

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 63 (1972)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Automatisierungstendenzen in Kraft- und Unterwerken  
**Autor:** Neumayer, U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915718>

### **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>**

# Automatisierungstendenzen in Kraft- und Unterwerken <sup>1)</sup>

Von U. Neumayer, Schaffhausen

621.311 : 62-50

Mit der Steigerung des Energiebedarfs und der Forderung nach einem kontinuierlichen Angebot werden an die Zuverlässigkeit der Energie-Erzeugung und -Verteilung immer grössere Ansprüche gestellt. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, bedarf es einer eingehenden Beurteilung, ob und in welchem Masse automatisiert werden soll. Dass bei dieser Beurteilung die Automatisierungstendenzen der Zukunft berücksichtigt werden, ist äusserst wichtig. Leider liegt es in der Natur der Dinge, dass diese Überlegungen und namentlich die in die Zukunft gerichteten hypothetischen Charakter haben.

Aus der Sicht des Praktikers wird im nachfolgenden aufgezeigt, welche Möglichkeiten und Tendenzen heute auf diesem Gebiet festzustellen sind. Es sei betont, dass es sich hier um persönliche Erfahrungen handelt, die aus den Forderungen nach neuen Techniken einerseits und den heutigen Realisierungsmöglichkeiten andererseits entstanden. Es soll dazu, und zum besseren Verständnis, in der Vergangenheit begonnen und über die Gegenwart nach der Zukunft übergeleitet werden.

## 1. Blindschemagestaltung

Die Information über den Schaltzustand von Energie-Erzeugungs- und Verteilanlagen ist ausserordentlich wichtig. Um diese Information sichtbar zu machen, bedient man sich des sogenannten Blindschemas (Fig. 1).

Die Stellungen der Schalter und Trenner sind auf Grund der Schaltergriffstellungen eindeutig angezeigt. Um Differenzen zwischen dem Blindschema und der Anlage festzustellen, werden die Steuerschalter beleuchtet. Die Lampen leuchten,

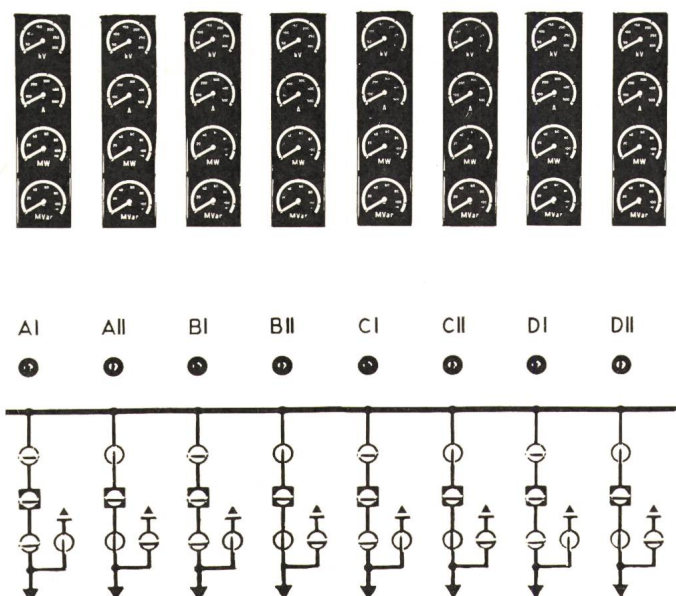


Fig. 1  
Herkömmliches Blindschema

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten am 1. Februar an der ETH-Z, im Kolloquium für Forschungsprobleme der Energietechnik.

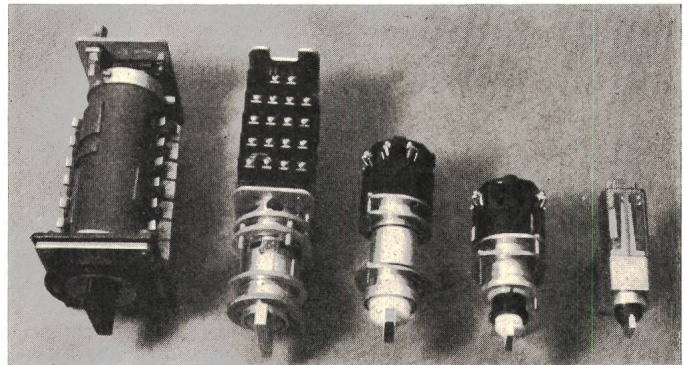


Fig. 2  
Grössenvergleich von Steuerquittungsschaltern

wenn die Stellungen der Hochspannungsapparate nicht mit dem Blindschema übereinstimmen. Diese Art der Information über den Schaltzustand einer Anlage hat sich bis heute bestens bewährt.

Um die Sicherheit einer Schaltmanipulation zu erhöhen, ist es ganz wesentlich, eine gute, eindeutige Übersicht über die Gesamtanlage zu haben. Nur durch diese Übersicht des Gesamtgeschehens innerhalb eines Netzverbandes ist und war es möglich, bei Störungen wirkungsvoll und rasch zu reagieren. Die Schwierigkeiten beginnen dann, wenn die Zahl der Anlagenteile zu gross wird, um noch übersichtlich dargestellt zu werden.

Solche Konzentrationen von Netzinformationen haben zu einer Anzahl Lösungen geführt, die der besseren Übersicht dienen. Da diese Lösungen allmählich in Richtung Automation tendieren, soll im nachfolgenden näher darauf eingegangen werden.

Dass die Grösse der Schaltelemente die Gestaltung eines Blindschemas weitgehend beeinflusst, liegt auf der Hand. Diese Elemente wurden im Laufe der Jahre immer kleiner (Fig. 2). Der grössere Schalter hat einen Griffdurchmesser von ca. 70 mm, der kleinste hingegen ca. 15 mm. Zwischen dem grössten und dem kleinsten Steuerschalter liegt eine Entwicklungszeit von ca. 20 Jahren.

Als reine Rückmeldeeinrichtung gibt es noch die allseits bekannten Balkenstellungsanzeiger verschiedener Grössen, die durch die Lage eines Balkens die Stellung des Hochspannungsapparates kennzeichnen.

Als weitere Rückmeldeelemente haben sich die sog. Kugelmelder bewährt. Kugelmelder zeigen durch die jeweilige Stellung der Kugel (weiss oder farbig) den Zustand des Objektes an. Diese Elemente sind auch als Tasten erhältlich, mit denen auf kleiner Fläche sehr übersichtliche Blindschemadarstellungen möglich sind. Die in Fig. 3 abgebildete Steuertafel eines Unterwerkes umfasst neben der Signalisierung die Steuerung von zwei 50-kV-Leitungen, zwei Reguliertransformatoren, neun 12-kV-Leitungsabgänge, Eigenbedarfsanspeisung usw. Die Abmessungen der Steuerplatine



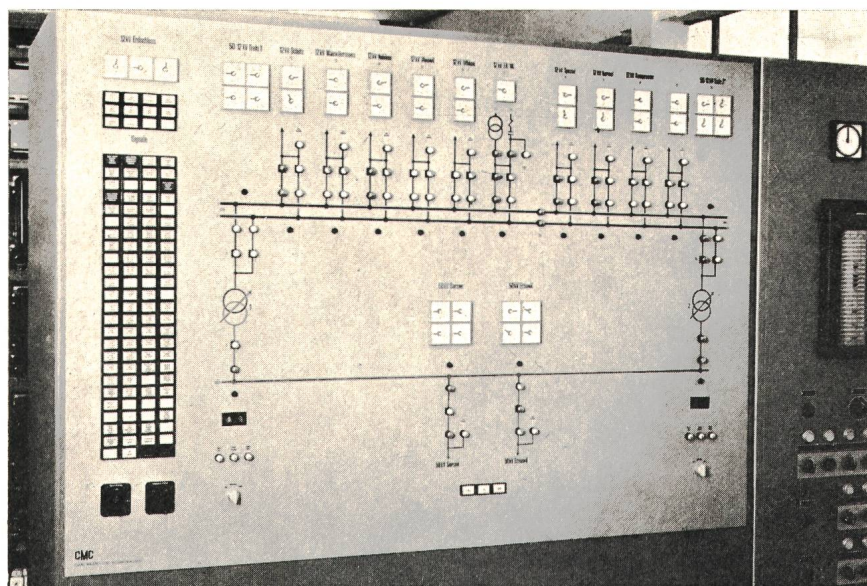


Fig. 3  
Frontansicht einer Steuertafel zur Steuerung und Signalisierung eines Unterwerkes

betragen ca.  $1\frac{1}{2}$  auf 1 m. Der Steuervorgang ist folgender: Der gewünschte Schalter oder Trenner, den man steuern möchte, wird durch Druck auf den Kugelmelder angewählt. Dieser bleibt elektrisch gehalten und sperrt gleichzeitig sämtliche anderen Kugelmelder. Die Lampe ober- oder unterhalb des Anlageteils leuchtet und zeigt, dass die Steuerung belegt ist. Mit der Taste Ein oder Aus wird dann der Befehl gegeben. Nach Ausführung des Befehls geht die angewählte Kugelmeldetaste automatisch wieder in die Ausgangslage zurück.

Die Anlage wird direkt gesteuert und hat keine Befehls-umsatzrelais; lediglich einige Hilfsrelais für Zeitüberwachung und die gegenseitigen Verriegelungen usw. sind vorhanden. Bemerkenswert ist, dass direkt mit Starkstrom gesteuert werden kann und zwar bis zu einer Spulenleistung von 650 W bei 220 V.

## 2. Mutterfeldsteuerung

Bei einer grossen Konzentration von Anlageteilen wird auch bei noch so ausgeklügeltem Blindschema einmal ein Zustand erreicht, bei dem die Übersicht über die Gesamtanlage nicht mehr vorhanden ist. Man ist dazu übergegangen, die Netzkonfigurationen auf Rückmeldetafeln mit Stellungs-

im Mutterfeld erfolgte Steueraktion kann im Blindschema die Reaktion beobachtet werden. Diese Art von Steuerung hat den grossen Vorteil, dass ohne grosse räumliche Bewegung des Operators schnell und sicher bei guter Übersicht geschaltet werden kann. Ein Nachteil dieser Steuerungsart liegt darin, dass nur jeweils ein Anlageteil gesteuert werden kann.

## 3. Ziffernanwahlsteuerung

Will man den Platzbedarf des Steuerteils im Vergleich zur Rückmeldetafel noch weiter verkleinern, dann hat man die Möglichkeit der sog. Ziffernanwahl. Diese setzt aber eine Numerierung aller Anlageteile inkl. Schalter und Trenner voraus. Jeder zu schaltende Punkt ist somit durch Ziffern eindeutig gekennzeichnet. Mit einer Steuerplatine, die nicht grösser ist als ein DIN-A 4-Format, kann man alle gewünschten Objekte nach erfolgter Ziffernanwahl steuern (Fig. 5). Mit dem Multiswitch wird die gewünschte Ziffer vorgewählt, mit der Setztaste durchgeschaltet und der entsprechende Befehl gegeben. Hat man sich bei der Anwahl geirrt, dann kann mit der Löschtaste gelöscht werden. Wird aus Versehen nach erfolgter Durchschaltung die Ziffernanwahl verändert, so wird die Anlage blockiert und gesperrt. Auf der dazugehörigen Rückmeldetafel sind alle Trenner, Schalter und Leitungen numeriert und mit Kugelmeldern ausgerüstet. Nach einer erfolgten Anwahl leuchtet der Kugelmelder und zeigt dem Operator, ob er das richtige Objekt angewählt hat. Nach erfolgter Steueraktion kann im Rückmeldeschema die Reaktion beobachtet werden.

Bei dieser Steuerungsart ist die Zugriffszeit zu den einzelnen Trennern und Schaltern durch die Ziffernanwahl gegeben. Sollten sehr schnell bestimmte Änderungen vorgenommen werden, erweist sich dieses System als nachteilig.

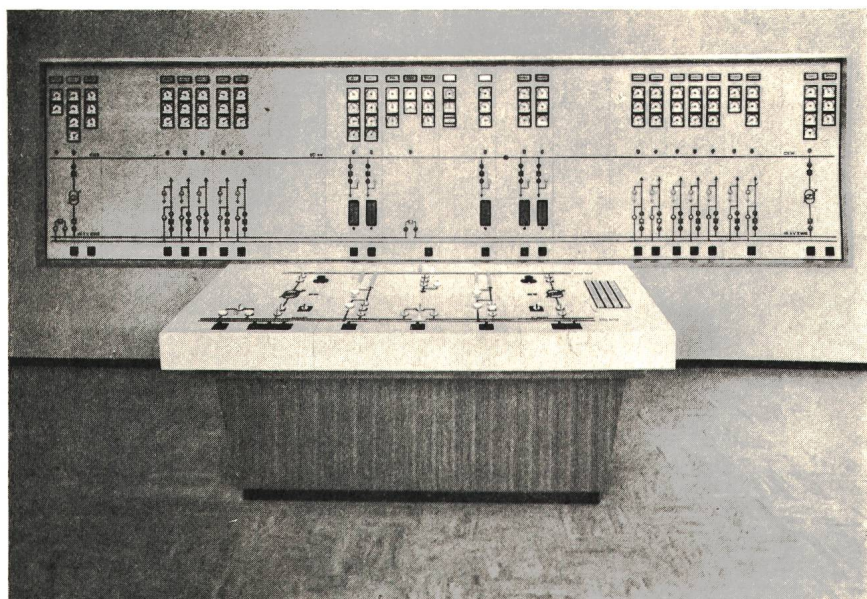


Fig. 4  
Schaltpult und Rückmeldetafel eines Unterwerkes mit Mutterfeldsteuerung



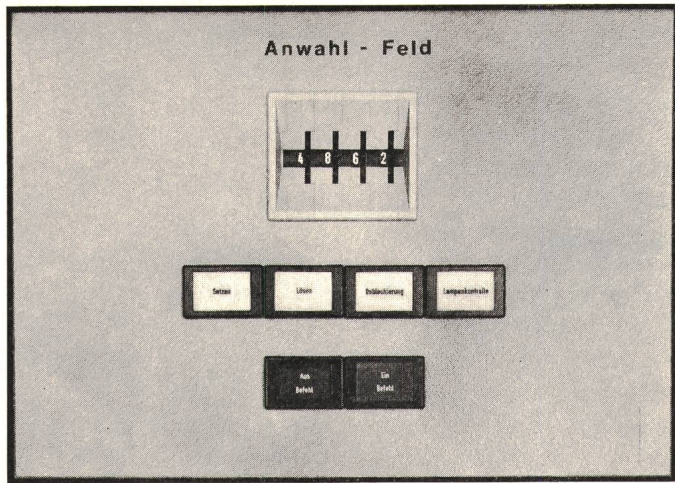


Fig. 5  
Steuerplatine für Ziffern-Anwahl

Mit den hier aufgezeigten Möglichkeiten, wie Mutterfeldsteuerung, Ziffernanwahlsteuerung usw., können bestimmte, nicht allzu grosse Netzbilder dargestellt werden. Bei einer grossen Dichte von Netzinformationen sind diese Systeme, bei denen alle Objekte, wie Trenner und Schalter, steuerbar sind, unübersichtlich. Man kann sich fragen, ob es tatsächlich wichtig ist, dass man weiss, wie der SS-Trenner 1 der Leitung X im Unterwerk Y steht. Ist es nicht wichtiger zu wissen, ob und auf welches Sammelschienensystem eine Leitung eingeschaltet ist? Diese und ähnliche Überlegungen mögen Pate gestanden haben bei der Schaffung der sog. Feederautomatik.

In Figur 6a ist ein Beispiel dargestellt: Zwei Unterwerke (UW) X und Y mit je 2 Sammelschienensystemen (SS) sind durch eine Leitung miteinander verbunden. Im oberen Teil von Fig. 6 sind alle Objekte, wie Trenner und Schalter, einzeln dargestellt. Der Schaltzustand zeigt, dass im UW X die Leitung mit dem SS System I verbunden und im UW Y auf Sammelschiene II aufgeschaltet wurde. Es ist somit SS I des UW X über die Leitung mit SS II des UW Y verbunden. Figur 6b zeigt eine Blindschemadarstellung, wie sie sich bei der Feederautomatik präsentiert. Es sind nur noch die Kugelmelder in beiden Sammelschienen vorhanden, die angeben, welche Systeme miteinander verbunden sind. Es wurde hier eine deutlich sichtbare Entlastung des Blindschemas erreicht. Die wesentliche Information ist vorhanden, nämlich Sammelschiene I im UW X ist mit Sammelschiene II im UW Y verbunden. Alle anderen Elemente sind weggefallen. In vielen Fällen zeigt man noch mit einer Lampe oder einem Stellungsmelder die Stellung der Erdungstrenner der Leitungen an.

Für die Feederautomatik werden am wenigsten Befehle und Rückmeldungen gebraucht. Werden diese Befehle und Rückmeldungen über eine Fernsteuerung den Unterwerken zugeleitet, kommt der Vorteil der Feederautomatik deutlich zum Ausdruck, können doch eine ganze Anzahl von Befehlen und Rückmeldungen eingespart werden. Die Realisierung dieser Steuerungsart setzt eine Automatik voraus. Die Trenner und Schalter müssen ja nach einem bestimmten Programm ein- oder ausgeschaltet werden. Diese Automaten sind einfach und gut überblickbar. Sie werden heute in verschiedenen Ausführungen angeboten. Sie reichen von der fest verdrahteten Automatik bis zur frei programmierbaren Automatik mit

Kreuzschienenverteiler, Lochbänder und elektronischen Schaltungen, wobei festgestellt werden kann, dass eine Tendenz zu frei programmierbaren Automaten aus Gründen der universellen Anwendung vorhanden ist.

Bei der zunehmenden Konzentration in Fernsteuerzentren drängen sich aus Gründen der optimalen Übersicht und nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Überlegungen Lösungsmöglichkeiten auf, die in Richtung Feederautomatik gehen. Eine Reihe von Elektrizitätsunternehmen in der Schweiz und im Ausland hat in den letzten Jahren gute Erfahrungen in dieser Richtung gemacht.

Einen praktischen Anwendungsfall der Feederautomatik in einem Fernsteuerzentrum zeigt Fig. 7. Auf der Rückmeldetafel im Hintergrund wird der statische Betrieb abgewickelt. Unter statischem Betrieb versteht man in diesem Fall die Steuerung des Netzes. Auf dem Pult hingegen wird der dynamische Betrieb, das ist die Steuerung aller Produktionseinheiten der Gesellschaft, geleitet. Auf der Rückmeldetafel ist das ganze Netz bis zu den Übergabepunkten an andere Gesellschaften nachgebildet. Eine Ausführung des Blindschemas ohne Feederautomatik hätte zu einer viel grösseren und sicher unübersichtlicheren Darstellung geführt. Fig. 8 zeigt einen Ausschnitt aus der Rückmeldetafel. In jedem Leitungsabgang ist nur noch je ein Steuerschalter vorhanden. Die Lampen dienen der Signalisierung der Erdtrenner und einer Ziffernanwahl. Es sind hier verschiedene Steuerungsarten möglich. Will man von Hand steuern, wird mit dem Steuerquittungsschalter, wie üblich, Befehl gegeben. Nach Ablauf der Steuerung löscht die Differenzlampe und zeigt,

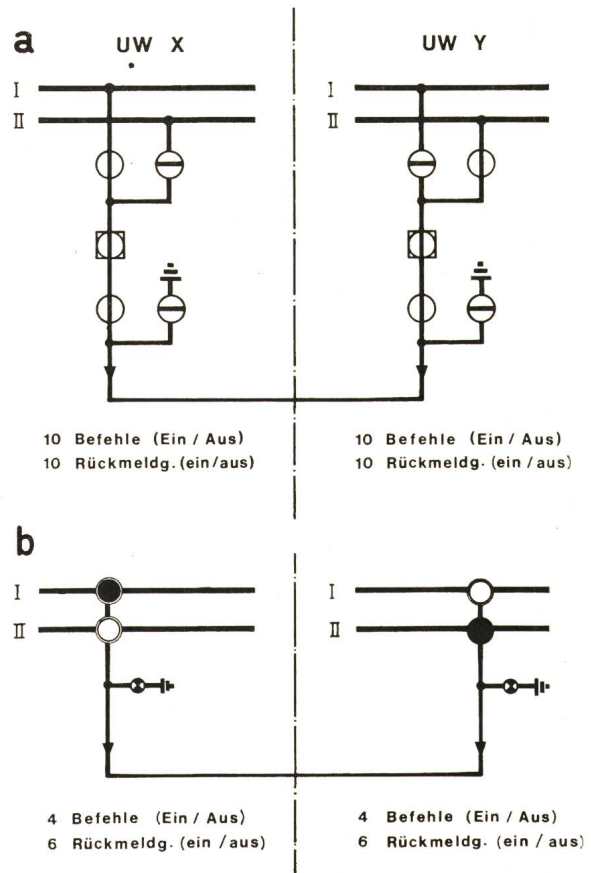


Fig. 6  
Blindschemavergleich  
a normal ohne Automatik  
b mit Feederautomatik  
UW Unterwerk



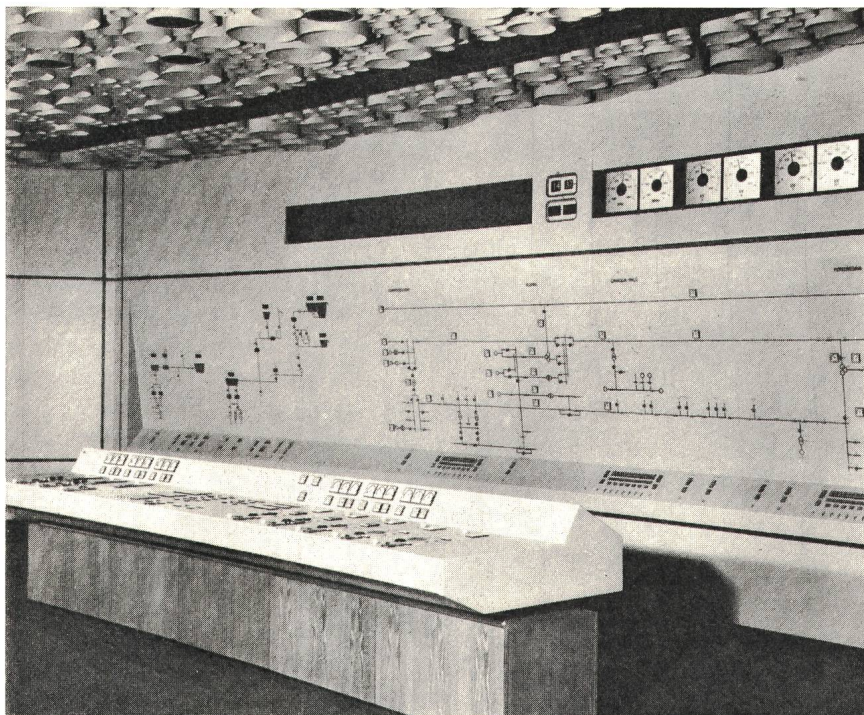


Fig. 7  
Ansicht eines Fernsteuerzentrums mit Feederautomatik  
und Messwertprojektion

Die Sicherheit einer auch nur teilweise automatisch gesteuerten Anlage steht und fällt mit der Übersicht, die die Anlage bietet. Schlechte Informationen durch unübersichtliche Netzkonfigurationen sind meistens schuld, wenn es im entscheidenden Moment schiefgeht. Es stehen heute viele gute Systeme zur Verfügung, die bei der Lösung gegenwärtiger und zukünftiger Probleme verwendet werden können. Ganz eindeutig steht fest, dass in unseren zukünftigen Projekten mehr automatisiert werden muss, als das bisher der Fall gewesen ist. Nicht nur Einsparung an Personal, sondern in weit höherem Masse wird die Sicherheit und die Verfügbarkeit der Anlagen in Zukunft ausschlaggebend sein.

dass der Steuervorgang beendet ist. Ändert sich der Gesamtschaltzustand (zum Beispiel bei einer Auslösung), leuchtet ebenfalls die Differenzlampe bei gleichzeitiger Anregung eines akustischen Signals.

Die Anlage ist aber auch durch eine Ziffernanwahl steuerbar. Ähnlich wie bei der Ziffernanwahlsteuerung beschrieben wurde, ist jeder Feederabgang mit einem Begriff aus Zahlen und Buchstaben anwählbar und kann beliebig gesteuert werden. Eine Kombination der Feederautomatik mit Mutterfeld, Ziffernanwahlsteuerung oder ähnlichem ist durchaus möglich und wird oft praktiziert.

#### 4. Programmautomatik

Das System der Feederautomatik erstreckt sich nicht nur auf das Ein- und Ausschalten von Leitungen auf bestimmte Sammelschienensysteme, sondern ist im Prinzip auch für das Schalten von bestimmten Programmen anwendbar (zum Beispiel das unterbrochene Umschalten von Sammelschienensystemen via Kupplung); gerade bei diesen Umschaltungen können bei nicht verriegelten Anlagen Fehlschaltungen vorkommen. Solche Automaten sollten mit Vorteil als frei programmierbare Schaltungen ausgeführt sein. Als Informationsträger der Schaltsequenzen haben sich zum Beispiel Lochbänder bestens bewährt. Dass eine solche Programmautomatik als Kombination zwischen Feeder- und Umschaltautomatik funktionieren kann, ist durchaus denkbar und bringt wirtschaftliche Vorteile mit sich, die aus gemeinsamen Verknüpfungen abzuleiten sind.

In Kraftwerken, bei denen Produktionseinheiten über verschiedene Sammelschienensysteme auf verschiedene Partner geschaltet sind, haben sich diese Programmautomaten bewährt. Gerade in solchen Fällen ist die Verfügbarkeit der Energie sehr wichtig, und hier kommt die Automatik nicht nur der Entlastung des Personals entgegen, sondern sie erhöht gleichzeitig die Sicherheit der Produktion.

Mit den Programmautomaten soll die Reihe der Möglichkeiten der Blindschemagestaltung abgeschlossen werden.

#### 5. Anwahlautomatik für die Synchronisierung

Als weiteres Problem der Netzfürung ist das Synchronisieren von Generatoren oder Leitungen von grosser Bedeutung. Für den Synchronisiervorgang brauchte es bisher einen Synchronisierschalter, Instrumente usw. Der Synchronisierschalter ist im Blindschema dem Steuerquittungsschalter des entsprechenden Leistungsschalters räumlich zugeordnet und musste in vielen Fällen mit einem Schlüssel betätigt werden. Hatte das Sammelschienensystem keinen Sammelschienenspannungswandler, dann musste von einer anderen Leitung eine Vergleichsspannung abgezweigt werden. Das System mit zwei verschiedenfarbigen Synchronisierschlüsseln, von denen nur immer ein Paar im Verkehr sein darf, ist allgemein bekannt. Diese Art von Synchronisierung setzt

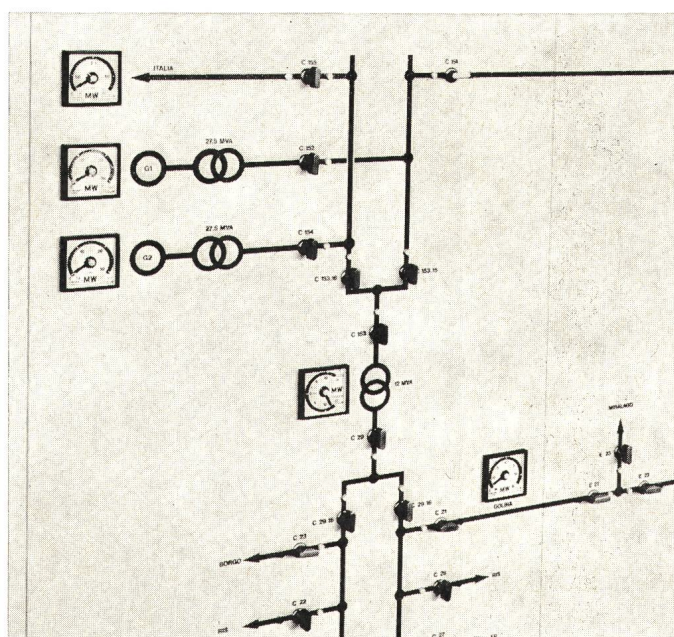


Fig. 8  
Ausschnitt aus dem Blindschema des Fernsteuerzentrums in Fig. 7



genaue Kenntnisse der Anlage voraus. Gegen Verwechslungen, wenn zum Beispiel von einer falschen Leitung die Referenzspannung abgezweigt wird, gibt es keinen Schutz.

Es gibt heute automatische Systeme, bei denen die Aufschaltung von allen Kriterien, die zum Synchronisieren notwendig sind, selbständig erfolgt. Diese sind als fertige, in sich geschlossene Einheiten lieferbar. Das Blockscheema in Fig. 9 zeigt eine solche Automatik. Die dargestellte Anlage hat keinen Sammelschienen Spannungswandler. Das Wesentliche der Automatik besteht darin, dass nach dem Startbefehl alle Leitungen zyklisch abgetastet werden, ob sie die Bedingungen für die Referenzspannung erfüllen. Wird eine derartige Leitung gefunden, bleibt die Abfrageeinrichtung stehen und schaltet die Referenzspannung auf. Wenn Synchronismus vorhanden ist, wird vom Synchronisierapparat oder von der Zusatzeinrichtung der Ein-Befehl gegeben. Einseitig spannungslose Zustände werden festgestellt und der Ein-Befehl ausgelöst, zum Beispiel in denjenigen Fällen, wo eine Leitung auf eine spannungslose Schiene oder umgekehrt geschaltet werden soll.

Der ganze Ablauf wird durch einen Impuls angeregt, und die ganze Einrichtung geht nach erfolgter Synchronisierung wieder in die Ausgangsstellung zurück. Dieser Impuls wird

zweckmässigerweise direkt vom Steuerquittungsschalter oder vom Befehlsrelais abgenommen. Es kann somit der früher obligate Synchronisierschalter wegfallen. Der Ein-Befehl an den Schalter wird vom Steuerquittungsschalter oder vom Befehlsrelais zuerst an die Synchronisier-Anwahlautomatik gegeben. Nachdem die Synchronisierungsbedingungen erfüllt sind, gibt die Einrichtung ihrerseits den effektiven Ein-Befehl weiter.

Mit dieser Anwahlautomatik können viele Probleme der lokalen Synchronisierung gelöst und zudem die Sicherheit der Anlage verbessert werden. Wesentlich weitere Vorteile ergeben sich bei ferngesteuerten Anlagen, bei denen der Befehl zum Einschalten eines Schalters über die Fernwirkanlage der örtlichen Synchronisereinrichtung zugeführt wird, die dann ihrerseits kontrolliert und zuschaltet. Bei unbedienten Anlagen, die nur sporadisch und nicht immer vom gleichen Personal bedient werden, hat sich dieses System wegen der Vereinfachung der Bedienung und der besseren Übersicht auf dem Blindschema gut bewährt.

## 6. Anlass- und Abstellautomatik

Ein weiteres Glied dieser Automatisierungskette ist die Gruppe der Anlass- und Abstellautomatiken für Generator-

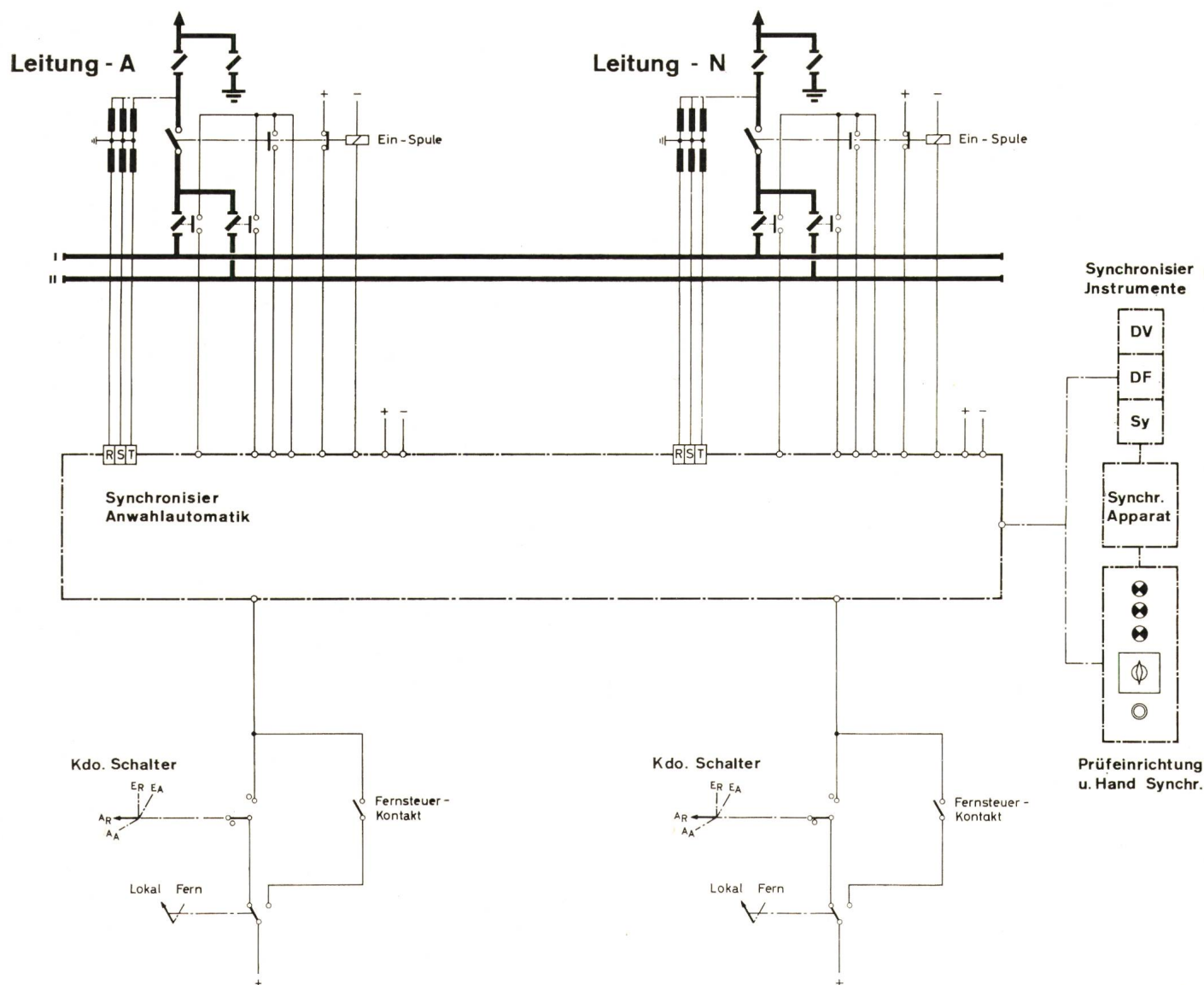


Fig. 9  
Blockscheema einer Synchronisier-Anwahlautomatik



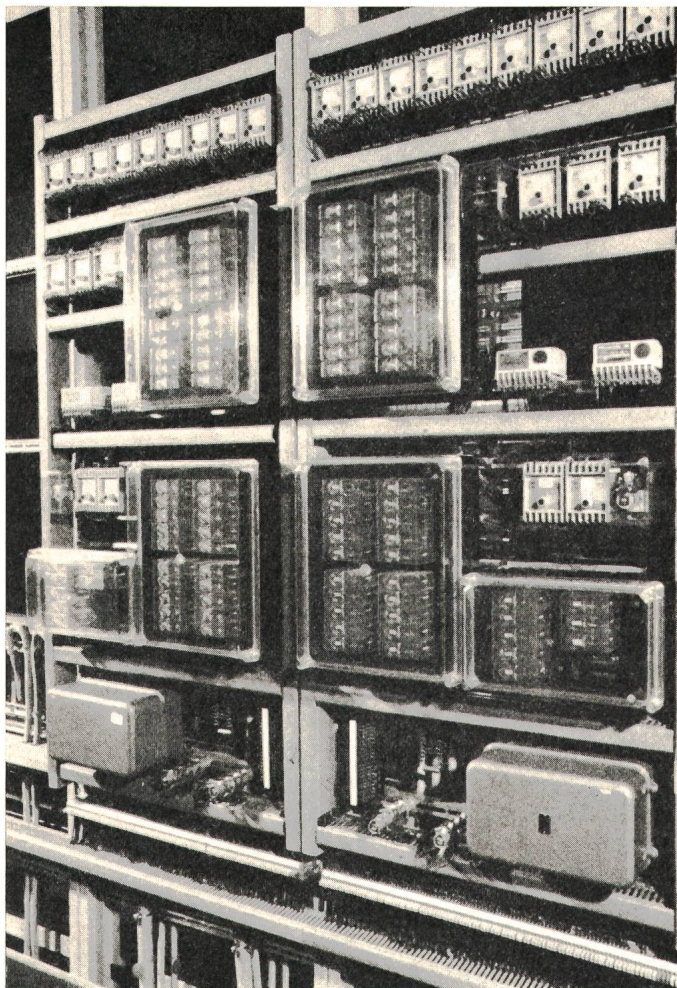


Fig. 10  
Festverdrahtete Turbinen-Automatik  
(Relaisautomatik)

Turbinengruppen. Mit steigender Blockgrösse spielt deren Verfügbarkeit eine immer grössere Rolle. Die Sicherheit des Angebotes der erzeugten Energie muss einen hohen Grad aufweisen. Bei den Regulierwerken in den Alpen soll schnell und sicher zu einem bestimmten Zeitpunkt Energie zur Verfügung stehen. Alle diese und viele andere Argumente sprechen für eine Automatisierung. Es wäre heute undenkbar, zum Beispiel einen 240-MW-Block in Einzelschritten von Hand anzulassen.

Auf dem Gebiet der Anlass- und Abstellautomatiken steht seit einiger Zeit eine Anzahl verschiedener Systeme und Ausführungen dem Anwender zur Verfügung.

Die Skala reicht von der konventionellen Relais-technik bis zur vollelektronischen Anlage, wobei der Einsatz der konventionellen Technik meistens denjenigen Automaten vorbehalten bleibt, die weniger interne Verknüpfungen aufweisen. Es gibt unter anderem fest verdrahtete, der Maschinengruppe angepasste Automaten und solche, bei der eine freie Programmierung möglich ist. Letzterer Typ hat sich sehr gut bei Automatisierungsproblemen in thermischen Kraftwerken eingeführt. Für diese Applikationen werden sich Kleincomputer mehr und mehr durchsetzen, da sie für solche Aufgaben wegen ihrer grossen Anpassungsfähigkeit prädestiniert sind.

Bei den hydraulischen Kraftwerken liegen die Probleme in bezug auf die Automatisierungsmöglichkeit einfacher.

In vielen Fällen genügt eine fest verdrahtete konventionelle oder elektronische Steuerung. Der Kapitaleinsatz für frei programmierbare Automaten ist in vielen Fällen heute noch zu gross. Früher oder später wird man aber doch der variablen Lösung den Vorzug geben, da das individuelle Anpassen an eine Anlage immer teurer werden wird.

Fig. 10 zeigt eine festverdrahtete Relaisautomatik für eine Peltongruppe. Hier sind alle notwendigen Befehlselemente, die es zum Anlassen und Abstellen braucht, untergebracht. Die vielen Zeitglieder dienen der Überwachung der einzelnen Schritte. Im Gegensatz dazu zeigt Fig. 11 eine Sequenzautomatik für eine Pumpen-Generatorgruppe, mit elektronischen Bauelementen. Die Potentialtrennungs- und Umsatzrelais sind in einem Nebefeld untergebracht. Bei dieser frei programmierbaren Automatik können jederzeit neue Abläufe in den Kernspeicher eingegeben und bei Bedarf abgerufen werden. Die Kernspeicher sind links unten zu sehen.

#### 6.1 Belastungsautomatik

Eine weitere Gruppe von Kraftwerkautomaten sind die Belastungsautomaten. Das sind Einrichtungen, die automatisch Produktionsgruppen nach bestimmten Programmen belasten und der Frequenzstabilisierung dienen. In diese Gruppe fallen alle Sorten von Netzreglern, die meistens bestimmte Produktionsgruppen nach einem Übergabeprogramm regeln. Diese Einrichtungen sind wichtig zur Einhal-

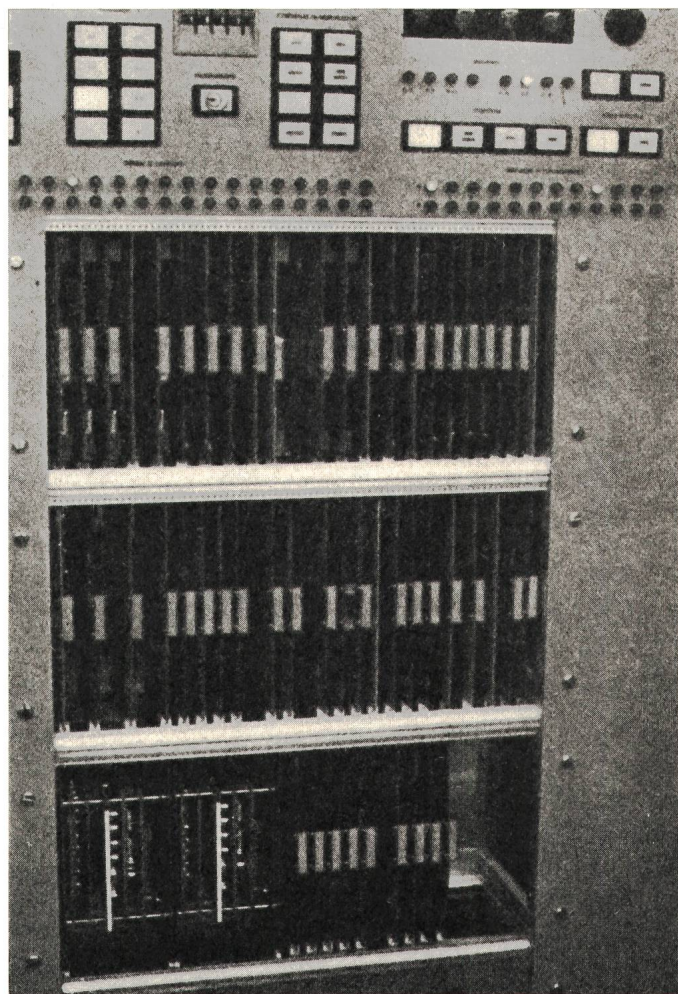


Fig. 11  
Frei programmierbare Turbinen-Automatik  
(elektronisch)



tung bestimmter Energielieferungsbedingungen, wie sie zwischen den verschiedenen Kraftwerksgesellschaften üblich sind.

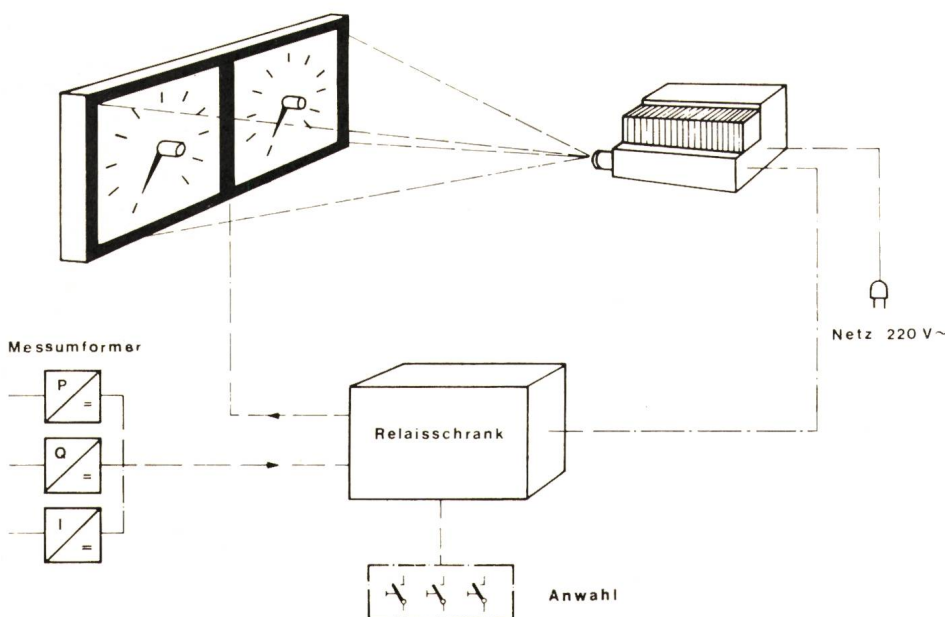
Es gibt aber noch andere Arten von Belastungsautomaten, die zwar noch weniger bekannt sind, aber in Zukunft vermehrt Anwendung finden werden. Zu deren Erklärung soll etwas weiter ausgeholt werden.

Das Energieprogramm eines Kraftwerkes wird in der Regel ein oder zwei Tage vorher erstellt und dem Kraftwerk entweder telephonisch, mit dem Fernschreiber oder mit anderen Einrichtungen übermittelt. Das Programm gibt an, zu welcher Zeit welche Leistung in welches Netz abzugeben ist. Dieses Programm wird dann normalerweise vom Personal ausgeführt und überwacht. All diese Arbeiten übernimmt die vorher erwähnte Belastungsautomatik. Dies setzt jedoch voraus, dass gewisse Teilautomaten bestehen, die angesteuert werden können.

Der Ablauf einer solchen Automatik sieht etwa wie folgt aus: Zum Zeitpunkt  $X$  wird durch die Programmatematik über eine Teilautomatik das Aufschalten einer bestimmten Produktionsgruppe auf eine Sammelschiene veranlasst. Über die Feederautomatik wird die gewünschte Leitungsdurchschaltung befohlen und anschliessend über die Anfahrautomatik die Produktionsgruppe gestartet und mit der Synchronisieranwahlautomatik die Parallelschaltung eingeleitet. Nach der Parallelschaltung erfolgt die Belastung der Maschine. In Abhängigkeit der Zeit wird die Belastung gemäss dem geforderten Programm variiert. Diese Automaten bringen eine wesentliche Entlastung des Personals und erhöhen zudem die Sicherheit der Produktion. Die Belastungsautomaten können so ausgeführt werden, dass sie ohne weiteres mit Telekommunikationseinrichtungen wie Telex usw. kompatibel sind. Der Einsatz derartiger Automaten ist noch relativ selten. Infolge ihrer wesentlichen Vorteile werden sich aber die Belastungsautomaten in Zukunft ganz sicher durchsetzen.

## 7. Messwertprojektion

Wie am Anfang bereits festgestellt wurde, ist die Übersicht über gewisse Netzkonfigurationen für den Betrieb von grosser Bedeutung.



Bei der Konzentration namentlich bei Fernsteuerzentren kommt noch ein weiteres Problem dazu, nämlich die anfallenden messtechnischen Informationen. Bisher war es üblich, wenn nicht dauernd angezeigte Messwerte gewünscht waren, dass diese mittels Anwahleinrichtungen auf Anzeigeeinstrumente aufgeschaltet wurden. Die Messgrösse und der Faktor wurden irgendwie angegeben, der Wert muss durch Umrechnung vom Personal errechnet werden. In den meisten Fällen wählte man eine Bezifferung von Null bis Hundert, um die Umrechnung zu erleichtern. All diese Umrechnungen bringen gewisse Verzögerungen und erschweren das Ablesen. Um diesem Nachteil aus dem Wege zu gehen, könnte man zum Beispiel für jeden ankommenden Messwert ein eigenes Instrument mit der richtigen Skala vorsehen. Dies würde, abgesehen von den Kosten, zu einer unübersichtlichen Anhäufung von Instrumenten führen. Alle diese Umstände führten zur Entwicklung einer Einrichtung, die auf optischem Wege eine direkte Anzeige ermöglicht (Fig. 12).

Auf ein Milliampereometer wird mit Hilfe einer Relaiseinrichtung der gewünschte Messwert aufgeschaltet. Der Strombelag kommt von den handelsüblichen Messumformern oder wird von der Fernwirkeinrichtung aufbereitet. Üblich ist ein Strom in den Grenzen  $0...5\text{ mA}$  oder wenn das Instrument den Nullpunkt in der Mitte hat,  $\pm 2,5\text{ mA}$ . Das Instrument sitzt auf einer durchsichtigen Platte und hat eine bestimmte Teilung, jedoch ohne Zahlen und Buchstaben. Vor diesem Instrument liegt eine matte Projektionsscheibe aus optisch diffussem Material. Würde man von dem rückwärts liegenden Projektor nur Licht nach vorne schicken, dann sähe man auf der Projektionsscheibe den Instrumententubus, den Zeiger und die Teilstriche der Skala. Im Projektor selbst befinden sich Diapositive, auf denen nur die Messgrösse und die Ziffern der Skala abgebildet sind. Der Projektor ist programmiert, das heisst man kann jedes beliebige Bild durch Vorwahl abrufen. Wird also bei dieser Einrichtung ein bestimmter Messwert gewünscht, dann schaltet die Anwahlautomatik einmal den richtigen Messwert an das Instrument, und gleichzeitig wird der Projektor das entsprechende Bild auswählen und nach vorne projizieren. Auf diese Weise entsteht das Bild des Instrumentes mit der richtigen Messwertbezeichnung und der entsprechenden Skalenbezifferung.

Zusammengehörende Messwerte können über mehrere Messwerke als Gruppe gleichzeitig projiziert werden. Dass die Skalenbilder mit verschiedenen anderen wichtigen Hinweisen versehen werden können, wie zum Beispiel Leitungsnamen, Grenzwerte usw., ist ein weiterer Vorteil.

In der Praxis erfolgt die Anwahl der Messwerte durch Tasten direkt und wird blockweise durchgeführt (Fig. 7). Es werden zum Beispiel für ganze Anlagenteile, wie Leitungen, Transformatoren usw., alle wichtigen Messwerte gleichzeitig angezeigt. Fig. 13 zeigt eine Gruppe von projizierten

Fig. 12  
Prinzip der Messwertprojektion



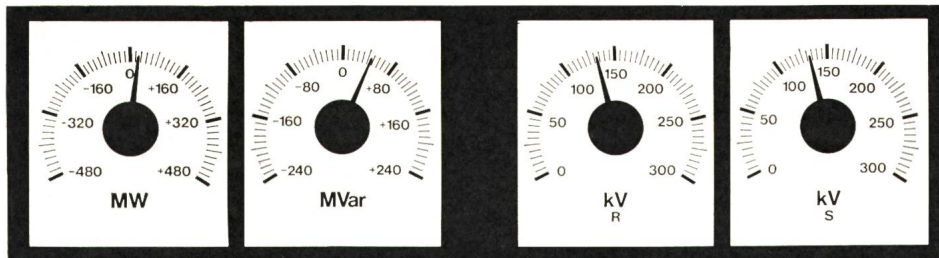


Fig. 13  
Projizierte Messwerte einer 220-kV-Leitung  
(Die beiden Voltmeter zeigen  
die Phasenspannung)

Messwerten. Die Grösse der projizierten Skalen hängt von den verwendeten Messinstrumenten ab und liegt bei direkt zeigenden Instrumenten ca. bei  $240 \times 240$  mm. Bei Instrumenten mit Nachlaufeinrichtung können ohne weiteres Skalen von 500...800 mm projiziert werden. Der Abstand des Projektors zur Projektionsebene hängt von der Brennweite des Objektivs ab und kann den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

Eine andere einfache Lösung liesse sich mit digital anzeigenden Instrumenten erreichen. Inwieweit sich diese Instrumente in Kraftwerken durchsetzen, ist noch offen. Da sowohl die Tendenzanzeige wie auch die Stellung im Gesamtskalenbereich fehlen, führen diese Instrumente immer noch zu Ableseschwierigkeiten.

### 8. Zeitfolgemelder

Als Abschluss der konventionellen Automaten und Steuerungen sind noch die Störungssignalisierungen oder die Alarmmeldeeinrichtungen zu erwähnen. Bisher wurden die Alarmmeldungen mittels Lampen, Fallklappen oder ähnlichen Einrichtungen angezeigt. Soweit es sich um lokal gesteuerte, kleinere Anlagen handelt, ist diese Art der Signalisierung genügend. Überall dort, wo es auf eine genaue zeitliche Analyse der Störung ankommt, sind diese Systeme ungenügend.

In jüngerer Zeit werden dafür Zeitfolgemelder angeboten, die die aufgetretenen Störungen zeitfolgerichtig registrieren. Das Auflösungsvermögen dieser Zeitfolgerichtigkeit liegt etwa um 5...10 ms. Bei einer Störungsanalyse ist jedoch die Kenntnis der Eigenzeit der Auslöse- und Übertragungsglieder, die dem Zeitfolgemelder vorgeschaltet sind, für die Beurteilung wichtig. Es könnte durchaus möglich sein, dass der effektive Erstfehler durch mehrere Auslöse- und Übertragungsglieder zeitlich später eintrifft als die anderen Meldungen. Aus diesen Gründen scheint ein allzu kurzes Auflösungsvermögen nicht notwendig.

Die Zeitfolgemelder werden heute in zwei grundlegenden Ausführungen angeboten:

- a) Zeitfolgemelder, bei denen die Störungsmeldungen in codierter Form als Zahlen ausgedruckt werden
- b) Zeitfolgemelder mit Klartextausdruckung.

Fig. 14 zeigt ein codiertes Protokoll. Auf der linken Seite sind mit den ersten sechs Zahlen Stunde, Minute und Sekunden markiert. Die anschliessende vierstellige Zahl ist die eigentlich codierte Meldungsnummer. Mit den Kennzeichen können verschiedene Zustände wie Eintreffen oder Abgang der Störung usw. gekennzeichnet werden. Die von dieser Art Zeitfolgemelder ausgegebenen Zahlen bedürfen einer Decodierung, um den verbalen Inhalt der Meldung zu erhalten. Dieses Decodieren kann namentlich bei einer grossen Zahl von Meldungen längere Zeit in Anspruch nehmen.

Durch die vermehrte Anwendung von Kleincomputern ist man heute in der Lage, Zeitfolgemelder herzustellen, die die Meldungen in Klartext ausdrucken können. Dass eine Meldung in Klartext abgelesen werden kann, ist ein nicht zu unterschätzender grosser zeitlicher Vorteil. Ein weiterer Vorteil der Computerlösung liegt darin, dass der Computer als fertiges, ausgeprüftes Element gekauft werden kann. Der Anteil der massgeschneiderten Elemente kann reduziert werden, da gewisse Funktionen vom Computer übernommen werden können. Textänderungen sind durchaus möglich und können ohne grosse Umstände direkt vom Personal vorgenommen werden. Wie bei jedem Computer ist der Anteil der Software je nach den geforderten Funktionen mehr oder weniger aufwendig.

In Fig. 15 ist ein Klartextprotokoll dargestellt. Durch Gruppierung einer beschränkten Anzahl Worte lassen sich einfache und klare Texte bilden. Viele Worte brauchen entsprechend viele Speicherplätze. Die Anzahl der Worte und der Kombinationen ist durch die Anzahl Speicherplätze bestimmt. Massenspeicher, zum Beispiel Disc, ermöglichen jedoch eine grosse Flexibilität in der Auswahl der Texte. Ein derartiger Speicher hat, um einen Grössenbegriff festzulegen, zum Beispiel ein Speichervermögen von ca. 32 Kiloworten à 12 bit und mehr. Daraus könnten unter Umständen 16 000 verschiedene Buchstaben, Zahlen oder Zeichen gebildet werden. Der Einsatz einer solchen Einrichtung ist erst ab einer bestimmten Anzahl Meldungen rentabel, im Normalfall

08.49.27	1248 +
08.49.27	1248 -
11.21.12	1100 +
11.21.08	1101 +
11.21.12	1102 +
12.42.03	1102 -
12.42.03	1101 -
12.42.27	1400 +
12.42.31	1478 +
12.42.45	1478 -
20.01.11	2200 +
20.01.32	2309 +
20.01.45	2309 -
22.38.37	2302 +
22.38.38	2302 -
06.45.14	2200 *
06.45.15	1100 *
06.45.15	1400 *

Stunden

Minuten

Sekunden

Kennzeichen

Meldungs-Nr.

Fig. 14  
Codiertes Protokoll eines Zeitfolgemelders  
(mit Zahlen)



etwa von 800...1000 Meldungen an aufwärts. Wird jedoch auf den Komfort des Klartextes grosser Wert gelegt, dann rechtfertigt sich die Computerlösung schon ab 250 Meldungseingängen.

Dass man eine solche Anlage nicht nur als Störungssignalisierung verwenden kann, ist naheliegend. Es ist durchaus denkbar und praktikabel, auch Befehle, Zustandsänderungen und messtechnische Informationen aller Art damit zu registrieren. Wenn das der Fall ist, liegt ein vollständiges Klartextprotokoll über alle Vorgänge innerhalb einer Anlage vor.

Um bei mehreren Anlagen eine zeitliche Synchronisierung aller Zeitfolgemelder zu erreichen, kann ein periodisch von Neuenburg ausgestrahltes Zeitzeichen via Funk empfangen und ausgewertet werden. Damit arbeiten alle Stationen mit der gleichen Zeit, und somit ist eine richtige zeitliche Analyse aller Störungen möglich.

Da ein Zeitfolgemelder mit Klartextausdruckung, der unter Umständen ein vollständiges Betriebsprotokoll darstellt, grosse betriebliche Vorteile mit sich bringt, wird er in Zukunft mehr und mehr angewendet werden.

## 9. Grundsätzliche Anwendungsmöglichkeiten von Computern

Mit dem Einsatz der Zeitfolgemelder ist ein weiterer Schritt in Richtung Automatisierung vollzogen worden. Es ist naheliegend, dass eine zentrale Meldeanlage, die alle normalen und abnormalen Zustände einer Anlage erfasst, zur weiteren Automatisierung prädestiniert ist. Wenn die Anlage zum Beispiel einen abnormalen Zustand feststellt, könnte sie ihrerseits eine Aktion einleiten, die der Störungsbehebung dient. Da diese Reaktionen unter Umständen die Funktionen eines normalen Zeitfolgemelders überschreiten, ist man dazu übergegangen, die Auswertung solcher Meldungen einem Computer zu übertragen, der seinerseits auf Grund seines Programmes die gewünschte Aktion auslösen kann.

Nachdem der Stand der heutigen Entwicklung von modernen Computern sowohl in technologischer als auch in preislicher Hinsicht weit fortgeschritten ist, ist es naheliegend, die Vorteile zu nützen, die der Computer anbietet. Überall dort, wo schnell und zuverlässig kombiniert, organisiert, gerechnet, überwacht, angezeigt, registriert und ausgedruckt werden muss, ist der Computer ideal.

Für den Einsatz von Computern gibt es grundsätzlich drei verschiedene Betriebsarten, auf die im nachfolgenden näher eingegangen wird, da sie sehr konkret die Einsatzmöglichkeiten von Computern aufzeigen.

In Fig. 16a ist der prozessentkoppelte oder Off-Line-Betrieb dargestellt. Aus dem Prozess kommen gewisse Informationen und werden eventuell gespeichert. Der Mensch gibt sie nach seinem Ermessen an den Computer weiter. Dieser wertet die Informationen nach einem bestimmten Programm aus und zeigt das Ergebnis in irgendeiner Form an. Der Mensch entscheidet dann auf Grund dieser Anzeigen und greift über die Regelung in den Prozess ein. Der Computer ist nicht mit dem Prozess verbunden, daher der Ausdruck «Off-Line», den man etwa mit «abseits der Linie» übersetzen könnte. Ein «Off-Line»-Betrieb ist also ein Betrieb, bei dem die Einrichtungen und Geräte nicht unter direkter Kontrolle des Computers stehen und die Daten nur über einen Zwischenträger in den Computer eingegeben werden.

In Fig. 16b ist der prozessgekoppelte offene Kreis oder On-Line open loop-Betrieb dargestellt. Die aus dem Prozess anfallende Information wird direkt dem Computer zugeführt. Dieser wertet die Information aus und zeigt das Ergebnis wiederum dem Menschen an. Dieser entscheidet und greift über die Regelung in den Prozess ein. Auch dieser Kreis ist durch den Menschen unterbrochen; der Computer hingegen ist einseitig direkt an den Prozess angekoppelt. Daher stammt die Bezeichnung «On-Line». Weil aber der Gesamtregelkreis durch den Menschen unterbrochen ist, wird der Betrieb als «open loop»-Betrieb bezeichnet, was man etwa mit «offener Kreis» übersetzen könnte.

In Fig. 16c ist nun der vollständig in sich geschlossene, prozessgekoppelte Kreis dargestellt. In der Computerterminologie wird dieser Zustand als «On-Line closed loop»-Betrieb definiert. Hier trifft der Computer nach einem bestimmten Programm selbständig und ohne Dazwischengreifen des Menschen Entscheidungen, die den Prozess steuern. Diese Variante stellt die höchste Stufe der Automatisierung dar.

Es ginge im Rahmen dieses Aufsatzes zu weit, die grundsätzlich gezeigten Betriebsarten mit konkreten Beispielen aus der Unterwerk- und Kraftwerktechnik zu ergänzen.

Inwieweit die einzelnen Betriebsarten für bestimmte Anwendungszwecke geeignet sind, ist sehr verschieden und hängt weitgehend vom Grad der Automatisierung ab.

Dass der Einsatz von Computern die Sicherheit eines Netzes bedeutend erhöhen kann, ist unbestritten. Der vielleicht hohe Kapitaleinsatz und eine gewisse Unsicherheit durch das Ungewohnte mögen eine Erklärung dafür sein, dass die Anwendung von Computern bei uns bis heute noch eher selten anzutreffen ist.

		Zeitfolgerichtige Information				
		Datum	Stunde	Minute	Sekunde	1/100 Sekunde
9	Z	02.11	04.05	11.40	BATTERIE 48V + ERDSCHLUSS	+
10	Z	02.11	04.55	55.92	GENERATOR 2 AUSFALL 110V=	+
12	Z	02.11	08.15	17.52	SCHALTER NR. 1250 EIN	
13	Z	02.11	08.16	00.17	SCHALTER NR. 1260 AUS	
15	Z	02.11	08.20	13.99	BATTERIE 48V + ERDSCHLUSS	-
16						
1						
3"16						
19						

Klartext

Kennzeichen

+ = Eintreffen

- = Abgang

Fig. 15  
Protokoll eines Zeitfolgemelders  
mit Klartextausdruckung



In verschiedenen Gesellschaften des In- und Auslandes sind von Computern gesteuerte Anlagen in Betrieb, die für die verschiedenartigsten Anwendungsfälle eingesetzt sind. In einer norddeutschen Stadt wird zum Beispiel das ganze Netz, das einen Durchmesser von 50 km aufweist und aus sieben thermischen und einem Speicherkraftwerk besteht, von einem Computer gesteuert. Das ganze Netz besteht aus 700 km Freileitungen und 150 km Kabelleitung. 150 Schalt- und Umspannstationen werden vom Zentrum aus gesteuert. Hier wird alle 15 Minuten auf der Klartextprotokolliermaschine ein vollständiges Betriebsprotokoll ausgedruckt. Im wesentlichen können folgende Arbeiten und Prozessregelungen ausgeführt werden: Lastflussplan mit Prognose, Erdschlussanalysen des gelöschten Netzes, wobei die Löschspulen automatisch vom Computer gesteuert werden. Frequenz und Leistungsregulierung, Störungsanalysen und Steuerung des Netzes, Betriebsmeldungen, Ausdrucken der Messwerte und Grenzwertüberschreitungen. Die Anlage ist seit einiger Zeit in Betrieb und hat sich nach gewissen Anlaufschwierigkeiten bestens bewährt.

Bei einer westschweizerischen Gesellschaft ist ein Computer im Einsatz, der vor allem für die Bilanzierung der vertraglichen Leistungen bestimmt ist. Er berechnet zum Beispiel bei unterschiedlichen Tarifen die Differenz der bezogenen und der gelieferten Energie. Er bestimmt für jeden Aktionär die ihm gelieferte Bruttoenergie, indem er die Energie an allen Übergabestellen mit positiven oder negativen Vorzeichen zusammenzählt. Nach jeder Tarifperiode wird eine Abrechnung mit dem Datum, der Bilanzzeit sowie dem Namen jedes Aktionärbezügers automatisch ausgedruckt.

Für die Leistungskontrolle berechnet der Computer jede Sekunde für jeden Aktionär die Bruttoleistung durch Bildung der Summe aller Leistungsmesswerte der entsprechenden Meßstellen. Diese Bruttoleistung wird vom Computer als Digitalwert abgegeben und über entsprechende Wandler je einem Registrierinstrument pro Aktionär zugeführt. Ausserdem wird die Über- oder Unterschreitung der zum voraus festgesetzten Leistung pro Aktionär überwacht. Bei Abweichungen wird der Maximalwert der integrierten Leistung von einer halben Stunde während der Überschreitungsdauer sowie sein Prozentwert in bezug auf die festgesetzte Leistung ausgedruckt [1<sup>1)</sup>].

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

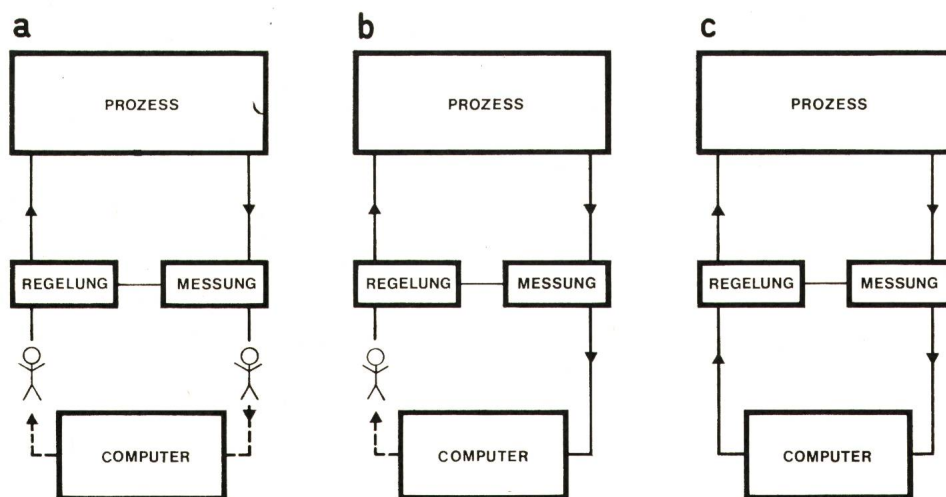


Fig. 16  
Grundsätzliche Betriebsarten von Computern  
a prozessentkoppelt (off-line)  
b prozessgekoppelter offener Kreis (on-line open loop)  
c prozessgekoppelter geschlossener Kreis (one-line closed loop)

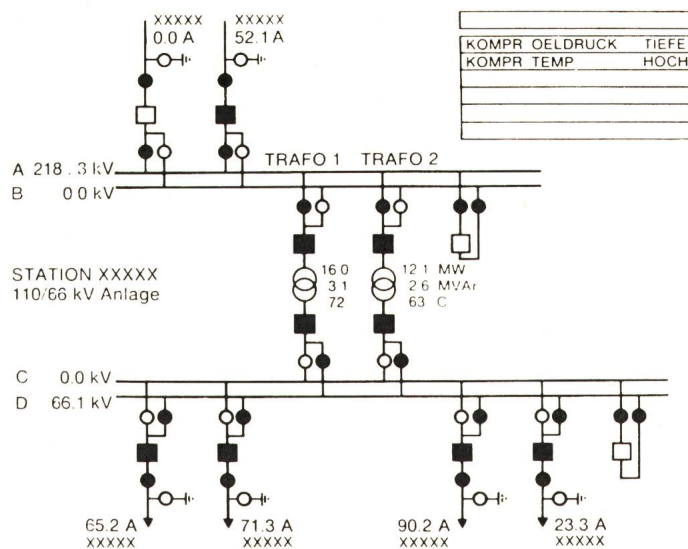


Fig. 17  
Darstellung eines Unterwerkes auf einem Sichtgerät (Display)

Man sieht, dass die Möglichkeiten, die in der Anwendung von Computern in der Kraft- und Unterwerktechnik liegen, sehr vielfältig sind. Dass der Einsatz von Computern auch in hydraulischen Kraftwerken mit älteren und kleineren Einheiten in bezug auf Optimierung des Wasserhaushaltes von grosser Bedeutung sein kann, ist naheliegend. Namentlich würde sich der Einsatz von Computern bei Speicherpumpwerken, die in Zukunft noch grössere Bedeutung als bisher haben werden, sehr gut eignen.

## 10. Sichtgeräte (Display)

Im Zusammenhang mit den Computern sei noch auf die Sichtgeräte hingewiesen, die ein wesentliches Hilfsmittel bei der Optimierung des Informationsflusses bilden. Diese Sichtgeräte sind als «CRT-Display» in die Literatur eingegangen. (CRT = Cathode Ray Tube). Bei diesen Sichtgeräten werden grundsätzlich zwei verschiedene Arten unterschieden. Zu der einen Sorte gehören die passiven Sichtgeräte, die nur einer Anzeige dienen, und die andere Gruppe wird als interaktive Sichtgeräte bezeichnet. Mit den letzteren Sichtgeräten ist es möglich, einen Dialog zu führen, das heisst von Hand Daten zu verändern oder einzugeben.

Fig. 17 zeigt ein «CRT-Display» eines Unterwerkes als gewohntes Blindschema. Die Schaltzustände der Trenner und Schalter sind durch ausgeleuchtete oder nur umrahmte Symbole angezeigt. Bei den Leitungen wird der Leitungsname und der zurzeit fließende Strom mit Ziffern und Buchstaben aufgezeichnet. Bei den Sammelschienen werden die Spannung und bei den Transformatoren die Leistung, Blindleistung und die jeweilige Kupfertemperatur dauernd



angezeigt. In der rechten oberen Ecke sind eventuell anstehende Signale in Klartext ersichtlich. In diesem Blindschema sind alle wichtigen Informationen auf kleinstem Raum übersichtlich dargestellt. Zusätzliche Informationen wie zum Beispiel Erdschlussrichtungsanzeige, Grenzwertüberschreitungen, Schutzrelaisangaben usw. können auf Wunsch durch Tastendruck eingeblendet werden. Das Sichtgerät hat eine Grösse von ca.  $36 \times 42$  cm und entspricht etwa den üblichen Grössen der Fernsichtbildröhren. Mit einem Lichtgriffel, das ist ein photoelektrischer Detektor, der auf schnelle Änderung der Lichtintensität reagiert, berührt man denjenigen Teil im Blindschema, den man aktivieren möchte, und drückt dann auf eine Taste im Griffel. Alsdann wird der angewählte Schalter oder Trenner aktiv und zeigt das zum Beispiel durch Blinken an. Mittels Funktionstasten auf der Bedienungskonsole kann dem Computer mitgeteilt werden, welche Operation am angewählten Punkt auszuführen ist. Anstelle der Funktionstasten können auch Lichttasten, das heisst kleine Felder auf dem Bildschirm, berührt werden. Wird der Lichtgriffel anschliessend auf ein solches Feld gehalten und die Aktivierungstaste gedrückt, dann führt der Computer die entsprechende Operation aus. Nach erfolgter Befehlsgabe und Ausführung des Befehls zeigt das Sichtgerät die neue Stellung an. Anstatt eines Lichtgriffels gibt es noch andere Steuergeräte wie Rollkugel oder Steuerknüppel, mit denen man einen Lichtpunkt auf dem Bildschirm in X/Y-Richtung verschieben kann.

Im weiteren kann das Gerät so aufgebaut sein, dass aus einem Übersichtsschema ein Detailschema nach Belieben ausgewählt wird. Im Übersichtsschema wird zum Beispiel eine Station nur durch ein Symbol angegeben. Damit ist es möglich geworden, auf kleinstem Raum über den Gesamtzustand einer Anlage informiert zu werden. Auf diesen Sichtgeräten werden neben den Blindschemata auch noch verschiedene andere Informationen geboten, zum Beispiel können Lastflüsse mit allen Werten und Richtungen angezeigt werden oder stark gedehnte Spannungsskalen, auf denen die regulierten Spannungen in Abhängigkeit zueinander angezeigt werden.

In der Regel wird jedoch auf ein vereinfachtes Übersichtsblindschaltbild herkömmlicher Art nicht verzichtet, aus dem die wesentlichen Informationen über den Gesamtzustand der Anlage hervorgehen. Wenn die Anlagen von unten her mit Teilautomaten ausgerüstet sind, dann ist auch nach einem eventuellen Ausfall eines Computers eine Weiterführung des Betriebes, wenn auch unter erschwerten Umständen, möglich. Andererseits besteht auch die Möglichkeit, zwei gleiche Computer zu installieren, die im Tandemsystem arbeiten. Sie sind so ausgebaut, dass jeder Computer einen Teil der Aufgabe übernimmt und noch so viel zeitliche Reserve hat, dass im Störfall wichtige Funktionen des ausfallenden Computers zusätzlich übernommen werden können [2].

## 11. Zusammenfassung

Zum Abschluss der Betrachtungen, bei denen der Vielfalt der Probleme wegen nur auf das Wesentliche und auch hier nur unvollständig eingegangen werden konnte, wird folgende Schlussfolgerung gezogen: Die Automatisierung in Kraft- und Unterwerkbetrieben ist für die heutige und kommende Energieversorgung von lebenswichtiger Bedeutung, wobei das kontinuierliche Angebot der Energie von immer grösser werdender Wichtigkeit ist. Bei den immensen Leistungen unserer Netze und bei der engen Vermaschung können bei Ausfall von Übertragungsleitungen oder Produktionseinheiten katastrophenähnliche Zustände auftreten. Um die Wahrscheinlichkeit solcher Störungen weitgehend zu eliminieren und menschliche Fehler auszuschalten, ist das Automatisieren ein Gebot der Stunde. Gerade im Kraft- und Unterwerkbetrieb ist man in der glücklichen Lage, Teilgebiete, die sich gut überblicken lassen, zu automatisieren. Solche Automaten sollen in sich geschlossene, souveräne Einheiten sein, die nur eines Anstosses von aussen bedürfen, um aktiv zu werden.

Es zeigt sich, dass es durchaus möglich ist, mit Teilautomaten einen sinnvollen Aufbau zu erreichen. Es ist klar, dass ein Kraftwerkbetrieb, der sich aus vielen, teils voneinander unabhängigen Teilanlagen und Automaten zusammensetzt, nicht gesamthaft einer einzigen Automatik unterstellt werden soll, sondern er sollte vielmehr in einzelne Funktionsgruppen und selbständige Einzelabläufe aufgelöst werden, die erst durch eine zweite übergeordnete Automatik in eine gewünschte Abhängigkeit zueinander gebracht werden. Dies ist schon deshalb notwendig, damit das ganze Zusammenspiel besser überblickt werden kann und im Störfall nicht der ganze Prozess zum Stillstand kommt, sondern dass die Störung auf einen lokalen Sektor beschränkt bleibt. Auf alle Fälle ist es für jetzt und für die Zukunft richtig, wenn beim Aufbau einer Gesamtautomatik in der Basis der Hierarchie begonnen und in aufsteigender Linie fortgefahren wird. Wenn nach diesem Gesichtspunkt automatisiert wird, werden auch künftige Probleme der Netzführung beherrscht werden können.

Mit der Elektronik ist uns ein Hilfsmittel in die Hand gegeben, mit dem wir viele Probleme besser und sicherer lösen können als bisher. Namentlich auf dem Gebiet der Computerentwicklung ist eine enorme Evolution festzustellen, die uns noch manche neue Anwendungsmöglichkeit im Kraft- und Unterwerkbetrieb eröffnen wird.

## Literatur

- [1] J. M. Kälin: Einführung der Leistungs- und Zählerstandsverarbeitung mittels Fernwirkanlagen bei der EOS. Bull. SEV 62(1971)25, S. 1227...1234.
- [2] E. Lutz: Einführung in die Computertechnik. Landis und Gyr Mitteilungen -(1970)11/12, S. 2...33.

## Adresse des Autors:

U. Neumayer, CMC, Carl Maier + Cie, Elektrische Schaltapparate und Steuerungen, 8200 Schaffhausen.