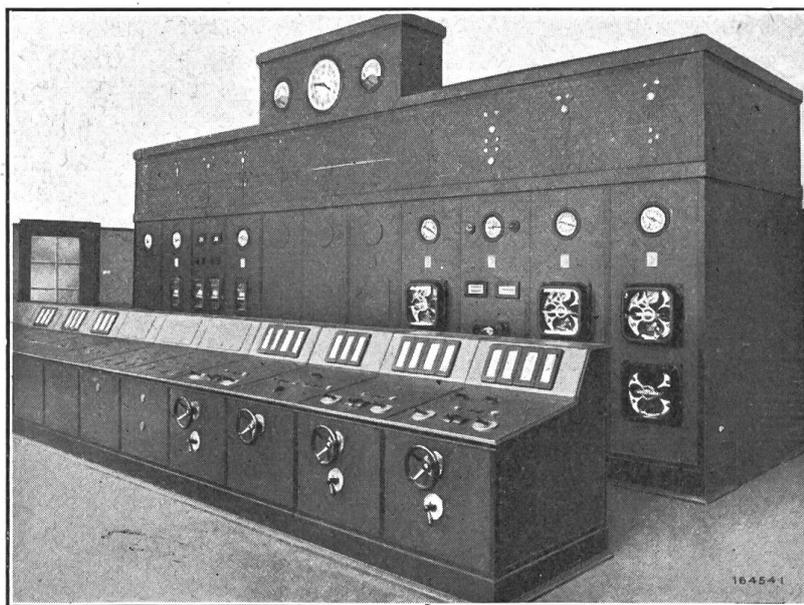


Fig. 11.

Kommandoraum des Kraftwerkes Barberine der Schweiz. Bundesbahnen.

beln überladen sind, kann diese Lösung auch angebracht sein, sofern der Sitzplatz des Wärters so gewählt werden kann, dass er von dort aus alle Pulte übersieht.

Es liegen auch Versuche vor, für die Stellungsmeldung auf dem lebendigen Schema Lampen zu verwenden. Abgesehen davon, dass diese Art der Rückmeldung bei der immerhin beschränkten Lebensdauer der Lampen nicht so sicher ist, wirkt ein solches Schema viel unruhiger auf den Beschauer und ermüdet daher den bedienenden Wärter.

Das Lichtschema eignet sich hingegen vorzüglich für die Betriebsleitungen einer ganzen Kraftwerksgruppe, d. h. für den „Load dispatcher“. Nach einer von Herrn

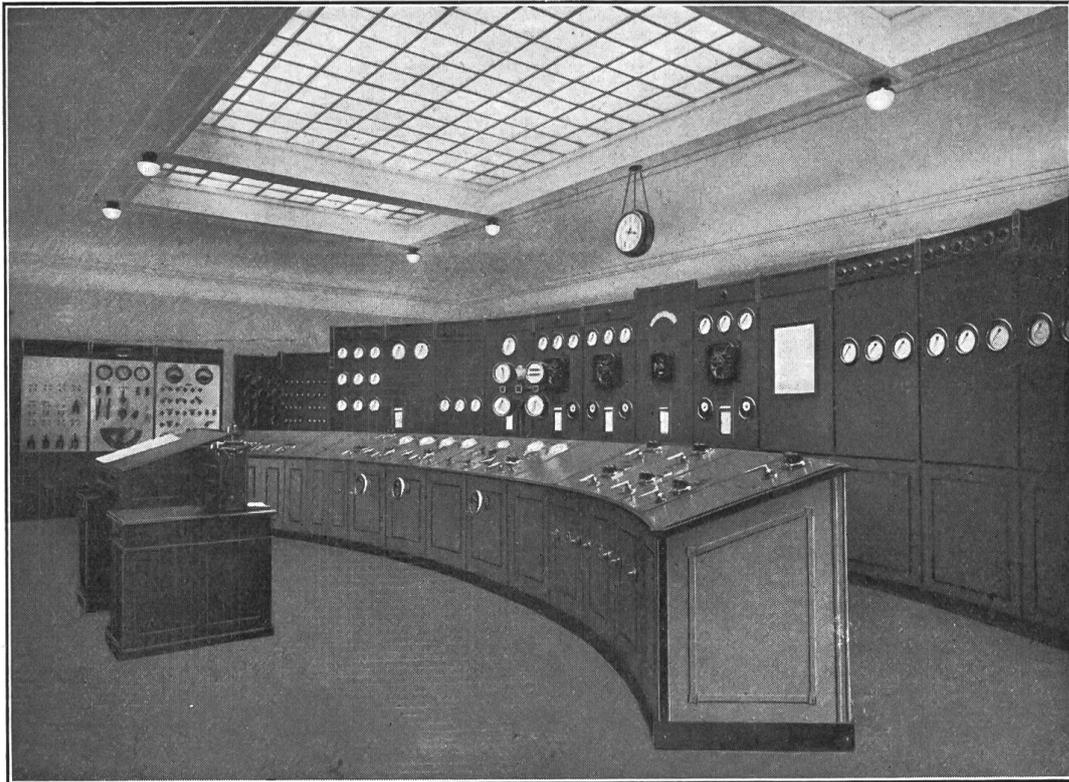


Fig. 12.

Kommandoraum des Kraftwerkes Venans in Italien.

Dr. Lommel, München, erfundenen und ihm patentierten Schaltung wird ein bestimmter Teil des Schemas nur dann aufleuchten, wenn der dargestellte Netzteil wirklich an eine stromerzeugende Anlage angeschlossen ist. Das Schema wird dadurch eigentlich spannungsanzeigend, was besonders bei Störungen usw. rasch erkennen lässt, in welcher Reihenfolge die Schalter im Netze wieder eingeschaltet werden müssen, um neue Fehler zu vermeiden. Die Bayernwerke besitzen im Umspannwerk Karlsfeld eine mit einem solchen Schema ausgerüstete Kommandostelle, die unter der Leitung von Herrn Dr. Lommel gebaut wurde. Die Stellungsmeldung erfolgt dort nicht selbsttätig, sondern durch den diensthabenden Beamten selbst, entsprechend den einlaufenden Telephonmeldungen. Dieses Bedienungssystem mit der spannungsanzeigenden Eigenschaft des Schemas gestattet dem Beamten, in Störungsfällen durch ein paar Griffe rasch eine Schaltung auf ihre Richtigkeit zu erproben, bevor er die Befehle zu ihrer Ausführung erteilt.

Die Ausrüstung der einzelnen Felder mit Instrumenten richtet sich in erster Linie nach den voraussichtlichen Bedürfnissen des Betriebes, wobei man auch hier wie bei den Schaltanlagen selbst im Interesse der Uebersichtlichkeit und Betriebssicherheit der Anlage sich auf das mögliche Minimum beschränken soll. Die sorg-

fältige Projektierungsarbeit hat schon bei der Aufstellung des Schemas der betreffenden Anlage zu beginnen. Das Schema soll möglichst einfach sein, natürlich unter Wahrung aller durch die zukünftigen Betriebsverhältnisse verlangten Schaltungsmöglichkeiten. Dasjenige Schema ist das richtige, welches mit den wenigsten Apparaten diesen Anforderungen gerecht werden kann. Bereits ist man dazu übergegangen, die Instrumente zwecks Platzersparnis in Profilform vorzusehen. Alle Messstromkreise sollten mit Prüfklemmen versehen sein, die jederzeit das Anschliessen von Kontrollinstrumenten ohne Betriebsstörung gestatten. Man wird auch die an Stromwandler angeschlossenen Instrumente über ein Klemmensystem anschliessen, welches ebenfalls jederzeit ihre Ueberbrückung und Auswechslung ermöglicht.

Da es auch schon vorgekommen ist, dass die Steuerstromkreise durch Defektwerden einer Sekundärsicherung längere Zeit spannungslos blieben, was zur Folge hatte, dass die betreffende Betriebseinheit ohne jeden Schutz war, ohne dass es gleich bemerkt wurde, empfiehlt es sich, bei wichtigen Feldern an der Abnahmestelle der Hilfsspannung hinter der Sicherung Minimalspannungsrelais anzubringen, welche bei Ausbleiben der Spannung ein Glockensignal ertönen lassen.

Bei den Synchronisiervorrichtungen ist besonders bei Kraftwerken mit verschiedenen Sammelschienensystemen streng darauf zu achten, dass keine Möglichkeit einer Fehlschaltung vorhanden ist. Die früher üblichen Voltmeterumschalter sind daher zu vermeiden. Bei jedem Generator- oder Kupplungsfeld ist ein Synchronisierschalter mit nur zwei Stellungen (ein und aus) vorzusehen, in Form eines Drehschalters oder einer Steckervorrichtung. Um zu verhindern, dass auf das Zentralsynchronisierinstrument (Synchronoskop mit Doppelvoltmeter oder auch Summenvoltmeter mit Phasenlampen usw.) mehr als ein Feld geschaltet werden kann, sieht man für die Synchronisierschalter aller Felder einen gemeinsamen Steckgriff vor, der nur in der Stellung „aus“ herausgenommen werden kann, oder nur einen einzigen Stecker. Die sammelschienenseitige Spannung kann von einem zentralen Spannungswandler pro Sammelschienensystem geliefert werden. Diese Spannung wird zur Verhinderung von Fehlschaltungen über einen von der Stellung der Trennmesser des betreffenden Feldes abhängigen Signalschalter geleitet. Wenn man aber in der Schaltanlage genügend Platz hat, empfiehlt es sich, jedem Oelschalter, der zur Parallelschaltung dient, je einen Spannungswandler auf jeder Seite zuzuordnen. Diese Lösung ist um ein wenig teurer, aber im Betrieb als die weitaus sicherste erkannt worden. Eine grosse Vereinfachung der Bedienung ergibt sich durch Verwendung des automatischen Parallelschaltapparates Bauart Brown Boveri. Dieser patentierte Apparat beruht auf dem gleichen Prinzip wie der Brown Boveri-Schnellregler und schaltet, sobald die zuzuschaltenden Felder synchron laufen, die Fernbetätigung des betreffenden Oelschalters ein.

Die in den Generatoren und Transformatoren investierten Anlagekapitalien sind mit der wachsenden Einheitsleistung natürlich auch grösser geworden, so dass man nun für die Kontrolle ihres geregelten Betriebes und die rechtzeitige Verhütung von Schäden auch die zugehörige Apparatur vermehrt hat. Es ist daher üblich geworden, diese Maschinen mit Fernthermometereinrichtungen zu versehen. Hiezu verwendete man früher häufig Thermoelemente. Da aber dieselben sehr empfindlich sind und oft ungenaue Werte angeben, ist man mehr und mehr zur Verwendung von Widerstandselementen gekommen, die möglichst nahe an diejenigen Stellen der Maschinen eingebaut werden, wo man die höchste Temperatur erwartet. Bei den Generatoren z. B. wird man sie in die Statornuten unmittelbar unter der Stab isolation placieren. Die Messung erfolgt in einer Wheatstonschen Brücke. Da der Galvanometerausschlag entsprechend der Widerstandszunahme der einzelnen Mess-elemente wächst, kann das Instrument direkt mit einer Celsius-Skala versehen werden. Eine Druckknopfeinrichtung sorgt dafür, dass jeweils nur ein Element an die Brücke geschaltet werden kann. Bei den Transformatoren kann die Einrichtung zur Messung der Oeltemperatur mit Gleichstrom niederer Spannung gespeist werden. Wenn man aber, wie oben erwähnt, die Widerstandselemente näher an die Wicklungen

bringt, ist es empfehlenswert, zum Schutze gegen Uebertritt der Hochspannung die Elemente über Schutzwandler an die Messeinrichtung anzuschliessen. In diesem Fall muss zur Messung Wechselstrom verwendet werden.

Ausser diesen Temperaturmesseinrichtungen bringt man zur ständigen Ueberwachung Signalthermometer an, die bei Ueberschreiten einer bestimmten Temperatur ein Signal ertönen lassen.

Die verhältnismässig grosse Anzahl von Signalen hat dazu geführt, dass man alle zugehörigen Signalleitungen vorteilhaft zu einem Klappentableau (oft auch Störungstableau genannt) mit einer einzigen Signalglocke führt (Fig. 13). Die Glocke weckt die Aufmerksamkeit des Wärters, während die heruntergefallene Klappe die Art und den Ort der gemeldeten Störung angibt. Bei dem bisher üblichen Klappentableau wird die Signalglocke so lange läuten, bis die Störung behoben ist, was event. (wenn es sich z. B. um das Ansprechen des Maximalthermometers handelt) sehr lange gehen kann. Es liegt daher die Gefahr nahe, dass der bedienende Wärter dieses ständigen Läutens überdrüssig wird und durch Anbringen eines Schalters oder Hineinstopfens von Papier oder dergl. in die Glocke sich behilft. Wenn der Eingriff nicht mehr rückgängig gemacht wird, macht dies aber die ganze Signaleinrichtung illusorisch. Um dieser Gefahr abzuweichen, hat die A.-G. Brown Boveri & Cie. eine Signaltafel konstruiert, bei welcher jeder Klappe eine Lampe

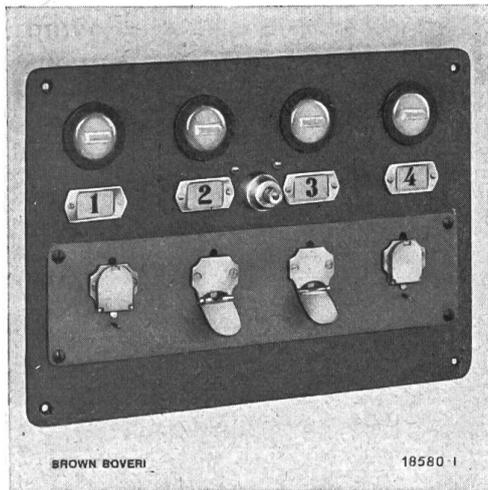


Fig. 13.

Klappentableau, sog. Störungstableau.

zugeordnet ist, die aufleuchtet, zu gleicher Zeit wenn die Glocke ertönt<sup>1)</sup>. Mit einem Druckknopfschalter mit Sperrspule kann nun der Wärter das Läuten abstellen. Die Lampe aber leuchtet weiter als Mahnung, dass der gemeldete Fehler noch nicht behoben ist. Ist er endlich behoben, so lässt die Sperrspule den Druckknopf wieder los, die Lampe erlischt und die Signaleinrichtung ist wieder vollständig alarmbereit. Eine ähnlich wirkende Einrichtung ist auch ausgearbeitet worden, wo an Stelle des Druckknopfschalters eine Abstellklappe verwendet wird.

Zweifellos könnte man über den Bau moderner Kommandoräume noch manches Wissenswerte erwähnen. Es würde jedoch über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausführen, der sich beschränken musste, die leitenden Konstruktionsgrundsätze darzulegen. Die für den Einzelfall richtigste Lösung muss der projektierende Ingenieur in engster Zusammenarbeit mit seinem Auftraggeber aufsuchen. Es setzt daher beim ersteren weitgehende theoretische und praktische Kenntnisse voraus, die es ratsam erscheinen lassen, nur bestbekannte Firmen mit langjährigen Erfahrungen mit derartigen Arbeiten zu betrauen.

## Die Elektrizitätsindustrie an der X. Schweizer Mustermesse in Basel.

*Vom Generalsekretariat des S. E. V. und V. S. E. (Ing. Ed. Binkert).*

Die diesjährige Schweizer Mustermesse, welche vom 17. bis 27. April in Basel stattfand, wurde äusserlich durch zwei Ereignisse gekennzeichnet: Sie konnte auf ein 10jähriges Bestehen zurückblicken und hat die neuen Gebäude bezogen.

Während des Krieges als nationale Messe gegründet, hat die jährliche Basler Zusammenkunft der Verkäufer und Käufer ihre Aufgabe, die Propaganda für die

<sup>1)</sup> Eine Beschreibung dieser Einrichtung findet sich im Bulletin S. E. V. 1925, No. 9, S. 501 u. 502.