Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 24

Artikel: Beispiele von Automatisierungen in Kraftwerkanlagen

Autor: Binder, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916307

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: 10.07.2025

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

Beispiele von Automatisierungen in Kraftwerkanlagen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 19. September 1967 in Zürich,

von *R. Binder*, Zürich

65.011.56:621.39:621.31

Nach einer einleitenden, teils kybernetischen Betrachtung der zweckmässigen hierarchischen Struktur von Automatisierungen werden die für die Automatisierung möglichen technischen Mittel besprochen und ihre Anwendungsgebiete angedeutet. Zur Diskussion stehen Relais, elektronische Logik-Baugruppen und Prozessrechner. An Hand von je einen Beispiel aus der Automatisierung in einem Wasserkraftwerk und einem thermischen Kraftwerk werden charakteristische Bedingungen und mögliche Lösungswege gezeigt. Über allen Automatisierungsbestrebungen steht die Frage von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit. Organisch gewachsene Systeme, zu denen im übertragenen Sinn auch das Schweizerische Energienetz zu zählen ist, werden durch die Automatisierung keinen Sicherheitsrisiken ausgesetzt.

Après des considérations introductives se rapportant partiellement à la cybernétique de la structure hiérarchique appropriée des automatisations, l'exposé traite des moyens techniques disponibles en vue de cette automatisation et de leur domaines d'application. Les relais, les blocs logiques et les ordinateurs constituent le thème de discussion. A l'aide d'exemples d'automatisations, se rapportant d'une part à une centrale hydraulique, et d'autre part à une centrale thermique, on démontre les exigences caractéristiques et les valeurs des solutions possibles. Toutes les tentatives d'automatisation sont subordonnées aux questions de sécurité et au rendement. Des systèmes ayant connu un développement organique, parmi lesquels nous pouvons compter au sens figuré le réseau énergétique suisse, ne sont pas exposés à des risques du fait de leur automatisation.

1. Der hierarchische Aufbau der Automatisierung

Der Begriff «Automatisierung» ist heute fast untrennbar mit der Vorstellung von Computern, Datenverarbeitung und Datenübertragung verbunden. Prozessrechner, wie die speziell für solche Aufgaben geeigneten Computer genannt werden, übernehmen weitgehend die bisher dem Menschen vorbehaltenen Aufgaben, steuern und regeln nach oft komplizierten Programmen den Ablauf technischer Vorgänge und ermöglichen durch ihre hohe Arbeitsgeschwindigkeit zum Teil neue Verfahren, für welche die menschliche Reaktion zu langsam wäre.

Daher werden automatisierte Anlagen gerne mit lebendigen Organismen verglichen, die von einem Gehirn gesteuert werden, welches seine Befehle und Anweisungen über Nervenfasern an die ausführenden Organe erteilt und von diesen auf demselben Weg die Rückmeldungen erhält. Obwohl dieser Vergleich in mancher Hinsicht durchaus angemessen erscheint, verleitet er vielfach zu einer unzulässigen Vereinfachung: nämlich zur Vorstellung, dass die zentrale Steuerung (das Gehirn) detaillierte Befehle direkt an die einzelnen Organe abgibt und von diesen ebenso detaillierte Rückmeldungen erhält. Das ist aber weder in einem lebendigen Organismus noch in einer technischen Anlage der Fall. Zwar wäre eine solche Organisation im Prinzip denkbar, würde aber eine nicht absehbare Zahl von Datenleitungen und eine äusserst komplizierte Arbeitsweise der Zentraleinheit erfordern. Extrem gedacht müssten dabei die peripheren Organe überhaupt keine eigene Intelligenz besitzen; technisch ausgedrückt: sie könnten aus lauter bistabilen Elementen bestehen, welche von der Zentraleinheit einzeln im richtigen Zeitpunkt einen «Ein»- oder «Aus»-Befehl erhalten und die Vollzugsmeldung zurücksenden. Es ist leicht einzusehen, dass eine solche Organisation sehr anfällig gegen Störungen wäre. Unter Umständen könnte ein einziger verfälschter Befehl oder eine fehlende Rückmeldung schon einen totalen Zusammenbruch der ganzen Anlage bewirken. Für die betroffenen Organe würde der Ausfall einer Leitung katastrophale Folgen haben.

Organisch gewachsene Systeme, zu denen man im übertragenen Sinn auch technische Anlagen wie z. B. ein Energieversorgungsnetz zählen darf, arbeiten nach einem anderen Gesichtspunkt. Wie *Norbert Wiener* an einem Beispiel vom menschlichen Organismus ausführt, stellt der vom Gehirn ausgehende Befehl, einen Gegenstand zu ergreifen, keineswegs eine detaillierte Anweisung an bestimmte Muskelgruppen dar, sondern setzt vielmehr einen Regelkreis in Gang, der die gewünschte Bewegung veranlasst. Dieser Regelkreis bedient sich seinerseits wieder untergeordneter Regelkreise, so dass der ganze Vorgang schliesslich eine Hierarchie von Regelkreisen erkennen lässt, welche untereinander mehr oder weniger summarische Nachrichten austauschen.

Eine gut konzipierte technische Automatisierung lässt sich mit einer solchen Organisation vergleichen und bildet ebenfalls eine Hierarchie von Regelkreisen, welche eine Anzahl von Verknüpfungen aufweist (Fig. 1).

Diese Figur erhebt natürlich keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit, weder in Bezug auf die Zahl der Verknüpfungsebenen, noch auf die Regelmässigkeit der Anordnung. Auch ist in der Praxis die streng hierarchische Struktur häufig durch Querverbindungen innerhalb einer Ebene oder Überspringen von Ebenen durchbrochen, jedoch zeigt sich eine unverkennbare Tendenz, im Interesse der Sicherheit die notwendigen Aufgaben so weit als möglich nach unten zu delegieren und somit die einzelnen Anlageteile möglichst autonom zu gestalten. Dies trifft vor allem auf die eigent-

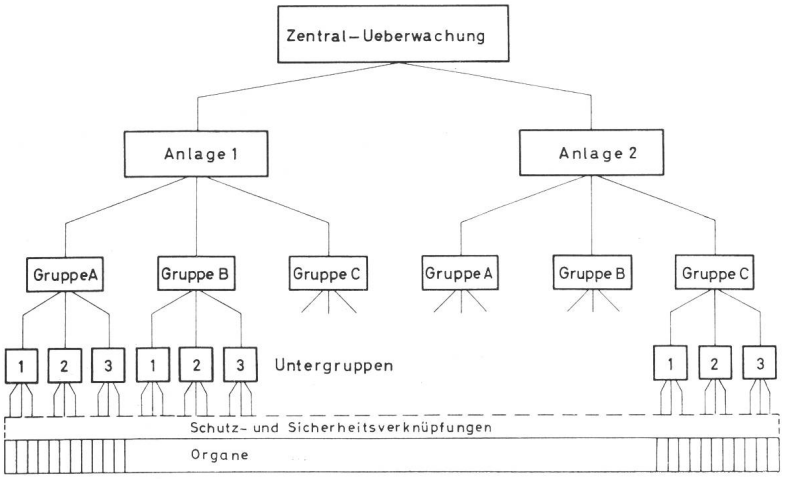


Fig. 1
Der hierarchische Aufbau automatisierter Komplexe

lichen Schutz- und Sicherheitsbedingungen zu. Es wäre ja auch nicht zu verantworten, wollte man z. B. eine Schnellabschaltung infolge überhöhter Lagertemperatur vom einwandfreien Funktionieren einer Datenverarbeitungsanlage abhängig machen und bei Ausfall einer Leitung einen schweren Maschinenschaden riskieren. Deshalb greifen die Schutz- und Sicherheitsverknüpfungen möglichst unmittelbar an den betreffenden Organen an und funktionieren auch dann noch, wenn die übergeordnete Steuerung einmal ausfallen sollte. Auch ein lebendiger Organismus arbeitet so: Ein Muskel z. B. sperrt bei Erreichen einer gewissen Anspannung den eventuell von der Nervsteuerung noch vorliegenden Befehl zu weiterer Kontraktion und schützt sich so selbst vor dem Zerreissen.

Ein nach solchen Gesichtspunkten aufgebautes Automatisierungs-System bietet gegenüber einer reinen Zentralsteuerung folgende entscheidende Vorteile:

a) Der Datenaustausch zwischen den einzelnen Komplexen beschränkt sich auf eine relativ kleine Anzahl summarischer Begriffe, bleibt daher übersichtlich und lässt sich leicht programmieren;

b) In jeder Ebene besteht die Möglichkeit eines manuellen Eingriffes. So können einzelne Anlagenteile manuell bedient werden, während andere gleichzeitig automatisch laufen;

c) Aufrechterhalten eines Notbetriebes, eventuell unter reduzierten Bedingungen, wenn die übergeordnete Steuerung einmal ausfallen sollte.

Gerade der letzte Punkt ist von besonderer Bedeutung für die Sicherheit eines komplexen Systems und auch in dieser Beziehung bietet die Natur Vorbilder: So hält z. B. das menschliche Herz bei Ausfall der Nervsteuerung noch einen solchen «Notbetrieb» aufrecht, wobei eine interne Taktsteuerung den Rhythmus bestimmt. Die Überlebenschancen bei einem schweren Unfall sind dadurch ganz bedeutend erhöht.

Ebenso arbeiten Funktionsgruppen einer automatisierten Anlage bei Ausfall der Zentralsteuerung auf Grund der lokal wirkenden Regelkreise weiter, wenn auch vielleicht nicht optimal, zumindest aber im Sinne des Selbstschutzes. Dabei besteht immer noch die Möglichkeit, die nötigsten summarischen Anweisungen manuell einzugeben.

Die Voraussetzung für eine umfassende Automatisierung, die nicht der Gefahr ausgesetzt sein darf, durch eine vielleicht harmlose Störung lahmgelegt zu werden, ist also der weitgehend hierarchische Aufbau aus möglichst autonomen Einzelgruppen, die überdies so beschaffen sein müssen, dass sie notfalls noch durch manuelle Steuerung funktionsfähig erhalten werden können. Mit anderen Worten: dass sich der Informationsaustausch mit der nächsthöheren Ebene auf wenige, gut überblickbare Kommandos und Rückmeldungen beschränkt. Diese Voraussetzung ist im allgemeinen überall dort schon von vornherein erfüllt, wo ein technischer Komplex sozusagen «organisch» gewachsen ist. Bei Kraftwerk-Anlagen trifft dies zumindest in Europa weitgehend zu.

2. Mittel der Automatisierung

Auf der Ebene der Ausführungs-Organe trifft man die verschiedensten Apparate ebenso verschiedener Herkunft an: Ventile, Schieber, Motore, Brenner, hydraulische und pneumatische Einrichtungen, Druck- und Temperaturfühler und dergleichen mehr. Der Grossteil dieser Organe wurde zu einer Zeit entwickelt und gebaut, in welcher noch nicht viel von Automatisierung gesprochen wurde. Ihre elektrischen Ein- und Ausgabekriterien sind oft mangelhaft und keineswegs einheitlich. In der heutigen Zeit trifft man allerorts auf Normungs-Bestrebungen, doch sind selbst diese noch nicht einheitlich und haben sich erst in wenigen Fällen konsequent durchgesetzt. Für die Automatisierung bedeutet das, dass die Anpassung möglichst universell und unempfindlich sein muss. Diese Bedingung ist immer noch am besten durch Einsatz von Relais zu erfüllen. Der Relaiskontakt ist nicht an ein bestimmtes Bezugspotential gebunden, kann in weiten Grenzen verschiedene Spannungen und Ströme schalten und steht als Ruhe- oder Arbeitskontakt zur Verfügung. Auch arbeiten Relais mit Leistungen, welche beträchtlich über dem stets vorhandenen Störpegel liegen und sprechen nicht auf das sog. «elektrische Geräusch» an. Daher verwenden selbst die dogmatischen Verfechter der Vollelektronik auf dieser Ebene Relais.

Schon eine Ebene höher, bei den Schutz- und Sicherheitsverknüpfungen, findet man neben Relais auch elektronische Systeme, die im wesentlichen aus UND- und ODER-Baugruppen bestehen.

Für die Programmierung herrscht die feste, eventuell die gesteckte Verdrahtung vor. Bei kleinen und einfachen Komplexen lassen sich die notwendigen Verknüpfungen häufig direkt mit den Kontakten der Relais der untersten Ebene durchführen. In diesem Fall hätte es keinen Sinn, zusätzlich ein elektronisches System einzusetzen. Bei grösserem Umfang der Verknüpfungen spricht vor allem die bessere Programmierbarkeit für elektronische Baugruppen.

In der Ebene der Untergruppen-Steuerungen findet man besonders bei Wasserkraftwerken oft so einfache Bedingungen vor, dass einige entsprechend verdrahtete Relais zusammen mit den auf der Betätigungsebene ohnehin benötigten Relais alle erforderlichen Funktionen steuern können. Daher ist der grösste Teil der Untergruppen-Automatisierung in Wasserkraftwerken in Relaistechnik ausgeführt.

In Wärmekraftwerken sind die Automatisierungsbedingungen meist um vieles komplizierter. Trotzdem werden auch hier Teilaufgaben der Automatisierung oft in Relaistechnik gelöst. So wurden in jüngster Zeit auch im thermischen Kraftwerk Vouvry dafür Relaisschaltungen eingesetzt. Wenn aber die Automatik einen grösseren Umfang annimmt, sprechen mehr Argumente für eine elektronische Lösung. Fast alle grösseren Firmen, welche auf dem Gebiet der Automatisierung arbeiten, haben für diesen Zweck elektronische Systeme entwickelt.

Sofern die Automatisierung auch noch die höheren Ebenen umfasst, ist praktisch nur noch von Elektronik die Rede. Die Vorgänge sind meist kompliziert und müssen rasch ablaufen. Hier konkurrieren elektronische Logik-Systeme (Folgesteuerungen, Schrittsteuerungen) mit Prozessrechnern. Es würde den Rahmen dieser Ausführungen sprengen, das Für und Wider dieser verschiedenen Lösungsmöglichkeiten zu erörtern. Auf Grund der eingangs erwähnten Anforderungen an die Betriebssicherheit wird jedoch eine ausschliessliche Computer-Technik nur dort in Frage kommen, wo schon aus andern Gründen mindestens zwei Computer vorhanden sein müssen. Der weitaus grösste Teil der bis heute durchgeführten Automatisierungen arbeitet ohne Computer oder beschränkt den Arbeitsbereich des Computers auf die Messdaten-Verarbeitung, während die eigentliche Automatik mit elektronischen Logik-Systemen aufgebaut und in

hard-ware programmiert ist. Dennoch ist anzunehmen, dass in Zukunft vermehrt Prozessrechner zum Einsatz gelangen werden, entweder im open-loop-Betrieb, wobei die vom Prozessrechner aus den Messdaten ermittelten Ergebnisse auf dem Bedienungspult zur Anzeige gelangen und die Grundlage für manuelle Eingriffe bilden, oder im closed-loop-Betrieb, wobei der Prozessrechner selbst auf Grund der von ihm ermittelten Daten in der oberen Ebene der Automatik-Hierarchie in das Geschehen eingreift.

3. Automatisierungsbeispiele

Nach dieser mehr allgemeinen Einleitung sollen die nachfolgenden Beispiele zeigen, wie sich die charakteristischen Automatisierungsaufgaben in der Praxis stellen und welche Lösungswege sich anbieten.

Beispiel 1: Anfahrautomatik einer Turbinengruppe in einem Kraftwerk
(Leistung der Gruppe: 100 MVA)

Es handelt sich hier um die typische Aufgabenstellung einer Teilautomatisierung in einem Wasserkraftwerk. Zweck dieser Automatisierung ist einerseits die vereinfachte Bedienung, anderseits der weitgehende Schutz vor Bedienungsfehlern.

Fig. 2 zeigt schematisch die Bedingungen für das Anfahren der Gruppe:

Der «Ein»-Befehl, welcher entweder lokal vom Bedienungspult oder über eine Fernsteuerung eintreffen kann, wird von der Automatik nur angenommen, wenn die Kriterien für den Zustand «Gruppe startbereit» vorliegen. Diese Kriterien besagen im Wesentlichen

a) dass nicht schon ein Anfahrvorgang läuft;

b) dass alle beteiligten Apparate verfügbar sind (keines auf Stellung Reparatur);

c) dass kein Schnellschlussbefehl vorliegt.

Sind die Bedingungen erfüllt, so springt die Automatik in die Betriebsphase «Gruppe im Anlauf», in welcher eine

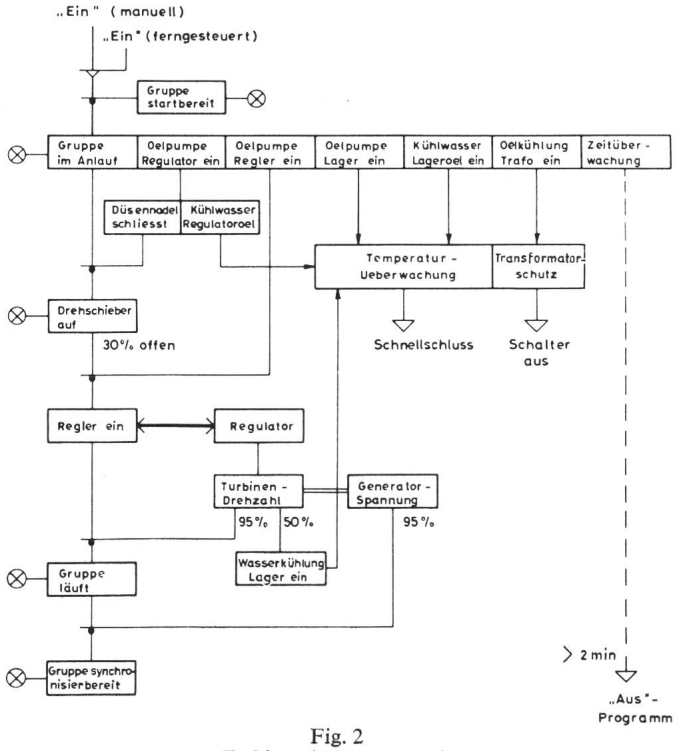


Fig. 2
Turbinen-Anfahrautomatik

Reihe von Hilfseinrichtungen eingeschaltet werden: Die Ölpumpen für Regulator und Regler, die Ölpumpe für die Generatorlager, das Kühlwasser für die Lagerölkühlung und die Ölkühlung des Transformators. Die Unterscheidung zwischen Regulator und Regler wurde zur Vermeidung von Missverständnissen eingeführt: Regulator wird der bei jedem Peltonrad angeordnete Mechanismus genannt, welcher Düsennadel und Strahlablenker steuert, Regler bezeichnet jene Einrichtung, welche den Regulatoren die nötigen Anweisungen erteilt und einmal pro Gruppe vorhanden ist.

Die Rückmeldungen von der Ölpumpe für die Generatorlager, dem Kühlwasser und der Transformator-Kühlung sind nicht direkt in die Anfahrautomatik einbezogen, sondern greifen als Schutzbedingungen auf den Schnellschlussbefehl bzw. auf die Schalterauslösung an.

Der Öldruck des Regulatoröls bewirkt das Schliessen der Düsennadel. Gleichzeitig wird die Kühlung des Regulatoröls eingeschaltet, dessen Temperaturüberwachung auch als Schutzbedingung auf den Schnellschlussbefehl angreift. Dagegen wird die Rückmeldung «Düsennadel geschlossen» in der Anfahrautomatik verwertet und veranlasst den nächsten Zustand «Drehschieber auf».

Die Rückmeldung «Drehschieber 30 % offen» zusammen mit dem Öldruck des Regleröls bewirken die nächste Phase «Regler ein». Nun erfolgt das Hochlaufen der Gruppe im Zusammenspiel zwischen Regler und Regulator, wobei eine weitere Rückmeldung erfolgt, wenn 50 % der Drehzahl erreicht sind. Als Folge davon schaltet die Automatik die Wasserkühlung der Lagerschalen ein. Auch davon wird die Rückmeldung nur in Form einer Schutzbedingung (über die Temperatur des Lageröls) wirksam. Die nächste Rückmeldung «95 % Drehzahl erreicht» lässt die Automatik in den Zustand «Gruppe läuft» weitergehen. Trifft dazu auch noch die Rückmeldung vom Generator «95 % Spannung erreicht» ein, so springt die Automatik auf ihren Endzustand «Gruppe synchronisierbereit». Dieser wird an das Überwachungspult gemeldet und eventuell auch über eine Fernsteuerung weitergegeben.

Damit hat die Automatik ihre Aufgabe beendet. Der Ablauf des automatischen Anfahrvorganges wird durch eine einfache Zeitüberwachung kontrolliert. Führt der Anfahrbefehl nicht innerhalb einer vorgegebenen Zeit (ca. 2 min) zum Zustand «Gruppe synchronisierbereit», so springt die Automatik in das «Aus»-Programm und stellt die Gruppe wieder ab. Dabei wird auf dem Überwachungspult die Störung unter Angabe des Grundes angezeigt.

Das Synchronisieren der Gruppe könnte natürlich auch noch automatisch erfolgen, zumal der dafür benötigte Parallelschaltapparat vorhanden ist. Dies ist jedoch weniger eine Frage der Technik als vielmehr der Organisation und ist nicht immer durchgeführt. Im besprochenen Beispiel wird das Synchronisieren wieder von Hand eingeleitet.

Zur Ausführung der Anfahr-Automatik ist zu sagen, dass sie in Relaistechnik aufgebaut wurde, natürlich unter Verwendung von zuverlässigen Relais (Flachankerrelais, wie sie in Telephonzentralen verwendet werden). Die bekannten Einwände gegen Relais beruhen ja zum grossen Teil auf schlechten Erfahrungen mit ungeeigneten Relaistypen und erwiesen sich auch hier als gegenstandslos: Die Relaisautomatik im beschriebenen Kraftwerk steht seit Dezember 1964 in Betrieb und läuft absolut störungsfrei. Die einzigen ge-

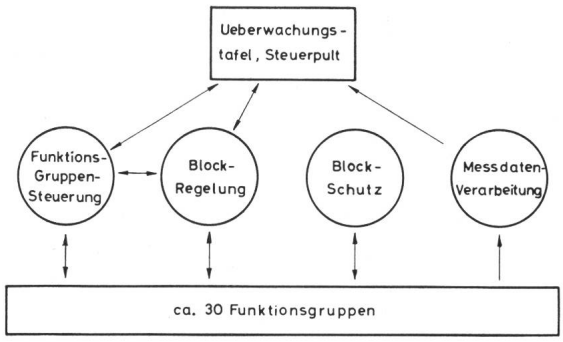


Fig. 3
Gliederung der Funktionsgruppen-Automatik

meldeten Störungen betrafen fehlerhafte Rückmeldeorgane. Die praktisch auftretenden Schaltzahlen der Relais lassen eine Lebensdauer der Automatik erwarten, welche beträchtlich über der Lebensdauer der Maschinen liegen würde.

Nach diesem Beispiel in Relais-Technik soll nun eine wesentlich umfangreichere Automatisierungsaufgabe aus dem Gebiet der thermischen Kraftwerke behandelt werden.

Beispiel 2: Automatisierung einer Speisewasserpumpe in einem thermischen Kraftwerk

Wie schon eingangs erwähnt, sind die Verknüpfungen in thermischen Kraftwerken bedeutend komplizierter als in Wasserkraftwerken. Dies kommt auch in der Automatisierungstechnik zum Ausdruck. Zum besseren Verständnis sei hier die charakteristische Organisation einer Automatisierung im thermischen Kraftwerk dargestellt (Fig. 3).

Vom anlagentechnischen Gesichtspunkt lassen sich an einem Block eine Anzahl von Funktionsgruppen erkennen, die mehr oder weniger autark sind. Diese arbeiten stets im Zusammenhang mit der Blockregelung, die praktisch immer automatisiert ist. Dagegen ist es eine Frage der Wirtschaftlichkeit, für welche Funktionsgruppen auch die Anfahr- und Stillsetzvorgänge (die Funktionsgruppensteuerung) automatisiert werden sollen. Blockregelung und Funktionsgruppensteuerung arbeiten zusammen und tauschen untereinander Informationen aus.

Unabhängig davon arbeitet der Blockschutz, welcher Gefahrenmomente erkennt und in Form von Sicherheitsverknüpfungen direkt in die einzelnen Funktionsgruppen eingreift. Der Blockschutz hat Priorität vor Steuerung und Regelung.

Ganz getrennt von diesen Funktionen erfolgt die Messdatenverarbeitung. Im einfachsten Fall besteht sie aus der üblichen Instrumentierung am Überwachungspult, kann jedoch auch eine ganze Datenverarbeitungsanlage mit einem Computer (einem Prozessrechner) umfassen. Normalerweise wird sie im open-loop-Betrieb arbeiten, d. h. die von ihr ermittelten Werte werden am Überwachungspult zur Anzeige gebracht und bilden für das Bedienungspersonal die Grundlage für manuelle Eingriffe in Steuerung und Regelung. Wie weit in Zukunft von der Möglichkeit Gebrauch gemacht werden wird, den Prozessrechner im closed-loop-Betrieb direkt in die oberen Ebenen der Automatik-Hierarchie eingreifen zu lassen, lässt sich heute noch nicht genau überblicken.

Nach diesem Überblick nun zurück zum konkreten Beispiel. Eine der ca. 30 Funktionsgruppen ist die Gruppe «Speisewasserförderung». Sie umfasst 2...3 Untergruppen «Speisewasserpumpen». Eine solche Untergruppe ist im nachfolgenden Beispiel dargestellt (Fig. 4).

Die Figur zeigt den Ablauf eines Anfahrvorganges, welcher in einer Anzahl von Schritten erfolgt, die durch eine Zeitüberwachung kontrolliert werden. Der «Ein»-Befehl, der von der Gruppensteuerung oder manuell eingegeben wird, versetzt die Automatik in Schritt 1. Auf diesem Schritt wird lediglich kontrolliert, ob die Anfahr-Voraussetzungen erfüllt sind. Dies ist der Fall, wenn entweder beide Speisewasser-Regelventile geschlossen sind oder bereits eine Parallel-Speisepumpe läuft, was sich im Vorhandensein des Drukkes hinter dem Schieber äussert. Die Automatik springt dann auf Schritt 2, wo sie das Schliessen des Druckschiebers, der Umführung des Druckschiebers und der Anzapfung für die Zwischen-Überhitzer Einspritzung bewirkt und ausserdem das Schöpfrohr in Anfahrstellung bringt. Für diese Vorgänge steht eine Überwachungszeit von 70 s zur Verfügung. Treffen die Rückmeldungen dieser Organe ein, so springt die Automatik auf Schritt 3. Läuft bereits eine Parallelpumpe, so müssen diese Rückmeldungen nicht mehr kontrolliert werden. Die Automatik springt in diesem Fall sofort auf Schritt 3.

Nun werden der Motor der Speisepumpe und der Temperaturregler des Getriebeöls eingeschaltet. Spätestens nach 10 s muss der Pumpenmindestdruck überschritten sein, damit die Automatik auf Schritt 4 springen kann, wo die Druckschieber-Umführung geöffnet wird. Für diesen Vorgang stehen 200 s zur Verfügung, wobei der Druck ständig über dem Minimaldruck liegen muss. Ist bei geöffneter Um-

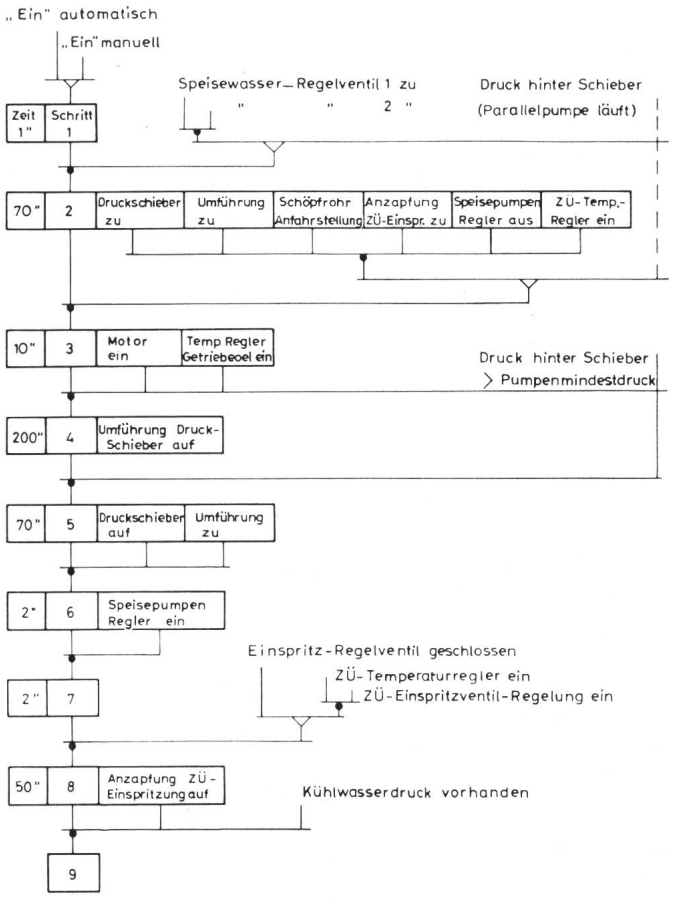


Fig. 4
Automatisierung einer Speisewasserpumpe

führung genügend Druck vorhanden, so heisst dies, dass die Pumpe richtig arbeitet. Die Automatik springt auf Schritt 5 und öffnet den Druckschieber, während die Umführung wieder geschlossen wird. Die Automatik geht darauf auf Schritt 6 und schaltet den Speisepumpenregler ein. Im nächsten Schritt (Schritt 7), wird überwacht, ob das Einspritzventil zum Zwischenüberhitzer geschlossen ist oder die Regulierung des Zwischenüberhitzers arbeitet. Dann erfolgt auf Schritt 8 das Öffnen der Anzapfung für die Zwischenüberhitzer-Einspritzung. Ist dieser Vorgang vollzogen und auch der Kühlwasserdruck normal, so hat die Anfahrautomatik ihre Aufgabe erfüllt und wartet auf Schritt 9 auf neue Befehle.

Auch in diesem Beispiel fällt auf, dass eine Anzahl von Rückmeldungen nicht in der Anfahr-Automatik verarbeitet werden, sondern in Form von Sicherheitsbedingungen direkt in die Betätigungsebene eingreifen. Treten hier Störungen auf, so erhält die Automatik ein summarisches Störungs-Signal und springt in das «Aus»-Programm.

Während im ersten Beispiel eine Relais-Automatik verwendet wurde, ist das zweite Beispiel mit elektronischen Bausteinen ausgeführt.

Die Vorteile eines elektronischen Baustein-Systems für solche Anwendungsfälle sind unverkennbar:

a) Kontaktlose Steuerung, daher unempfindlich gegen die chemisch aggressive Atmosphäre eines Wärmekraftwerkes;

b) Leichte Anpassungsfähigkeit an alle betrieblichen Bedingungen durch flexible Programmierbarkeit.

c) Hohe Zuverlässigkeit auch bei grosser Anzahl von Bauelementen. Die Zuverlässigkeit der heutigen Silizium-Halbleiter-Bauelemente kann als bekannt vorausgesetzt werden.

4. Schlusswort

Soweit es in dieser kurzen Darstellung möglich war, sollten die Beispiele zeigen, dass es für die Automatisierungen in Kraftwerkbetrieben zwar verschiedene Lösungswege und verschiedene Techniken gibt, jedoch nur einen Grundsatz: Automatisierung ist nicht Selbstzweck. Sie hat der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Anlagen zu dienen und darf daher nicht selbst Unsicherheitsfaktoren enthalten oder unwirtschaftlich teuer sein. In einem organisch gewachsenen Komplex, wie ihn das Schweizer Energie-Versorgungsnetz darstellt, wird es keine Experimente mit hochzentralisierten Computersteuerungen geben. Die bisherigen und wohl auch die zukünftigen Automatisierungen werden mit den jeweils angemessenen Mitteln sich ebenso organisch und ohne Sicherheitsrisiko in dieses Netz einfügen.

Literatur

[1] *R. Markwalder:* Automatisierung der Turbinenanlage im Kraftwerk Gösgen. Bull. SEV 56(1965)24, S. 1068...1074.

[2] *E. Kisfaludy-Péter:* Die elektrische Einrichtung der automatisch gesteuerten Maschinengruppen des Maschinenhauses Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein AG. Bull. SEV 54(1963)10, S. 369...373.

[3] *M. Jung* und *R. Schmidt:* Simatic-Steuersystem P für die Funktionsgruppenautomatik in Wärmekraftwerken. Siemens Z. 41(1967)5, S. 410...416.

[4] *R. Schaffer:* Die mutmassliche Entwicklung der Automation. Techn. Rdsch. 59(1967)26, S. 11 und 13.

[5] *N. Wiener:* Mensch und Menschmaschine. Kybernetik und Gesellschaft. Frankfurt/M. Athenäum-Verlag, 3. Auflage, 1966.

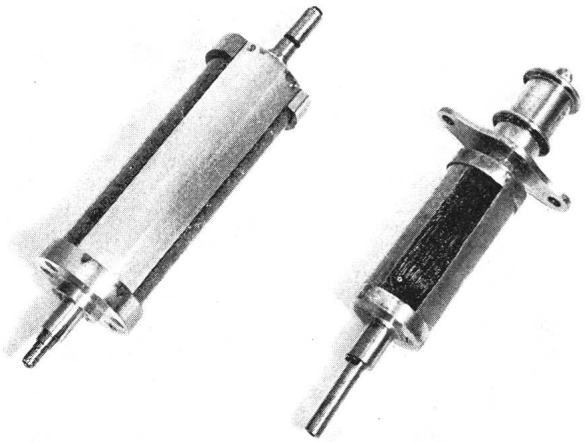
[6] *R. Lauber:* Einsatz von Digitalrechnern in Regelsystemen. ETZ-A 88(1967)6, S. 159...164.

[7] *D. Eger:* Inbetriebnahme einer Dampfturbinenautomatik in Kanada. Brown Boveri Mitt. 54(1967)1, S. 3...8.

Adresse des Autors:
R. Binder, Ingenieur, Albiswerk Zürich AG, Albisriederstrasse 245, 8047 Zürich.

EIN BLICK ZURÜCK

Der Doppel-T-Anker 1856



W.-v.-Siemens-Institut, München

Die elektrischen Maschinen der ersten Entwicklungsstufen hatten meistenteils noch kuriose Bauformen, insbesondere war die Form des Ankers (damals «Armatur» genannt) oft unzweckmässig. So hatte z. B. die erste elektrische Maschine, nämlich der Unipolar-Generator von *Michael Faraday* (1831)[1]), eine dünne Kupferscheibe als Anker. Letzten Endes waren auch der Anker der Stöhrerschen Maschine und der Woolrich-Anker durch einen verhältnismässig grossen Radius aber kurze Baulänge gekennzeichnet. Ein Nachteil dieser Anker war das grosse Trägheitsmoment und die niedrige magnetische Ausnützung.

1856 erfand *Werner von Siemens* den Doppel-T-Anker, mit Hilfe dessen er brauchbare Kurbelinduktoren für Induktionszeigertelegraphen bauen konnte. Diese Kurbelinduktoren, welche bis dahin übliche Stromquellen ersetzten, schufen eine Verbesserung der Telegraphenapparate, da sie betriebssicher und wartungsfrei waren. Wie sah nun der Doppel-T-Anker aus und was waren die Vorzüge desselben? Der Doppel-T-Anker hatte eine zylindrische Form. Die Länge betrug ein Mehrfaches des Durchmessers. Den Namen «Doppel-T-Anker» erhielt diese Armatur wegen ihres doppel-T-förmigen Querschnittes infolge zweier gegenüberliegender tiefer, breiter Nuten, in denen die Wicklung lag. Zum Antrieb und zum Abbremsen des Ankers fand damals ausschliesslich Muskelkraft Verwendung. Um einen kräftigen Stromimpuls auf die Telegraphenleitung geben zu können, musste der Doppel-T-Anker beim Drehen der Kurbel um eine Buchstabenbreite bereits eine halbe Umdrehung machen. Es war also notwendig, dass der Telegraphist ohne grossen Kraftaufwand den Anker sofort in Bewegung, aber auch ebenso schnell zum Halten bringen konnte. Der Anker musste also ein möglichst kleines Trägheitsmoment haben. Ein weiterer Gewinn des Doppel-T-Ankers war der durch ihn ermöglichte kleine Luftspalt, mit Hilfe dessen man eine hohe Induktion erreichen konnte.

F. Gitschger

[1]) s. Bull. SEV 57(1966)20, S. 930.