

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 47 (1956)

Heft: 3

Artikel: Steuerung von Maschinen der Verbrauchsgüterindustrie

Autor: Widmer, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060078>

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>

Steuerung von Maschinen der Verbrauchsgüterindustrie

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV am 10. November 1955 in Olten
von W. Widmer, Aarau

621.316.7 : 621-5 : 330.123.4

An einigen Beispielen ausgeführter Anlagen gibt der Autor einen Überblick über die Möglichkeiten der zentralen Steuerung von Produktionsmaschinen und über die Rückmeldung aller Schalterstellungen und Regelgrößen. Komplizierte Arbeitsprogramme werden in Teilfunktionen aufgelöst und sinngemäß vorgewählt.

L'auteur nous démontre, à l'aide de plusieurs exemples, les possibilités de la commande à distance centralisée des machines de production. En se basant sur des installations déjà exécutées, il présente la disposition de tableaux de commande munis de dispositif de contrôle et de signalisation. Par leurs divisions en fonctions initiales, des programmes compliqués seront déterminés dans ce sens.

Anforderungen an die Steuerapparatur

Die elektrische Steuerung von Maschinen und Anlagen, die Verbrauchsgüter irgendwelcher Art produzieren, ist im Grunde genommen nur Anwendung und Kombination bekannter Steuerelemente. Die Aufgabe des Schaltanlagen-Konstrukteurs liegt viel weniger in der Entwicklung und Verbesserung neuer Regeleinrichtungen, als in der Wahl der geeigneten Apparaturen und ihrer zweckmässigsten Anordnung. Es stellen sich dabei verschiedene Fragen prinzipieller Natur:

a) Wie weit soll automatisiert werden? Die Vorteile der automatischen Regelung sind heute unbestritten. Gerade bei Produktionsanlagen wird nur die Verwendung selbsttätiger Regelglieder eine optimale Ausnutzung der Anlage und einen konstanten, hohen Qualitätsgrad der fabrizierten Produkte erreichen lassen. Man sollte sich aber davor hüten, um der Automatisierung willen zu automatisieren; oft kann eine halbautomatische Steuerung den Betriebsverhältnissen eines bestimmten Anwendungsgebietes ungleich gerechter werden.

b) Für eine Produktionsanlage ist Betriebssicherheit eine der wichtigsten Forderungen. Man wird dabei in erster Linie an Lebensdauer und Störanfälligkeit der verwendeten Apparate denken. Von gleicher Bedeutung ist aber die Vermeidung falscher Steuerbefehle durch eine übersichtliche Anordnung der Kommandoschalter und eine weitgehend sichere Verriegelung der einzelnen Steuerstromkreise. Besonders in Anlagen mit stark wechselndem und oft nicht spezialisiertem Bedienungspersonal verlangt diese Frage besondere Beachtung.

c) Es liegt im Charakter der Produktionsanlage, dass infolge der räumlichen Ausdehnung sehr oft nicht alle Betriebsstellen gleichzeitig überblickt werden können. Man wird deshalb die Steuerbefehle und bei automatischen Regelkreisen eventuell auch die einzelnen Regelgrößen an eine zentrale Kommandostelle rückmelden und die entsprechenden Signallampen, Schaltstellungsindikatoren und Instrumente so anordnen müssen, dass der Betriebszustand der Anlage und der Fabrikationsablauf mit einem Blick kontrolliert werden können.

Die äussere Gestaltung einer Steuerapparatur in der Verbrauchsgüterindustrie lässt sich an Hand einiger Beispiele aus der Praxis am besten erläutern.

Fig. 1 zeigt die Steuerapparaturen einer Fünfwellen-Hobelmaschine. Die reihenmässige Anordnung der Steuerschalter ist zweifellos die einfachste und deshalb auch gebräuchlichste Lösung. Jeder der fünf Messerwellen und dem Vorschubmotor sind 3 Druckknopftasten «Ein» — «Aus» — «Bremsen» bzw. «Schnell» — «Langsam» — «Halt» und eine Signallampe zugeordnet. Da die Anlage leicht überblickt werden kann und die Reihenfolge der Steuerschalter dem Materiallauf von rechts und links über Vorschubwellen, untere Messerwelle, erste obere Messerwelle, erste und zweite Ver-

tikalwelle, zweite obere Welle, genau entspricht, ist die Anordnung der Druckknopftasten von klarer Zweckmässigkeit.

Bei Überlastung eines Messerwellenmotors darf dieser durch die thermischen Überstromauslöser nicht stillgesetzt werden, da ja durch den Vorschubmotor weiter Material nachgestossen und dadurch die Messerwelle beschädigt würde. Der Überstromschutz setzt deshalb zuerst die Vorschubwellen und

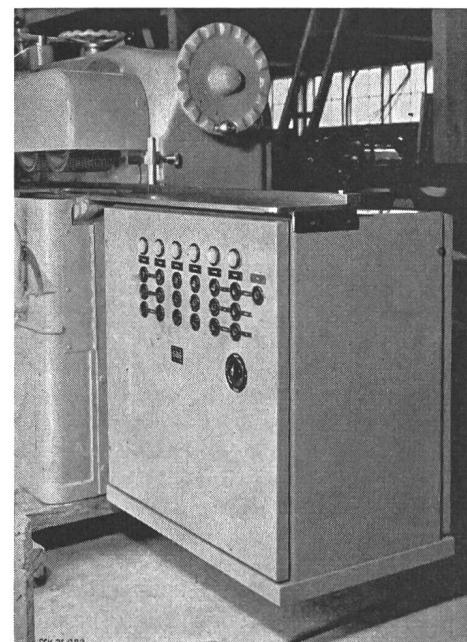


Fig. 1
Steuerapparatur zu Fünfwellenhobelmaschine

erst nach einer einstellbaren Verzögerung von 5...60 s die entsprechende Messerwelle ausser Betrieb. Durch eine dem Standort des Arbeiters möglichst nahe liegende Not-Druckknopftaste kann die ganze Maschine sofort stillgelegt werden.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse in Anlagen mit räumlich weit auseinanderliegenden Betriebsstellen. Hier ist die Zusammenfassung der verschiedenen Steuerelemente in einer schematischen Darstellung der gesamten Anlage der reihenmässigen Anordnung überlegen.

Fig. 2 zeigt einen Steuerschrank für Zement-Loseverlad. Der Materiallauf vom Silo bis zum Eisenbahnwagen kann jederzeit mühelos überblickt werden. Die pneumatisch betätigten Abschluss- und Umlenkklappen sind durch Kommandoschalter

ferngesteuert, deren Betätigungsbalgen mit den entsprechenden Klappenstellungen übereinstimmen. Der automatisch in beide Endstellungen laufende Faltenbalg muss mit dem Einfüllstutzen fest verschraubt sein, bevor die Bereitschaftsmeldung und damit die Freigabe der Materialzufuhr rück-

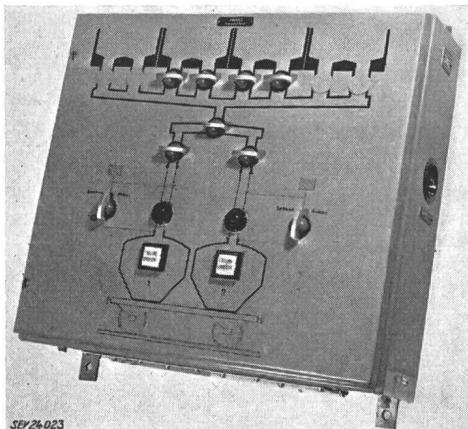


Fig. 2
Steuerapparatur für Zement-Loseverlad

gemeldet wird. Unmittelbar vor Erreichen der Füllungsgrenze wird das Ende des Verladevorganges akustisch und optisch signalisiert und der Materialfluss durch die untere Abschlussklappe unterbrochen. (Das akustische Signal kann durch Druck auf die Transparentkalotte «Füllung erreicht» sofort quittiert werden.)

Auch der in Fig. 3 sichtbare Steuerschrank einer Zementfabrik gewinnt durch ein aufgemaltes Blindsightschema an Übersichtlichkeit. Im linken Teil ist die Apparatur einer elektronisch gesteuerten Dosier- und Mischanlage untergebracht, die Veränderungen der Stundenleistung im Bereich von 1 : 8 bei gleichbleibendem Mischverhältnis ermöglicht. Die

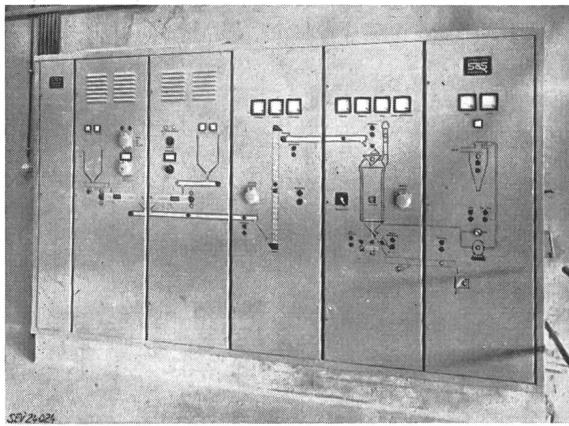


Fig. 3
Steuerschrank mit elektronisch gesteuerter Dosier- und Mischanlage

prozentualen Anteile von Kohle und Rohmehl sind aus den entsprechenden Skalenwerten ersichtlich. Über Förderschnecke, Elevator, Gemischschnecke und Granulierteller wird das Material in den Schachtofen befördert und als Klinker über Schleuse, Schüttelrinne und Klinkermühle weiter-

transportiert. Die Anlage muss rückläufig zur Transportrichtung in Betrieb gesetzt werden und wird im Störungsfalle automatisch von den Rohmaterialsilos her bis zum defekten Anlageteil still gelegt.

Fig. 4 umfasst einen Ausschnitt aus der Stoffaufbereitungsanlage einer Papierfabrik. Hier wurde für den Einbau der Steuerelemente und Instrumente ein Schaltpult gewählt. Die Steuerquittungsschalter der Magnetventile und die Rückmeldelampen für handbetätigte Schieber sind wiederum in ein verschiedenfarbiges Blindsightschema eingeordnet. Der rechte Pultteil dient zur Steuerung und Überwachung der Pumpenmotoren und Behälterrührwerke. Im linken Teil befinden sich die Schaltgruppen der Kegelstoffmühlen, welche wahlweise

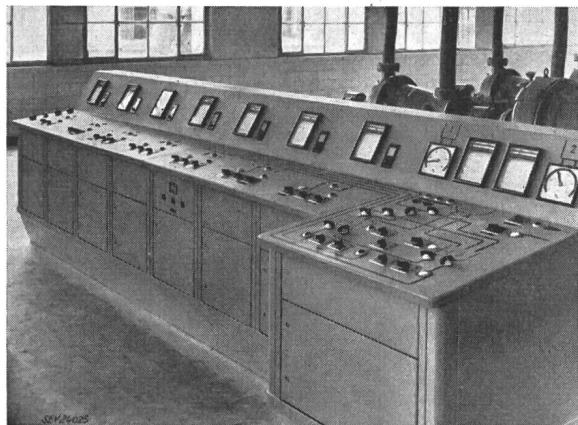


Fig. 4
Kommandopult zu Stoffaufbereitungsanlage in der Papierindustrie

je nach Fertigprodukt mittels Handschiebern dem Stofflauf in Serie zugeschaltet werden können. Falsche Steuerbefehle innerhalb bestimmter Schaltfolgen werden auch hier durch elektrische Verriegelungen verunmöglicht.

Ausführungsformen in nichtautomatischen Anlagen

Ein Blindsightschema wird meistens in kratzfester Farbe auf die Schalttafelfrontwand oder auf die Pultplatte aufgemalt. Für erhöhte Ansprüche an die Gestaltung einer Kommandostelle werden Schema und Symbole aus eloxiertem Leichtmetallprofil hergestellt und mit dem Frontblech verschraubt. Diese Ausführungsform wurde früher vorzugsweise bei Schaltwarten in Kraftwerken verwendet, setzt sich aber mehr und mehr auch für industrielle Anlagen durch. Die Kontrastwirkung kann noch vertieft werden, wenn für die Pultplatte anstelle des üblicherweise verwendeten Hellgrau oder Olivgrün eine dunkle Farbe gewählt wird.

Es kann vorkommen, dass bei sich überschneidenden Transportwegen der Materiallauf durch eine einzige Rückmeldelampe nicht eindeutig genug signalisiert werden kann. Das Anlageschema mit den Maschinensymbolen wird in diesem Falle verschiedenfarbig aufgemalt und mit kleinen Glühlampen gleicher Farbe so eng belegt,

dass die Transportbahn beim Aufleuchten wie ein zusammenhängendes Band erscheint.

In Fig. 5 ist das Leuchtschaltbild aus der Sandaufbereitungsanlage einer Giesserei wiedergegeben. Um die Funktionen der Anlage, nämlich

- Transport von Modellsand aus dem Sandlager in die Mischsilos;
- Transport von Altsand und
- Transport von Füllsand aus der Giesserei in die Mischsilos

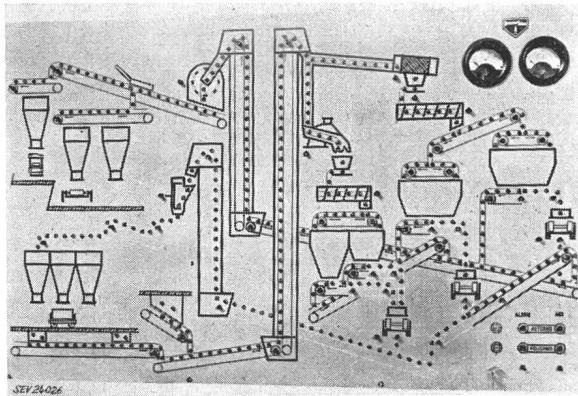


Fig. 5
Leuchtschaltbild einer Sandaufbereitungsanlage

klar auseinanderzuhalten, sind die Materiallaufwege durch die Farben gelb, rot und grün auffällig gekennzeichnet. Durch die in die Maschinensymbole eingebauten Befehlstasten werden die einzelnen Motoren rückläufig zur Transportrichtung in Betrieb gesetzt. So muss beispielsweise beim Transport von Modellsand zuerst das Siloband, dann Förderbänder 3 und 2, Elevator und Förderband 1 eingeschaltet werden. Diese Schaltfolge er-

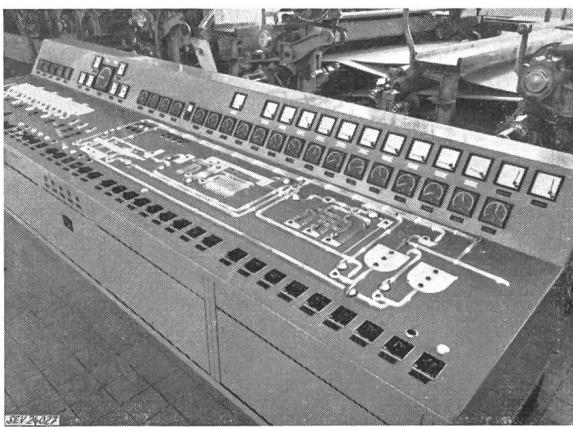


Fig. 6
Kommandopult mit Leuchtschaltbild

gibt sich aus der elektrischen Verriegelung der einzelnen Steuerstromkreise. Bei irgend einer Störung werden alle Motoren von der Förderstelle bis zum defekten Anlageteil stillgelegt, während die restlichen Maschinen in Betrieb bleiben. Der Fehlerort ist damit aus dem Leuchtschaltbild sofort ersichtlich; die Störung kann unverzüglich behoben werden.

Auf einem ganz ähnlichen Prinzip ist das Kommandopult einer Papiermaschine (Fig. 6) aufgebaut. Das Reliefschaltbild besteht hier aus Plexiglas mit eingesetzten Leuchtkörpern. Auch hier sind sämtliche Steuerschalter, Rückmeldelampen und Anzeigegeräte sinngemäß in das Anlegeschema eingeordnet. Die verschiedenen, im Leitungssystem eingebauten Schieber werden durch Quittungsschalter ferngesteuert und die Schieberstellung auf die in Prozent der Gesamtöffnung geichten Anzeigegeräte rückgemeldet. Der linke Pultteil enthält alle Organe zur Regelung der Maschinengeschwindigkeit. Der ganze Fabrikationsprozess kann dadurch von einer zentralen Stelle aus gesteuert und jederzeit überblickt werden.

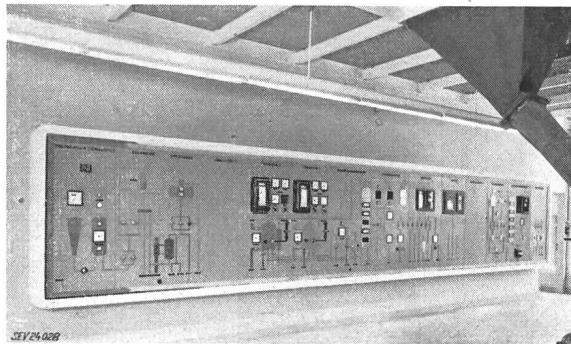


Fig. 7
Kommandoschrank mit Bildschema in eloxiertem Leichtmetall

Hin und wieder muss eine Anlage besonders hohen Ansprüchen in ästhetischer Hinsicht genügen. Das Blindschema in Fig. 7 wurde in einen leicht in den Raum vorspringenden Betonrahmen eingebaut, um den jedem Schalschrank eigenen Charakter technischer Sachlichkeit zu brechen und gewissermassen seine Schwerelosigkeit zu unterstreichen. Das Anlegeschema besteht aus farbig eloxierten Profilen und Symbolen in Leichtmetall, die auf hellgraue Frontfelder geschraubt sind. Der Ausschnitt in Fig. 7 zeigt einen der Heizkessel mit Rauchgas- und Unterwindventilatoren, Kettentransporteur für Kohlezufuhr und Vorrichtung für die Entschlackung. Auch hier sind die Steuerschalter mit eingebauter Rückmeldelampe sinngemäß in den entsprechenden Leitungszug eingebaut.

Die Verwendung von Plexiglas anstelle der Metallfronttafeln eröffnet weitere Möglichkeiten. Der Grund wird in dunkler Farbe gehalten und ergibt einen guten Kontrast zu den hellen Symbolen und Leitungszügen. Durch die hinter der Plexiglasplatte angeordneten Glühlampen wird das Schaltbild gleichmäßig ausgeleuchtet. Diese Ausführungsform gestattet beispielsweise bei verschiedenfarbigen Transportwegen einen Anlageteil je nach Funktion einmal rot oder gelb zu beleuchten. Außerdem können stufenlos veränderliche Vorgänge wie das Absinken des Flüssigkeitsniveaus in einem Vorratstank oder eine progressiv regelbare Drosselklappe wirklichkeitsgetreu rückgemeldet und nachgebildet werden, indem hinter der Schemaplatte mechanisch betätigte Hilfseinrichtungen montiert werden können.

Ausführungsformen in halb- und voll-automatischen Anlagen

Als einfaches und zuverlässiges Mittel, den Betriebszustand einer Anlage jederzeit überblicken zu können, hat das Blindschema auch in ganz oder teilweise automatisierten Anlagen seine Berechtigung. Fig. 8 zeigt eine Siloanlage, die durch einen Programmwaltschalter gesteuert wird:

1. Bahnannahme und silotieren;
2. Bahnannahme, wägen und silotieren;
3. Bahnannahme, wägen, reinigen und silotieren usw.

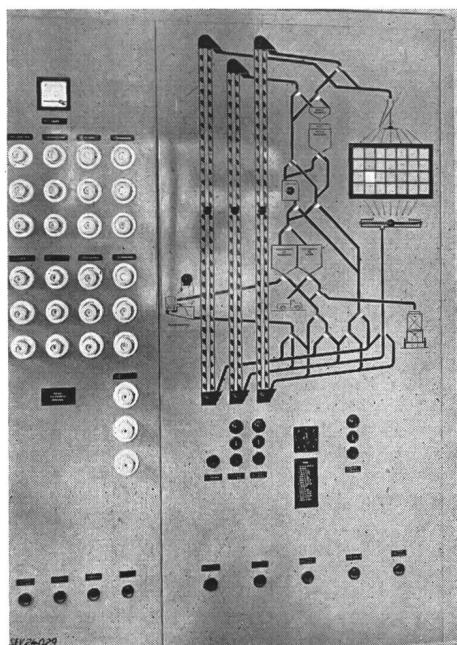


Fig. 8
Schalterschrank zu Siloanlage

Insgesamt sind 8 Operationen möglich, die durch den Programmschalter automatisch ausgelöst werden. So wird beispielsweise bei Funktion 1 «Bahnannahme und silotieren» der Materialfluss von der Annahmestelle über Umlenkklappe, Elevator 3, Umlenkklappe und Drehrohrverteiler in eines der 28 Silos geleitet. Auch hier werden der Schaltzustand jeder Maschine, die Stellung der Umlenkklappen und des Drehrohrverteilers an die Kommandostelle signalisiert. Die im Leitungszug eingebauten Klappenstellungsindikatoren lassen im Blindschema den Materialfluss genau verfolgen. Es versteht sich von selbst, dass auch hier durch Verriegelung der einzelnen Steuerstromkreise bei Störungen alle Motoren von der Materialannahmestelle bis zum defekten Anlageteil still gesetzt werden.

Die Praxis zeigt, dass Programmwaltschalter für höchstens 8...12 Funktionen eingesetzt werden sollten. Abgesehen davon, dass die maximal mögliche Anzahl Schalterstellungen schon rein konstruktiv begrenzt ist, wird mit zunehmender Kombinationsmöglichkeit das Suchen der richtigen Schaltstellung immer schwieriger. Bei vielen automatisierten Produktionsanlagen ist aber die Anzahl praktisch vorkommender Variationen zwischen den

einzelnen Teiloerationen wesentlich grösser. Bei der in Fig. 9 festgehaltenen Steuerapparatur einer Druckgussmaschine lässt sich der einzelne Arbeitsgang in 10 Phasen zerlegen:

1. Schliessen der beweglichen Formplatte;
2. Einschieben des Kerns Nr. 1 in die bewegliche Formplatte;
3. Einschieben des Kerns Nr. 2 in die bewegliche Formplatte;
4. Einschieben des Kerns Nr. 3 in die feste Formplatte;
5. Pressvorgang;
6. Ausziehen des Kerns Nr. 3;
7. Ausziehen des Kerns Nr. 2;
8. Ausziehen des Kerns Nr. 1;
9. Öffnen der beweglichen Formplatte;
10. Ausstossen.

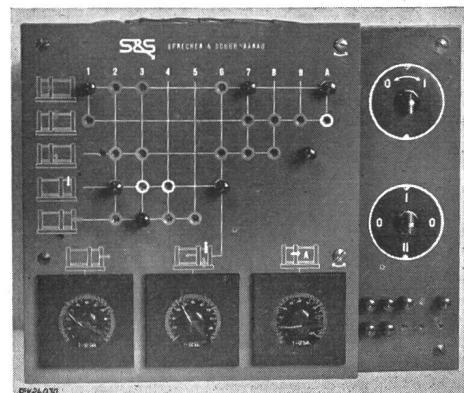


Fig. 9
Steuerapparatur mit Steckerplatte zu Druckgussmaschine

Im Prinzip lassen sich die Phasen 1...4 und 6...9 beliebig vertauschen; es sind also insgesamt über hundert Variationen möglich. Es liegt auf der Hand, dass ein Programmschalter diesen Betriebsverhältnissen nicht gerecht werden könnte.

Eine zweckmässige Lösung bringt die individuelle Vorwahl jeder Einzelfunktion in den verschiedenen Arbeitsphasen 1...10. Die Steuerplatte erhält den Charakter eines Diagramms: Auf der horizontalen Zeitachse wird für jede Teiloeration der Beginn in irgend einer Phase des Arbeitablaufes durch Einschrauben eines Kontaktstiftes fixiert. Zur besseren Unterscheidung sind die Bewegungsrichtungen der einzelnen Maschinenteile durch farbige Pfeile markiert, während die für jeden Maschinenteil möglichen Zeitpunkte für den Beginn einer Operation in der gleichen Farbe gekennzeichnet werden.

Bei der in Fig. 9 wiedergegebenen Steuerapparatur ist folgender Zyklus gesteckt:

1. Schliessen der beweglichen Formplatte;
2. Einschieben von Kern Nr. 3 in die feste Formplatte;
3. Durch den Schusskolben wird das flüssige Metall in die Form gedrückt. Nach Ablauf der auf dem Timer (unten links) eingestellten Presszeit von 1...100 s geht der Schusskolben wieder zurück;
6. Nach Ablauf der auf dem Timer (unten Mitte) eingestellten Erstarrungszeit von 1...60 s für das Preßstück wird Kern Nr. 3 aus der festen Formplatte ausgezogen;
7. Öffnen der beweglichen Formplatte;
8. Das Preßstück wird ausgestossen. Während der auf dem Timer (unten rechts) eingestellten Wartezeit von 1...60 s bleibt der Ausstossen stehen, damit der Arbeiter evtl. einzugießende Teile einlegen kann.

Die richtige Reihenfolge der einzelnen Funktionen ist von grosser Wichtigkeit. Da die Maschine von angelerntem Hilfspersonal mit oft geringem mechanischem Verständnis bedient wird, legt das Betriebsbüro für jede Serie den Arbeitszyklus fest und liefert mit den Werkstattpapieren eine vor gelochte Karte. Diese wird mit zwei Stiften auf der Steuerplatte fixiert. Durch jedes Loch in der Karte schraubt der Arbeiter einen Kontaktbolzen und stellt auf den Timern die vorgeschriebenen Verzögerungszeiten ein. Fehlschaltungen werden damit weitgehend vermieden. Es versteht sich von selbst,

dass das System der Steckerplatte jedem Problem individuell angepasst werden kann.

Selbstverständlich können diese wenigen Beispiele nicht einen umfassenden Überblick auf die Gestaltungsmöglichkeiten einer Steuerapparatur geben. Sie möchten nur anregen, bei der Projektierung einer Fabrikationsanlage immer auch die Verbindungs möglichkeiten von Steuerelementen mit graphischen Symbolen zu prüfen.

Adresse des Autors:

W. Widmer, Ingenieur, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.

Diskussionsbeiträge

621.316.7 : 621-5 : 330.123.4

Ein wichtiges Gebiet für die Anwendung von Steuerungen stellen ganz allgemein die Maschinen zur Serie-Herstellung von Bestandteilen irgendwelcher Art dar. Die Serie- oder Massenproduktion verlangt weitgehendste Rationalisie-

nung. Zwei oder mehr Maschinen können von einer Arbeitskraft bedient werden. Ausser der Einsparung an Arbeitskräften werden mit der Automatisierung auch Qualitäts- und Leistungsminderungen, wie sie bei der Handbedienung infolge Ermüdung und damit verbundener Ungenauigkeit vorkommen, vermieden.

Anstelle der immer wiederkehrenden Handgriffe und Bewegungen des Bedienungsmannes treten bei der elektrischen Steuerung z. B. Endschalter und Zeitrelais, welche in Funktion des Bewegungs- und Zeitaltaufes die Maschine über Schütze, Magnete oder Magnetventile steuern. Im Werkzeugmaschinenbau ist in vielen Fällen aus Platz- oder Übersichtlichkeitsgründen die elektrische Steuerung der mechanischen Automatik überlegen. Das Problem der Verbindung zwischen Steuer- und Ausführungsorgan ist elektrisch mit der Verdrahtung elegant lösbar, wo mechanisch mit den notwendigen Gestängen, Gelenken usw. fast unüberwindliche Schwierigkeiten auftreten können.

Als Beispiel sei im folgenden die halbautomatische Steuerung einer 150-t-Kunstharz presse erwähnt. Die Bedienung der Presse beschränkt sich auf das Einfüllen des Presspulvers und das Wegnehmen der fertig gepressten Teile. Im Kasten links der Fig. 1 ist die elektrische Steuereinrichtung untergebracht. Oben sind die Schalter für Handbetrieb der Presse, z. B. beim Einrichten, angeordnet. Das Schalttableau in der Mitte enthält die Programmschalter und Einstellknöpfe der Zeitrelais zum Einstellen der erforderlichen Reihenfolge und Zeitintervalle der verschiedenen Kolbenbewegungen. Endschalter, betätigt durch verschiebbare Nocken, setzen die Zeitrelais im gewünschten Moment in Funktion. Die Steuerbefehle erfolgen über elektrisch-pneumatische Steuerventile auf die Hauptventile für den Press- und den Auswerferkolben. Als Zeitrelais wurden elektronische Zeitrelais verwendet, welche bequem eingestellt werden können und wenig Raum beanspruchen. Sie sind staubunempfindlich und lassen sehr hohe Schaltzahlen zu. Unten sind die Schütze für das Ein- und Umschalten der Pumpenmotoren eingebaut.

H. Spaar, Schaffhausen

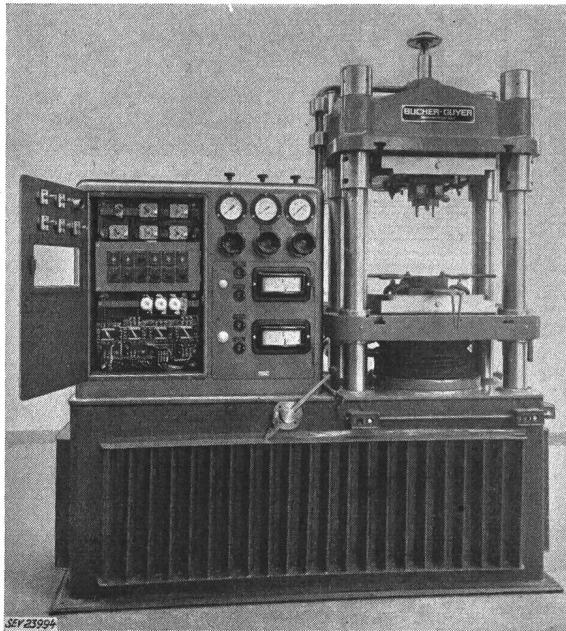


Fig. 1
150-t-Kunstharz presse mit elektrischer Steuereinrichtung

rungsmassnahmen. Mit der elektrischen Steuerung lassen sich die Bedienung der Maschinen vereinfachen und die Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Arbeiters auf ein Mi-

Grosse Zementdrehöfen, wie sie heute gebaut werden, verlangen Antriebsleistungen bis zu 440 kW (600 PS), die auf zwei Motoren aufgeteilt werden müssen, weil sich sonst bei Antrieb mit nur einem Motor zu hohe Zahndrücke zwischen dem Ritzel und dem grossen Zahnkranz ergeben würden. Auch für diese Fälle konnte der altbewährte Dreiphasen-Nebenschlusskommutatormotor beibehalten werden, der sich zum Standardantrieb von Drehöfen entwickelt hat — ein wesentlicher Vorteil, ist doch der Wirkungsgrad und der Leistungsfaktor dieses Motors gegenüber allen anderen Regelantrieben unerreicht. Dies ist um so wichtiger, je grösser die Motorleistungen werden. Ein elektromagnetischer Schrittmotor regelt altbewährter Bauart sorgt für gleiche Lastverteilung auf beide Motoren während des Anlaufs und Betriebes, indem er die Differenz-Wirkleistung beider Motoren misst und schrittweise den Bürstenverstellmotor des einen Kommutatormotors so schaltet, dass die Wirkleistungsdifferenz Null wird.

Das gleiche Regelsystem wird auch bei Rotationsdruckmaschinen angewendet, wo zwei oder mehr Kommutatormotoren auf die gleiche mechanische Welle arbeiten können und wo dann ebenfalls auf gleiche Lastverteilung zu regeln ist.

Einen Beitrag zur Automatisierung der Produktionsvorgänge hat Brown Boveri mit der automatischen Zement-Drehofensteuerung geliefert, durch die der Ofen selbstdäig unter optimalen Verhältnissen geführt wird. Das System hat im wesentlichen drei Regelkreise:

1. Regelung der Rohmaterialzufuhr (Zementschlamm) auf konstanten Füllungsgrad des Ofens, unabhängig von der Ofendrehzahl, durch einen Schrittmotor, der auf konstantes Drehzahlverhältnis zwischen Drehofen und Schlammsschöpfad arbeitet, wirkend auf den Bürstenverstellmotor des Kommutatormotors zum Schlammsschöpfad.

2. Regelung auf konstanten O₂-Überschuss durch Messung des O₂-Gehaltes in den Abgasen und Beeinflussung der Kom-