

Automatik Katalog 1961/62

Herausgegeben in Zusammenarbeit mit

Prof. Dipl. Ing. Ed. Gerecke, ETH Zürich, Präsident der IFAC
«International Federation of Automatic Control» und Präsident der
Schweizerischen Gesellschaft für Automatik

Prof. Dr. O. Schäfer, Institut für Regelungstechnik, Aachen

Prof. Dr. H. Hochrainer,
Vorsitzender des Österreichischen Arbeitsausschusses für Automatisierung, Wien

Verlag Max Binkert GmbH, Laufenburg und Frankfurt am Main

Deutschsprachige Europa-Ausgabe



XX

S. 73

Titelbild:
Lösungskurve einer nichtlinearen Differentialgleichung aufgezeichnet durch den Analogrechner «Integrieranlage IA 58» der Contraves AG, Zürich

Allgemeiner Teil

Der heutige Stand der Automatik . 3
 Automatisierung — eine nationale Hilfsquelle, kein Grund zur Angst 5
 Automatisierung der Werkzeugmaschine durch numerische Steuerungen 8
 Aufgabe und Ausführung der technischen Automatisierung in Walzwerken 11
 Derzeitige Probleme der Erzeugung, Verteilung und Nutzung elektrischer Energie 17
 Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeit der automatischen Ultraschallprüfung 21
 Programmsteuerung in einem kontinuierlichen Chemiebetrieb . . 26
 Die Umstellung einer Hefefabrikation vom Chargenbetrieb auf durchlaufende Produktion . . . 29
 Automatische Datenerfassung in Industriebetrieben durch Fertigungs- und Abrechnungszentralen 30
 Automatisierung im Versandgeschäft 36
 Ein automatisches Postamt in den USA 41
 Lagerbewirtschaftung durch elektronische Datenverarbeitung . 42
 Die Automatik der zentralgesteuerten Verkehrssignalanlagen 47

Kapitel 1
Bauelemente der Regelungsautomatik

Pneumatischer Handprogrammschalter 57
 Schnellmagnet-Schieber-Ventile . . 58
 Barksdale Druckschalter 59
 Pneumatische Zusatzgeräte 60
 Neuheiten aus dem Fabrikationsprogramm der Herion-Werke, Stuttgart 61
 Lucifer Flanschventile 64
 Stromversorgungs-Geräte und Wechselspannungs-Stabilisatoren . 64
 Neue elektronische Netzgeräte . . 66
 Das Arcotron, ein Thyatron mit kalter Kathode 67
 Industrie-Schaltrelais 68
 MSM Hochstromrelais 69
 Microschalter Miltac 70
 Steckvorrichtungen zur Aufnahme von Trägern gedruckter Schaltungen 70
 Neue Schalter und Steckverbindungen 72
 Mehrpolige elektrische Steckvorrichtungen 73
 Neue Kaltkathodenröhren in Subminiaturausführung 73
 Hochwertige Magnettonköpfe 74
 Magnet-Bremsen und Hubmagnete . 75
 Geräte für die Elektro-Automatik . 76
 Neuentwicklungen und Verbesserungen an Akkumulatoren und Batterien . . . 76
 Neue Entwicklungen der Löttechnik . 77
 Der Toleranzring — ein vielseitiges Verbindungselement 78
 Industrie Kompressoren 79

Kapitel 2 CK-514
Meß- und Registriergeräte

Technische Magnetbandspeicher . . 115
 Automatische Meßwertüberwachung 119
 Analoge Drehzahlmessung 122
 Digitales Drehzahl-Anzeige-Gerät mit fotoelektrischem Impulsgeber . 124
 Messung drehzahlabhängiger Größen mit neuen Geräten 126
 Zählgeräte in der Datenverarbeitung 128
 Vielseitig verwendbare Vorwahl-Zähleinheiten 129
 Eine Zähler-Baureihe von A bis Z . 130
 Ablesbare und druckende Impulszähler 131
 Neuerungen auf dem Gebiet der Impuls-Meßtechnik 133
 Neuheiten aus dem Vibro-Meter-Programm . 133
 Druck- und Verschiebungsgeber . . 136
 Ein neuer Vakuumwächter mit Meßgerät für Drücke von 10^{-3} bis 50 Torr 137
 Kontaktmanometer mit volltransistorisiertem induktivem Abgriff 138
 Pneumatische Kontaktmanometer . 138
 Ein magnetischer Durchflußmesser . 139
 Optische Feuchtemessung
 Meßverfahren 139
 Elektronische Temperatur-Meßgeräte 140
 Raumthermostat für Komfort-Räume 140
 Fenwal Thermostate für genaue Temperatur-Steuerung und -überwachung 141
 Elektroden für potentiometrische Meßmethoden 141
 Seilzugspannungs-Meßgerät 142
 Neue Meßgeräte 142
 Elektrische Zeiger-Meßgeräte mit fotoelektrisch gesteuerten Kontakten 143
 Lichtzeigerinstrumente für elektroakustische Anlagen 145
 Elmes — Neuentwicklungen 146
 Neue Gleichspannungs-Meßgeräte . 146
 Neue Fernmeß-Geräte 147
 Direktschrift — Schnellschreiber . . 148
 Modell 2 D Autograf 148
 Großbildsichtgerät für Wobbelschleifenplätze 149
 Doppelmanometer für pneumatische Leitgeräte . . . 150
 Messung der Dielektrizitätskonstante 150
 Feinwaagen für die Qualitätskontrolle 151

Kapitel 3
Regler und Apparate für die automatische Regelung

Digitale Regelung von Antrieben . 183
 Neue Regler für die Verfahrenstechnik 190
 Der Kreuzbalgregler — ein neuer pneumatischer Einheitsregler 192
 Ein neues Membran-Regelventil MRVD 193
 Pneumatische und elektro-pneumatische Regelgeräte 194
 Hydraulische Walzensteuerungen . 195
 Durchflußkontrollapparate System PONDO 196
 Kontinuierliches Füllstandgerät mit Nachlaufeinrichtung für berührungslose Füllhöhenmessung . 196
 Messung und Regelung des Füllstandes in Behältern 197

Relais als Bausteine regelungstechnischer Einrichtungen 197
 Photo-elektrische und elektronische Schalt-, Steuer-, Regel- und Zählgeräte 198
 Elektronische Bausteine für gittergesteuerte Leistungsgleichrichter . 200
 Neuartiges elektronisches Steuergerät 201
 Temperaturregler mit Istwert-Anzeige 201
 Außentemperaturabhängige Heizungssteuerung 201
 Temperatur-Regelung mit Programmsteuerung des Sollwertes 202
 Stabtemperaturregler 203
 Philips Meß- und Regelgeräte . . . 203
 Eine Übertragungsanlage für die Fernmeß- und Fernwirktechnik Typ TK 205
 Prüfstände und Maschinen-Steuerungen 206
 Kontaktloser Spannungs-Schnellregler 206
 Die Anwendung von Silofüllungsmeldern und Leuchtschaltwarten in Kraftfuttermühlen 207
 Automatisierung mit EC-System . . 209

Kapitel 4
Geregelte Anlagen Anwendung von Bausätzen und Rechengeräten in der Regelungstechnik

Moderne Steueranlagen zur Reinigung industrieller Abwässer . 237
 Die Elektronik in der automatischen Regelung von verfahrenstechnischen Anlagen . . 239
 Automatische Überwachung von chemischen Prozessen 241
 Analyseninstrumente und ihre Anwendung im kontinuierlichen Prozeß 241
 Sonderautomaten aller Art 245
 Schwingungserregte Zuführ-einrichtungen als Hilfsmittel für automatisierte Anlagen 247
 Prüfautomaten für die Großserienfertigung 248
 Vom Print bis zum kompletten Schrank mit Schwenkrahmen 250
 Element-Bauweise für Kommando-Apparate 251
 Die Viskosität als Hilfsmittel zur Automatik 253
 Industrielle Anwendung der Elektroerosion 255
 Drehzahlregelung extrem hoher Genauigkeit 256
 Philips-Schaltungsblöcke für digitale Systeme 258
 Zeit- und raumunabhängige Datenautomation mit dem UNIVAC 490 Real-Time System . . 260
 Elektronische Rechenanlagen 263
 Schwingungsprüfung 264
 Die automatische Zählmaschine für Kleinteile «KUMAG» ZA 100 . . 265
 Kommando-Anlagen 266
 Neuheiten aus dem Fabrikationsprogramm der Telefunken 267
 Die Anwendung von Tiefkälte in der Metallverarbeitung 271
 Schleif-, Dreh-, Niet- und Einpreßautomaten 273
 Firmenkundlicher Teil 295
 Bezugsquellenregister 311
 Suchwortregister 313

Der heutige Stand der Automatik

Prof. Ed. Gerecke, Eidg. Technische Hochschule, Zürich, Präsident der Schweizerischen Gesellschaft für Automatik, 1. Vizepräsident der IFAC, «International Federation of Automatic Control».

In der letzten Zeit hat sich die Automatik auf allen Sektoren kräftig weiterentwickelt. Automatische Prozesse können als solche verstanden werden, bei denen die menschliche Intervention nicht mehr benötigt wird. Diese Prozesse laufen also «von selbst» ab, also ohne die Mitwirkung menschlicher Muskeln oder des Gehirnes. Selbst die Einleitung solcher Prozesse kann ohne menschliche Mitwirkung erfolgen. Den Ersatz der Muskeln vollziehen alle möglichen Arten von Motoren, sie leisten mechanische Arbeit und werden oft als Servomotoren bezeichnet. Soll nun die Tätigkeit des menschlichen Gehirnes durch Mechanismen, Geräte oder Computer ersetzt werden, so stellt sich zunächst die Aufgabe der Analyse der Teiloperationen, die das Nervensystem, das Gehirn und die Muskeln vornehmen. Die 5 Sinne dienen der Wahrnehmung der physikalischen Größen des uns umgebenden Raumes, wie die Temperatur, die Feuchtigkeit oder die Strahlung. Diese Wahrnehmungen werden im Gehirn ausgewertet und verarbeitet, worauf ein Entschluß gefaßt und dieser durch die Wirkung von Muskeln «in die Tat» umgesetzt wird.

Zur Durchführung der «Automatisierung» muß die Operation des «Wahrnehmens» durch die Nerven durch «tote» Geräte vollzogen werden; wir nennen diesen Vorgang «Messen», wenn das Resultat stetig oder analog ist oder dann «Zählen», wenn es ziffernmäßig, digital oder numerisch ist. Wir müssen also aus den physikalischen Größen des uns umgebenden Raumes «Bilder» oder «Abbilder» herstellen, die an die Stelle der Wahrnehmungen treten, man nennt sie «Signale». Signale sind also Bilder von physikalischen Größen. Die Automatik ist demnach die Technik der Verarbeitung von Signalen. Dazu kommen noch weitere Signale, die Abbilder von Gedanken, Ideen oder Informationen sind. Soll z. B. der Gedanke der «freien» Durchfahrt nicht durch den Verkehrspolizisten geäußert werden, so muß man zur Bildung eines «Signales» greifen, eben des «grünen Lichtes». Die Bedeu-

tung eines Signales kann jedoch nur dann erschlossen werden, wenn hierfür ein «Schlüssel» oder ein «Code» vorliegt.

Wir erkennen daher die fundamentale und primäre Forderung der Automatik zur Herstellung von Signalen aller Art durch automatisches Messen, Zählen und Kodieren. Daran schließen sich dann die Verarbeitung der Signale, deren Verknüpfung, Wandlung und Speicherung sowie schlußendlich die Bildung von ausgehenden Steuersignalen, welche ihrerseits auf die Stellglieder von Apparaten und Maschinen, evtl. auch auf Lebewesen, einwirken. Es ist daher verständlich, daß der erste Schritt zur allgemeineren Anwendung der Automatik die Schaffung neuer Meß-, Zähl- und Kodierapparate erfordert. Besonders groß sind in dieser Hinsicht die heutigen Anstrengungen auf den Gebieten der Chemie sowie der Verfahrenstechnik. Die Entwicklungstendenz geht daher heute sowohl in der Richtung zur Schaffung neuer Einzelgeräte wie in der Richtung der Anwendungen dieser Bauteile bis zu Großanlagen.

Bauteile

Ganz besonderes Gewicht wird heute auf die Zuverlässigkeit und Austauschbarkeit der einzelnen Bauteile gelegt. Auf dem Sektor der Halbleiter empfindet man die Tatsache unangenehm, daß die Toleranzen von Dioden und Transistoren noch viel zu groß sind, weil man die für die Herstellung wichtigen Einflüsse noch nicht genügend kennt und nicht genügend genau konstant einhalten kann. Ein weiterer, wichtiger Punkt ist das Altern dieser Halbleiter, wodurch sie ihre Eigenschaften oft in weiten Grenzen verschlechtern oder gelegentlich auch verbessern. Man ist hier eben an den technologischen Grenzen. Da aber Verstärker oder Flip-Flop-Kreise in wichtigen Anlagen oft 10 Jahre lang oder mehr arbeiten müssen, ist man dazu übergegangen, diese Schaltungen

nun sehr sorgfältig zu entwerfen und zu berechnen in dem Sinne, daß ihre Wirkung garantiert bleibt, auch wenn sich die Halbleiter in gewissen, zulässigen Toleranzen ändern. Verschiedene Anwender von Halbleitern sind zu eigenen Dauerversuchen übergegangen. Ganz besonders hohe Anforderungen müssen an Halbleiterdioden für große Leistungen gestellt werden, wie solche z. B. in Grobblektrolyseanlagen vorkommen. Steuerbare Siliziumventile (Thyristor), die sich wie ein Thyatron verhalten, finden immer weiteren Eingang in automatischen motorischen Antrieben, sie werden jetzt bis zu 100 A Dauerstrom und bis 500 V Sperrspannung gebaut. Charakteristisch für die jüngste Entwicklungsrichtung ist das Vordringen numerischer Methoden und digitaler Geräte. Als Beispiel sei ein Mengemesser für Tankstellen erwähnt, bei welchem in ein Rohr ein rotierender Flügel eingebaut ist, der während seiner Drehung magnetische Impulse abgibt, die einerseits gezählt werden und andererseits die digitale Berechnung des Verkaufspreises mit einem rudimentären eingebauten Computer gestatten. Das automatische Kodieren und Speichern auf Bändern wurde ebenfalls weiter entwickelt. Die direkte Umwandlung der Sprache in Schreibmaschinenschrift wurde von Dreyfuß in Genf weiter gefördert. Besonderes Interesse fand auch die automatische Sprachenübersetzung, sie wirft besonders heikle Probleme, wie z. B. die des Satzbaues in verschiedenen Sprachen auf.

In Herstellerkreisen wird z. T. systematisch überlegt, welche Produktionsprozesse noch nicht automatisiert wurden und welche Geräte zur Signalbildung hierfür entwickelt werden müssen.

Auch die automatische Längenmessung bis herab zu einem Mikron hat interessante Fortschritte zu verzeichnen, sie findet in der mechanischen Fertigung immer mehr Eingang. Das automatische Sortieren in der Massenfertigung findet ebenfalls immer mehr Verwendung, z. B. für die Behandlung von kleinen Siliziumplättchen für Halbleiter.

Geräte und Anlagen

Im vergangenen Jahr sind die Erzeugerfirmen immer mehr dazu übergegangen, mit den von ihnen hergestellten Bauteilen ganze Anlagen zu bauen. Sie haben damit die Möglichkeit, wertvolle Betriebserfahrungen zu sammeln. Da beim Entwurf einer größeren Anlage die Frage nach der Stabilität der Regelkreise auftaucht und diese sich weder «mit dem Gefühl» noch mit «Probieren» befriedigend lösen läßt, sind mehrere Firmen dazu übergegangen, diese Anlagen mittels der bekannten Stabilitätskriterien vorauszuberechnen oder auf dem Analogrechner nachzubilden.

Kongresse und Fachmessen

Die «Internationale Vereinigung für Automatik, IFAC», der z. Zt. 26 Länder angehören, hielt Ende Juni/Anfangs Juli 1960 ihren ersten internationalen Kongreß in Moskau ab. Von den 282 Vorträgen waren mehr als die Hälfte theoretischen Fragen in höheren Gebieten der Automatik gewidmet, insbesondere den nichtlinearen Systemen, den Optimalsystemen und den sich selbst adaptierenden Systemen. Man erkannte, daß die Theorie den Anwendungen weit voraus ist und daß in nächster Zukunft mit sehr interessanten Anwendungen zu rechnen ist.

Die enorm intensive Entwicklung neuer automatischer Geräte sowie die Verfeinerung bekannter Apparate zeigten die beiden großen europäischen Fachmessen: die «Interkama» im Oktober 1960 in Düsseldorf und die «Mesucora» in Paris im Mai 1961. Beide waren von sehr vielen Fachleuten besucht, und es entwickelten sich sehr fruchtbare Gespräche und Beziehungen zwischen den Herstellern und den Anwendern. An der Interkama überraschten insbesondere die digitalen Methoden, während die Mesucora neue elektronische Entwicklungen zeigte.

Im Mai 1962 wird in London die zu den beiden vorgenannten Messen entsprechende englische Ausstellung der E.A.I. (Electronic and Automatic Instruments) stattfinden. Im Oktober 1962 wird in Basel zum 2. Male die ILMAC durchgeführt werden, sie behandelt neben der allgemeinen Automatik spezielle Gegenstände der Chemie. Die automatischen Apparate für die Chemie und die Verfahrenstechnik wurden in ganz großem Maße auf der Achema 1960 in Frankfurt vorgeführt.

Die zweite große IFAC-Konferenz wird im Herbst 1963 in Basel abgehalten.

Strukturwandlung

Automatik wird oft abgelehnt mit dem Hinweis, daß sie ja nur für Massenpro-

duktion in Frage komme, sie wird also oft fälschlicherweise mit mechanischer Massenherstellung verwechselt. Die automatischen Methoden lassen sich aber ebensogut und auch wirtschaftlich bei mittleren und kleineren Anlagen oder Fabriken, ja selbst für einzelne Geräte, anwenden. Hierfür ist vielfach entscheidend der Mangel an Handarbeitern oder die von Launen, Unbehagen und Unwillen unabhängige konstante Qualität der Produkte. Es muß aber immer wieder betont werden, daß die Anschaffung einzelner automatischer Apparate oder einzelner automatischer Werkzeugmaschinen nicht wesentlich weiter führt, wenn nicht gleichzeitig eine Vereinfachung und Wandlung des gesamten Arbeitsprozesses parallel geht. Unnütze Transportwege oder alle Arten von Totzeiten müssen ebenfalls unterdrückt werden. Auch ist an die konstruktive Neugestaltung der Produkte heran zu treten. Automatik geht weiter als Mechanisierung. Sie gestattet die Anwendung numerischer Methoden, wodurch wesentliche Größen von Produktionsprozessen durch Eingabe anderer Zahlenwerte in die Signalspeicher, wie perforierte Karten und Streifen, rasch geändert werden können. Man kann dabei an die Änderungen von Mischungsverhältnissen denken oder an die Änderung der Koordinaten von zu bearbeitenden Werkstücken. Der Einzug einer einzelnen digitalen Maschine löst meistens eine ganze Folge von Änderungen aus, indem nun ein Teil der Arbeit von der Werkstätte ins Planungsbüro verlegt wird. Man geht damit Schritt für Schritt zur Steuerung der ganzen Fabrikation durch Lochkarten, Bänder usw. über. Die «Manufaktur» wird zur «Maschinenfaktor». Aber auch die Arbeiten im Büro werden zusehends durch numerische Methoden automatisiert.

Bei Verteilerorganisationen sucht man den gesamten Ablauf ebenfalls mehr und mehr numerisch zu gestalten, indem man die Lieferbefehle an das Lieferwerk und an die Ersatzteillager von einer zentralen Befehlsstelle aus automatisch über das öffentliche Telefonnetz erteilt.

Die numerischen Methoden finden z. Zt. auch Eingang in die Eisenindustrie, womit z. B. Walzenstraßen automatisch gesteuert werden. Ganz enorm umfangreiche automatische Anlagen mußten für das Sortieren von Briefen in großen Postämtern erstellt werden, wo bis 1 Million Gegenstände täglich sortiert werden müssen. Das Lesen der Adressen muß zwar immer noch durch Menschen besorgt werden, hingegen werden alle anderen Verteiloperationen automatisch durchgeführt. Ähnliche Probleme haben sich in Deutschland bei den Großbanken für die Behandlung von Checks gestellt. Durch den Bau von Prototypen ist man der Lösung des Problems näher gekommen.

Schulungsprobleme

Die automatischen Methoden finden immer mehr Eingang in die Lehrpläne der technischen Mittel- und Hochschulen. Für die in der Industrie stehenden Ingenieure wird in steigendem Maße durch Abendkurse, durch Seminarien, durch mehrere Tage oder Wochen dauernde Nachholkurse das notwendige Wissen von den automatischen Methoden verbreitet. Leider bestehen auch in leitenden Kreisen gelegentlich falsche Vorstellungen von der Automatik, indem sie z. B., wie erwähnt, mit mechanischer Großproduktion verwechselt wird. Die Anwendung automatischer Methoden in einem Betrieb erfordert ein oft mehrjähriges intensives Studium durch geschulte Kräfte.

Mitarbeiterstab des Automatik-Kataloges

Da dieser das gesamte deutschsprachige Gebiet umfassen soll, lag es nahe, ihn auch auf Österreich auszudehnen. An der Leitung des ersten Teiles nahmen wie bisher Herr Prof. Dr. Schäfer von der Technischen Hochschule Aachen und neuerdings Herr Prof. Dr. Hochrainer von der Technischen Hochschule Wien teil.

Durch die Mitarbeit von Herrn Professor Dr. Hochrainer, der zugleich auch Vorsitzender des Österreichischen Arbeitsausschusses für Automatisierung in Wien ist, haben wir auch engeren Kontakt mit dieser Organisation, die 1957 gegründet worden ist. Zu den Aufgaben des ÖAA gehören die Information der in der Wirtschaft Tätigen über die Automatisierung, die Förderung, Koordinierung und Durchführung von Arbeiten im Zusammenhang mit der Automatisierung und die gutachtliche Stellungnahme zu Grundsatzfragen auf diesem Gebiete. In den letzten drei Jahren wurden in Wien und in den österreichischen Bundesländern 29 Vorträge und 39 Kurse mit zusammen 1800 Teilnehmern durchgeführt. Diese Tätigkeit zeigt, daß in Österreich das Problem der Automatisierung sehr ernsthaft studiert wird. Der ÖAA ist auch Mitglied der IFAC (International Federation for Automatic Control). Es freut uns daher, auf diese Weise auch durch den Automatik-Katalog in näheren Kontakt mit Österreich zu kommen.

Die systematische Anordnung und Einteilung des gesamten Stoffes der Automatik an Hand der revidierten früheren Tabelle für die Teiloperationen der Automatik und für die verschiedenen Fachgebiete sowie die Ausarbeitung der verschiedenen Fachverzeichnisse an Hand der oben erwähnten Tabelle besorgte Herr Dipl.-Ing. ETH Ernst Ruosch, Eidg. Technische Hochschule, Zürich.

Automatisierung — eine nationale Hilfsquelle, kein Grund zur Angst

John Diebold, The Diebold Group, New York 5, N.Y. *)

1. Einführung

Viele der Erwartungen, die an die Automatisierung geknüpft wurden, sicher aber einige der von ihr aufgeworfenen Probleme sind eine Realität im Leben des Amerikaners geworden. Die Automatisierung ist nicht eigentlich vom Himmel gefallen; sie ist vielmehr zur Grundlage einer neuen, aufstrebenden Industrie geworden. Ihre Wirkung auf die Wirtschaft besteht im Zuwachs an Produktivität und Ertrag; das Ausmaß dieser Einflüsse zwingt dazu, die Automatisierung als **nationale Hilfsquelle** anzusehen.

Wir haben sie indessen aus diesem Gesichtswinkel nicht so sinnvoll ausgenutzt wie wir sollten und könnten, wengleich das bisher Erreichte durchaus beachtlich ist. Was uns daran hinderte, den besten Gebrauch von der Automatisierung zu machen, sind weder technische noch wirtschaftliche Schranken, sondern ganz einfach Furcht — die Furcht vor ihren Folgen im Bereich des Menschlichen. Wir müssen einsehen, daß wir auf eine Umstellung gefaßt sein müssen, um die Wohltaten eines technischen Neubeginns zur Reife kommen zu lassen, und den Willen haben, neue Lösungen für Probleme ins Auge zu fassen, welche nach herkömmlichen Verfahren unlösbar sind. Vor allem ändern aber erzeugt die ungenügende Kenntnis der Tatsachen die Furcht. Wir wissen nicht genug über die Folgen der Automatisierung, um ihnen mit Verstand entgegenzutreten.

Die Vorhersagen aus meinem Bericht des Jahres 1955 sind in Erfüllung gegangen. Die Industrie, welche Hilfsmittel zur Automatisierung herstellt, ist gewaltig gewachsen; nach einer Entwicklung von vielseitig verwendbaren Geräten, durch Sonderkonstruktionen und kleinere Betriebskosten ist die Automatisierung nunmehr auf fast allen Sektoren des Geschäftslebens einsatzfähig. Nach Schätzungen meiner Firma waren im Juli 1960 etwa 4000 Systeme mit elektronischen Rechnern in Betrieb, gegenüber wenigen Dutzend um die Zeit des Berichtes im Jahre 1955.

2. Wege zum Ziel

2.1 Das Anliegen der Automatisierung

Automatisierung ist mehr als eine Fülle neuer Maschinen und hintergründiger

als irgendeine einzelne technische Einrichtung. Das Wort bedeutet eine neue Weise, die Produktion zu organisieren und zu analysieren; der Produktionsprozeß wird **) als System aufgefaßt, in dem jedes Element eine entscheidende Bedeutung hat. Diese Auffassung ist der wesentliche Beitrag, den die Automatisierung bei der Organisation einer Produktionsstätte leistet.

2.2 Anwendungen der Automatisierung

2.2.1 Wesentliche Typen

a) Rechengeräte

Sie dienen der Informationsverarbeitung mittels elektronischer Systeme. Die maßgebenden Gesichtspunkte dafür, daß Anlagen automatisiert werden, sind: 1.) Verminderung der Produktionskosten; 2.) Geringere Ansprüche an die Arbeitskraft; 3.) Gegebene Arbeiten schneller auszuführen; 4.) Bisher nicht mögliche Arbeiten durchzuführen; 5.) Die Produktivität zu erhöhen; 6.) Durch mehr und schnellere Information Entscheidungen für die künftige Entwicklung zu erleichtern. Der anfechtbarste Beweggrund, nämlich die Verringerung der Lohnkosten, ist leider der geläufigste. Die wirtschaftliche Betrachtung der Lage zeigt, daß die Automatisierung zwar die Kosten vermindert, aber nur selten im erwarteten Umfang. Die falsche Beurteilung rührt daher, daß eine Geschäftsleitung häufig den Aufwand für den Einbau und den Betrieb der neuen Einrichtungen unterschätzt und, was die Sache verschlimmert, nicht so plant, daß die wahren Vorteile der Automatisierung greifbar werden.

b) «Detroit Automation»

Wir verstehen darunter die Verkettung von Fertigungsmaschinen mittels automatischer Transfer-Einrichtungen. Die Möglichkeiten dieses Typs wurden bereits 1951 in den Maschinenfabriken von Ford Motors vor Augen geführt. Leider hat unzulängliche Planung und Voraussicht sowie die Unterschätzung der Folgen, die eine Umstellung auf automatisierte Anlagen mit sich bringt, nicht wenige Auftraggeber für solche Einrichtungen enttäuscht.

Obwohl die Mechanisierung von Abläufen, wie wir sie seit langem betreiben, den Teil der Automatisierung ausmacht, welcher die größte Aufmerksamkeit erfordert, liegt m. E. die Hauptbedeutung der Automatisierung nicht so sehr in der Verkettung von Maschinen als vielmehr in der Ausbildung der Fä-

higkeit, selbsttätige Informations- und Regelsysteme zu schaffen.

c) Verfahrensregelung, z. B. in der Erdölindustrie, in der chemischen und Atom-Industrie

In der Verfahrenstechnik und den zugehörigen Industriezweigen hat die Automatisierung früher Fuß gefaßt und breitere Anwendung gefunden als in der Fertigungstechnik, weil die natürlichen Eigenschaften der Erzeugnisse — häufig Flüssigkeiten — einen kontinuierlichen Produktionsfluß begünstigen. In der chemischen Industrie und Erdöl-Verarbeitung, wo die größten Fortschritte erzielt wurden, hat die Automatisierung nicht nur die Ausbeute wesentlich gesteigert und die Kosten gesenkt, sondern auch die Produktqualität hinsichtlich Reinheit und Gleichförmigkeit erhöht.

d) Numerische Steuerung

Sie beruht auf der Anwendung von Magnetband- bzw. Lochstreifen-Geräten oder verwandten Speicheranordnungen zur unmittelbaren Befehlseingabe an Maschinen oder Maschinengruppen. Die numerische Steuerung, die erst vor kurzem in größerem Umfang in die Anwendung eingetreten ist, scheint besonders auf kleine Produktionsstätten mit kurzen Serien vielfach wechselnder Erzeugnisse zugeschnitten. Da die Mehrzahl der Fabrikate der eisenverarbeitenden Industrie in den U.S.A. nur Serien von weniger als 25 gleichartigen Stücken umfaßt, sind numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen von größter Bedeutung für die Betriebe der Zukunft. Denn diese Maschinen können eine kurze Serie eines Artikels herstellen und sogleich, nach Austausch des Programmes, eine Reihe ganz anderer Werkstücke erzeugen u.s.f., alles mit derselben Grundausrüstung. Diese Maschinen sind dadurch zwei- bis viermal leistungsfähiger als vergleichbare Maschinen mit Handsteuerung oder Nachform-Zusätzen. Das nächste Jahrzehnt wird ebenso die Ausbreitung dieses Systems in der Fabrik erleben, wie das vergangene im Zeichen der Einführung von Rechengeräten in die Büros stand.

2.2.2 Wer braucht die Automatisierung?

Beklagenswert wenig Zahlenmaterial ist über diese Frage zu erhalten, doch kann — in qualitativer Bewertung — der Großteil der bereits installierten Rechengeräte bei folgenden Stellen an-

*) (Nach einem Bericht vor dem Unterausschuß für Automatisierung und Energiequellen des Joint Economic Committee of the U. S. Congress) 1960

**) Im Sinne der Informationstheorie (D. Übers.).

genommen werden: Luftfahrtindustrie, Transportwesen, Versicherungswesen, Hersteller von Bauelementen für Rechengeräte, Banken, Versorgungsbetriebe, Fertigungsbetriebe, Militär, Institute für Grundlagen- und angewandte Forschung.

Obwohl die meisten kleineren Betriebe an den Vorteilen der Automatisierung nicht teilhatten, wird die steigende Zahl der Beratungsstellen und Rechenzentren, sowie die Entwicklung kleiner Computer-Formen auch sie in die Lage versetzen, sich der neuen Technik zu bedienen.

2.2.3 Die voraussichtliche Entwicklung

Im Laufe des nächsten Jahrzehnts dürfte der Ausbau der Automatisierung der amerikanischen Industrie das Gepräge geben. Der bedeutsamste Fortschritt wird auf dem Gebiet der Nachrichtenverbindungen liegen. Spätestens 1970 wird es möglich sein, Information von beliebig verteilten Stationen (Fertigungsstätten und Büros) zu einem Rechenzentrum zu leiten, welches mit einer Verzögerung von höchstens einigen Minuten eine auswertbare Zusammenstellung sämtlicher Daten hat und unmittelbar aus seinen Speichern Antworten auf irgendwelche Fragen an die Stationen zurücksenden kann. Bis 1963 wird vermutlich die innerhalb eines Werkes anwendbare Informations- und Steuerzentrale verwirklicht sein, welche auch die gesamte Planungsarbeit automatisieren kann.

Die im eigentlichen Sinne «vollautomatische Fabrik» ist zur Zeit noch weit von der Verwirklichung entfernt, doch werden die Verbesserungen gegenüber der jetzt üblichen Instrumentierung und im Systemaufbau näher an das Ziel heranzuführen. Die nächste Stufe nach der Entwicklung der automatisch gesteuerten Vielzweck-Maschinen wird die Entwicklung automatischer Montagestätten sein. Hinter all diesen Vorstößen laufen umfangreiche Versuche zur Vervollkommenung der Rechengeräte selbst. Vielzweck-Rechner sind jetzt schon auf dem Markt, die neuen sog. Compact Computers werden 1964 verfügbar sein.

2.3 Das Wachstum der Automatisierungs-Industrie

In den letzten 5 Jahren hat sich die Anwendung der Automatisierungstechnik zweifellos stark ausgeweitet, doch scheint es mir, daß die heutige Geräteherstellung im Umfang von 1 Milliarde \$ noch in den Kinderschuhen steckt, daß ihre Wachstumsrate die der Gesamtwirtschaft einmal überrunden wird. Die folgenden Prognosen beruhen auf Angaben, die von meiner Firma gesammelt wurden, und dem daraus ermittelten Trend.

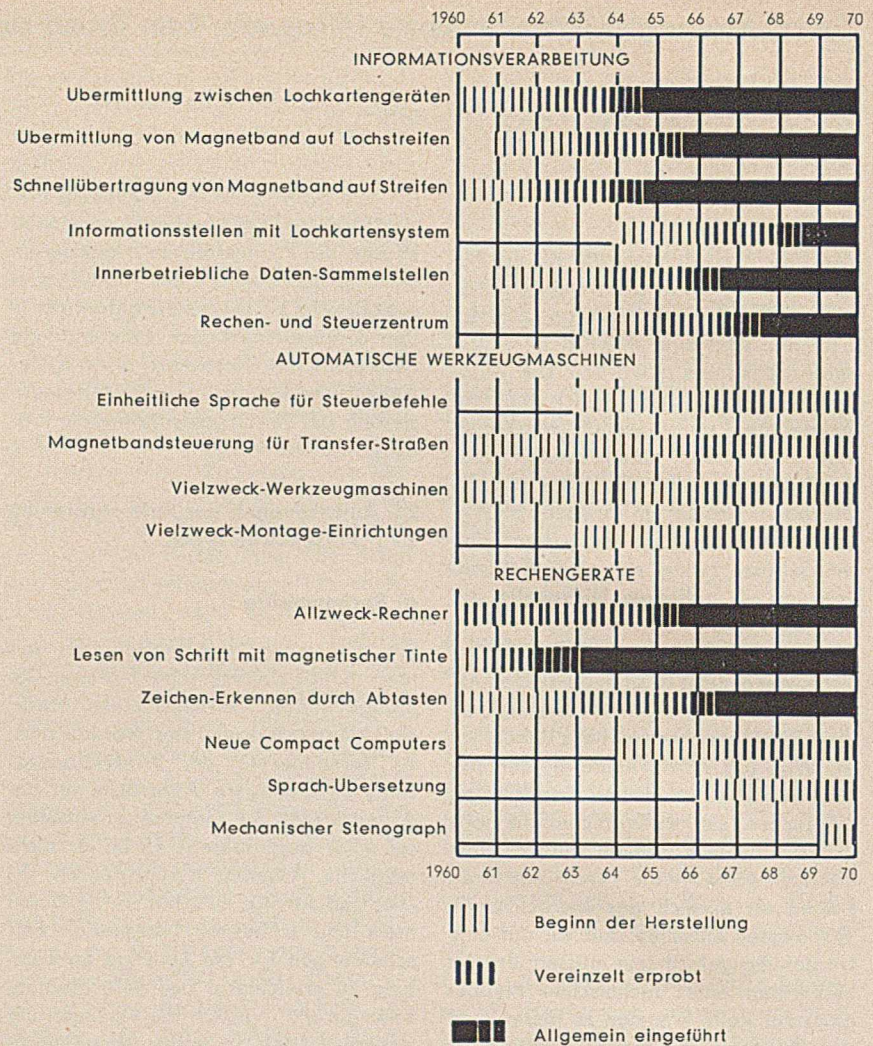


Bild 1: Zeitplan der Entwicklung von Einrichtungen und Hilfsmitteln der Automatisierung.

Verfahrensregelung, Meß- und Analysengeräte

Dieser Industriezweig wird sich vermutlich bis 1970 verdreifachen, so daß wir dann einen jährlichen Aufwand von etwa 3 Milliarden \$ oder mehr für Regelanlagen und allgemeine Instrumentierung erwarten dürfen. Zwei Drittel davon dürften in die Ausrüstung der Verfahrenindustrie gehen. Damit wird die Wachstumsrate in diesen Industriezweigen im nächsten Jahrzehnt 10% je Jahr übersteigen.

Numerische Steuerung

Die numerische Steuerung von Maschinen hat von allen Sektoren den größten Aufschwung zu verzeichnen. In den letzten Jahren hat sich jeweils der Umfang verdoppelt. Es handelt sich aber auch um die neueste, von der Wirtschaft begrüßte Technik — dennoch ist das Gesamtvolumen noch bescheiden. Wir erwarten indessen ein Anhalten der hohen Wachstumsrate; für die nächsten 3 Jahre schätzen wir eine Ausweitung um 500% auf einen Jahresumsatz von 100 Millionen \$.

Elektronische Daten-Verarbeitung

Hier liegt ein ganz besonders umfangreicher Zweig der Technik im Rahmen der Automatisierung vor, dessen Bedeutung noch wachsen wird. Gegenüber einem Wert der installierten Geräte von 75 Mill. \$ im Jahre 1955 dürfte die Ziffer für 1960 bei etwa 650 Mill. \$ liegen. Die Industrie ist imstande, den letztgenannten Betrag innerhalb von 5 Jahren zu verdoppeln.

2.4 Wirtschaftliche und soziale Belange der Automatisierung

Ich glaube nicht, daß wir gegenwärtig alle ökonomischen und sozialen Einflüsse der Automatisierung erfassen. Nicht die Überlegung, ob die Automatisierung technisch oder wirtschaftlich empfehlenswert ist, hat ihre Einführung gebremst, sondern der Mangel an Verständnis der Methoden, die Angst vor den Folgen und die unsaubere Planung. Wir könnten sagen, daß die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umweltbedingungen eine stärker einhaltende Wirkung auf die Automatisierung hatten als die Impulse, die von ihr ausgingen.

Wirtschaftliche Fragen

In der Zeit von 1947 bis 1959 wies die gesamte Privatindustrie der U.S.A. eine jährliche Zuwachsrate in der Stundenleistung des Arbeiters von etwa 3% auf; im nichtlandwirtschaftlichen Sektor beträgt sie rund 2,5%. Diese Zahlen deuten keineswegs auf revolutionäre Wirkungen von seiten der Automatisierung hin. Es liegt mir fern, die unverkennbaren Produktivitätsgewinne zu verkleinern, welche in einer Reihe bestimmter Industriezweige erzielt wurden; diesem Unterausschuß wird zweifellos eine Menge statistischer Daten über Entlassungen und Binnenwanderung von Arbeitskräften zufließen. Ich lehne es aber ab, diese Folgen der Automatisierung zuzuschreiben. Wenn eine normale technische Umstellung in einer sich schnell ausweitenden Wirtschaft stattfindet, treten im allgemeinen nur ihre wohltätigen Folgen zutage: Vermehrte Produktivität, höhere Löhne, neue Erzeugnisse usw. Wenn indessen dieselben Änderungen auf eine träge, angestrenzte Wirtschaft treffen, kommt es u. U. zu einem Bruch. In unserem Falle leiden wir nicht an einer zu schnellen Einführung einer neuen Technik, sondern unter einer unzureichenden Wachstumsrate, zur Zeit im Schnitt etwa 2,5%.

Soziale Aspekte

Der Einfluß der Automatisierung auf die sozialen Verhältnisse ist größer als der auf die Wirtschaft. Aber auch in dieser Beziehung fehlt es an Unterlagen zur Beurteilung. Nach meiner eigenen Erfahrung scheint der prozentuale Anteil der gelernten Arbeiter anzusteigen, sobald die elektronische Datenverarbeitung eingeführt ist. Die einleuchtendste soziale Forderung geht auf bessere Ausbildung. Neben der Umschulung auf hochwertigere Arbeit müssen wir das größere Problem angehen, mehr Ingenieure, Wissenschaftler und erfahrene Techniker heranzubilden.

Die Automatisierung im Ausland

Hinsichtlich der Wachstumsrate in der praktischen Anwendung und der absoluten Zahl der automatisierten Betriebe liegen die U.S.A. vor jedem anderen Land der freien Welt.

Wir haben keine Zahlenangaben über die Staaten des kommunistischen Blockes, aber wir wissen, daß sie kräftig voranstreben. Der Bericht von Ministerpräsident Chruschtschow an den 21. Parteitag der Kommunistischen Partei enthielt die Behauptung: «Die umfassende Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse bildet das wesentliche und entscheidende Mittel zur Gewährleistung eines weiteren techni-

schen Fortschrittes in der Volkswirtschaft und, auf dieser Grundlage, eines neuen Anstieges in der Arbeitsproduktivität; einer Senkung der Kosten und Preise und einer Verbesserung in der Qualität der Erzeugnisse». Ich meine, daß es reiner Wahnsinn wäre, diese Worte leicht zu nehmen. Wir dürfen auch nicht die europäischen Wirtschaftsgebiete unterschätzen. Eine Erhebung, die meine Firma kürzlich angestellt hat, zeigt, daß in Westeuropa über 2000 Rechengeräte im Betrieb sind, das sind etwa 20% der entsprechenden Installation in den U.S.A. Bei dieser Angabe handelt es sich indessen in 90% aller Fälle um kleine Rechenmaschinen. Frankreich und Deutschland sind mit etwa 70% an dem europäischen Gesamtwert beteiligt. Es ist unabdingbar, daß wir die Verbesserung des Produktionswirkungsgrades durch Automatisierung klar erkennen, wenn wir an den Märkten der freien Welt im Wettbewerb bleiben, unsere Landesverteidigung aufrechterhalten und doch unseren Lebensstandard erhöhen wollen.

3. Vorschläge für eine Forschung auf dem Gebiet der Automatisierung in der Wirtschaft der U.S.A.

In meiner Schlußempfehlung vor diesem Unterausschuß anlässlich meines damaligen Vortrages habe ich angeregt, daß ein Studium der Automatisierung auf breiter Grundlage durchgeführt werden solle. Die Notwendigkeit dafür besteht nach wie vor. Im vergangenen Jahr habe ich für die National Planning Association eine Denkschrift verfaßt, welche eine systematische Untersuchung aller möglichen Industriezweige hinsichtlich der derzeitigen Bedeutung der Automatisierung behandelt mit dem Ziel, zu erkennen, welche Bedeutung sie in der Zukunft haben wird. Ich wiederhole eindringlich die Empfehlung, solche Forschungen in Gang zu bringen.

Folgerungen

Die Regierung der U.S.A. sollte sich über eine nationale Politik schlüssig werden, welche die Automatisierung anregt, indem sie die Voraussetzungen schafft, welche eine Anwendung im Wirtschaftsleben schmackhaft machen. Die Automatisierung ist ein Werkzeug zur Ausweitung des Wirtschaftspotentials, und damit eine machtvolle nationale Hilfsquelle. Ihre grundlegende Wirkung beruht auf der Steigerung der Produktivität, und gerade diese wird einen echten Anstieg in der Leistung der nationalen Wirtschaft ermöglichen.

Der Staat kann sich keine schnelle Entfaltung auf technischem Neuland leisten, ohne sich mit diesen Problemen auseinanderzusetzen. Wir können einfach nicht darauf warten, daß evolu-

tionäre Kräfte unsere internen Probleme für uns lösen.

Eine nationale Politik, welche die Automatisierung und neue technische Ideen pflegen will, muß bemüht sein, in der Allgemeinheit ein Verständnis für notwendige Umstellungen zu erwecken. Diese Politik müßte die folgenden Programme gleichzeitig in Gang setzen:

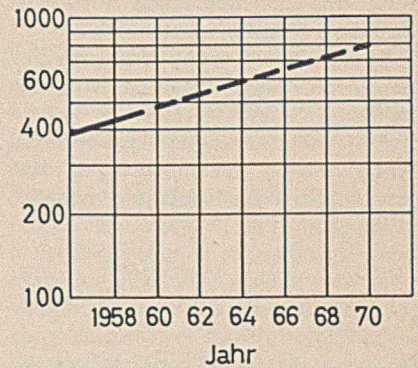


Bild 2: Anwachsen des Nationalproduktes (Angaben in Milliarden Dollars).

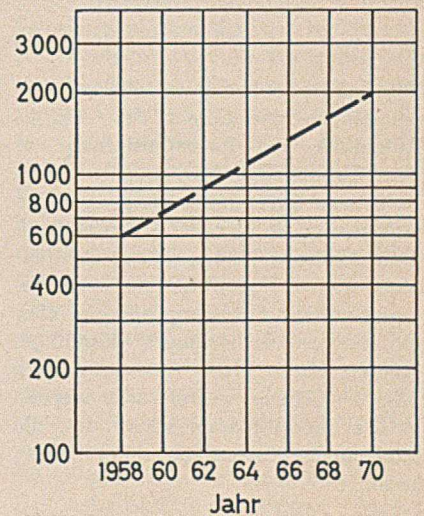


Bild 3: Wachstum der Ausrüstung für Verfahrensregelung (Jahresumsatz in Millionen Dollars)

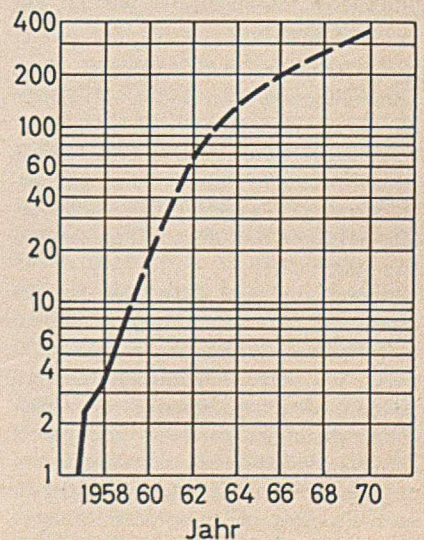


Bild 4: Wachstum der Ausrüstung für numerische Steuerung (Jahresumsatz in Millionen Dollars)

1. Eine eingehende und stetige Erforschung der Einflüsse der Automatisierung auf den Menschen und auf die Wirtschaft. Die Furcht vor Entlassungen und vor Erniedrigung des Menschen hat die Notwendigkeit, zu automatisieren, verdunkelt. Der Anlaß zu diesem Unbehagen muß beseitigt werden, was nur durch die ehrliche Bemühung, dem Menschen Unheil zu ersparen, möglich sein wird. Das Gelingen hängt davon ab, daß die Tatsachen erkannt werden.

2. Eine weise Steuerpolitik mit dem Ziel, den Mut zu Neuerungen im Betrieb zu stärken.

3. Ein technisches Regierungsprogramm, Fortschritte in der militärischen Forschung der Privatindustrie zugänglich zu machen.

4. Ein Programm zur Förderung des Wachstums auf bestimmten Gebieten, einschließlich gemeinsamer Anstrengungen auf sämtlichen Sektoren der Wirtschaft; dazu gehört:

- Anregung neuer Wirtschaftszweige von seiten des Bundes durch die Finanzpolitik,
- Schaffung von Bildungsstätten für Arbeiter und zur Umschulung durch die gesetzgebenden Körperschaften der Distrikte und Gemeinden,
- Anregung von Maßnahmen, welche Angestellten helfen sollen, sich einer veränderten Lage anzupassen,
- Von den Gewerkschaften getragene Umschulungsprogramme und sinnvolle gemeinsame Lohnverhandlungen. Obwohl diese Empfehlungen keines-

wegs neu sind, ist es unumgänglich, daß sie endlich verwirklicht werden. Ich empfehle ein Studium der Probleme der Automatisierung schon anlässlich der Congress-Veranstaltung, und andere haben es inzwischen getan. Eine gemeinsame Aktion der Regierung, der Bevölkerung und der Geschäftswelt mit dem Ziel, diese höchst bedeutende nationale Hilfsquelle im weitesten Umfang auszuschöpfen, ist schon früher — allerdings vergebens — vorgeschlagen worden. Ich halte es darum für angebracht, daran zu denken, daß eine nationale Hilfsquelle ebenso wie eine natürliche Energie- oder Rohstoffquelle für immer versiegen kann, wenn sie nicht mit Umsicht und vorausschauender Planung bewahrt wird.

Automatisierung der Werkzeugmaschine durch numerische Steuerungen

W. S. Tandler, New York City

Im Hinblick auf die zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten des Wortes **Automatik** und **Automatisierung** auf dem Gebiete der Werkzeugmaschinen ist es vor allem notwendig, gewisse Kategorien festzustellen. Dabei muß man sich bewußt sein, daß es sich hier nicht notwendigerweise um eine wissenschaftliche Einteilung, sondern eher um eine praktische, gebrauchsmäßige, handelt. Das Wort Automatisierung oder ähnliche Schwesterwörter werden in drei Hauptgruppen verwendet, die man besser beschreiben als definieren kann.

- 1) Automatisierung nach Prinzipien des laufenden Bandes; die Transfer-Straße, die Spezialmaschine ist typisch.
- 2) Die Lochstreifen- oder numerisch gesteuerte Maschine; sie tendiert zur Universalmaschine.
- 3) Schließlich wird das Wort für jene Konstruktionen verwendet, in denen der Ausdruck Automatik im gegenwärtigen Sprachgebrauch wohl am meisten angewandt wird; es sind dies die Servo-Systeme, wie sie zum Beispiel im Kopierverfahren und dergleichen verwendet werden.

Während die erste Kategorie und die dritte vielfach in der Literatur behandelt wurden, ist über die zweite Kategorie, die numerisch gesteuerten Maschinen, oft auch lochband- oder programmgesteuert genannt, noch nicht sehr viel geschrieben worden. Schon aus diesem Grunde wäre es interessant, sie näher zu betrachten. Sie sind aber auch deshalb interessant, weil sie aller Voraussicht nach umwälzende Veränderungen auf wirtschaftlichem

und technischem Gebiete hervorrufen werden.

Der Ausdruck **«Programmsteuerung»** ist der umfassendste und bedeutet, daß die Maschine einem vorbereiteten Programm folgt, wobei angenommen wird, daß dieses Programm leicht verändert oder gegen ein anderes ausgewechselt werden kann. Die berühmteste dieser Maschinen, allerdings keine Werkzeugmaschine, ist die lochkartengesteuerte Jacquard Maschine in der Weberei, seit über 150 Jahren erfolgreich in Betrieb. Lochkarten und gelochte Bänder sind miteinander nahe verwandt und da es sich ergab, daß das Lochband momentan die praktischste Art des Programm-Mediums ist, spricht man oft generell von **«lochbandgesteuerten Maschinen»**. Während der Ausdruck «programmgesteuert» sehr generell ist, denn Programme können auf verschiedene Arten übermittelt werden, ist der Ausdruck «Lochband» etwas beschränkt. Es hat sich ein weiterer Ausdruck eingebürgert **«Numerische Steuerungen»**. Dies bedeutet, daß die Angaben des Programmes in Ziffern oder Nummern ausgedrückt sind. Der Vorteil, das Programm ziffernmäßig zu definieren, ist klar. Dies ist umso wichtiger, je mehr die Programmierung von ziffernmäßigen Informationen abhängt. Da nun Maschinendimensionen in dieser Form gegeben werden, ist die numerische Steuerung die logische Form der Programmsteuerung in der Maschinenindustrie. Die Verwendung des «Computers» befestigt weiterhin die Stellung der numerischen Methoden. Wir müssen aber doch im Auge behalten, daß das Programm das wichtigste ist und daß die Leichtigkeit,

mit der das Programm verändert werden kann, eine bedeutende Rolle spielt. Allerdings müssen wir zugeben, daß die gegenwärtige technische Entwicklung fast ausschließlich auf numerische Steuerungen konzentriert ist und daß unter diesen wieder der Lochstreifen eine dominierende Rolle spielt. Aus diesem Grunde wollen wir unser Hauptaugenmerk auf diese Form lenken.

Numerische Steuerungen sind Systeme, in denen Maschinen durch ziffernmäßig ausgedrückte Angaben automatisch mit Hilfe von **Lochstreifen** gesteuert und kontrolliert werden. Lochkarten, Magnet- oder Tonbänder sind theoretisch ebenfalls anwendbar, haben sich aber in der Praxis so wenig bewährt, daß man sie für die gegenwärtigen Ausführungen nicht in Betracht zu ziehen braucht.

Nun ist es möglich, diese Steuerung und Kontrolle sehr intensiv oder nur extensiv zu gestalten. Im ursprünglichen Konzept der numerisch gesteuerten Maschine hat man an eine intensive oder gar vollkommene Steuerung gar nicht gedacht. Heute hat sich die Situation verändert und sogar das Wort «automatische Fabrik» wird gelegentlich gehört. Im Anfange aber konzentrierte sich das Interesse nur auf die Bewegungen der Maschinen und auf keine anderen Funktionen. Diese Bewegungen teilt man in zwei Hauptkategorien und unterscheidet:

- 1) Positioniersysteme
- 2) Kontursysteme

Trotz vieler Fortschritte und Veränderungen gilt diese Unterscheidung auch heute noch. Die Grenzlinien sind nicht

immer klar und die Anzahl der Maschinen, die eine Kombination darstellen, wächst. Dennoch ist diese Unterteilung eine der wichtigsten. Im ersten Falle, beim Positioniersystem, sind Werkzeug und Werkstück während der Positionierbewegung nicht mit einander im Eingriff, während sie während der Kontur-, oft Profilierbewegung genannt, mit einander im Eingriff sind.

Im Positioniersystem kommt die Bewegung bei jeder Position zum Stillstand. Im Kontursystem ist sie kontinuierlich. Ein typischer Ablauf im Positioniersystem besteht darin, daß z. B. ein Bohrer über einem Werkstück in der X- und Y-Achse positioniert wird und sobald beide Bewegungen zum Stillstand gekommen sind, wird mit dem Bohren begonnen. Dies wird meist automatisch ausgelöst oder es kann programmiert werden. Ist dann das Loch gebohrt, so wird der Bohrer zurückgezogen und automatisch in die nächste Position gebracht. Die Bohrtiefe kann eine dritte kontrollierte Dimension sein.

Im Kontursystem, z. B. an einer Fräsmaschine, bleibt das Fräs Werkzeug in kontinuierlichem Eingriff mit dem Werkstück und wird gleichzeitig in der X- und Y-Achse so bewegt, daß die Resultate (der Schnitt) der gewünschten Kontur (Kurve) entspricht. Die Bewegung kommt während der Arbeit nie zum Stillstand, es wird nur das Verhältnis der Geschwindigkeiten der beiden Achsen verändert. Dieses Prinzip läßt sich, allerdings mit gewissen Komplikationen, auch auf drei oder mehr Achsen anwenden.

Im Positioniersystem wird jede Achse separat in Bewegung gesetzt und, gewöhnlich nach einem Schnellauf und entsprechender Verlangsamung, zum Stehen gebracht. Die Bewegungen zweier Achsen laufen nur der Zeitersparnis wegen gleichzeitig ab. Die Genauigkeit der Endpositionierung ist hauptsächlich eine Frage der Endgeschwindigkeit. Es ist sogar möglich, jeweils festzustellen, ob die korrekte Position erzielt wurde und falls dies nicht der Fall ist, eine Korrektur vorzunehmen.

Im Konturverfahren müssen beide Bewegungen aufeinander eingestellt sein, eine Korrektur ist nur innerhalb der im Servokreis erlaubten Fehlergrenzen möglich.

Es ist klar, daß das Kontursystem viel größere Ansprüche an Konstruktion und Ausführung stellt. Zeitelement und Folgerichtigkeit sind starken Beschränkungen unterworfen. Kontursysteme sind daher viel komplizierter und viel teurer als Positioniersysteme derselben Größenordnung.

Es ist notwendig, an dieser Stelle auf gewisse ökonomische Motive hinzuweisen.

Die Konturmaschinen wurden hauptsächlich von der amerikanischen Luftwaffe finanziert, weil es notwendig war,

gewisse profilierte Teile, wie Flügel, gleichförmig, verläßlich und genau herzustellen. Die Kosten spielten eine geringere Rolle. Dazu kam, daß die Daten und Dimensionen bereits von Computern stammten. Der Gedanke liegt nahe, diese Daten direkt der Werkzeugmaschine zur Verfügung zu stellen, statt den Umweg über Schablone zu gehen. Mehr als hundert derartiger Maschinen sind in Betrieb in Amerika, und beweisen die Richtigkeit dieses Gedankens. Auch die Positioniermaschine wurde bis zu einem gewissen Grad von der Regierung unterstützt, sie wurde aber auch von Anfang an von der Privatindustrie gekauft. Gegen 1500 Maschinen dieser Art sind in U.S.A. in Betrieb.

Die Konturmaschine war dazu berufen, Stücke herzustellen, die mit anderen Mitteln einfach nicht herstellbar waren. Die Positioniermaschine mußte ökonomisch begründet werden. Diese grundsätzliche Unterscheidung spielt immer noch in der Frage der numerischen Kontrollen eine ausschlaggebende Rolle. Es stellte sich bald heraus, daß auch die Positioniermaschine Stücke erzeugen konnte, die anders nicht hergestellt werden können z. B. in gewissen Lehrenbohrmaschinenanwendungen, andererseits hat die Konturmaschine begonnen, ins kommerzielle Gebiet einzudringen.

Würde dieser Bericht vor zwei oder drei Jahren geschrieben worden sein, dann wäre die Unterscheidung zwischen den beiden Prinzipien, kontinuierlich (Kontur) und Schritt für Schritt (Positionier) äußerst krass ausgefallen. Wir wissen aber heute, daß die beiden Möglichkeiten ineinander überlaufen. Es gibt Maschinen, die beides können. In der Mehrzahl der Fälle ist aber nur das eine oder das andere benötigt. Es diktiert also der Zweck die Anwendung. Es ist an dieser Stelle natürlich nur möglich, generell zu sprechen, denn das Gebiet der numerischen Steuerungen ist enorm groß geworden. Dazu kommt, daß die Materie von verschiedenen sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten behandelt und demzufolge das Schwergewicht in verschiedenen Richtungen verschoben werden kann. Es ist notwendig dies aufzuzeigen.

1) Der Erzeuger numerischer Steuerungen ist vor allem an der Vervollkommnung seines eigenen Systems interessiert.

2) Der Verbraucher ist nur am Erfolg und Mißerfolg interessiert.

3) Der Theoretiker hat ein beinahe unbeschränktes Tätigkeitsfeld.

Erfahrung hat gezeigt, daß vom Standpunkt des allgemeinen Interesses, der Gesichtspunkt des Verbrauchers am ergiebigsten ist. Dies ist erst seit kurzem der Fall, denn erst in letzter Zeit beginnt sich die ökonomische Bedeutung der numerischen Steuerungen bemerk-

bar zu machen. Wie auf so vielen anderen Gebieten, gab es und gibt es zahlreiche Wege, um ein gewisses Problem technisch zu lösen. Wenn es sich aber um ein industrielles Produkt handelt, dann kommt die Zeit, wo langsam eine Auslese, meist nach wirtschaftlichen Motiven, stattfindet. Dieser Zeitpunkt ist bereits gekommen, wirtschaftliche Ergebnisse liegen vor. Dies ist hauptsächlich in Amerika der Fall, ob zwar vorerst nur in beschränktem Maße. Um die Resultate zu verstehen und auszuwerten, ist es aber nötig, sich mit einigen Grundproblemen der numerischen Steuerungen auseinander zu setzen.

Von allen Grundproblemen ist das wichtigste die Tatsache, daß numerische Steuerungen nur in sehr beschränktem Maße als «Verbesserungen» von Werkzeugmaschinen angesehen werden können. Wir sprechen zwar oft von der individuellen Maschine. Sowie man aber versucht, die Vor- und Nachteile von numerischen Steuerungen lediglich vom Standpunkt der individuellen Maschine zu bewerten, gerät man in große Schwierigkeiten. Einige der bedeutendsten Vorteile und viele der gefährlichsten Nachteile von numerischen Steuerungen beziehen sich gar nicht auf die Maschine selbst, sondern z. B. auf die für den Betrieb der Maschine nötigen Vorbereitungen oder Folgen. Typische Beispiele sind der Einfluß auf die Arbeitsvorbereitung, die zur kompletten Umorganisation des Zeichnungs- und Konstruktionswesens führen könnte und, als Folge, der Einfluß auf die Qualitätskontrolle, die unter gewissen Verhältnissen geradezu eliminiert werden kann. Die Werkzeugmaschine selbst mag dabei weder langsamer noch schneller laufen und mehr oder weniger Arbeitskräfte benötigen. Diesen Verhältnissen liegt die Tatsache zu Grunde, daß «numerical controls» (wie sie auf englisch heißen) einen Systemcharakter haben und als solche erst mit den existierenden Systemen in Einklang gebracht werden müssen oder eine weitgehende Umorganisation verlangen. Unter diesen Umständen spielen oft kleinere technische Vor- und Nachteile eines bestimmten Steuerungssystemes eine nur untergeordnete Rolle, während andererseits gewisse Eigenschaften, die systemmäßig Schwierigkeiten bereiten, z. B. eine abnormale Art der Datenverarbeitung, ausschlaggebend sein können. Das Grundproblem ist also der System-Charakter der numerischen Steuerungen.

Aus dieser Tatsache ergeben sich weittragende Konsequenzen. Es ist vor allem notwendig, alle Resultate und Beobachtungen vom Standpunkt des Systems zu bewerten. Dies bedeutet, daß verschiedene Zusammenhänge in Betracht gezogen werden müssen. Daher ist einerseits die Auswertung von Er-

gebnissen nicht immer ganz einfach und andererseits ist sorgfältiges Planen eine Notwendigkeit. Würde es sich bei numerischen Steuerungen nur um einzelne Maschinen oder um Abänderungen von Maschinen handeln, dann wäre das Thema ein sehr klares und einfaches. Nun muß man hier erwähnen, daß es zwar oft auch Fälle gibt, bei denen es sich um ein einziges Verfahrensproblem handelt, aber in der Mehrzahl der Fälle liegen die Dinge komplizierter. Da nun die Anschaffungskosten groß und die Lieferzeiten lang sind, ergibt es sich von selbst, daß wir es hier mit Fragen zu tun haben, die gründlicher Erwägung bedürfen und auf die es nicht immer schnelle und einfache Antworten gibt.

Wenn wir uns nun aber bewußt sind, daß wir es mit einem äußerst weitverzweigten und verwickelten Fragenkomplex zu tun haben, dann ist es möglich, die wichtigsten Punkte und Tendenzen in allgemeinen Worten zu beschreiben, ohne auf der einen Seite den falschen Eindruck zu machen, daß alles sehr einfach und klar ist oder auf der anderen Seite, daß man sich der wahren Sachlage nicht bewußt wäre.

Ich habe schon früher auf die Grundeinteilung in Kontur- und Positionsmaschinen hingewiesen, ebenso auch, daß die Grenzen nicht immer scharf sind. Dennoch kann man sagen, daß typische Maschinen in jede der beiden Kategorien fallen:

1) Kontursysteme: Fräsmaschinen, Drehbänke.

2) Positioniersysteme: Bohrmaschinen, Bohrwerke, Stanzen.

Dort wo Stufen gefräst oder gedreht werden, sind Positioniersysteme auch auf Fräsmaschinen und Drehbänke anwendbar.

Im Laufe der letzten Jahre wurden so viele verschiedene Steuerungssysteme auf den Markt gebracht, daß es gar nicht möglich ist, ihnen durch eine kurze Beschreibung hier Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Es haben sich aber gewisse Minimalwerte herausgebildet in Bezug auf Geschwindigkeit, Genauigkeit und Verlässlichkeit. Eine Reihe von Systemen, die diesen Bedingungen nicht entsprechen, sind verschwunden oder werden verschwinden. Nun sind Geschwindigkeit und Genauigkeit in einem Gegenseitigkeitsverhältnis und auch die Zuverlässigkeit ist von den beiden anderen nicht ganz unabhängig. Es werden also Kompromisse gemacht. Es ist aber kaum ein Zweifel, daß der Verlässlichkeitsfaktor sich als ausschlaggebend herausgestellt hat. Eine automatische Maschine, die nicht verlässlich ist, ist einfach nicht automatisch. Es hat sich auch gezeigt, daß die Genauigkeit immer wichtiger wird, besonders, da sich als einer der we-

sentlichsten Vorteile Ersparnisse in der Qualitätskontrolle ergeben haben. Geschwindigkeit ist etwas weniger wichtig, obwohl nicht unwichtig. Dies ist deswegen interessant, weil Geschwindigkeit traditioneller Weise immer der Hauptfaktor in der Werkzeugmaschinenkonstruktion war.

Die Frage, ob die Spindel als Meßgerät verwendet werden kann und soll, ist zwar nach wie vor umstritten, doch hat sich in den Vereinigten Staaten die Kugelspindel zu einem solchen Grad eingebürgert und ist so vervollkommenet, daß sie in fast allen Belangen, außer bei sehr großen Längen und höchster Genauigkeit, herrschend geworden ist.

Sowohl hydraulische wie elektrische Methoden sind in Anwendung. Die gegenseitigen Vor- und Nachteile werden nach wie vor stark diskutiert und hängen eigentlich von Umständen ab. Zwei Tendenzen sind stark wahrnehmbar, das Verlangen nach **genaueren** und nach **universelleren Maschinen**. Die Genauigkeit bezieht sich nicht nur auf das Kontrollsystem, sondern auch auf die Maschine selbst.

Unter universelleren Maschinen verstehen wir Maschinen, in denen mehrere Funktionen automatisch sind und auch solche, die mehrere Funktionen haben. Als Beispiel für den ersten Punkt sei die Programmierung von Geschwindigkeiten und Vorschüben angeführt; als Beispiel für den zweiten die wachsende Zahl der Bewegungen (geradlinig und rotierend) sowie automatischer Werkzeugwechsel.

Die Probleme der Verlässlichkeit und Wartung haben sich im praktischen Betrieb als sehr wichtig herausgestellt. Der «Nutzfaktor» der Maschine hängt davon ab. Überhaupt zeigt es sich, daß die Nebenkosten keinesfalls eine Nebenrolle spielen. Dies wurde gelegentlich der Diskussion des Systemcharakters der numerischen Steuerungen angedeutet.

Von größter Wichtigkeit sind die Probleme der Standardisierung, denen in Amerika viel Aufmerksamkeit gezollt wurde und wo bereits recht gute Resultate erzielt wurden. Es ist wieder das «System» das hier die entscheidende Rolle spielt.

Das Wechselverhältnis zwischen Komputor und numerisch gesteuerter Maschinen ist in mancher Hinsicht interessant. Es ist eines der wichtigsten Probleme der entfernteren Zukunft. Aber auch im gegenwärtigen Zeitpunkt ist es sehr bedeutungsvoll, besonders im Gebiet der Konturmaschine.

Um eine Kontur oder ein Profil zu erzeugen, ist es entweder nötig, eine große Anzahl von Punkten dimensional zu bestimmen und der Maschine einzugeben, oder man muß die Maschine so steuern, daß zu jeder gegebenen Zeit das Verhältnis den Bewegungen

der beiden Achsen der gewünschten Kurve entspricht. Wie immer dem sei, ist es klar, daß dies heutzutage am einfachsten mit einem Komputor ausgeführt werden kann. Es ist nun im Prinzip möglich, die nötige numerische Information außerhalb der Maschine auf einem Komputor auszurechnen und dann in Form eines Lochbandes oder eines magnetischen Streifens in die Maschine einzuführen oder den Komputor selbst in die Maschine einzubauen. Beide Ausführungen existieren in zahlreichen Beispielen, aber die letztere Art, den Komputor selbst zu einem Bestandteil der Maschine zu machen, scheint die Oberhand zu gewinnen. Dies ist hauptsächlich deshalb möglich geworden, weil man durch große Erfahrung und mit Transistoren Komputor bauen kann, die den Ansprüchen in Größe, Funktion und Preis genügen.

Während natürlich über die Rentabilität von numerisch gesteuerten Maschinen bei weitem noch nicht das letzte Wort gesprochen werden kann, gibt es doch schon viele Anhaltspunkte und auch verlässliche Ziffern. Der zu Anfang erwähnte Faktor: «kann das Stück überhaupt anders erzeugt werden?», ist immer noch von großer Wichtigkeit, aber es besteht kaum mehr ein Zweifel, daß **numerische Steuerungen** an sich **rentabel** sind. Vorausgesetzt, daß sie zielbewußt eingesetzt und organisiert sind. Dies ist zwar ein allgemeiner Grundsatz, doch ist er im Falle numerischer Steuerungen wegen der Neuartigkeit der Materie viel schwieriger zu befolgen.

Zur Vorbereitung für die Einführung numerischer Steuerungen gehört auch die Vorbereitung des **Personals**. Diesem Punkte wird eine immer größere Bedeutung zugewiesen. Überraschungen sind nicht angebracht. Es ist unbedingt notwendig, daß jene Leute, und es sind oft viele, die von dem neuen System betroffen werden, über das System und dessen Auswirkungen auf den Betrieb im Allgemeinen und ihr spezielles Gebiet im besonderen etwas wissen.

Merkwürdigerweise wird oft der Begriff «Automatisierung» dem von Massenproduktion gleichgesetzt. Automatisierung durch numerische Steuerungen ist aber in **keiner Weise** an Massenerzeugung gebunden. Im Gegenteil, es ist eine Form der Automatisierung, die durch die Beweglichkeit ihrer Elemente besonders zu raschen Umstellungen, wie sie in der **Mittel- und Kleinerzeugung** nötig sind, geeignet ist. Eine große Zahl der in Amerika verwendeten numerischen Maschinen werden sogar für **Einzelanfertigung** verwendet. Der charakteristische Vorteil der numerischen Maschine besteht darin, daß ein Lochband der Träger der Kontrollinformation ist. Daher kann durch Auswechslung des Lochbandes auf ein an-

deres Programm, auf eine andere Erzeugung übergegangen werden. Es ist natürlich in den meisten Fällen nötig, auch Werkzeuge, Vorrichtungen, Vorstöße und Geschwindigkeiten zu wechseln. Die moderne Tendenz ist daher, auch dies automatisch zu bewerkstelligen; nur die Vorrichtungen und das Werkstück selbst müssen in den neuesten Maschinenmodellen von Hand aus ausgewechselt werden.

Man kann numerisch gesteuerte Maschinen zur Massenerzeugung verwenden, doch liegen die Vorteile in der Mittel- und Kleinproduktion, während die Spezialmaschine und die Transferstraße der Massenproduktion dienen. Vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus gesehen sind die Kosten der Maschinen und Vorrichtungen bei Verwendung von Transferstraßen hohe, die Umstellzeit ist langwierig, aber die Produktion selbst ist schnell. Wenn die Erzeugung einmal läuft, ist sie billig. Bei numerischen Maschinen liegen die Verhältnisse anders, Umstell- und Einrichtungszeit spielen gar keine Rolle mehr. Die Erzeugung ist meist etwas langsamer. Die ursprünglichen Anschaffungskosten sind zwar hoch, doch können die Maschinen wegen ihrer universellen Anwendbarkeit meist leicht und ohne Risiko abgeschrieben werden, da sie dauernd beschäftigt werden können.

In unserer Zeit mit ihren großen technischen Veränderungen, mit ihren plötzlichen Absatzschwankungen und Marktveränderungen, ist die **Flexibilität** und **Anpassungsfähigkeit** der numerischen Maschinen ein nicht zu verachtender Vorteil. Oft spielt die Billigkeit der Produktion nur dann eine Rolle, wenn man gezwungen ist, auf Preis allein zu

konkurrieren. Kann man sich aber den Wünschen des Kunden durch einfache Umstellung leicht anpassen, dann kann oft ein viel besserer Preis erzielt werden und etwas höhere Kosten können in Kauf genommen werden.

Es ist hier leider wegen Platzmangel nicht möglich, auf die weittragenden Folgen einer **Automatisierung der Kleinerzeugung**, wie sie durch numerische Steuerungen ermöglicht wird, einzugehen. Besonders für Europa ist diese Frage von ganz einschneidender Bedeutung.

Die Resultate meiner kürzlich unternommenen Weltreise zum Zwecke des Studiums numerischer Systeme möchte ich, was den allgemeinen Status anbetrifft, durch einen Vergleich beschreiben. Ich sah, daß wir uns im Frühjahr dieser Bewegung befinden. Überall wird gesät und wurde gesät. An vielen Stellen sieht man frisches sprossendes Grün. An ein paar Stellen, hauptsächlich in Amerika, wird auch geerntet und man sieht sogar in den Speichern Vorräte und Saatgut. Nicht alle Arbeiter, die man auf dem Felde antrifft, machen den Eindruck alter gewiegter Bauern, aber überall geht etwas vor und man hat das Gefühl, daß in ein paar Jahren eine dichte **Vegetation von numerisch gesteuerten Maschinen** sichtbar sein wird.

Obwohl dieser Artikel hauptsächlich auf die Werkzeugmaschine Bezug hat, kann ich nicht umhin, darauf hinzuweisen, daß numerische Steuerungen durchaus nicht auf Werkzeugmaschinen beschränkt sind. Im Gegenteil, der Systemcharakter erfordert es, daß andere Funktionen einbezogen werden, von Lagerhaltung und Inspektion zu Konstruktion und Kalkulation. Aber noch viel

weitergehend. Es gibt in jedem Betrieb Tätigkeiten, die mehr Verfahren als Fabrikation sind, z. B. Vergütung, aber auch die Handhabung von elektrischem Strom, Preßluft, Ventilation und Heizung etc. Es wird immer klarer, daß irgendwo diese Tätigkeiten miteinander und mit der Fabrikation koordiniert werden müssen. In Amerika ist zweifellos die Systemautomatisierung numerischer Gattung in den mechanischen Industrien am weitesten, sogar sehr weit fortgeschritten, aber auch in den Verfahrensindustrien herrscht rege Tätigkeit. Die beiden Disziplinen beginnen voneinander zu lernen. Die Prinzipien des «Flow Process» und des «Batch Process» können mit der Transferstraße und der lochbandgesteuerten Universalwerkzeugmaschine verglichen werden. Meine Weltreise und meine häufigen Besuche in amerikanischen und europäischen Industrien geben mir den Eindruck, daß wir mitten in einem bedeutenden **Entwicklungsprozeß** sind, der sich natürlich auf verschiedenen Gebieten verschieden manifestiert. Wir wissen nicht immer, wo wir sind, wir wissen nicht, wo wir in einem Jahr oder in zehn Jahren sein werden, aber der Wegweiser deutet auf **automatische Fabrik**.

Literatur

Zifferngeregelte Konturwerkzeugmaschinen
Prof. Ed. Gerecke VDI-Zeitschrift Bd 100 (1958)
Nr. 33, Seite 1956—72.

Übersicht über die vollautomatischen elektronischen Steuerungen von Werkzeugmaschinen.

Prof. Ed. Gerecke und P. D. Dr. Ernst Saljé,
Technische Rundschau Bern, Blaue Heft-Reihe
Nr. 7.

Zifferngeregelte Werkzeugmaschinen.
Ernst Ruosch, Dipl. Ing. ETH,
Technische Rundschau Bern, Blaue Heft-Reihe
Nr. 32.

Aufgabe und Ausführung der technischen Automatisierung in Walzwerken

Dipl. Phys. Helmuth Cordes, Mannheim

Einleitung

Bei den Erzeugungsanlagen der eisenschaffenden Industrie besteht in besonders starkem Maße das Bestreben, die Erzeugung je Beschäftigten zu steigern und die Qualität der Erzeugnisse zu verbessern. Besonders in den Walzwerken gewinnt unter diesen Gesichtspunkten der folgerichtige Übergang von der Mechanisierung zur Automatisierung ständig an Bedeutung. Dabei soll hier unter dem etwas verwässerten Begriff «Automatisierung» der selbsttätige Fertigungsablauf innerhalb einer umfang-

reichen Erzeugungsanlage verstanden werden.

Ziele der Automatisierung im Walzwerk

Das erste Ziel sollte sein, eine **hohe und gleichmäßige Güte des Walzgutes** sicherzustellen. Das wird erreicht, indem unabhängig von Geschicklichkeit und Stimmung der Steuerleute das Walzgut stets nach dem jeweils vorgewählten Programm behandelt wird. Unterschiedliche Erfahrungen und Ermüdungerscheinungen beeinflussen das Walzen nicht.

Das nächste Ziel ist die **Schonung aller mechanischen und elektrischen Anlage-teile**. Die zur Bewegung des Walzgutes erforderlichen Schaltheftungen und die Einschaltdauer der elektrischen Antriebe können durch Automatisierung auf das wirklich erforderliche Mindestmaß eingeschränkt werden. Diese Optimierung kann vom Steuermann über längere Zeit niemals eingehalten werden, denn sie stellt an seine Reaktionsfähigkeit und Aufmerksamkeit außerordentlich hohe Ansprüche. Das dritte Ziel ist eine **bessere und vor allem gleichmäßige Ausnutzung** des

Walzwerkes bis an die zulässigen Grenzen seiner Belastbarkeit, ohne jedoch diese Grenzen jemals zu überschreiten. Das gilt sowohl für den mechanischen als auch für den elektrischen Teil der Anlage.

Die **optimale Abstimmung der Funktionsfolge** aller Arbeitsvorgänge hat zum Ziel, das Ausbringen zu erhöhen und die Leerzeit zu verringern. Hierzu zeigt ein Diagramm in Bild 1 als Beispiel die Möglichkeiten zum Einsparen von Zeit im Umkehrwalzwerk.

Für die Untersuchungen wurden mehrere Blöcke von einer guten Walzmannschaft in je 15 Stichen ausgewalzt. Die Ergebnisse der Zeitstudien sind dargestellt. Auf der Abzisse sind die Nummern der Stiche aufgetragen. Die Höhe jeder einzelnen Zeitsäule gibt den jeweils gemessenen Größtwert für die gleiche Stichnummer wieder. Dabei stehen die Leerzeiten oben, die Walzzeiten in der Mitte und die Stichzeiten unten. Nach Definition befindet sich das Walzgut in den Leerzeiten außerhalb des Walzspaltes, während es sich in den Walzzeiten im Walzspalt befindet. Die Stichzeit ist dann die Summe aus Walzzeit und Leerzeit. In jeder der Zeitsäulen ist der jeweils gemessene Kleinstwert ebenfalls eingetragen.

Aus der Darstellung läßt sich unmittelbar der große Streubereich der Stichzeiten bei Handsteuerung ablesen. Die Auswertung der Messungen für jeden Block ergibt einen mittleren Zeitbedarf von 98 Sekunden. Gleichzeitig ergibt sich der kleinste Zeitbedarf durch Addition der bei den einzelnen Stichen gemessenen Kleinstwerte mit 74 Sekunden. Durch Automatisierung kann diese Zeitdifferenz zwischen der mittleren und kleinsten Zeit eingespart werden, das sind im vorliegenden Fall rund 25%.

Als letztes, aber nicht geringstes Ziel der Automatisierung im Walzwerk, ist der soziale Fortschritt durch Fortfall der schweren körperlichen Arbeit zu nennen. Darüber hinaus wird das Bedienungspersonal der Walzwerke durch die modernen elektronischen Automatisierungsanlagen weitgehend entlastet. Das gilt insbesondere für die Steuerleute auf den Steuerbühnen. Sie «steuern» die Anlage gar nicht mehr, sondern sie kontrollieren und überwachen lediglich den selbsttätigen Funktionsablauf und müssen bereit sein, sofort in das Geschehen einzugreifen, wenn außergewöhnliche Betriebszustände eintreten, z. B. bei Störungen im mechanischen oder elektrischen Teil der Anlage. Sie müssen vor allem gute Auffassungsgabe und schnelle Reaktionsfähigkeit verbunden mit hoher Verantwortungsbereitschaft besitzen.

Aufbauschema automatisierter Anlagen

Nach Darlegung der Ziele für die Automatisierung im Walzwerk soll nun der

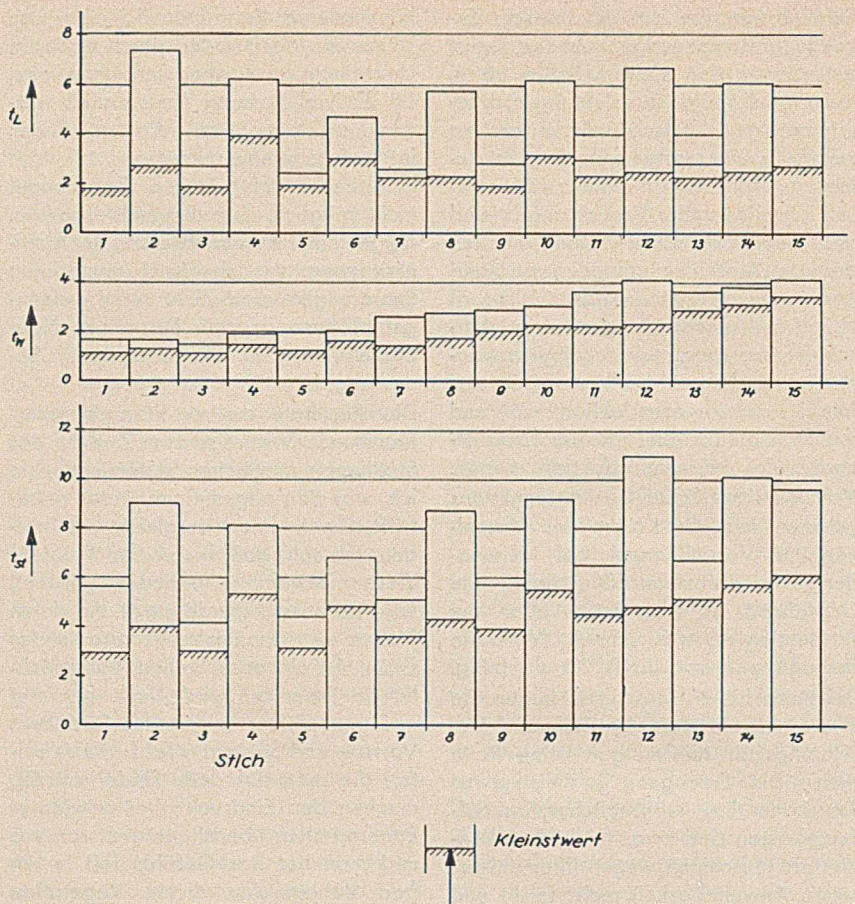


Bild 1: Zeitbedarf zum Walzen von Blöcken in 15 Stichen.

t_{st} = Stichzeiten, t_w = Walzzeiten, t_l = Leerzeiten.

Zeitmittelwert zum Walzen eines Blockes 98 s.
Kleinster Zeitbedarf zum Walzen eines Blockes 74 s.

prinzipielle Aufbau automatisierter Anlagen erläutert werden (Bild 2). Bei regelten Anlagen stellen im allgemeinen Menschen die Sollwerte für die einzelnen Regelgrößen auf Grund von Erfahrungen oder Informationen aus dem Fertigungsablauf ein. Diese Einstellung muß bei allen Änderungen der Einflußgrößen oder bei Programmwechsel korrigiert werden. Oft ist die Einstellung der Sollwerte auch das Ergebnis von logischen Entscheidungen, die sich aus der gleichzeitigen Beobachtung mehrerer technologischer Vorgänge ergeben. Die Regelung kann sich aber immer nur auf eine physikalische Größe beziehen. Eine automatisierte Anlage enthält daher immer so viele Regelkreise, wie selbständige Regelgrößen vorhanden sind, z. B. Drehzahl, Drehmoment oder Temperatur.

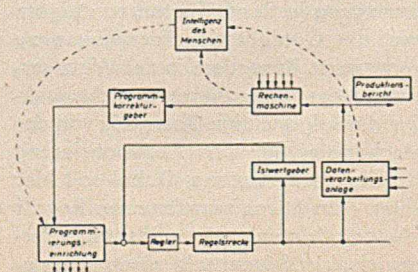
Bei den automatisierten Anlagen wird dem Menschen die Arbeit der Informationsauswertung und die Nachstellung der Führungsgrößen abgenommen. Eine Programmierungseinrichtung schreibt die Führungsgrößen der Regelkreise vor und außerdem enthält sie alle Steuerbefehle, die für den selbsttätigen Programmablauf benötigt werden. Das Programm wird außerhalb der Anlage fest-

gelegt und auf geeignete Informationsträger gespeichert.

Alle für den Fertigungsablauf wichtigen Größen werden fortlaufend gemessen. Dazu gehören vor allem Angaben über den Betriebszustand der Arbeitsmaschinen, über das Arbeitsgut in den verschiedenen Stadien der Fertigung, über die Eigenschaften der Rohstoffe und über die Umweltbedingungen. Die analogen Werte werden dabei selbsttätig in digitale Form umgewandelt und in einer Datenverarbeitungsanlage gesammelt, geordnet, umgeformt und ausgewertet. Das Ergebnis ist ein Produktionsbericht, der in Form gedruckter Tabellen einen unmittelbar lesbaren Überblick über den genauen Fertigungsablauf vermittelt.

Das «Gehirn» der automatisierten Anlage ist eine programmgesteuerte elektronische Rechenmaschine. Sie schließt sich an die Datenverarbeitung an und

Bild 2: Prinzipieller Aufbau automatisierter Anlagen.



ist aufs engste mit ihr gekoppelt. Ihre Aufgabe ist es unter anderem, Optimierungsrechnungen durchzuführen. Sie soll dann teilweise selbsttätig — ohne Zwischenschaltung des Menschen — in die Programmierung eingreifen und sie in sinnvoller Weise abändern. Damit die Rechenmaschine im Walzwerk selbsttätig optimale Walzprogramme errechnen bzw. vorhandene Walzprogramme laufend überwachen kann, ob sie optimal sind, muß allerdings eine wesentliche Voraussetzung erfüllt sein. Es muß eine möglichst umfassende Theorie der bildsamen Verformung aufgestellt und in mathematische Form gekleidet werden! Hierfür gibt es bereits einige vielversprechende Ansätze, aber sicherlich wird noch einige Zeit vergehen, bis optimale Walzprogramme rein rechnerisch ermittelt werden können. Besonders beim Kaliberwalzen auf Profileisenstraßen werden wohl immer Erfahrungen aus vorhergehenden ähnlichen Walzprogrammen und Probewalzen die Grundlagen für das Aufstellen neuer Walzprogramme liefern.

Wie aus Bild 2 hervorgeht, wird mit der Rechenmaschine ein Automatisierungskreis geschlossen, der im allgemeinen viele Regelkreise umschließt und der vor allem das Arbeitsgut selbst mit einschließt. Dieser Automatisierungskreis ist dadurch gekennzeichnet, daß er von

Zur Erleichterung der Automatisierung in Walzwerken ist man daher vor allem bemüht, den Materialfluß möglichst gleichmäßig zu gestalten. Diese Aufgabe ist bei den anfallenden Massen keineswegs einfach zu lösen. Es kommt hinzu, daß zur wirtschaftlicheren Ausnutzung der Produktionsanlagen häufig Zwischenlager notwendig werden, die den Materialfluß unterbrechen. Gleichzeitig mit der Automatisierung der Produktionsanlagen bereitet man darum die Steuerung des gesamten Materialflusses durch digitale Rechenmaschinen vor. Das kann zu einer erheblichen Steigerung des Lagerumschlages führen und gestattet vor allem, die unwirtschaftlichen, aber notwendigen Zwischenlager erheblich zu verringern.

Automatisierung im kontinuierlichen Walzwerk

Unter besonderer Berücksichtigung der Regelung und Steuerung elektrischer Antriebe soll an charakteristischen Beispielen gezeigt werden, wie die Automatisierung in den Walzwerken realisiert wird.

Ein ausgesprochener Fließprozeß liegt vor beim kontinuierlichen Feineisen-

dem sehr schnell sein. Ihre statische Drehzahlgenauigkeit beträgt im allgemeinen $\pm 0,2\%$, und größere dynamische Regelabweichungen beim Eintritt des Walzgutes in den Walzspalt werden je nach Art der Regelung in 100 bis 400 ms ausgeregelt.

Es liegt im Wesen des Walzvorganges, daß die geregelte, vorgegebene Drehzahl nicht in jedem Fall richtig ist. Eine technologisch wichtige Forderung lautet nämlich, daß während des Walzens keinerlei Zug auf das Walzgut ausgeübt werden darf. Deshalb wird das Walzgut zwischen den benachbarten Gerüsten in den einadrigen Fertigstraßen zwangsweise zu einer Schlinge ausgeleitet. Man muß dann durch Beeinflussung der Drehzahl des auf die Schlinge folgenden Walzgerüstes erreichen, daß die Schlinge auch bei schwankenden Eigenschaften des Walzgutes stets dieselbe Größe behält. Die Schlingenlänge als Hilfsregelgröße beeinflußt daher den Sollwert des Drehzahlregelkreises derart, daß das Walzgut selbst die Drehzahl des Motors führt.

Das ist ein entscheidender Schritt zur Automatisierung des Walzvorganges, denn der Steuermann auf der Steuerbühne braucht bei Programmwechsel nur noch ungefähr die geforderte Drehzahl für die Einzelantriebe einzustellen. Die Schlingenregelung korrigiert die Drehzahlen automatisch in der richtigen Weise. Das entlastet den Steuermann, aber noch wichtiger ist, daß Fehlschaltungen grundsätzlich verhindert werden, wie sie bei Korrektur von Hand niemals ganz zu vermeiden wären. Die Störanfälligkeit sinkt also durch die Automatisierung ganz wesentlich.

Die betriebssichere Messung der Schlingengröße ist entscheidend für den automatisierten Betrieb der kontinuierlichen Walzenstraßen. Es gibt sowohl horizontale als auch vertikale nach oben ausgeleimte Schlingen. Bei horizontaler Anordnung wirft ein motorisch betätigter Abweiser nach dem Anstich die Schlinge seitlich aus der Führungsrinne heraus auf einen Schlingentisch.

Bei vertikalen Schlingen drückt ein Schlingenheber das Walzgut nach dem Anstich mit leichtem Druck, der aber noch keine Verformung hervorruft, nach oben. Der Heber wird pneumatisch oder vorzugsweise von einem Schleifringläufer-Motor angetrieben, dessen Drehmoment einstellbar ist und dem jeweiligen Querschnitt des Walzgutes angepaßt wird.

Zum berührungslosen Erfassen der Schlingengröße des glühenden Walzgutes dient eine fotoelektrische Meßeinrichtung, die in einem robusten Abtastkopf (Rotakopf) untergebracht ist (Bild 4). Die große Empfindlichkeit der als Meßorgan verwendeten Infrarotzelle gestattet die Montage in relativ großer Entfernung vom Walzgut, so daß eine Beschädigung der Meßeinrichtung

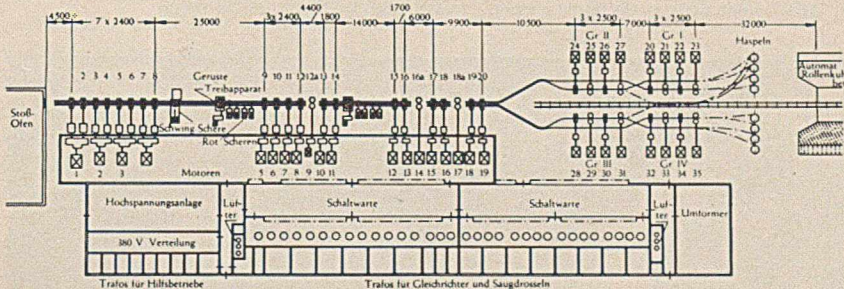


Bild 3: Disposition eines Feineisenwalzwerkes.

einer großen Zahl von Einzelinformationen gleichzeitig durchlaufen wird. Im Gegensatz dazu wird im Regelkreis immer nur eine einzige Information weitergegeben.

Das Bild läßt auch erkennen, wie die Intelligenz des Menschen in sinnvoller Weise über die Programmierung in den automatischen Ablauf des Geschehens eingreifen kann. Die notwendigen Informationen für seine Entscheidungen entnimmt der Mensch dabei vor allem den bereits ausgewerteten Ergebnissen der Datenverarbeitungsanlage und der Rechenmaschine.

Zur Regelung und Automatisierung eignen sich besonders alle Fließprozesse, z. B. die Kunstfasernerzeugung oder die Gewinnung elektrischer Energie im Großkraftwerk. Am wenigsten lassen sich Stückprozesse automatisieren, etwa die Montage von elektrischen Meßgeräten.

walzwerk, dessen Anordnungsschema Bild 3 zeigt. Aus einem Stoßofen werden die glühenden Knüppel in die Walzen der Vorstraße gedrückt. Das Walzgut durchläuft dann alle hintereinander stehenden Walzgerüste der Mittel- und Fertigstraßen und wird nach Verlassen des letzten Walzgerüsts auf den Haspeln zu Bündeln aufgewickelt. Während des Walzvorganges steckt das Walzgut zeitweise gleichzeitig in allen Walzgerüsten. Vor- und Mittelstraßen sind immer mehradrig, während die Fertigstraßen mit vier bis sechs Walzgerüsten im allgemeinen einadrig ausgeführt werden.

Bei den üblichen kleinen Gerüstabständen und hohen Walzgeschwindigkeiten moderner Feineisenstraßen ist selbstverständlich eine genaue Drehzahlregelung der Gleichstrom-Einzelantriebe mit Stromrichterspeisung erforderlich. Diese Gleichlaufregelung muß außer-

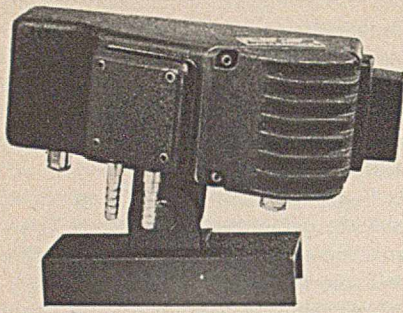


Bild 4: Rota-Kopf zum Abtasten der Lage von glühendem Walzgut.

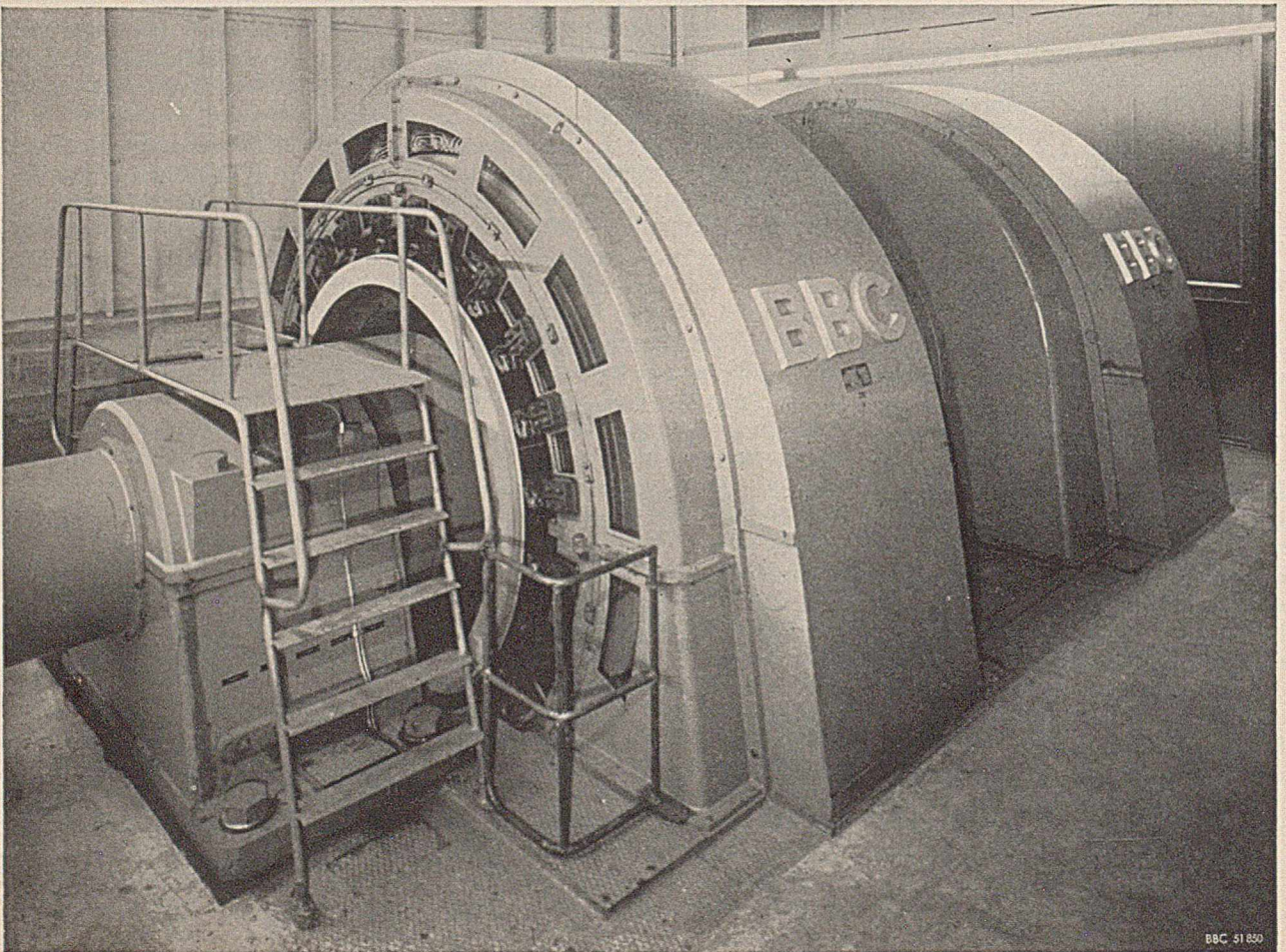
beim Forträumen von Schrott mit Kränen nicht vorkommen kann. Außer den geschilderten Drehzahlkorrekturen bietet das kontinuierliche Walzwerk noch viele Möglichkeiten zur Automatisierung. So werden praktisch alle Hilfsantriebe automatisch gesteuert. Erwähnt seien nur die Schlingenklappen an den horizontalen Schlingentischen oder die Schlingenheber, die rotierenden Schopfscheren und die Führungsweichen vor den Haspeln. Die Schaltbefehle werden beim Durchlauf des Walzgutes automatisch gegeben. Als berührungslose Fühlorgane haben sich dabei Fotozellen und infrarotempfindliche Halbleiter gut bewährt. Sie gestatten sehr genaue Schaltungen. Das bedeutet z. B. bei den rotierenden Scheren, daß die Schopf-

enden auch bei den höchsten Walzgeschwindigkeiten nur um ± 2 bis 3 cm in der Länge streuen. Der Schrottabfall ist also denkbar gering.

Die Haspelanlage am Ende der kontinuierlichen Feisenstraße sowie die Bundabgabe ist ebenfalls voll automatisiert. Jeder einadrigen Fertigstafel sind zwei Haspeln zugeordnet. Die Wickelköpfe der Haspeln werden auf relativen Gleichlauf mit dem letzten Walzgerüst geregelt. Sobald ein Stab zu Ende gewalzt ist, wird eine Weiche vor den Haspeln umgelegt und der nächste Stab, dessen Spitze dem vorhergehenden Ende mit einem zeitlichen Abstand von nur wenigen Sekunden folgt, läuft in die zweite aufnahmebereite Haspel ein. Gleichzeitig wird die andere Haspel entleert. Dabei läuft folgende Funktionsfolge ab: Der Haspelkorb wird unter Flur abgesenkt, ein Bundabschieber schiebt den Bund seitlich auf einen Kettentransport und läuft in seine Ausgangslage zurück, der Korb wird gehoben und ist wieder bereit zum Wickeln des nächsten Stabes. Gleichzeitig wird der Bund vom Kettentransport seitlich auf eine Tragkette übergeben. Nach Aufnahme eines Bundes läuft diese Tragkette jeweils um einen Transportschritt weiter, so daß sie in ihrer gesamten Länge ständig mit Bündeln belegt ist. Am Ende der Tragkette sind die Bunde

auf etwa 500° C abgekühlt und werden dort zur endgültigen Abkühlung auf einen mehrere hundert Meter langen Hakenbundtransport übergeben. Alle diese Vorgänge laufen vollautomatisch ab und werden von Fotozellen und Programmgebern gesteuert. Selbsttätig findet auch die Übergabe am Ende des Hakenbundtransportes auf die Verladeanlage statt, wo jeder Bund automatisch gewogen und registriert wird. Zur Überwachung von vier Haspeln mit allen zugehörigen Transport- und Übergabeeinrichtungen ist nur ein Mann erforderlich. Seine Tätigkeit besteht ausschließlich im Ein- und Abschalten der Anlage bei Walzbeginn und -ende sowie in gelegentlichen Eingriffen bei außergewöhnlichen Betriebszuständen. Die Betriebsergebnisse mit solchen automatisierten kontinuierlichen Feisenstraßen sind denkbar gut. Die anfangs weit verbreitete Skepsis der Betriebsleute gegenüber dem großen regelungstechnischen Aufwand bei den etwa 80 geregelten Gleichstromantrieben in einer einzigen Anlage ist vollständig beseitigt. Die mittleren Ausfallzeiten auf Grund elektrischer Störungen, die auch die Abschaltungen infolge mechanischer Überlastung enthalten, liegen außerordentlich günstig im Bereich von 0,4 bis 0,8% bezogen auf eine Betriebszeit von 17 bis 19 Schichten in der Woche.

Bild 5: Doppelmotor für ein Reversierwalzwerk. Abschaltmoment 2×165 tm Leistung 2×3600 KW Drehzahl 65/130 U/min



Der automatische Betrieb der Reversierwalzwerke

Reversierwalzwerke haben die Aufgabe, bei ständigem Wechsel der Walzrichtung das Walzgut mit einer größeren Zahl von Durchgängen — Stiche genannt — auszuwalzen. Der Antrieb der Arbeitswalzen geschieht im allgemeinen mit stromrichter-gespeisten Gleichstrommotoren. Häufig werden dabei die obere und untere Walze getrennt angetrieben. Das hat den Vorteil, daß das sonst erforderliche schwere Kammwalzgetriebe zwischen Antrieb und Walzen fortfällt.

Die meistens sehr großen Antriebsleistungen werden oft auf zwei Motoren aufgeteilt, die in Tandemanordnung auf einer Welle sitzen (Bild 5). Das hat außerdem den Vorteil, daß die Schwingmassen verringert und die Umkehrzeiten entsprechend verkürzt werden.

Der Betrieb der Reversierwalzwerke läßt sich in hohem Maße automatisieren. Das Walzgut wird dabei nach einem vorgewählten Stichfolgeprogramm selbsttätig ausgewalzt. Dabei sollen die elektrischen Maschinen und mechanischen Einrichtungen voll ausgenutzt und der Energieverbrauch, soweit vertretbar, eingeschränkt werden.

Das Programm wird für eine vollständige Stichfolge auf einem geeigneten Informationsträger gespeichert. Bei einem Blockwalzwerk werden für jeden Stich z. B. die folgenden Größen programmiert: Walzspalt (Lage der Oberwalze), Walzgeschwindigkeit, Verschieberstellung und die Kanterbewegung für die Kantstiche.

Die Steuerbefehle zum Beschleunigen, Bremsen und Reversieren des Hauptantriebes werden beim Durchlauf des Walzgutes selbsttätig ausgelöst. Als Befehlsgeber dienen fotoelektrische Meßeinrichtungen (z. B. Rota-Köpfe) zu beiden Seiten des Walzgerüsts bzw. eine Walzdruckmeßeinrichtung an den Walzenständen. Ihre Anordnung ist im Bild 6 schematisch angedeutet.

Die Walzdruckmeßeinrichtung dient zur Auslösung der Schaltbefehle beim Be- und Entlasten des Walzgerüsts. Sie besteht aus Dehnungstransformatoren, einem Nullpunktregler und einem Signalverstärker. Die Dehnungstransformatoren sind als Träger einer Brücken-anordnung von Dehnungsmeßstreifen außerordentlich robust ausgeführt und für den rauen Walzwerksbetrieb genügend zuverlässig.

Wenn das Walzgut eine bestimmte Länge erreicht hat, wird das Walzgerüst bei allen folgenden Stichen mechanisch gebremst, d. h. die in den rotierenden Massen gespeicherte kinetische Energie wird gegen Ende des Stiches in Verformungsarbeit umgesetzt. Angestrebt wird dabei ein rein mechanisches Bremsen. Dieses wünschenswerte Ziel läßt sich jedoch nicht sinnvoll verwirklichen. Besonders bei den letzten Stichen, die mit

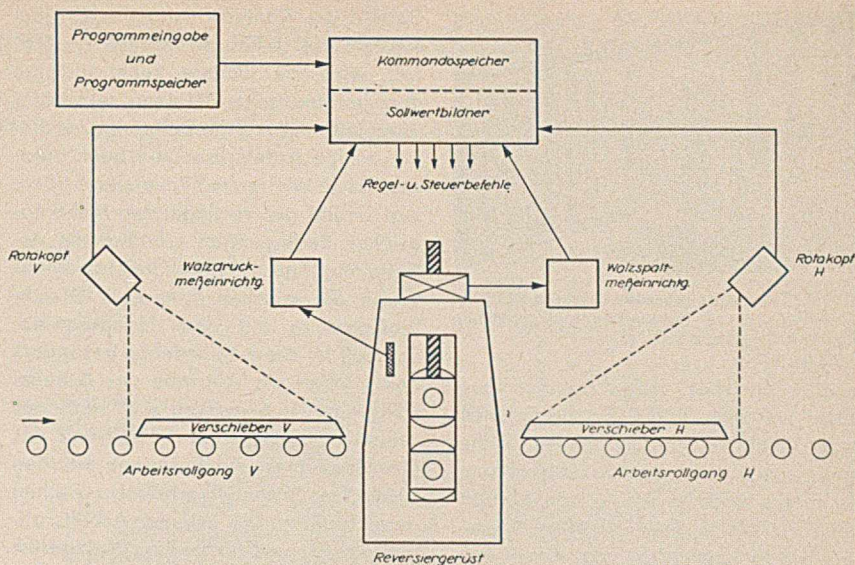


Bild 6: Anordnungsschema eines automatisierten Reversierwalzwerkes.

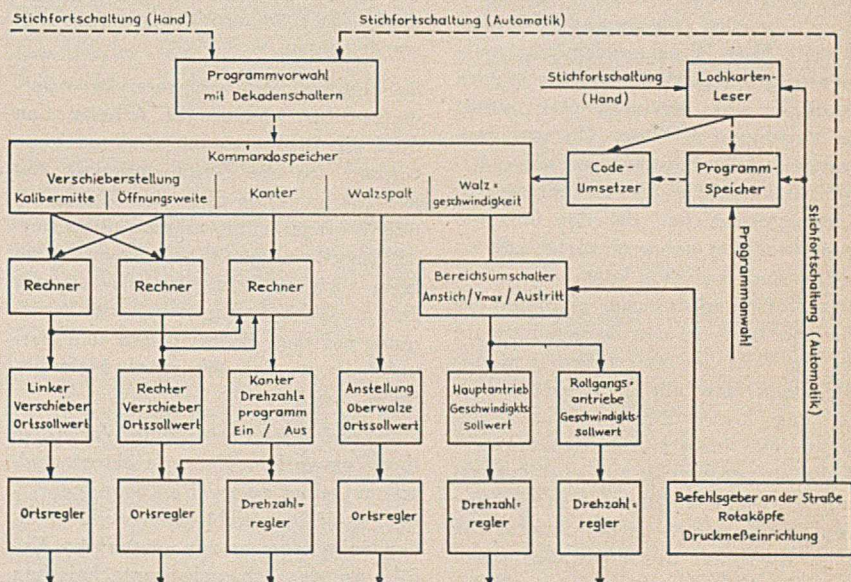


Bild 7: Informationsfluß beim automatisierten Blockwalzwerk.

maximaler Walzgeschwindigkeit gewalzt werden, ist nämlich die kinetische Energie groß und die Walzarbeit verhältnismäßig klein, so daß zum rein mechanischen Bremsen sehr lange Bremswege erforderlich wären. Das würde die Stichzeiten aber untragbar verlängern. Es muß daher mechanisch und elektrisch gebremst werden. Das wird dadurch erreicht, daß dem Hauptantrieb eine bestimmte Verzögerung von einem Drehzahlprogrammgeber vorge-schrieben wird. Das Ziel beim automatisierten Walzbetrieb soll aber immer sein, die elektrische Bremsarbeit auf möglichst kleine Werte zu begrenzen. Für die Leerzeit nach jedem Stich ist die Verstellzeit für die Oberwalze und die Verschieber maßgebend. Die zeitlich günstigste Ausnutzung der Blockstraße wird daher erreicht, wenn der Block in dieser Zeit gerade auf dem Arbeitsrollgang reversiert und wieder bis an den Walzspalt herangeführt wird. Gleichzeitig soll auch der Hauptantrieb von seiner Austrittsgeschwindigkeit auf

Anstichgeschwindigkeit in der entgegengesetzten Richtung reversieren. Der Geschwindigkeitsanstieg ist am Drehzahlprogrammgeber einstellbar; das entspricht einem konstanten Moment beim Beschleunigen bzw. Bremsen. Der Geschwindigkeitsanstieg ist dabei im allgemeinen so steil zu wählen, daß der Antrieb bei der Mehrzahl der Stiche an der Strombegrenzung hochläuft. Die Anstich- und Austrittsgeschwindigkeit des Blockes können getrennt programmiert werden. Für die konstante Walzgeschwindigkeit bei jedem Stich wird es im allgemeinen genügen, etwa 10 Stufen vorzusehen und in geeigneter Stufung auf den Drehzahlbereich von Grunddrehzahl bis zur Maximalgeschwindigkeit zu verteilen. Zu jeder Geschwindigkeitsstufe gehört bei konstantem Bremsmoment eine bestimmte feste Bremsweglänge. Den Informationsfluß bei einem automatisierten Blockwalzwerk zeigt Bild 7. Das Kernstück der Anlage bildet der Kommandospeicher. Er ist ein elektro-

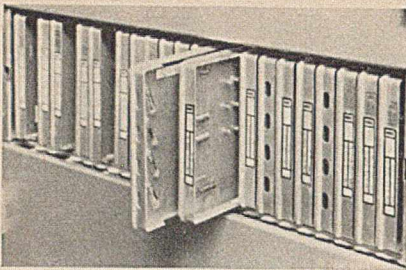


Bild 8: Transistor-Tetraden bilden die Grundeinheiten zum Aufbau eines elektronischen Kommandospeichers.

nischer Speicher, aufgebaut mit Transistor-Tetraden (Bild 8). Er speichert für jeden Stich Verschieberstellung, Walzspalt sowie Walzgeschwindigkeit und — sofern erforderlich — den Kantbefehl. Die Werte dieser Größen werden wahlweise entweder von einer Programmvorwahlrichtung mit Dekadenschaltern oder vom Lochkartenleser über einen Code-Umsetzer zum Kommandospeicher übertragen. Für bestimmte Fälle ist es zweckmäßig, mehrere vollständige Walzprogramme nach Betätigen eines Anwahlschalters sofort zur Verfügung zu haben. Das wird realisiert durch den Einsatz eines Programmspeichers zwischen Lochkartenleser und Kommandospeicher, der den Informationsinhalt von mehreren verschiedenen Lochkarten speichern kann.

Vom Kommandospeicher gelangen die Informationen zu den Sollwertbildnern für die Orte der Verschieber und Anstellungen bzw. für die Geschwindigkeit des Hauptantriebes und der Rollgänge. Das oben erläuterte Geschwindigkeitsprogramm ist zunächst im Kommandospeicher vorbereitet, es wird von den Befehlsgebern an der Blockstraße beim Durchlauf des Walzgutes nacheinander über einen Bereichsumschalter von Anstich- auf Maximal- und Austrittsgeschwindigkeit umgeschaltet. Beim automatischen Betrieb geschieht die Stichfortschaltung selbsttätig. Sie kann aber sowohl bei Programmvorwahl mit Dekadenschaltern als auch bei Lochkartenprogrammierung wahlweise von Hand eingeleitet werden; das ist dann der halbautomatische Betrieb.

Für die Funktionsfolge beim automatischen Walzen muß der Kantvorgang noch besonders beachtet werden. Die Verschieber werden beim Kantstich automatisch verfahren. Dabei wird das eine Verschiebelineal relativ zum anderen nach einem bestimmten Programm auseinander gefahren. Diese Relativbewegung der Lineale ist abhängig von der Abmessung des Walzgutes und kann mit Hilfe von Rechnern aus den im Kommandospeicher enthaltenen Informationen ermittelt werden. Die Bewegung des Kanters geschieht nach einem festen intern gespeicherten Drehzahlprogramm. Dieses wird eingeschaltet, wenn ein Kantstich programmiert wurde und das Walzgut den Walzspalt verlassen hat.

Sobald die Kantvorrichtung nach dem Kanten ihre definierte Endlage erreicht hat, wird die weitere Funktionsfolge zum automatischen Walzen selbsttätig eingeleitet. Auch die Rollgänge verdienen einige Aufmerksamkeit beim automatischen Walzen auf Reversierstraßen. Auf Grund der vorliegenden technologischen Bedingungen erhalten die Arbeitsrollgänge meistens Gleichstromantriebe. Sie erhalten dann eine Gleichlaufregelung mit dem Hauptantrieb. Sinnvoll ist diese Anordnung besonders dann, wenn die Antriebe der Arbeitsrollgänge so bemessen sind, daß der relative Gleichlauf auch während des Beschleunigens und Bremsens erhalten bleibt. Das Drehzahlverhältnis zwischen dem Hauptantrieb und den Arbeitsrollgängen vor und hinter dem Walzgerüst sollte einzeln einstellbar sein, damit der Rückstau bzw. die Voreilung des Walzgutes gegenüber der Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswalzen berücksichtigt werden kann.

Bei automatisierten schweren Reversierwalzwerken können die Arbeitsrollen auch mit Drehstromantrieben versehen werden. Da die Geschwindigkeit des Walzgutes gegen Ende des Stiches mit dem Walzgerüst bis auf eine kleine Austrittsgeschwindigkeit abgebremst wird, kann auch mit Drehstromantrieben die Zeit für die Richtungsumkehr des Walzgutes auf dem Rollgang und sein Heranführen an den Walzspalt klein gehalten werden.

Das Vordringen der Automatisierung in den Walzwerken führt auf elektrotechnischem Gebiet zu zwei entgegengesetzten Entwicklungsrichtungen. Auf der einen Seite führt es zur verstärkten Einführung der schwachstromtechnischen Bauelemente und Schaltungen für Regelanlagen und zur Informationsverarbeitung. Diese Entwicklung wird der Starkstromtechnik zunächst sicherlich mit Unbehagen betrachtet. Sie läßt sich jedoch nicht aufhalten; es wäre unklug, wollte man nicht die vielen hiermit gegebenen Möglichkeiten auch für die Automatisierung der Walzwerke ausnutzen.

Auf der anderen Seite werden immer größere Antriebsleistungen benötigt, die wegen der guten Regelfähigkeit fast ausschließlich als stromrichter gespeiste Gleichstrommotoren ausgeführt werden. Sie werden bei den schweren Reversierstraßen ständig im stoßartigen Beschleunigungsbetrieb gefahren. Die damit verbundenen Blindlaststöße führen zu erheblichen Spannungseinbrüchen im Versorgungsnetz, welche die übrigen Anlagenteile sowie fremde Verbraucher erheblich stören können. Die Netzrückwirkungen schwerer Walzenstraßen stellen ein Problem dar, das besonders im Zusammenhang mit der Automatisierung der Anlagen an Bedeutung gewinnt. Diese Störeinflüsse müs-

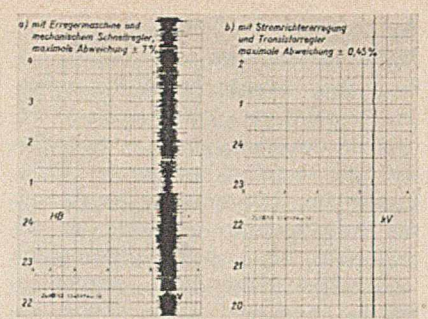


Bild 9: Spannung eines 46-MVA-Generators mit unruhigen Verbrauchern. Blindlaststöße bis 25 MVA.

sen daher so weit wie irgend möglich vermindert werden.

Je nach der Art der Energieversorgung gibt es verschiedene Wege, um diesen Schwierigkeiten zu begegnen. Wird etwa ein Hüttennetz im Inselbetrieb betrieben, so ist es möglich, den speisenden Generator über Stromrichter zu erregen und mit Transistor-Reglern so schnell zu regeln, daß die bei Erregung über Maschinen unvermeidlichen Spannungsschwankungen fast ganz beseitigt werden. Dazu muß noch erwähnt werden, daß man bei schweren Reversierantrieben mit Stromrichterspeisung die Geschwindigkeit des Stromaufbaues bei Drehzahländerungen völlig in der Hand hat. Man kann z. B. wählen, ob der Strom in 50, 100 oder 150 ms aufgebaut wird. Das sind Zeiten, die der Ausregelzeit bei elektronischer Spannungsregelung der Generatoren entsprechen. Der Schreibstreifen in Bild 9 zeigt links den Spannungsverlauf in einem Hüttennetz. Es wird von einem 46 MVA-Generator mit Erregung über Erregermaschine gespeist. Als Verbraucher sind u. a. eine Blockstraße von 360 tm, 3 stromrichtergespeiste Reversierstraßen von je 190 tm, 2 Halbzeug- und 2 Drahtstraßen angeschlossen. Diese unstetigen Verbraucher verursachen Blindlaststöße bis 25 MVA, die Spannungsschwankungen des Netzes bis zu 14% zur Folge haben. Sie gingen bei Betrieb mit Stromrichter-Erregung auf weniger als 1% zurück.

Wenn die schweren Walzwerksantriebe in einem anderen Fall an ein schwaches Hochspannungsnetz angeschlossen sind, so kann man auf ähnliche Weise die Spannungsschwankungen mit einem elektronisch geregelten umlaufenden Phasenschieber wirkungsvoll verringern.

Zusammenfassung

Eingangs wurden die Ziele der Automatisierung im Walzwerk erläutert und der prinzipielle Aufbau automatisierter Anlagen allgemeinsten Art diskutiert. Am Beispiel eines kontinuierlichen Feineisenwalzwerkes wird der automatische Arbeitsablauf näher beschrieben unter Berücksichtigung der Anforderungen an die elektrischen Antriebe. Für automatisierte Reversierwalzwerke wird die Arbeitsweise der Haupt- und Hilfsantriebe betrachtet.

Derzeitige Probleme der Erzeugung, Verteilung und Nutzung elektrischer Energie

Prof. Dr.-Ing. P. Denzel, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Rhein.-Westf. Technische Hochschule, Aachen

Ein ausreichendes Energiedargebot ist heute Voraussetzung für die Wirtschaftskraft und den Lebensstandard eines jeden Volkes. Der Frage der Energieversorgung wird daher in allen Ländern besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Unter den verschiedenen Energieformen gewinnt die elektrische Energie infolge ihrer universellen Anwendbarkeit eine stetig wachsende Bedeutung. Elektrische Energie ist in einfacher Weise und mit gutem Wirkungsgrad über verhältnismäßig billige Leitungen transportierbar und läßt sich leicht und mit besserem Wirkungsgrad als andere Energieformen in die Nutzenergiearten Licht, mechanische Arbeit und Wärme überführen.

Die fortschreitende Automatisierung vieler Fertigungsmethoden der Industrie und die dazu notwendige Regelung der Arbeitsvorgänge, die teilweise nur mit elektrischer Energie durchgeführt werden kann, zwingen zur vermehrten Anwendung elektrischer Energie. Wenn auch zur Zeit der Anteil der Elektrizitätserzeugung der Welt nur etwa 5 % der Gesamtenergieerzeugung ausmacht, so zeigt doch — wie in Bild 1 dargestellt — die steile Zunahme des Verbrauchs elektrischer Energie deren besondere Bedeutung. Während die jährliche Zunahme der Gesamtenergieerzeugung im Durchschnitt 2,5... 3 % beträgt, liegt die Zunahme der Erzeugung elektrischer Energie bei rund 7 % des jeweiligen Vorjahresstandes. Diese stärkere Zunahme zeigt, daß nicht nur ein beträchtlicher Teil des Zuwachses des Gesamtenergiebedarfs von der elektrischen Energie übernommen wird, sondern auch, daß vielfach elektrische Energie an die Stelle anderer bisher

Bild 1: Entwicklung der Energieerzeugung der Welt.

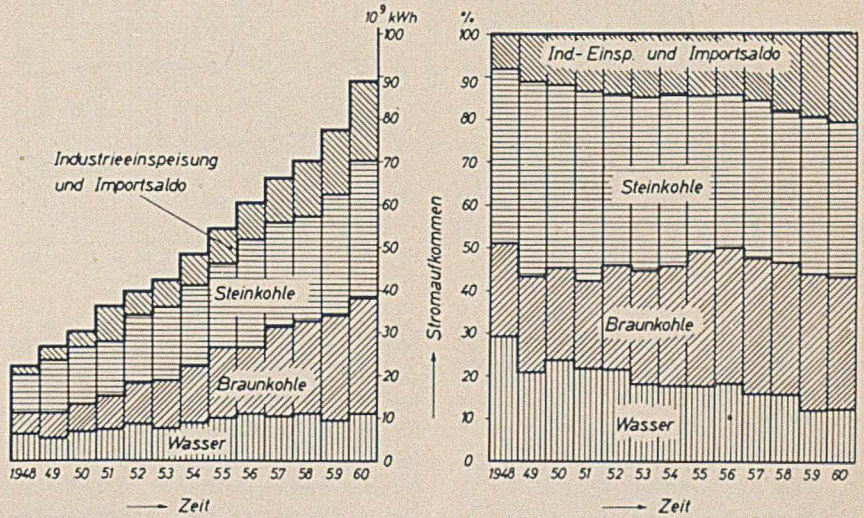
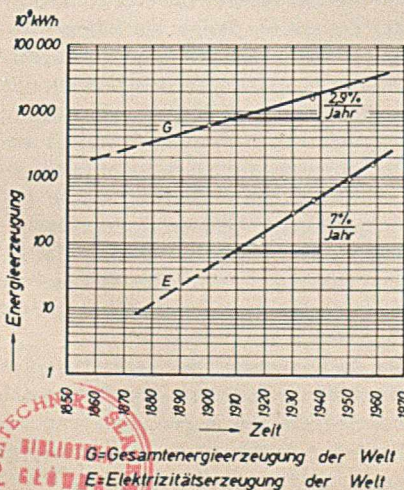


Bild 2: Absolute und relative Entwicklung des Stromaufkommens des öffentlichen Netzes der Bundesrepublik.

angewandter Energieformen tritt. Der aus der Erfahrung gewonnenen Zuwachsrates von ca. 7 % liegt die heute allgemein für die weitere Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft angenommene Verdoppelung des Elektrizitätsverbrauchs innerhalb von 10 Jahren zugrunde.

Zur Zeit entfallen rund 6...7 % der Elektrizitätserzeugung der Welt auf die Bundesrepublik, während die Bevölkerung der Bundesrepublik rund 2 % der Weltbevölkerung ausmacht. Ein Vergleich mit den Angaben eines amerikanischen Berichtes, demzufolge beispielsweise die USA zwar nur 6 % der Weltbevölkerung besitzen, aber über rund 40 % der Welt-Elektrizitätserzeugung verfügen, läßt interessante Rückschlüsse auf den zukünftig zu erwartenden Umfang der Anwendung elektrischer Energie und der weiteren Mechanisierung und Automatisierung der industriellen Produktion sowie der Verbesserung des allgemeinen Lebensstandards in der Bundesrepublik zu.

Erzeugung elektrischer Energie

Für die Umwandlung in elektrische Energie dienen als Rohenergien zur Zeit noch vorwiegend die klassischen Energieträger Wasserkraft und Kohle. In den verschiedenen Ländern liefert die Wasserkraft je nach den geographischen Verhältnissen einen sehr unterschiedlichen Beitrag zur Elektrizitätserzeugung; so liegt ihr Anteil zum Beispiel in der Schweiz und in Norwegen bei fast 100 %, während die Niederlande praktisch keine Wasserkraftwerke aufweisen.

Bild 2 zeigt die Anteile der verschiedenen Energieträger an der Erzeugung des Stromaufkommens des öffentlichen

Netzes der Bundesrepublik in den Jahren 1948...1960. Die mit Steinkohle, Braunkohle, Wasser bezeichneten Abschnitte stellen das aus öffentlichen Kraftwerken stammende Stromaufkommen dar; der Rest stammt aus der Einspeisung durch industrie-eigene Kraftwerke sowie aus dem Importsaldo des Stromaustausches mit dem Ausland.

Wie die relative Darstellung in der rechten Hälfte des Bildes zeigt, hat der aus der Wasserkraft stammende Anteil des Stromaufkommens, der in den letzten Jahren bei 15...20% lag, praktisch dauernd abgenommen. Diese Tendenz wird auch in Zukunft bestehen bleiben, da die wirtschaftlichsten Wasserkräfte in der Bundesrepublik bereits ausgebaut sind, der absolute Anteil der Wasserkraft an der Erzeugung des Stromaufkommens, wie in der linken Hälfte des Bildes ersichtlich, im wesentlichen also konstant bleibt, während der Gesamt-Energiebedarf laufend zunimmt.

Noch deutlicher geht das aus der Betrachtung von Bild 3 hervor, das für den gleichen Zeitraum die Entwicklung der sogenannten Engpaßleistung des öffentlichen Netzes der Bundesrepublik zeigt und bezüglich des Anteiles der Wasserkraft nicht durch das Auftreten von Naß- und Trockenjahren beeinflusst wird. Der Anteil der Wasserkraftwerke an der Engpaßleistung ist in den letzten Jahren zwar absolut gesehen noch geringfügig gestiegen; trotzdem ist der relative Anteil dauernd stark im Sinken begriffen, da die Engpaßleistung insgesamt wegen des wachsenden Energiebedarfes sehr viel schneller vergrößert werden muß.

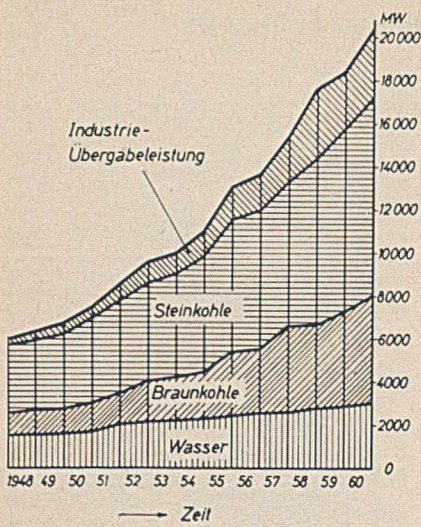


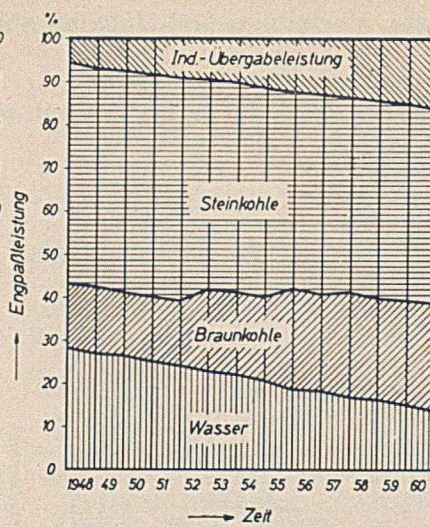
Bild 3: Absolute und relative Entwicklung der Engpaßleistung des öffentlichen Netzes der Bundesrepublik.

In vielen Ländern ist die Kohle vorläufig noch der wichtigste Rohstoff für die Elektrizitätserzeugung. Die technische Weiterentwicklung der Dampfkraftwerke hat im vergangenen Jahrzehnt eine wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Umwandlung der chemisch gebundenen Energie der Brennstoffe in elektrische Energie erbracht. Während ältere Kraftwerke, die man heute nur noch gelegentlich zur Zeit der höchsten Belastungsspitzen einsetzt, einen Verbrauch von rund 1 kg Steinkohle entsprechend rund 7000 kcal pro kWh haben, arbeiten modernste Dampfkraftwerke mit einem Verbrauch von rund 2100 kcal/kWh.

Der Hauptanteil der Verbesserung des Umwandlungswirkungsgrades lag auf der Dampfseite der Kraftwerke. Sie wurde erreicht durch ständige Steigerung des Anfangsdruckes und der Anfangstemperatur in Verbindung mit Dampfzwischenüberhitzungen sowie durch die sogenannte Carnotisierung des Wasser-Dampf-Prozesses durch vielstufige Regenerativ-Vorwärmung des Speisewassers mittels Anzapfdampf, ferner durch Erstellung immer größerer Einheiten.

Heutige Turbosätze werden normalerweise für eine Leistung von 50...150 MW bei einem Anfangsdampfzustand von 125...200 at und 525° C ausgelegt. Dann kann man für den spezifischen Wärmeverbrauch Werte von 2800...2400 kcal/kWh erzielen.

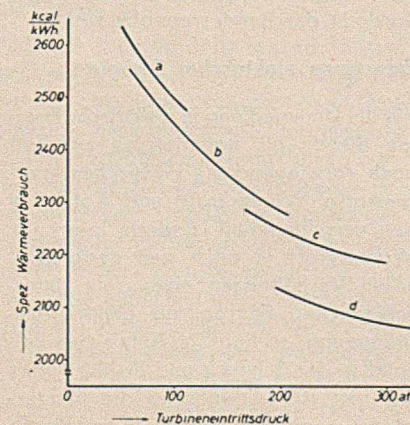
Weitere Verbesserungen des Umwandlungswirkungsgrades müssen teuer erkaufte werden; sie sind möglich durch Übergang zu sogenannten überkritischen Kraftwerken, indem man weitere Steigerungen des Anfangsdruckes und der Anfangstemperatur vorsieht, und durch Erstellung noch größerer Einheiten. Bild 4 zeigt die zur Zeit in großen Blockkraftwerken möglichen Bestwerte. Vor allem Temperatursteigerungen über



560° C erhöhen die Anlagekosten sehr, da dann für den Überhitzer im Kessel, für die Dampfleitungen zur Turbine und für die ersten Stufen der Turbine die viel teureren austenitischen Stähle verwendet werden müssen. Den höchsten zur Zeit bekannten Anfangsdampfzustand der Welt weist der Block I des Kraftwerkes Eddystone der Philadelphia Electric Co., USA, mit 353 at, 649/565/565° C bei einer Leistung von 325 MW (aufgeteilt auf zwei Wellen und zwei Generatoren; «Zweiwellensatz») auf. Er wird gefolgt von dem Kraftwerk Philo der Ohio Power Co., USA, und dem Kraftwerk II der Chemische Werke Hüls AG, Bundesrepublik, das bei einem Anfangsdampfzustand von 300 at, 600/560/560° C in einem Zweiwellensatz 88 MW leistet. Mit diesen Auslegungsdaten sind die derzeitigen technischen und wirtschaftlichen Grenzen bei der Umwandlung der chemisch gebundenen Energie der Brennstoffe in elektrische Energie praktisch erreicht.

Im Augenblick ist das Bestreben kennzeichnend, zu hohen Drücken überzu-

Bild 4: Unter optimalen Bedingungen in Dampfkraftwerken erzielbare Werte des spezifischen Wärmeverbrauches.



Kurve	Turb.-Eintr.-Temperatur	Zwischenüberhitzung
a	520° C	ohne
b	520° C	einfach
c	580° C	zweifach
d	650° C	zweifach

gehen, dabei aber die Anfangstemperatur so zu wählen, daß man mit den billigeren ferritischen Stählen auskommt. Eine noch bessere Ausnutzung der Brennstoffenergie bringt die gleichzeitige Erzeugung von Elektrizität und Wärme in den sogenannten Gegendruck- oder Heizkraftwerken; dann kann 1 kWh mit einem Aufwand von 1000...1500 kcal erzeugt werden. Nachteilig ist hierbei jedoch die Kuppelung des Elektrizitäts- und Wärmebedarfes, da die Belastungskurven nur in seltenen Fällen gut übereinstimmen. Kraftwerke dieser Art kommen nur dann in Frage, wenn große Dampf- oder Wärmeverbraucher in nächster Nähe vorhanden sind.

In den letzten Jahren ist dem Energierohstoff Kohle in Öl und Erdgas eine spürbare Konkurrenz erwachsen. Vor allem in den USA und der UdSSR sind diese Energierohstoffe bereits zu einem beträchtlichen Anteil am Gesamtenergieaufkommen beteiligt.

Außerdem ist seit einigen Jahren als neue Energiequelle die Kernenergie auf den Plan getreten, die in absehbarer Zeit große Bedeutung gewinnen dürfte. Die sogenannten Kernbrennstoffe bieten den großen Vorteil außerordentlich hoher Energiedichte. Nach Einstein sind Masse und Energie äquivalent. Die extrem schweren und die extrem leichten Atome (wie Uran und Wasserstoff) können besonders leicht gespalten bzw. fusioniert werden. Infolge des dabei auftretenden Massendefektes findet eine Energiefreisetzung statt. Die Nutzung dieser Energie ist bisher nur bei der Kernspaltung möglich.

Die zur Zeit aus 1 kg Natururan gewinnbare thermische Energie entspricht der Energie von etwa 20 t Steinkohle. Da sie im Reaktor nur mit verhältnismäßig niedriger Temperatur abgenommen werden kann, ist die zur Erzeugung von 1 kWh erforderliche Wärmemenge mit 3200...2800 kcal noch verhältnismäßig hoch. Trotzdem beträgt die aus 1 kg Natururan gewinnbare elektrische Energie schon rund das 13000fache der aus 1 kg Steinkohle gewinnbaren Energie. Da sich der Preis für Natururan rund auf das 2500fache des Preises für Steinkohle beläuft, betragen die Brennstoffkosten der aus Natururan erzeugten elektrischen Energie rund 20% der Kosten bei Erzeugung aus Steinkohle. Diesem Verhältnis stehen aber heute noch Anlagekosten gegenüber, die rund das 5fache der Anlagekosten herkömmlicher Dampfkraftwerke betragen. Daher ist der Erzeugungspreis elektrischer Energie aus Kernenergie heute noch höher als bei Gewinnung aus Kohle.

Die Anlagekosten von Kernkraftwerken werden voraussichtlich sinken, wenn sich aus den zur Zeit in der Erprobung befindlichen Reaktortypen ein Typ als der geeignetste herausgeschält hat. Damit

werden dann auch die Erzeugungskosten elektrischer Energie aus Kernenergie so weit sinken, daß sie mit den Kosten der elektrischen Energie aus Kohle konkurrieren können.

Verteilung elektrischer Energie

Die Verteilung der elektrischen Energie an die einzelnen Abnehmer geschieht durch Leitungsnetze. Im Laufe der Zeit wurden immer mehr örtlich begrenzte Einzelnetze durch Verbindungsleitungen mit höherer Spannung zusammengeschlossen. So entstanden die Gebiets- und Landesnetze, die heute in Mitteleuropa zu einem internationalen Verbundnetz zusammengefaßt sind.

Örtlich vorhandene Kraftwerke speisen je nach ihrer Leistung in die verschiedenen Spannungsstufen ein. Dabei bedingen der wachsende Elektrizitätsbedarf einerseits und die zunehmende Konzentrierung der Elektrizitätserzeugung andererseits für die Leitungen immer höhere Übertragungsleistungen.

Die Grenze der Übertragungsspannung liegt zur Zeit in Mitteleuropa bei 400 kV. Für ein Gesamtnetz mit mehreren Spannungsstufen zwischen der Verteilerspannung und der höchsten Übertragungsspannung ergibt sich die schematische Darstellung nach Bild 5. Während die technische Zusammenarbeit dieser Netze verschiedener Spannung im wesentlichen geklärt ist, muß die Frage nach der zweckmäßigen Aufteilung der Spannungsstufen in Abhängigkeit von der Dichte des Energiebedarfes in einem Versorgungsgebiet noch als offen bezeichnet werden.

Das zur Zeit in der Bundesrepublik im Ausbau befindliche 400 kV-Netz ist in Bild 6 zusammen mit den vorgesehenen internationalen Austauschstellen schematisch dargestellt.

Das bei hohen Übertragungsspannungen im Vordergrund stehende Problem der Korona-Verluste wurde durch die Weiterentwicklung des Hohlseiles zum Bündelleiter gelöst. Der Bündelleiter besteht aus mehreren Teilleitern, die in geringem Abstand nebeneinander angeordnet sind und sich hinsichtlich der die Korona-Verluste bestimmenden Feldstärke ähnlich verhalten wie ein Hohlseil mit einem so großen Durchmesser, wie er verlegungstechnisch und materialmäßig überhaupt nicht mehr zu bewältigen wäre. Außerdem besitzt die Bündelleiter-Leitung eine wesentlich höhere Übertragungsfähigkeit als etwa eine Hohlseil-Leitung. Bild 7 zeigt das Modell eines deutschen 400 kV-Mastes mit Bündelleitern. Der Mast ist in natürlicher Größe ca. 47 m hoch.

Ein besonderes Problem stellt ferner die Sicherung der Versorgung mit elektrischer Energie dar. Fehler auf den Leitungen sind nie ganz zu vermeiden. Betriebsstörungen, vor allem in den oberen Spannungsstufen, würden aber zu

Leistung der einspeisenden Kraftwerke

ca. 200 MVA

ca. 50 MVA

ca. 10 MVA

ca. 1 MVA

Spannungsstufe

400 kV

220 kV

110 kV

30, 60 kV

10, 20 kV

Bild 5: Schematische Darstellung des Aufbaues der Stromversorgungsnetze.

Produktionsausfällen in großen Gebieten führen. Um die Elektrizitätsversorgung von solchen Störungen möglichst unabhängig zu machen, schließt man mehrere Leitungen durch Ausgleichsverbindungen zusammen und kommt so zum sogenannten vermaschten Netz. In einem solchen Netz muß dann aber ein auftretender Fehler automatisch schnellstens beseitigt werden. Dazu sind wie-

derum besondere Maßnahmen notwendig.

Zur Feststellung von Fehlern auf einer Leitung in einem vermaschten Netz bedient man sich einer im Prinzip einfachen Widerstandsmessung von allen Anfängen und Enden der vermaschten Leitung bis zur Fehlerstelle. Nur die fehlerhafte Leitung soll abgeschaltet werden. Kompliziert wird diese Schutzein-

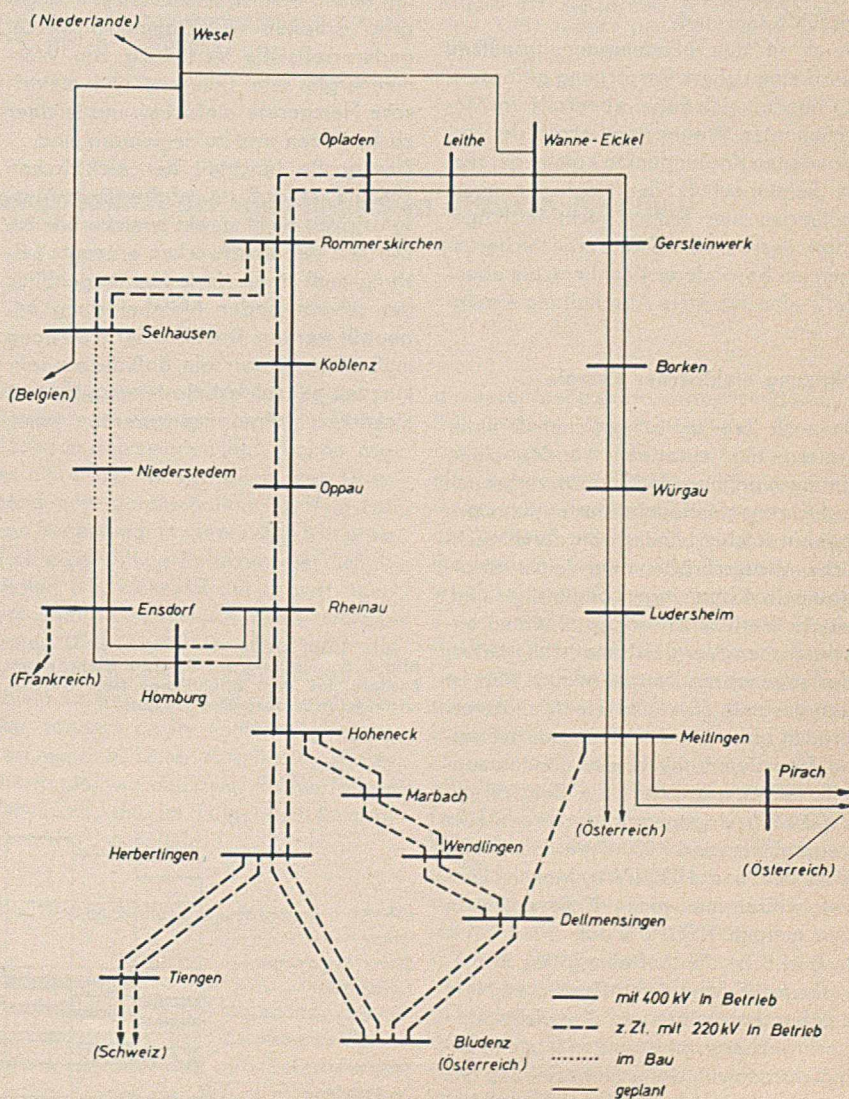


Bild 6: Geplanter Aufbau des 400 kV-Netzes der Bundesrepublik.

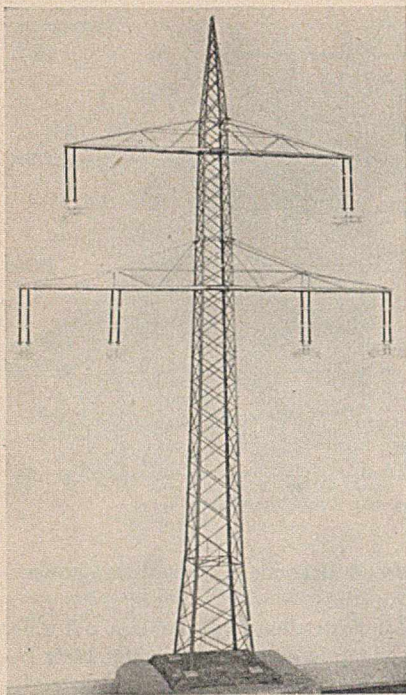


Bild 7: Modell eines 400 kV-Mastes («Donau-Mastbild»).

richtung dadurch, daß die Messung einschließlich der Abschaltung der fehlerhaften Leitung in etwa 0,1 sec durchgeführt sein muß.

Auch in den Niederspannungsnetzen wird eine sichere Versorgung gefordert. Es handelt sich dabei ebenfalls um Maschennetze. Wegen der Vielzahl der vorhandenen Knotenpunkte kommt der teure Selektivschutz der Hochspannungsleitungen hier jedoch nicht in Frage. Statt dessen verwendet man Sicherungen mit besonderer Kennlinie, die ebenfalls eine selektive Abschaltung ermöglichen.

Nutzung elektrischer Energie

Je nach ihrer wirtschaftlichen Struktur weisen die einzelnen Länder einen unterschiedlichen Elektrizitätsverbrauch auf. In hochindustrialisierten Ländern oder in solchen Ländern, die durch reichliche Wasserkräfte oder leicht abzubauenen Kohlenlager begünstigt sind, ist der Verbrauch sehr groß. Einen anschaulichen Vergleichsmaßstab liefert der sogenannte Kopfverbrauch, das ist der gesamte jährliche Elektrizitätsverbrauch eines Landes, bezogen auf seine Einwohnerzahl. In der Bundesrepublik liegt dieser Wert zur Zeit bei ca. 2000 kWh, dagegen in Norwegen zum Beispiel bei rund 7000 kWh und in den USA bei rund 4000 kWh, Manche Länder weisen nur einen Kopfverbrauch von einigen 100 kWh auf.

In Bild 8 ist die Aufteilung des Stromverbrauches aus dem öffentlichen Netz der Bundesrepublik auf die wichtigsten Verbrauchergruppen in den letzten Jahren dargestellt. Unter Einbeziehung des von der Industrie direkt verbrauchten Anteiles der Erzeugung der industriell-

len Eigenanlagen würde sich ergeben, daß rund 60 % der Brutto-Elektrizitätserzeugung der Bundesrepublik von der Industrie verbraucht werden.

Die verbrauchte Elektrizität wird fast ausschließlich in die Nutzenergieformen Licht, mechanische Arbeit, Wärme umgewandelt.

Die elektrische Beleuchtung ist allen anderen Lichtquellen überlegen; mit der Entwicklung der Leuchtstofflampe ist es gelungen, den Umwandlungswirkungsgrad bedeutend zu verbessern.

Auch zur Umwandlung in mechanische Arbeit ist die Elektrizität, soweit es sich um ortsfeste Anlagen handelt, bei weitem am vorteilhaftesten.

Bei der Umwandlung der Elektrizität in Wärme beträgt der Wirkungsgrad zwar 100 %, es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die elektrische Energie zum größten Teil aus Dampfkraftwerken stammt, wo sie mit einem Wirkungsgrad von rund 30...35 % aus der Brennstoffenergie erzeugt wurde. Insofern ist die direkte Verheizung der Brennstoffe zur Wärmegewinnung möglicherweise wirtschaftlicher. Trotzdem nimmt auch auf diesem Gebiet der Umfang der Anwendung der Elektrizität laufend zu, da einerseits übliche Wärmeerzeuger oft mit einem ähnlich schlechten Wirkungsgrad arbeiten wie Dampfkraftwerke, andererseits die Verteilung von Wärmeenergie sehr teuer ist und elektrische Heizgeräte einfacher und leichter zu bedienen und zu regulieren sind.

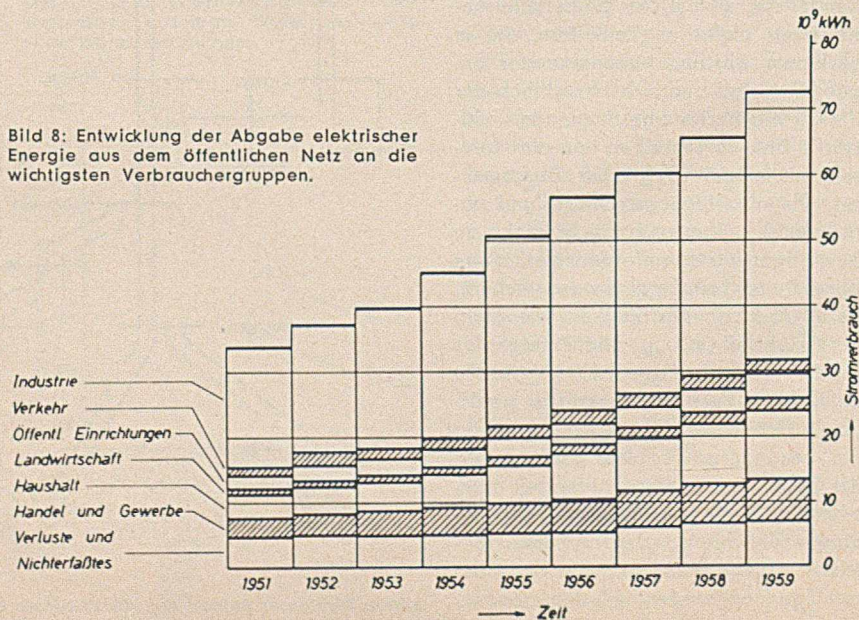
Der große Nachteil der elektrischen Energie ist, daß sie infolge ihrer Mangelhaftigkeit nicht direkt speicherbar ist. Die von den Kraftwerken erzeugte Leistung muß daher in jedem Augenblick der schwankenden Netzbelastung angepaßt werden. Die installierte Leistung muß so bemessen sein, daß die nur sehr kurzzeitige Jahresbelastungsspitze mit Sicherheit aufgefangen werden kann.

Die Kraftwerke sind folglich in den meisten Fällen nur zu einem gewissen Prozentsatz ausgenutzt.

Ein Maß für die Ausnutzung ist die sogenannte Jahresbenutzungsdauer als Quotient aus der in einem Jahr abgenommenen elektrischen Arbeit und der in diesem Zeitraum aufgetretenen Belastungsspitze. Sie gibt die Zeit an, während der die Kraftwerke ununterbrochen mit einer Leistung gleich der Belastungsspitze hätten betrieben werden müssen, um die gesamte Jahresarbeit zu liefern. Den 8760 Stunden eines Jahres steht beim öffentlichen Netz der Bundesrepublik eine Benutzungsdauer von rund 5000 Stunden gegenüber. In kleineren Versorgungsgebieten liegt dieser Wert noch wesentlich niedriger; in ländlichen Gegenden kann er auf 1000 Stunden oder weniger absinken. Die Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen sind bemüht, eine möglichst hohe Jahresbenutzungsdauer ihrer Anlagen zu erzielen, um so durch bessere Ausnutzung die Versorgung wirtschaftlicher gestalten zu können. Vielfach wird dem Abnehmer aus diesem Grunde ein verbilligter Nachtstromtarif gewährt, um ihm einen Anreiz zu geben, den Betrieb gewisser automatischer Geräte in die Nachtstunden zu verlegen.

In diesem Zusammenhang sind die sogenannten Wärmespeicheröfen erwähnenswert, elektrische Heizöfen, die in einen nach außen gut wärmeisolierten Block aus geeignetem Speichermaterial (Beton, Schamotte, Magnesit) gebettet sind. Die Aufheizung erfolgt mit billigem Nachtstrom. Die Wärmeabgabe zur Raumheizung kann nach Belieben durch Öffnen von in dem Speicherblock vorgesehenen Belüftungsschächten reguliert werden. Die Kosten für den Betrieb eines Nachtstromspeicherofens mit entsprechend verbilligtem Tarif sind zwar bei den in der Bundesrepublik vor-

Bild 8: Entwicklung der Abgabe elektrischer Energie aus dem öffentlichen Netz an die wichtigsten Verbrauchergruppen.



liegenden Kostenverhältnissen heute noch rund doppelt so hoch wie bei einer öl- oder koksbeheizten Zentralheizung. Berücksichtigt man jedoch die Tatsache, daß eine elektrische Heizung sauberer, bequemer und besser regulierbar ist und daß beim heutigen gehobenen Lebensstandard bereits ein großer Personenkreis hierfür einen gewissen Mehraufwand zu treiben bereit ist, so ist die Nachtstromspeicherheizung auch heute schon vielfach diskutabel.

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Benutzungsdauer der Kraftwerke ist die Erstellung sogenannter Pumpspeicherwerke, die die mittelbare Speicherung elektrischer Energie über die potentielle Energie des Wassers gestatten. In einem Netz, das über ausreichend dimensionierte Pumpspeicherwerke verfügt, können die Dampfkraftwerke weitgehend mit konstanter Lei-

stung durchgeführt werden. Die Überschußenergie der Nachtstunden wird in den Pumpspeicherwerken verwendet, um Wasser in ein hochgelegenes Speicherbecken zu pumpen, von wo es tagsüber zu den Spitzenzeiten, wenn die Leistung der Dampfkraftwerke zur Deckung des Bedarfes nicht mehr ausreicht, unter Energiegewinn wieder abgelassen wird. Bei dieser sogenannten Schwachlaststromveredelung sind heute unter günstigen Bedingungen bis zur Rückgewinnung der elektrischen Energie Gesamtumwandlungswirkungsgrade von über 75 % erreichbar. Ein großes Projekt dieser Art, das Pumpspeicherwerk Vianden an der Our (Luxemburg), ist zur Zeit im Bau. Im Endausbau vermag dieses Werk mit einer Turbinenleistung von 800 MW und einer Pumpenleistung von 550 MW eine Spanne von 1350 MW zwischen Höchst- und Tiefstwert des Leistungsbedarfes auszuglei-

chen und wird damit von größter Bedeutung für das mitteleuropäische Verbundnetz sein.

Zusammenfassung

Schon heute stellt die elektrische Energie einen unentbehrlichen Helfer für den Einzelnen wie für die ganze Gesellschaft dar. Ein organisch entwickeltes System von Erzeugungs-, Transport- und Verteilungsanlagen gewährleistet, daß jederzeit universell anwendbare Energie praktisch überall und auch praktisch unbegrenzt zur Verfügung steht. Das ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Steigerung des Lebensstandards. Da ferner auch die Kernenergie nur auf dem Weg über die elektrische Energie wirtschaftlich nutzbar zu werden verspricht, wird die elektrische Energie immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Literaturhinweise

Ringbuch der Energiewirtschaft; herausgegeben von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) in Zusammenarbeit mit dem Verband der deutschen Gas- und Wasserwerke (VGW); Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke (VWEW), Frankfurt/Main.

Die Elektrizitätsversorgung in der Bundesrepublik Deutschland; Statistischer Bericht des Bundeswirtschaftsministeriums, jährlich veröffentlicht in: Elektrizitätswirtschaft, Zeit-

schrift der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW).

E. O. Jochmann: Die Entwicklung des Hochdruckdampfes in Deutschland; VDI-Verlag, Düsseldorf, 1958.

K. Schröder: Große Dampfkraftwerke, Erster Band: Kraftwerkatlas; Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1959.

F. Münzinger: Atomkraftwerke; Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1960.

Die deutsche 380 kV-Übertragung; ETZ A (79) 1958, Heft 7, S. 201—267.

Deutsches Verbundnetz, Planung; Karte 1 : 1 500 000, herausgegeben von der Deutschen Verbund-Gesellschaft (DVG), Heidelberg, Pl. Nr. 1—0191 h.

K. Böhler: Das Pumpspeicherwerk Vianden; Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 85, August 1960.

H. Masukowitz, W. Samwer: Deutsche Erfahrungen mit elektrischer Speicher-Raumheizung; Elektrowärme (16) 1958, Heft 11, S. 380 bis 400.

Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeit der automatischen Ultraschallprüfung

Dr. Richard Gerstner, Langwies (Österreich)

Einleitung

Die Verwendung des Schalles zu Prüfzwecken ist keine Erfindung der jüngsten Vergangenheit. Es sei hier an das wohl allgemein bekannte Abklopfen von Eisenbahnradern erinnert. Ebenso dürfte es jedermann bekannt sein, daß sich Hohlstellen in Mauern auf die gleiche Weise leicht feststellen lassen. Bei dieser Art der Prüfung werden Schallwellen verwendet, deren Frequenz im hörbaren Bereich, etwa zwischen 30 Hz und 18 kHz, liegt. Schallwellen, deren Frequenz so hoch ist, daß sie vom menschlichen Ohr nicht mehr wahrgenommen werden, bezeichnet man als Ultraschall. Die bei der Materialprüfung üblicherweise angewendeten Schallwellen besitzen Frequenzen zwischen 500 kHz und 15 MHz. Die Wellenlänge in Stahl bewegt sich dementsprechend zwischen 12 und 0,4 mm. Die Amplitude der im Prüfstück auftretenden Wellen liegt in der Größe von 10—6 mm. Treffen Schallwellen auf die Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen Stoff-

en auf, so wird ein Teil der Wellen reflektiert, der Rest tritt durch die Grenzfläche in den zweiten Stoff. Bei der Materialprüfung ist vor allem der Übergang vom durchschallten Stoff in Luft von Bedeutung. In diesem Fall tritt praktisch eine völlige Reflexion der Schallwellen ein, während der in Luft übertretende Teil vernachlässigt werden kann. Dies bedeutet aber, daß die Schallwellen durch eine Fehlstelle in einem Körper nicht hindurchtreten können, sondern an ihr vollständig reflektiert werden. Unter Ausnutzung dieses Umstandes wurden zwei Prüfverfahren entwickelt, die im Folgenden besprochen werden sollen.

Das Durchschallungsverfahren

Bei diesem Verfahren wird die durch den Prüfkörper hindurchgehende Energie gemessen, wobei man von der Überlegung ausgeht, daß eine Fehlstelle in diesem Körper den Schall nicht durchläßt und daher der Energiedurchgang

an dieser Stelle stark herabgesetzt wird. Bild 1 zeigt das Prinzip der Durchschallungsprüfung. In einem Sender wird eine elektrische Schwingung geeigneter Frequenz hergestellt, die einem Sendetastkopf zuleitet und dort in eine mechanische Schwingung umgewandelt wird. Setzt man diesen Tastkopf unter Zwischenschaltung einer dünnen Flüssigkeitsschicht auf die zu untersuchende Probe, so übertragen sich die Schwingungen auf die Oberfläche der Proben und pflanzen sich von dort aus, ähnlich wie das von einem Scheinwerfer abgestrahlte Licht, durch das Prüfstück fort. Die Zwischenschaltung der Flüssigkeitsschicht ist erforderlich, da sich sonst die Schwingungen des Sendetastkopfes infolge des vorhandenen Luftspaltes nicht auf das Prüfstück übertragen könnten. Setzt man auf der Rückseite der Probe einen Empfangstastkopf auf, so wird dieser durch die ankommenden Wellen in Schwingungen versetzt, die er in elektrische Spannung umwandelt. Diese wird über einen Verstärker einem Meßinstrument zugeführt, dessen Aus-

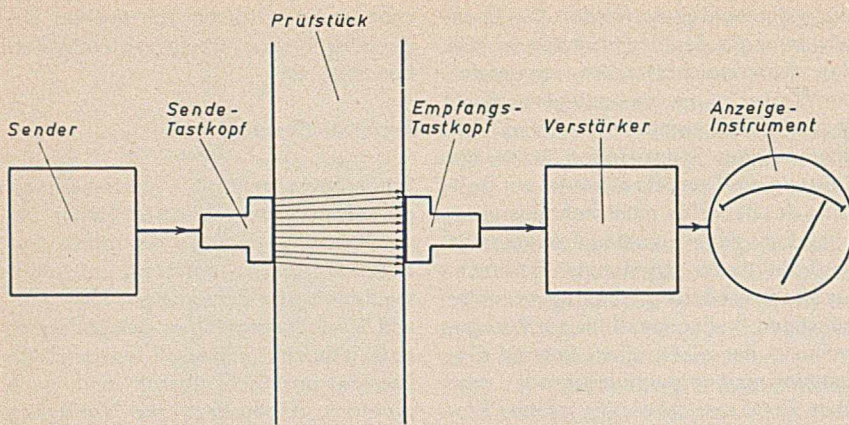


Bild 1: Prinzip der Durchschallungsprüfung.

schlag ein Maß für die ankommende Energie ist. Liegt zwischen dem Sende- und Empfängertastkopf eine Fehlstelle, so geht der Ausschlag des Meßinstrumentes gegenüber den an fehlerfreien Stellen angezeigten Werten stark zurück. Voraussetzung für eine einwandfreie Durchführung der Messungen ist, daß die Ankoppelbedingungen von Sende- und Empfängertastkopf immer gleich bleiben und daß ferner die vom Sender abgegebene Energie während der Messung konstant bleibt. Bei Proben mit stark unterschiedlicher Oberflächenrauigkeit kann die Forderung nach konstanten Ankoppelbedingungen manchmal schwer zu erfüllen sein.

Der Vorteil des beschriebenen Verfahrens gegenüber dem noch zu besprechenden Echoverfahren liegt darin, daß es möglich ist, auch sehr dünne Proben zu untersuchen. Dementsprechend wird es meist bei der Prüfung von Blechen eingesetzt. Die entscheidenden Nachteile gegenüber dem Echoverfahren liegen in dem Umstand, daß die zu untersuchenden Prüfstücke von zwei gegenüberliegenden Seiten her zugänglich sein müssen und daß es nicht möglich ist, einen Anhaltspunkt dafür zu erhalten, in welcher Tiefe unter der Oberfläche ein festgestellter Fehler liegt.

Das Impuls-Echoverfahren

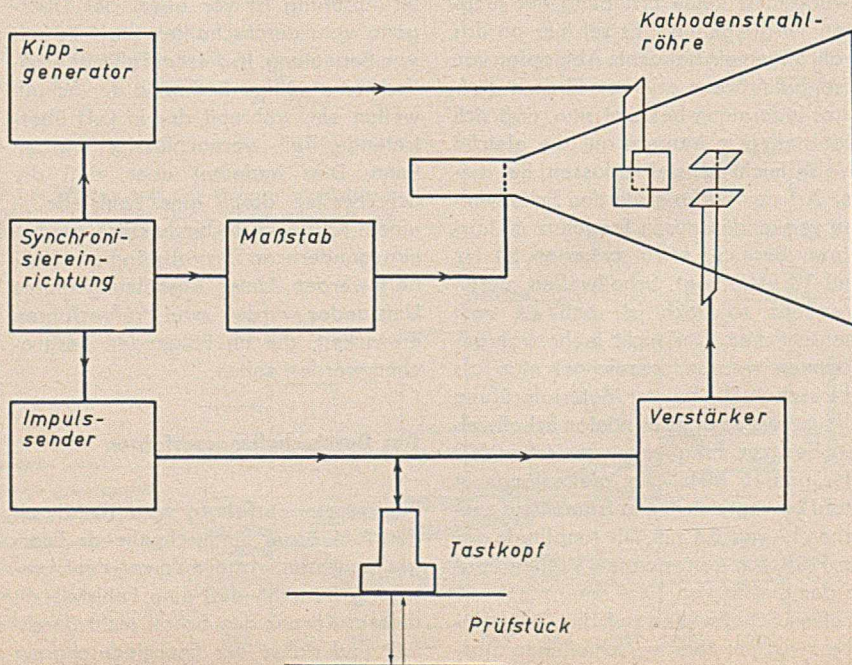
Das Impuls-Echoverfahren nützt zur Prüfung die von der Rückseite des Prüfstückes oder von einer allfällig vorhandenen Fehlstelle zurückgeworfene Schallenergie aus, indem es in erster Linie die Zeitdauer zwischen der Aussendung des Schalles und seiner Rückkehr als Echo mißt und in zweiter Linie auch eine relative Angabe über den reflektierten Energiebetrag liefert.

Aus der Akustik des täglichen Lebens weiß man, daß ein Echo nur dann wahrgenommen wird, wenn es erst nach Beendigung der Schallaussendung eintrifft. Ist dies nicht der Fall, spricht man von einem Nachhall. Genau die gleichen Bedingungen gelten auch beim Impuls-Echoverfahren. Man muß dabei allerdings bedenken, daß sich der Schall in Festkörpern etwa zwanzigmal so schnell

wie in Luft fortpflanzt und daß man das Echo von Reflexionsstellen beobachten will, die oft nur wenige Millimeter von der Schallquelle entfernt liegen. Dementsprechend muß die Aussendung des Schalles sehr kurz erfolgen. Wie man leicht errechnen kann, muß die Zeit, während der der Schall ausgesendet wird, in der Größenordnung von 10^{-6} Sekunden liegen. Da aus prinzipiellen Gründen der ausgesendete Schallimpuls immer aus mehreren Wellen besteht, muß die Frequenz dieser Wellen noch kleiner sein als die Impulsdauer.

Das Impuls-Echogerät muß einerseits in periodischen Zeitabständen Schallimpulse geeigneter Frequenz erzeugen und andererseits die Zeitdauer bis zu ihrer Rückkehr als Echo zu messen gestatten. Da es sich hierbei um Zeiten von einigen tausendstel bis einigen millionstel Sekunden handelt, scheidet selbstverständlich Messungen mit mechanischen Mitteln wie Stoppuhren usw. aus. Bild 2 stellt den stark vereinfachten Aufbau eines Impuls-Schallgerätes dar. Ein Sender erzeugt einige zig-mal in der Sekunde kurzdauernde elektrische Schwingungen, die einerseits einem Tastkopf

Bild 2: Prinzip der Impuls-Echo-Prüfung.



und andererseits dem Vertikal-Verstärker eines Kathodenstrahl-Oszillographen zugeführt werden. Dadurch gerät einerseits der Tastkopf in Schwingungen, während andererseits am Bildschirm des Oszillographen eine vertikale Auslenkung des Lichtpunktes eintritt und so als Bild des ausgesendeten Impulses eine Zacke entsteht. Während der Lichtpunkt am Bildschirm wieder auf die Grundlinie zurückkehrt und weiter nach rechts wandert, durchläuft der aus einigen Wellenzügen bestehende Schallimpuls das Prüfstück und wird an der Rückseite desselben oder an einer Fehlstelle reflektiert, so daß er nach einer gewissen Zeit wieder beim Tastkopf anlangt und diesen in Schwingungen versetzt. Diese Schwingungen des Tastkopfes werden in elektrische Spannungen umgewandelt und rufen auf dem Weg über den Vertikal-Verstärker des Kathodenstrahl-Oszillographen eine neuerliche Auslenkung des Lichtpunktes hervor. Es entsteht eine sogenannte Echozacke oder kurz das Echo. Ein Kippgenerator bewirkt die waagrechte Ablenkung des Elektronenstrahles. Die Ablenkgeschwindigkeit kann dabei so gewählt werden, daß sie der Laufzeit des Impulses im Prüfstück angepaßt ist und der Sendepuls möglichst auf der linken und das Echo möglichst auf der rechten Seite des Bildschirms erscheint. Eine Synchronisiereneinrichtung sorgt dafür, daß ein «stehendes Bild» entsteht, d. h. daß bei der einmal gewählten Einstellung des Gerätes Sendepuls und Echo immer an der gleichen Stelle des Bildschirms aufscheinen. Es ist leicht einzusehen, daß der Abstand zwischen Sendepuls und Echo ein Maß für die Laufzeit des Impulses und damit auch für den Abstand der Reflexionsfläche von der Oberfläche ist. Um eine Umrechnung zu ersparen, wird bei manchen Geräten vom Elektronenstrahl ein Maßstab auf den

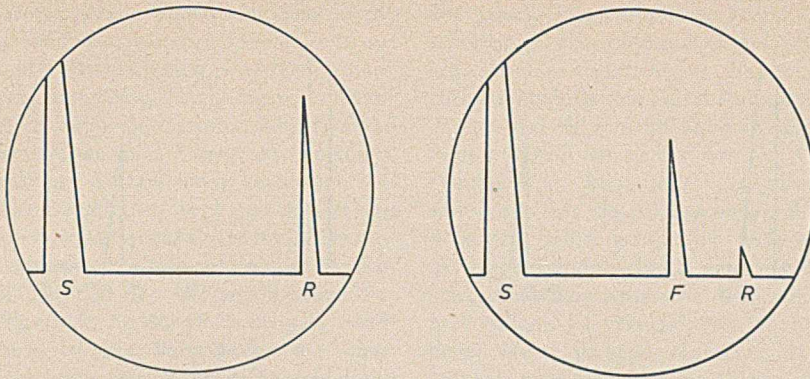


Bild 3: Schirmbild des Impuls-Echogerätes; a) bei fehlerfreiem Prüfstück, b) bei fehlerhaftem Prüfstück.

Bildschirm gezeichnet, der eine direkte Ablesung des Abstandes der Reflexionsstelle von der Oberfläche gestattet. Bei den Impuls-Echogeräten wird meist nur ein Tastkopf verwendet, der sowohl als Sendekopf wie auch als Empfangskopf arbeitet. Darüber hinaus sind fast alle Geräte mit einem Umschalter ausgerüstet, der das Arbeiten mit getrenntem Sende- und Empfangskopf gestattet. Beide Köpfe können nebeneinander auf das Prüfstück aufgesetzt werden und man arbeitet weiterhin im Impuls-Echoverfahren. Oder sie können an gegenüberliegenden Stellen aufge-

knapp unter der Oberfläche liegen, nicht zur Anzeige gelangen.

Wie sieht nun das Schirmbild aus, daß der Prüfer zu sehen bekommt? Bei einer einfach geformten fehlerfreien Probe wird man auf dem Bildschirm nur den Sendepuls und das Rückwandecho erblicken, wie es in Bild 3 a dargestellt ist (S = Sendepuls, R = Rückwandecho). Tritt jedoch ein Fehler auf, so muß zwischen Sendepuls und Rückwandecho ein Fehlerecho aufscheinen (F in Bild 3 b). Gleichzeitig wird das Rückwandecho kleiner oder verschwindet vollständig. Bei komplizierter geformten Prüfstücken mit Hinterschneidungen, Ansätzen usw. können allerdings auch von derartigen Stellen Echos

erhält, da der Schall gemäß den Reflexionsgesetzen vom Sendekopf wegreflektiert wird und höchstens auf dem Umweg über die Reflexion an einer Seitenwand wieder zu diesem zurück gelangt. Man verwendet daher in so einem Fall oft zwei parallel geschaltete Schallköpfe, die in geeignetem Abstand auf das Prüfstück aufgesetzt werden, so daß sie sich gegenseitig anschallen und man auf diese Weise ein Kontrollecho erhält. Da in diesem Fall zum Unterschied von dem früher erwähnten Zweikopfverfahren beide Köpfe als Sender und Empfänger arbeiten, erhält man bei Auftreten eines Fehlers zwei Fehlerechos, falls nicht der Fehler zufällig symmetrisch zwischen beiden Schallköpfen liegt. Die Fehlerechos (F_1 und F_2 in Bild 4) liegen immer symmetrisch zum Kontrollecho K.

Anwendungsbereich der Impuls-Schallprüfung

Eine für den Praktiker entscheidende Frage ist die nach den Grenzen der Anwendungsmöglichkeit eines Prüfverfahrens. Bei der Impulsschallprüfung gelten hierfür folgende Überlegungen: Die dünnste noch prüfbare Wanddicke muß so groß sein, daß eine Trennung von Sendepuls und Rückwandecho eintritt. Sie ist daher durch die Impulsbreite bedingt, die bei den verwendeten Geräten hauptsächlich durch die eingestellte Frequenz bestimmt wird. Die größte noch prüfbare Wanddicke ist dadurch gegeben, daß man an einer fehlerfreien Stelle noch ein deutliches Rückwandecho erhalten muß. In jedem Material wird die Schallenergie beim Durchlaufen des Prüfstückes allmählich absorbiert, so daß man auch völlig fehlerfreies Material nicht bis zu beliebigen Längen durchschallen kann. Die größte durchschallbare Wanddicke hängt daher einerseits von der Leistungsfähigkeit des verwendeten Gerätes und andererseits von der Art des durchschallten Materials ab. Im gegenwärtigen Stand der Entwicklung kann man für Stahl etwa folgende Grenzen angeben. Bei den höchsten Frequenzen kann man schon an Proben von 2 bis 3 mm Wanddicke Sendepuls und Rückwandecho trennen. Die größte durchschallbare Wanddicke beträgt bei Verwendung niedriger Frequenzen etwa 5 bis 10 m. Der Anwendungsbereich des Ultraschallverfahrens ist somit viel größer als das der Durchstrahlungsverfahren. Darüber hinaus besteht der nicht hoch genug einzuschätzende Vorteil, daß die beim Ultraschallverfahren umgesetzte Energie so klein ist, daß selbst bei ununterbrochener Anwendung durch einen Prüfer keine gesundheitliche Gefährdung für denselben oder seine Umgebung auftritt, so daß die Einhaltung bestimmter Schutzmaßnahmen nicht erforderlich ist.

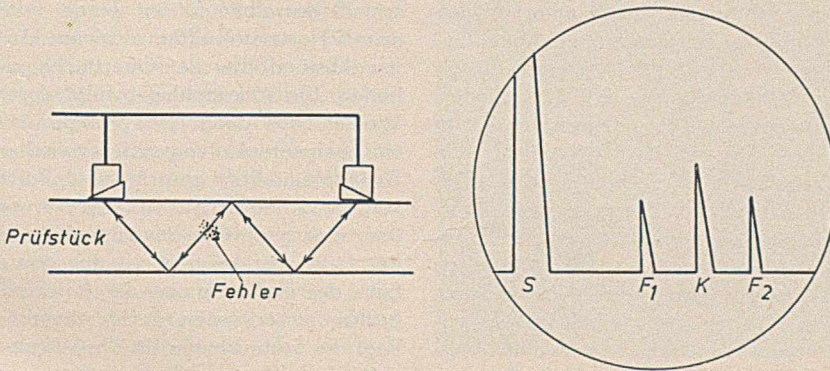


Bild 4: Schallweg und Schirmbild bei Prüfung mit zwei Schrägtastköpfen.

setzt werden und man arbeitet dann im Durchschallungsverfahren, wobei als Maß für die durch das Prüfstück gehende Energie die Höhe der am Bildschirm erscheinenden Zacke dient.

Der große Vorteil des Impuls-Echoverfahrens gegenüber dem Durchschallungsverfahren liegt darin, daß das zu untersuchende Stück nur von einer Seite her zugänglich sein muß, so daß man z. B. auch Hohlkörper wie Rohrleitungen usw. messen kann, ferner, daß dieses Verfahren nicht nur das Vorhandensein von Fehlern anzeigt, sondern auch eine Auskunft darüber gibt, wie tief unter der Oberfläche der Fehler liegt. Ein gewisser Nachteil ist darin zu erblicken, daß infolge der endlichen Breite des Sendepulses Reflexionsstellen, die

hervorgerufen werden und der Prüfer muß es lernen, derartige Echos von Fehlerechos zu unterscheiden. Da er jederzeit ablesen kann, aus welcher Tiefe des Prüfstückes ein Echo kommt, fällt es meist nicht schwer zu entscheiden, ob es sich um ein Fehlerecho handelt oder nicht.

In den meisten Fällen werden Schallköpfe verwendet, die den Schall senkrecht zur Oberfläche abstrahlen. Manchmal kann jedoch eine schräge Einschallrichtung erwünscht sein. Man erreicht dies, indem man zwischen Schallkopf und Prüfstück einen Keil aus geeignetem Material, z. B. Plexiglas, schaltet. Durch die Wahl des Keilwinkels lassen sich verschiedene Einschallwinkel herstellen. Bei der Verwendung derartiger Schrägtastköpfe ist zu beachten, daß man an Prüfstücken mit parallelen Vorder- und Rückseiten kein Rückwandecho

Das Fehlermeldegerät

Bei der Durchführung einer Prüfung hat der Prüfer verschiedene Tätigkeiten auszuführen: Er muß auf das zu untersuchende Prüfstück ein Koppelmedium aufbringen, den Tastkopf auf die interessierenden Stellen aufsetzen, dafür sorgen, daß eine gute Kopplung gewährleistet ist und darüber hinaus muß er die Anzeige am Bildschirm des Gerätes beobachten. Die Durchführung all dieser Maßnahmen stellt an den Prüfer erhebliche Anforderungen und es besteht unter Umständen die Gefahr, daß die Aufmerksamkeit, besonders bei der Prüfung großer Serien, allmählich nachläßt und eine kurz aufscheinende Fehleranzeige übersehen wird. Aus diesem Grund hat man im Fehlermeldegerät eine Apparatur geschaffen, die den Prüfer dadurch entlastet, daß sie ein am Bildschirm auftretendes Fehlerecho durch ein optisches und akustisches Signal meldet. Der Prüfer braucht somit bei Einsatz eines Fehlermeldegerätes den Bildschirm am Gerät nicht mehr zu beobachten und kann seine ganze Aufmerksamkeit der Führung des Schallkopfes über den Prüfkörper zuwenden. Das Fehlermeldegerät, das entweder bereits im Impuls-Echogerät eingebaut sein kann oder als Zusatzgerät an dasselbe angeschlossen werden kann, ist im Prinzip ein Verstärker, der unter Zwischenschaltung eines elektronischen Schalters an das Impulsgerät angeschlossen ist. Der elektronische Schalter gibt die Verbindung mit dem Impulsgerät nur während einer gewissen Zeit frei und unterbricht sie in der übrigen Zeit. Der Zeitpunkt, an dem die Verbindung frei gegeben und wieder unterbrochen wird, kann beliebig eingestellt werden und zeichnet sich in Form einer Stufe in der waagrechten Grundlinie des Bildschirms am Impulsgerät ab. Trifft nun in der Zeit, in der die Verbindung mit dem Fehlermeldegerät frei gegeben ist, ein Echo am Impulsgerät ein, so wird dies im Fehlermeldegerät so weit verstärkt, daß ein Relais anspricht, wodurch die entsprechenden Signale ausgelöst werden.

In vielen Fällen besitzen die Fehlermeldegeräte zwei voneinander unabhängige Kanäle, so daß man die zu zwei verschiedenen Zeiten auftretenden Echos überwachen kann. Der Einsatz eines derartigen Zwei-Kanal-Gerätes wäre z. B. folgender: Der erste Kanal, der auf das Auftreten eines Fehlerechos reagiert, überwacht die Zeitdauer zwischen dem Sendeimpuls und dem Auftreten des Rückwandechos (A bis B in Bild 5a). Der Kanal 2 wird so ausgelegt, daß von ihm ein Signal ausgelöst wird, falls in der von ihm überwachten Zeit kein Echo beim Impuls-Gerät eintrifft. Dieser Kanal wird so eingestellt, daß er den Zeitraum kontrolliert, in dem das Rückwandecho eintreffen soll (C bis D in

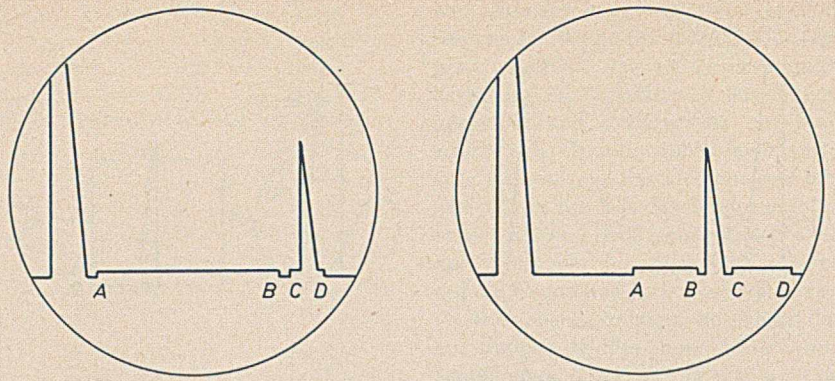


Bild 5: Schirmbild des Impuls-Echogerätes bei Verwendung eines Fehlermeldegerätes; a) Einstellung bei Prüfung auf Fehler, b) Einstellung bei Wanddickentoleranzmessung.

Bild 5a). Eine Empfindlichkeitsregelung am Fehlermeldegerät gestattet es außerdem, die Einstellung derart vorzunehmen, daß ein Signal nur ausgelöst wird, wenn die überwachten Echos eine gewisse Mindesthöhe über- oder unterschreiten. Mit einer derartigen Anordnung wird die Anzeige des Ultraschallgerätes zuverlässig überwacht, da ja nicht nur das Auftreten eines Fehlerechos gemeldet wird, sondern auch der Ausfall des Rückwandechos, etwa bei unzureichender Ankopplung, und der Prüfer sofort darauf aufmerksam gemacht wird, falls sich die Anzeige des Impuls-Gerätes von der Anzeige an einer fehlerfreien Stelle unterscheidet. Ein anderer Einsatz des Zwei-Kanal-Gerätes wäre z. B. die Überwachung, ob die Wanddicke der Prüfstücke innerhalb gewisser Toleranzgrenzen liegt. In diesem Fall würde man beide Kanäle so auslegen, daß sie bei Auftreten eines Echos innerhalb des von ihnen überwachten Gebietes mit einem Signal reagieren. Die Einstellung der Kanäle würde man so vornehmen, daß zwischen ihnen eine Strecke frei bleibt, die der zulässigen Wanddicke entspricht. Unterschreitet die Wanddicke des Prüfstückes den zulässigen Minimalwert, so wandert das Rückwandecho in die vom Kanal 1 überwachte Strecke und erzeugt ein Signal. Ebenso würde ein Überschreiten der Maximal-Wanddicke ein Signal im Kanal 2 auslösen. Es ist ohne Schwierigkeiten möglich, die von Kanal 1 und Kanal 2 abgegebenen Signale verschieden zu gestalten, so daß der Prüfer sofort weiß, nach welcher Richtung das Prüfstück sich aus der vorgeschriebenen Toleranz bewegt hat (Bild 5 b).

Vollautomatische Prüfanlagen

Die Konstruktion des Fehlermeldegerätes war ein entscheidender Schritt auf dem Weg zur Schaffung vollautomatischer Prüfanlagen, da es ja mit diesem Gerät möglich ist, die Anzeige des Gerätes auszuwerten. Ein weiteres Problem, daß bei derartigen Anlagen gelöst werden mußte, war die richtige

Führung des Tastkopfes über das Prüfstück, wobei gleichzeitig für eine ausreichende Ankopplung gesorgt werden mußte. Wie es gelang, diese Probleme zu lösen, soll am Beispiel einer vollautomatischen Anlage zur Prüfung spiralgeschweißter Rohre erklärt werden. Die Prüfung der Schweißnaht soll möglichst unmittelbar hinter der Schweißmaschine erfolgen. Die Einschaltung einer Zwischenstrecke ist lediglich erforderlich, damit sich die Schweißnaht so weit abkühlt, daß für den Tastkopf keine Gefährdung auftritt. Der Tastkopf ist in einem kleinen Wagen eingebaut, der auf dem zu untersuchenden Rohr abrollt bzw. unter dem das Rohr in einer Spiralbewegung vorbeigleitet. Da ein unmittelbares Aufliegen des Tastkopfes auf dem Rohr zu einem schnellen Verschleiß desselben führen würde, wird er mit Hartmetallstiften in einem kleinen Abstand über der Oberfläche gehalten. Die Ankopplung erfolgt durch Wasser, das durch eine Pumpe und ein geeignetes Leitungssystem zwischen Tastkopf und Rohr gespritzt wird. Bild 6 zeigt eine derartige Tastkopfführung über einem spiralgeschweißten Rohr. In der Mitte des Wagens ist das obere Ende des Tastkopfes mit der Anschlußbuchse zu erkennen, rechts daneben liegt die Schlauchtülle für die Wasserzuführung. Das zu dieser Anlage gehörige Fehlermeldegerät löst bei Auftreten eines Fehlerechos eine Farbspritzpistole aus, die unmittelbar neben der Fehlstelle in der Schweißnaht einen Farbfleck auf dem Rohr erzeugt. In der genannten Abbildung sind links unter dem Wagen zwei Farbspritzeinrichtungen zu erkennen, die mit verschiedener Farbe arbeiten, wobei je nach der Größe des Fehlers die eine oder die andere Farbe aufgetragen wird.

Beim praktischen Betrieb derartiger Anlagen hat es sich gezeigt, daß die Breite der für die Rohrherstellung verwendeten Blechstreifen oftmals derart schwankt, daß die Schweißnaht aus dem vom Tastkopf geprüften Bereich auswandert. Es mußte daher Vorsorge getroffen werden, daß der Tastkopf immer in der richtigen Stellung zur Schweißnaht steht. Eine derartige Maßnahme kann z. B. dadurch erfolgen, daß man den Verlauf der Schweißnaht mit ei-

ner Photozelle überwacht. Sobald die Schweißnaht nach irgendeiner Seite aus dem Prüfbereich auszuwandern beginnt, wird der Wagen mit dem Tastkopf durch einen Servomotor entsprechend verschoben. Bild 7 zeigt den versuchsmäßigen Aufbau einer derartigen Anlage. Der Wagen trägt zum Unterschied von dem vorhergehenden Bild 2 Schrägtastköpfe. Man erkennt deutlich das Gestänge, daß den Wagen in seiner Position hält. An der rückwärtigen Standsäule ist der Servomotor mit einer Einrichtung zur seitlichen Verschiebung des Wagens angebracht. Im Hintergrund befindet sich das Impuls-Schallgerät mit dem aufgesetzten Fehlermeldergerät. Das Aufsetzen und Abheben des Wagens mit dem Tastkopf zu Beginn und Ende der Prüfung erfolgt pneumatisch.

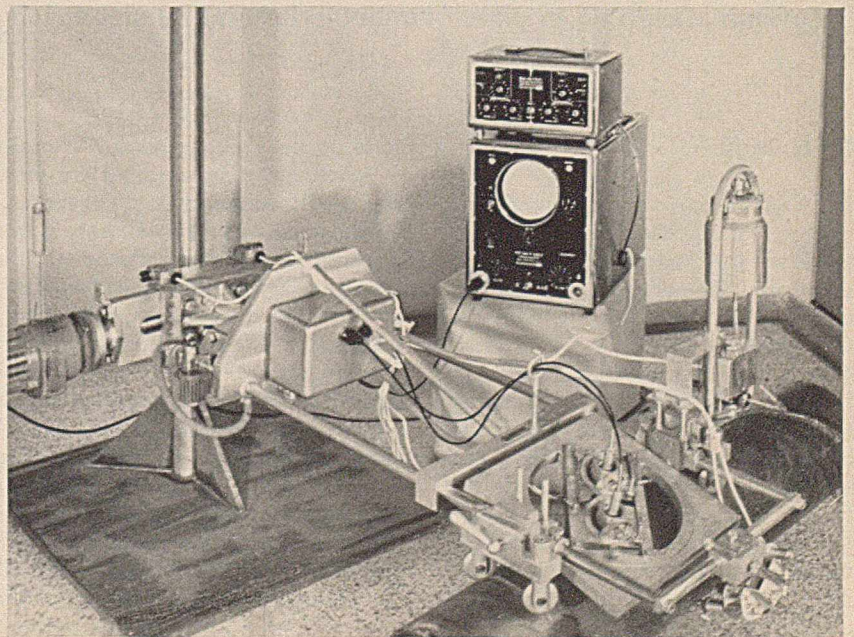
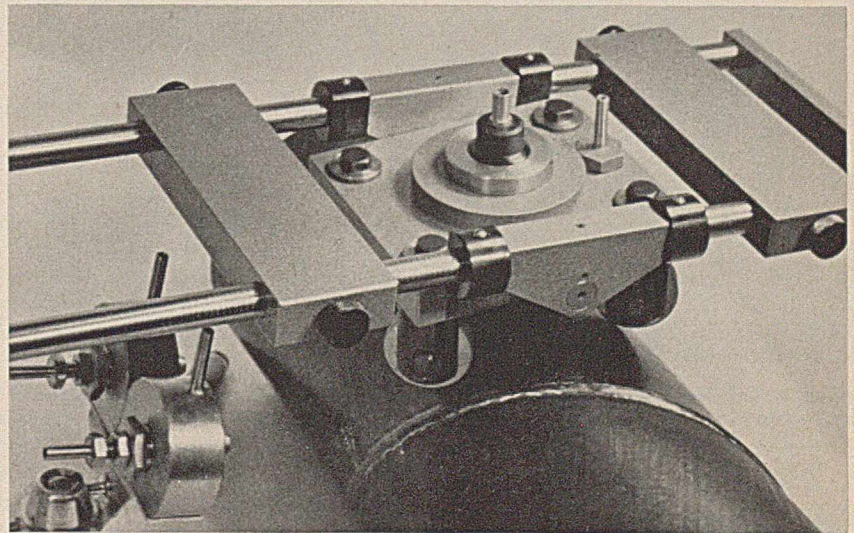
Es ist selbstverständlich möglich, durch das Fehlermeldergerät nicht nur optische und akustische Signale auslösen zu lassen, sondern auch einen Schreiber betätigen zu lassen, wobei jede Fehleranzeige durch einen entsprechenden Ausschlag registriert wird. Koppelt man noch den Papiervorschub des Schreibers mit der Vorschubgeschwindigkeit der Schweißnaht, so erhält man außerdem eine maßstabgerechte Abbildung der Naht mit Angabe der festgestellten Fehlerstellen. Eine Vorrichtung sorgt dafür, daß zu Beginn oder zu Ende jeder Prüfung auf den Registrierstreifen und auf das Prüfstück eine Kenn-Nummer eingestanzt wird, so daß die Zusammengehörigkeit einwandfrei festgehalten ist. Bild 8 zeigt das Schaltpult einer derartigen Anlage. Über dem Ultraschallgerät ist das Fehlermeldergerät und darüber der Schreiber zu erkennen. Die Druckluftzuführung dient zur Auslösung der Numerierung.

Bei derartigen Anlagen, die sich im praktischen Betrieb bereits bestens bewährt haben, wird also jedes Rohr unmittelbar nach der Schweißung geprüft und jeder erkannte Fehler auf dem Rohr durch einen Farbfleck gekennzeichnet. Darüberhinaus wird von jedem Rohr noch ein «Protokoll» mitgeschrieben, das Anzahl und Lage der gefundenen Fehler angibt. Dies ist insofern von Bedeutung, als einerseits die Qualitätsüberwachungsstelle des Betriebes die Arbeitsweise der Schweißmaschine schnell kontrollieren kann, ohne daß sie gezwungen wäre, jedes Rohr einzeln auf die markierten Fehler hin durchzusehen, andererseits dem Abnehmer zu jedem Rohr ein Prüfattest mitgegeben werden kann, das objektiv mitgeschrieben wurde und dessen Angaben keinen subjektiven Einflüssen unterworfen sind.

Bild 7: Aufbau einer automatischen Prüfanlage für spiralgeschweißte Rohre. Tastkopfhalterung mit zwei Tastköpfen, Servomotor und Gestänge zur Nachführung der Tastköpfe, Ultraschall-Impulsgerät mit Fehlermeldergerät.

Die eben vorgenommene kurze Beschreibung einer automatischen Prüfanlage konnte natürlich nur die hauptsächlichsten Merkmale dieser Anlage berühren und es muß im Rahmen dieser Arbeit darauf verzichtet werden, alle Probleme zu behandeln, die zu lösen waren, bis die Anlage einwandfrei arbeitete. Selbstverständlich stellt eine derartige Anlage nicht die einzige Möglichkeit dar, automatische Ultraschallprüfanlagen zu verwirklichen. In ähnlicher Weise, ja sogar einfacher, ist es möglich, eine automatische Anlage aufzubauen, die die Wanddicke von Gasflaschen überprüft. Auch hier werden die Prüfstücke in spiralförmiger Bewegung unter dem Schallkopf hinweggeführt. Ein Fehlermeldergerät überwacht die Lage des Rückwandecks und gibt Signal, wenn das Rückwandeck infolge Korrosion ausfällt oder zu geringe Wanddicke anzeigt. Es ist nicht nur möglich

Bild 6: Tastkopfhalterung und Farbspritzeinrichtung zur automatischen Prüfung spiralgeschweißter Rohre.



die betreffende Gasflasche zu kennzeichnen, sondern, falls eine Fließbandprüfung vorliegt, den weiteren Weg der Flaschen so zu steuern, daß gute und schlechte Flaschen voneinander geschieden werden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet stellt die Schienenprüfung dar. Bei wenig befahrenen Strecken ist das Problem verhältnismäßig einfach zu lösen. Ein Ultraschallgerät wird auf einen von Hand aus zu schiebenden Wagen aufgebaut. Ein kleiner Motor übernimmt die Stromversorgung. Die Tastköpfe — es wird in diesem Fall meist mit Rechtwinkel- und Schrägtastköpfen geprüft — sind in einem Gleitschuh eingebaut, die Koppelung wird durch dosiert zulaufendes Wasser bewirkt. Während der Wagen über die zu prüfende Strecke geschoben wird, beobachtet ein Prüfer das Schirmbild des Gerätes, wobei er durch ein Fehlermeldergerät unterstützt wird. Viel schwieriger liegen die Verhältnisse bei dicht befahrenen Strecken. Um hier die Prüfung rationell durchführen zu können, wird eine hohe Prüffe-

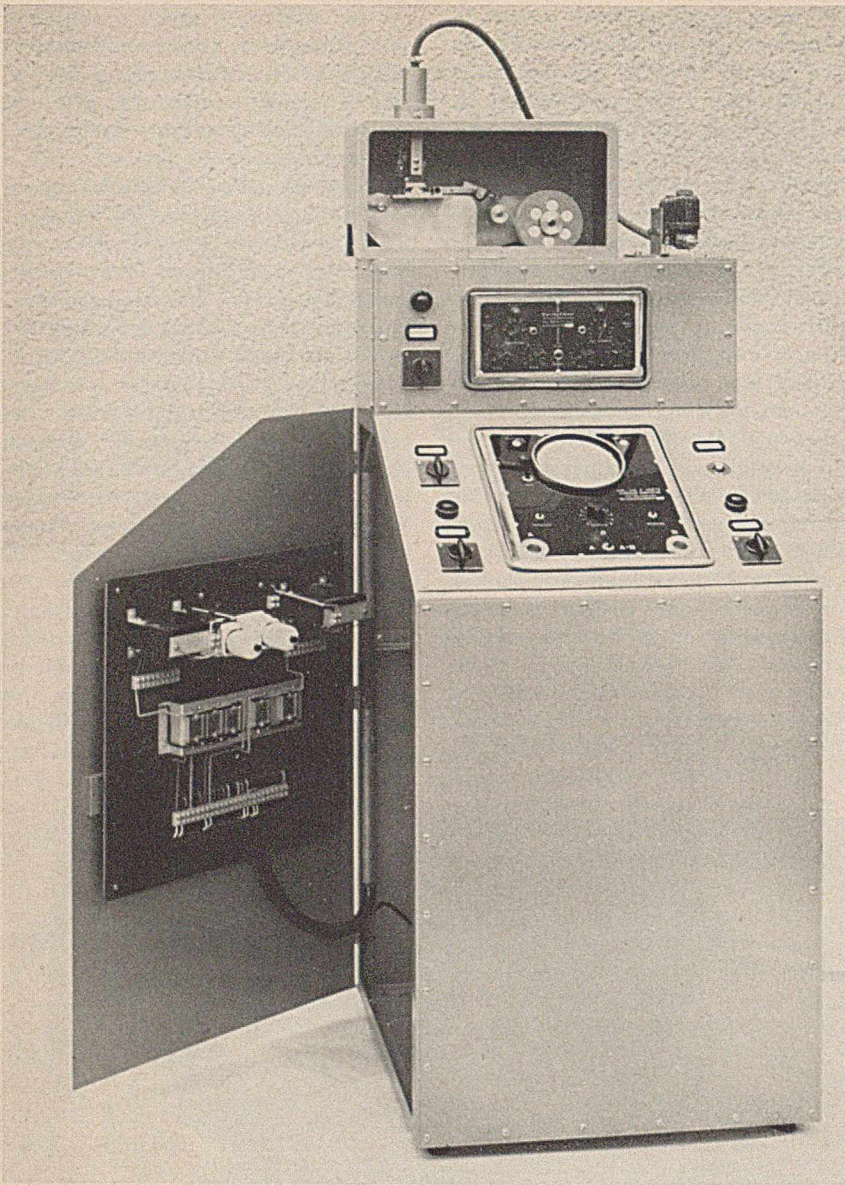


Bild 8: Schaltschrank für die betriebsmäßige Ausführung einer automatischen Prüfanlage für spiralgeschweißte Rohre; Impuls-Schallgerät, Fehlermeldegerät und Schreiber.

schwindigkeit gefordert, die in der Größe von 20 bis 50 km/h liegt. In diesem Fall ist selbstverständlich eine visuelle Beobachtung des Bildschirms nicht mehr ausreichend und auch eine Markierung der Fehlstelle auf den Schienen durch einen Farbfleck wäre nicht befriedigend, da ja dann hinter dem schnell fahrenden Prüfwagen sofort ein Beobachter hergehen müßte, der die Schienen auf allfällig vorhandene Farbflecke absuchen müßte. Eine Lösung dieser Probleme wurde bisher dadurch getroffen, daß man die Schirmbilder während der Fahrt filmt, wobei gleichzeitig eine Markierung auf dem Film aufgenommen wird, um jederzeit die Zugehörigkeit eines bestimmten Bildes zu einem Streckenabschnitt feststellen zu können. Die aufgenommenen Filme werden später entwickelt und ausgewertet, wobei die Auswertung oft mehr Zeit in Anspruch nimmt als die Prüfung. Man ist daher bestrebt diese Methode zu verbessern, um einerseits rascher das Ergebnis der Prüfung zu erhalten und andererseits die Kosten für diese Verfahren zu senken.

Wie die zuletzt gemachten Aussagen andeuten, ist die Entwicklung auf dem Gebiet der automatischen Ultraschallprüfung keineswegs als abgeschlossen anzusehen. Im Gegenteil, es ist zu erwarten, daß in absehbarer Zeit weitere Anwendungen automatischer Ultraschallprüfeinrichtungen bekannt werden. Sie sollen nicht nur dazu beitragen, daß die bei verschiedenen Prüfverfahren vorhandenen subjektiven menschlichen Fehler durch objektive Meßergebnisse ersetzt werden, sondern daß bei gleichzeitiger Rationalisierung der Fertigung die Qualität der Erzeugnisse steigt.

Programmsteuerung in einem kontinuierlichen Chemiebetrieb

Dr. O. Winkler, Marl

Grundsätzliches

Bei der Betrachtung des verfahrenstechnischen Produktionsablaufes in Chemiebetrieben kann man im allgemeinen zwischen zwei Grundtypen unterscheiden, dem vollkontinuierlich ablaufenden Chemieprozeß und dem reinen Chargenbetrieb. Der gleichmäßig durchlaufende Chemiebetrieb ist der Wunschtraum aller Verfahrenstechniker und ist in Großanlagen die Regel geworden. Auch ist seine Instrumentierung sehr weit fortgeschritten.^{1) 2) 3)}

Der Chargenbetrieb wird, soweit er nicht direkt durch den chemischen Prozeß bedingt ist, vorwiegend bei kleineren Produktmengen, die zumeist noch wertvolle

Stoffe darstellen, angewandt. Auch seine Automatisierung ist mit Hilfe von Programmsteuerungen und ähnlichen Einrichtungen zum Teil weit entwickelt worden.⁴⁾ Eine verfahrenstechnisch interessante Zwischenlösung stellt das Verfahren der Houdry Process Corporation, Philadelphia, USA, zur Erzeugung von Butadien dar, welches in den Bunawerken Hülz GmbH Anwendung findet.

Verfahrenstechnische Grundlagen

Bei diesem Verfahren kann die endotherm ablaufende Dehydrierung unter extremen Umständen (ca. 600° C, 0,15 ata) in Gegenwart eines Katalysators nur beschränkte Zeit aufrechterhalten

werden, da sonst die Ausbeute infolge Verschmutzung des Katalysators und Absinken der Temperatur merklich geringer wird. Es ergibt sich die Notwendigkeit, die Produktion zu unterbrechen und das gesamte Kontaktbett durch heiße Luft zu regenerieren, wobei auch das Temperaturniveau wieder auf die

1) Winkler, Otto, Die Automatisierung in der chemischen Industrie, Chemie-Ingenieur-Technik 30, 1958, Nr. 1, S. 1—7.

2) Geiß, Walter, Automatisierung in petrochemischen Anlagen, Regelungstechnik 8, 1960, Nr. 6, S. 185—190.

3) Winkler, Otto, Gesichtspunkte zur Anwendung der Automatisierung in der chemischen Verfahrenindustrie, Neue Technik 2, 1960, Nr. 2, S. 17—23.

4) Hengstenberg, Josef, Regelung und Steuerung von Chargenbetrieben, Chemische Industrie 9, 1957, Nr. 10, S. 497—499.

gewünschte Höhe gebracht wird. Aus naheliegenden Gründen ist zusätzlich eine Reihe von Zwischenstufen erforderlich, beispielsweise Spülung mit Dampf und Evakuieren durch einen Dampfstrahlsauger. Bei den großen technischen Dimensionen der Anlage, insbesondere der Größe der Gaskompressoren und der Luftgebläse, aber auch der Produkt- und Lufterhitzer, war der kontinuierliche Betrieb dieser Apparate erwünscht; er wurde durch die praktisch nur kontinuierlich mögliche nachgeschaltete Produkttrennung direkt gefordert.

Sorgfältige Überlegungen aller technischen Möglichkeiten haben dazu geführt, 3 Reaktoren derart anzuordnen, daß immer einer dieser Reaktoren in Produktion und einer in Regeneration ist. Damit wurde für den Produkt- bzw. Luftdurchgang durch das Reaktorsystem ein quasi-kontinuierlicher Durchgang geschaffen. Ein dritter Reaktor befindet sich immer in einer der Zwischenphasen, die entweder der Spülung oder der Evakuierung dienen. Eine Parallelschaltung von 2 Dreier-Systemen dient der Verdoppelung des Durchsatzes.

Technische Ausführung

Die technische Aufgabe, für alle 6 Reaktoren das zyklische Wechselspiel aller Ein- und Auslaßschieber (bis zu NW 900) zu besorgen, wurde einer Schaltuhr amerikanischer Herkunft übertragen (Bild 1). In einem Umlauf stehen an dieser Uhr 900 Kontakte zur Verfügung, von denen etwas mehr als 300 Stück ausgenutzt werden. Diese Kontakte werden nach einem sorgfältig ausgearbeiteten Programm, das dem chemischen Ablauf des Verfahrens Rechnung trägt, auf die Arbeitsschaltleisten jedes der 6 Reaktoren durch Steckerschneüre eingesteckt und stellen somit das Gedächtnis der Anordnung dar, das aber jederzeit durch Umstecken abgeändert werden kann. Das Programm betrifft die Steuerung von 7 Schiebern je Reaktor, und zwar

Kohlenwasserstoff Eingang
Kohlenwasserstoff Ausgang
Regenerationsluft Eingang
Regenerationsluft Ausgang
Vakuum zum Dampfstrahler
Spüldampf
Spülgas

so daß bei 6 Reaktoren 42 Schieber zu betätigen sind. Sie sind als Keilplattenschieber ausgebildet und liegen für Kohlenwasserstoff und Luft in den Nennweiten NW 600 und NW 900. Wegen der zu bewältigenden Kräfte, bei denen außerdem die Öffnungskräfte doppelt so groß als die Schließkräfte auszulegen waren, wurde ein hydraulisches Antriebssystem ausgewählt, bei dem der eigentliche hydraulische Arbeitszylinder

direkt auf der Führungsaachse der Schieberplatte aufmontiert ist. Die Verbindung zwischen elektrischer Kontaktgabe und hydraulischem Servosteuersystem geschieht durch Magnetventile auf dem hydraulischen Hilfskolben.

Elektrische Verriegelung

Entsprechend dem in der kontinuierlichen Verfahrensindustrie üblichen Grundsatz, Anfahr- und Abstellvorgänge über Fernsteuerungen vom Leitstand aus zu erledigen, mußte auch hier statt der zentralen Programmschaltuhr eine Bedienungsmöglichkeit von Hand geschaffen werden. Ein besonderes Schaltpult mit allen Auf- Zu-Drückern, entsprechenden Positionslampen und den Handautomatikwahlschaltern gestattet die sukzessive Übernahme von und zur Schaltuhr (Bild 2). Da für die Handbedienung die zeitliche Zwangsfolge der Schaltuhr fortfällt, nach der außer bei direkten Versagern Fehlschaltungen nicht möglich sind, ist aber hier ein folgenschwerer Irrtum des Bedienungspersonals grundsätzlich möglich. Um auch diesen zu vermeiden, sind alle wichtigen Bewegungen zwangsläufig miteinander verriegelt; beispielsweise können Schieber für die Regenerationsluft den an sie gegebenen Befehl zur Bewegung nur ausführen, wenn vorher alle wichtigen Stellungen der Schieber abgefragt worden sind. Die Anordnung ist so getroffen, daß der Befehlsstromkreis über alle in Frage kommenden Schaltwege geführt wird. Wenn der Befehlsimpuls nicht durchkommt, bedeutet dieses eine falsche Stellung eines Schiebers, und die Schaltuhr bleibt stehen.

Nach Eintritt der Bewegung eines Schiebers gibt es ferner die Möglichkeit, daß der Schieber auf einer unerwünschten Zwischenstellung stehen bleibt und die befohlene Endlage nicht erreicht. Bei automatischem Betrieb wird ein Testimpuls eine Sekunde nach dem Sollablauf abgesandt, der gleichfalls bei nicht berührtem Endschalter die Schaltuhr stillsetzt. Beim Handbetrieb fällt dieser Testimpuls fort, das Erreichen der Endstellung wird durch Aufleuchten der Lampe im Bedienungspult erkennbar.

Auch ein Dichtigkeitstest für die Wirksamkeit der Schieberabsperrung läßt sich, zum mindesten bei den wichtigsten Schiebern, leicht bewerkstelligen. Nach Erreichen der Schließstellung eines großen Schiebers wird durch ein mechanisch gekoppeltes Ventil Stickstoff in die Haube und das Zwischenstück der Keilplattenschieber eingelassen. Sind beide Seiten der Schieberflächen genügend dicht, so baut sich der Stickstoffdruck in der Haube in einem gegebenen Zeitraum auf einen gewünschten Betrag auf und kann gleichfalls von der Schaltuhr abgefragt werden. Auch hier führt ein Versagen den Stillstand der Schaltuhr herbei.

Ausführung der elektrischen Schaltung

Bei der Auslegung der elektrischen Schaltung war, abgesehen von der richtigen Lösung der Verriegelungsfragen, ein jahrelanger ununterbrochener Betrieb wichtigstes Ziel. Für alle Verriegelungen und Befehlsgebungen wurden kräftige Maschinenschalterschütze verwendet und der Schaltuhr mit ihren eigenen Wolfram-Phosphorbronze-Kontakten nur das Anziehen der für Fangschaltung eingerichteten Schütze zugebetet. In mehr als 3-jährigem Betrieb ist in der Befehlsgebende nicht ein einzi-

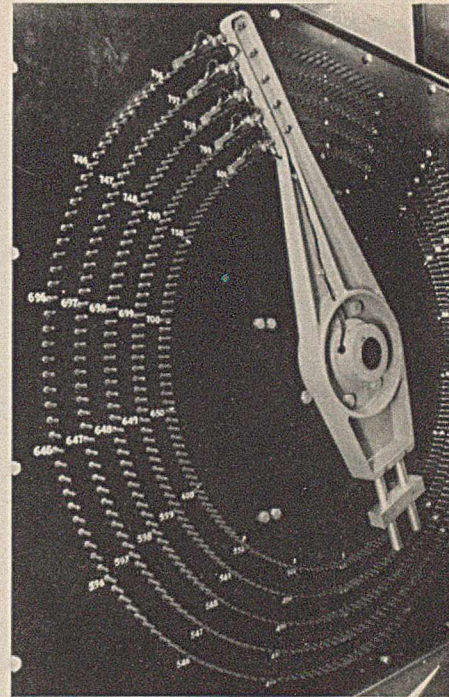
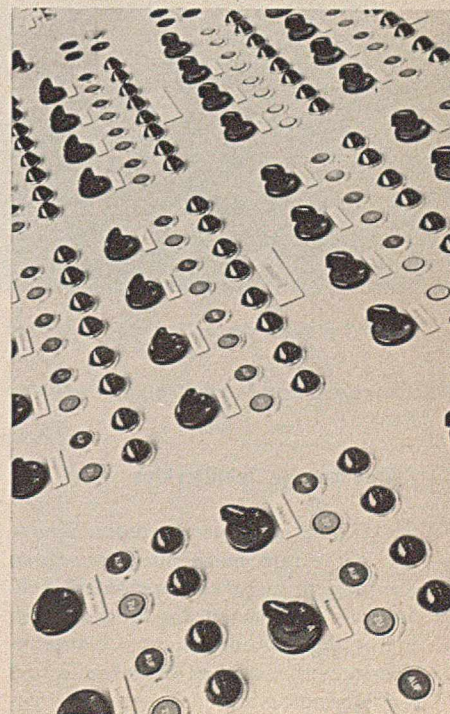


Bild 1: Schaltuhr für Programmsteuerung (Rückansicht).

Bild 2: Schaltpult für Reaktorsteuerung.



ger Versager aufgetreten. Jeder Öffnungs- und jeder Schließstellung eines Schiebers ist je ein Schütz zugeordnet worden, die sich beim Anzug gegenseitig abwerfen. Die Schütze selbst sind in ihrer Verdrahtung in drei Grundtypen unterteilt, die in Vielfachsteckern aufgesteckt und mit zwei Schrauben gesichert sind. An günstiger zeitlicher Stelle des Programmablaufs ein solcher Schütz in wenigen Sekunden gewechselt werden. Die Strombefehle an die elektro-hydraulischen Magnetventile gehen über knapp bemessene Sicherungsautomaten, die den Einschaltstoß durchlassen, sich aber bei möglichem Hängenbleiben der Bewegungsmagnete sofort unterbrechen. Hierdurch ist ein Verbrennen der Zug-

schicht angeordnetes umschaltbares Zwischengetriebe läßt mitten im Betrieb eine Veränderung des Gesamtablaufes, beispielsweise von 15 bis 25 Minuten, in Stufen von je einer Minute zu. Diese zeitliche Dehnung oder Raffung des Programmzyklus ist mit den in der letzten Zeit entwickelten bewegungslosen Schaltelementen auf Transistorbasis wesentlich schwieriger zu lösen. Der Antriebsmotor ist gleichfalls mit einem Handgriff auf den fest eingebauten Reservemotor in der Schaltuhr umzuschalten.

Einbau in die Gesamtanlage

Als Herzstück der gesamten Butan-Dehydrierungsanlage ist die Schaltuhr auch

ne Wasserstoff und die niedrigmolekulare Kohlenwasserstoffe in derselben Anlage zur Aufheizung des Einsatzproduktes und der Regenerationsluft verwendet werden. Als Ergebnis der Gesamtanlage ergibt sich ein flüssiges Gemisch aus Normal-Butan, Butylen und Butadien, das zu seiner weiteren Trennung einer anderen Anlage zugeführt wird. Die Automatisierung der Gastrennung und der Eingangsapparaturen ist nach modernen Gesichtspunkten für kontinuierliche Betriebe durchgeführt worden, die in diesem Zusammenhang als bekannt vorausgesetzt werden. Die hydraulische Station für die Schieberbetätigung, deren Entwurf wegen des ungestörten Freiluftbetriebes in Winter- und Sommerzeit über die bis dahin vor-

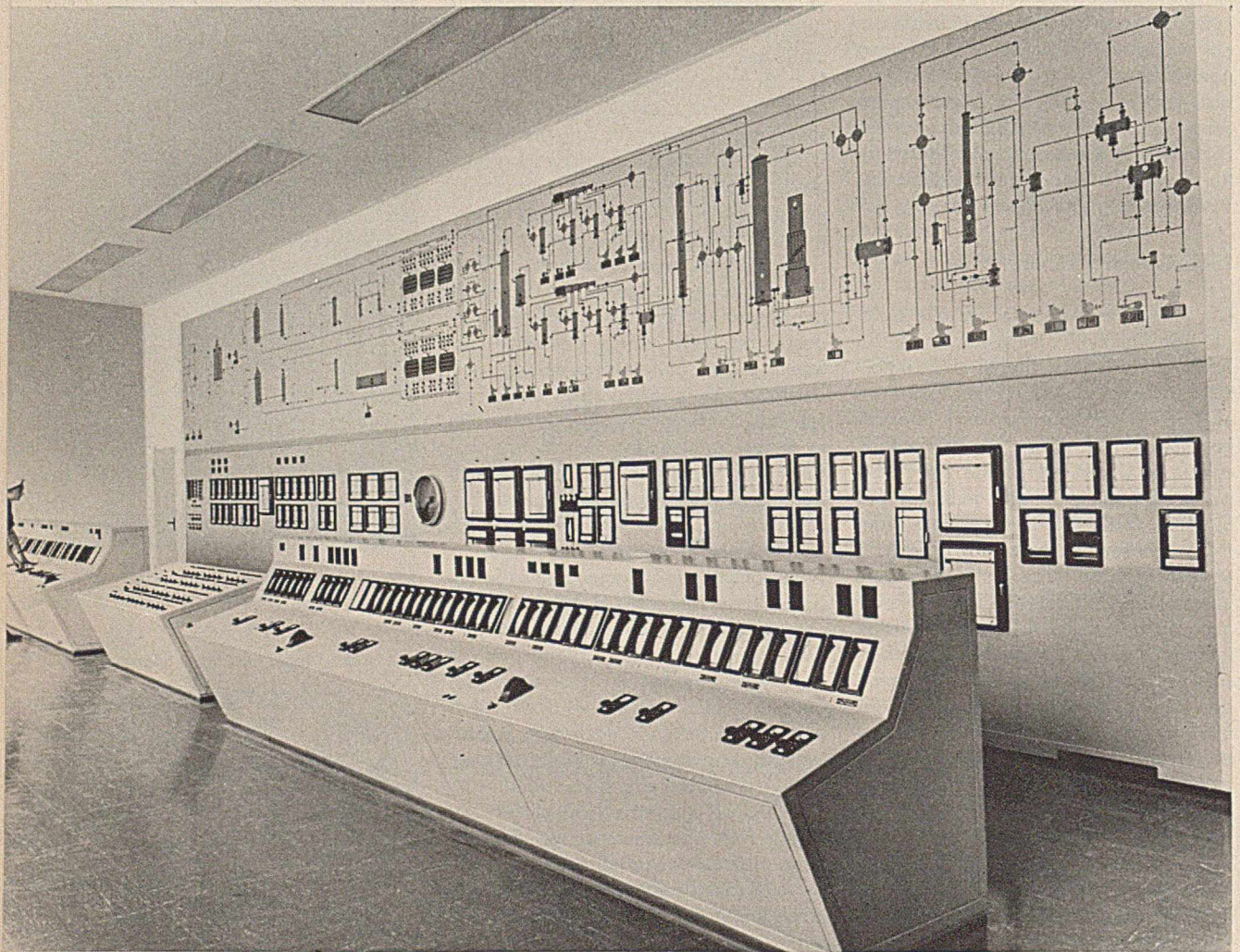


Bild 3: Leitstand der Butan-Dehydrierungsanlage der Bunawerke Hül's GmbH.

spulen an den Magnetventilen vermieden.

Zeitdauer des Schaltzyklus

Die Eigenart der verwendeten Schaltuhr mit ihrem mechanisch bewegten Kontaktarm bietet eine leichte Möglichkeit, die Gesamtzeit des Programmablaufes durch Änderung der Getriebeübersetzung zwischen Schaltwelle und Antriebsmotor zu verändern. Ein ge-

in die Mitte des Leitstandes eingebaut, und zwar befindet sich die eigentliche Schaltuhr in der Mitte der Meßtafel und das zugehörige Schaltpult in der Mitte der übrigen Schaltpulte, welche die zur Bedienung der Gesamtanlage notwendigen pneumatischen und elektrischen Meß- und Regelgeräte enthalten (Bild 3). Die Gastrennung wird durch geeignet geführte Absorption und Desorption in großen Kolonnentürmen erreicht, wobei der bei der Reaktion entstande-

liegenden Erfahrungen hinausging, ist vollautomatisch eingerichtet. Sie arbeitet mit einem Glykol-Wasser-Gemisch unter Zusatz eines geeigneten Schmiermittels; der Arbeitsdruck beträgt 50 kp/cm².

Nach nunmehr 3-jährigem Betrieb haben Entwurf und Ausführung der Anlage ihre Bewährungsprobe zur vollen Zufriedenheit von Lieferanten und Betreibern abgelegt.

Die Umstellung einer Hefe-Fabrikation vom Chargenbetrieb auf durchlaufende Produktion*)

H. Sher, The Distillers Co. Ltd. und R. F. Rodger, Electronic Instruments Ltd.

Die Umstellung industrieller Anlagen vom Chargenbetrieb auf kontinuierlichen Betrieb hat den Zweck, die Kapital- und Betriebskosten zu senken, die Produktion zu steigern und die Produktqualität zu erhöhen. Im folgenden wird als lehrreiches Beispiel die Instrumentierung einer Hefefabrik (Distillers Co. Ltd., England) mit einem wöchentlichen Ausstoß von 300 Tonnen gezeigt; die wesentlichen Einheiten sind: Eine programmgesteuerte Sequenz-Regelung, ein pH-Wert-Regelsystem und eine automatische Titrieranlage. Im Ergebnis stieg die Produktion um 38 v. H., der Aufwand an Arbeitsstunden je Tonne sank um 44 v. H.; der Gesamtaufwand für die Instrumentierung ist kleiner als der für eine vergleichbare Anlage mit absatzweiser Produktion.

Die Herstellung von Hefe beginnt mit der Zugabe von Zuchthefe in einen Behälter, der Melasse und Ammoniaklösung enthält; der Ammoniak gibt Stickstoff ab, welcher zusammen mit der Melasse die Hefekultur speist. Die endgültige Qualität des Erzeugnisses hängt vom Stickstoffgehalt und dem pH-Wert ab. Um den Durchsatz und die Qualität der Hefe zu regeln, werden daher 2 Einflußgrößen durch Befehle von zwei abwechselnd eingesetzten Analysengeräten gesteuert, welche in geschlossenen Regelkreisen wirken:

- 1.) eine pH-Wert-Regelung beeinflusst die Zugabe von Schwefelsäure,
 - 2.) ein automatischer Titrator beeinflusst die Zugabe der Ammoniaklösung.
- Bild 1 zeigt, wie diese beiden Systeme die aus 5 Behältern bestehende Anlage regeln. Der 6. Behälter ist nicht in die Regelung einbezogen, sondern dient nur zum Nachreifen der Hefe.

Ein Kommandogerät mit Lochstreifen aus Stahlband als Programmspeicher steuert über die Ventile A₁ bis A₅ den Zufluß der Melasse, über die Ventile B₁ und B₂ die Zugabe von Ammoniaklösung und vermittels der Ventile C₁ bis C₅ den Durchfluß des Produktes. Das Programmierungssystem trägt bereits wesentlich zur Verringerung der Betriebskosten bei, von besonderer Bedeutung sind aber die beiden Analysensysteme, welche gleichzeitig zur Regelung dienen.

Um zu gewährleisten, daß die Hefe in ihrer Flüssigkeit bei dem günstigsten pH-Wert wächst, steuert ein Regelkreis die Beimischung von Schwefelsäure zu den einzelnen Behältern. Von jedem

Tank wird laufend eine kleine Menge der flüssigen Substanz abgepumpt und durch ein mit einer Elektrodenkette versehenes Probengefäß geleitet. Die Stufenschalter verbinden im Turnus, jeweils alle 2,5 Minuten, eine bestimmte Elektrodenkette mit dem Eingang des pH-Reglers, seinen Ausgang mit einem Stellglied. Die elektrische Ausgangsgröße des Reglers wird in einen entsprechenden Steuerdruck umgeformt; dieser wirkt auf das Membranventil in der Säurezuleitung zu dem Kessel, dessen Probe mit dem Regler verbunden ist. Die Einrichtung ist so getroffen, daß bis zur nächsten Abfrage die neue Stellung des Stellgliedes erhalten bleibt. In den Behältern A und B wird der Ammoniak-Zufluß nicht geregelt, wohl aber wird der Stickstoffgehalt durch die zugeordneten Schreiber laufend aufgezeichnet. Bei den Behältern C und D dient eine Zweipunkt-Regelung dazu, den normalen Zufluß zu unterbrechen, wenn der Stickstoffgehalt einen vorgegebenen Wert überschreitet, und dadurch ein übermäßiges Anwachsen zu verhindern. In dem letzten Behälter E ist der Gehalt an Stickstoff besonders kritisch; die Zugabe von Ammoniaklösung wird daher stetig geregelt. Das zugehörige Meßgerät ist ein Kompensationsschreiber; die Stellung des Schreibstiftes wird in den Steuerdruck für das Ventil B₅ umgesetzt. Während die Titration an einem der anderen Behälter durchgeführt wird, bleibt der Schreiber in seiner letzten Stellung blockiert; dadurch wird die Ventilstel-

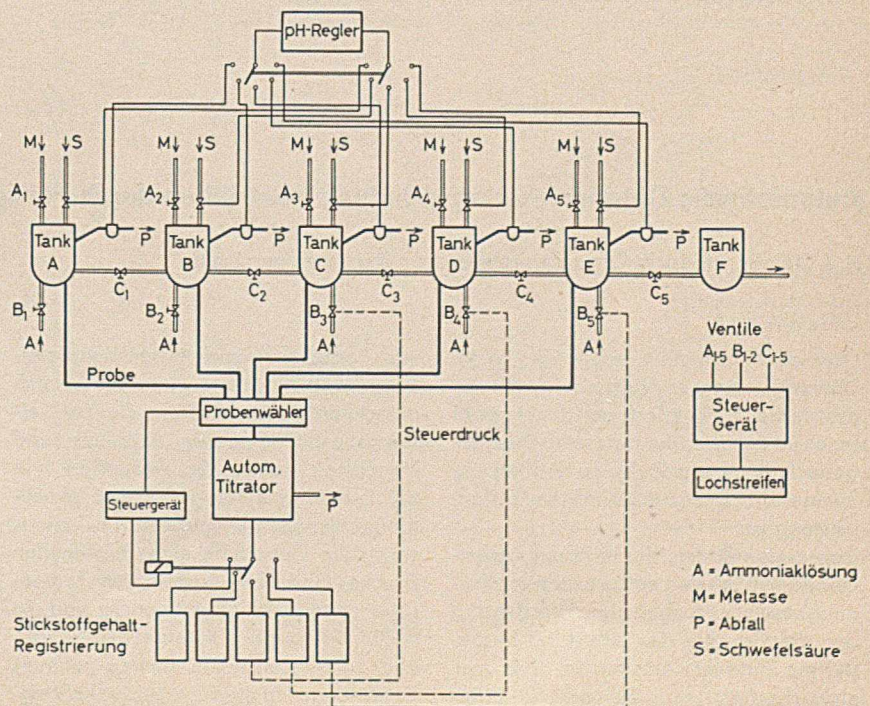
lung festgehalten, bis nach Ablauf von 30 Minuten die nächste Titration im Behälter E erfolgt.

Der Stickstoffgehalt wird durch das zweite Analysensystem (Bild 2) erfaßt, welches in 10 Minuten eine doppelte Titration durchführt. Über Magnetventile werden jedem Behälter Proben entnommen; ein Stufenschalter verbindet nacheinander die einzelnen Proben mit der Anordnung zur automatischen Titration. Die Behälter A bis D werden stündlich, der Behälter E jede halbe Stunde abgefragt, um am Ende des Prozesses eine wirksamere Qualitätsregelung zu ermöglichen. Der Umschalter (4 Sätze zu je 25 Kontakten) wird von einem Impulsgeber über Thyatronen betätigt und bestimmt die Abfolge der Titrations.

Die erste Titration stellt fest, wann der Säuregehalt der flüssigen Hefe durch Zugabe von Natriumkarbonat neutralisiert ist. Zunächst wird durch ein Ventil ein Probengefäß von 50 cm³ Inhalt mit der Substanz gefüllt. Ein Zeitgeber schließt nach 10 Sekunden das Einlaßventil; dann öffnet sich ein zweites Ventil und entleert die Füllung in ein Reaktionsgefäß. Eine Bürette wird mit Natriumkarbonatlösung gefüllt; sie dient dazu, den Inhalt des Reaktionsgefäßes zu titrieren.

Die zweite Titration hat die Aufgabe, den restlichen Stickstoffgehalt im Tank

Bild 1: Blockschema der Anlage mit den Analysengeräten und Schrittschaltwerk.



*) Genehmigte Übertragung aus CONTROL ENGINEERING, September 1960 (Copyright by McGraw-Hill Publishing Company, Inc.).

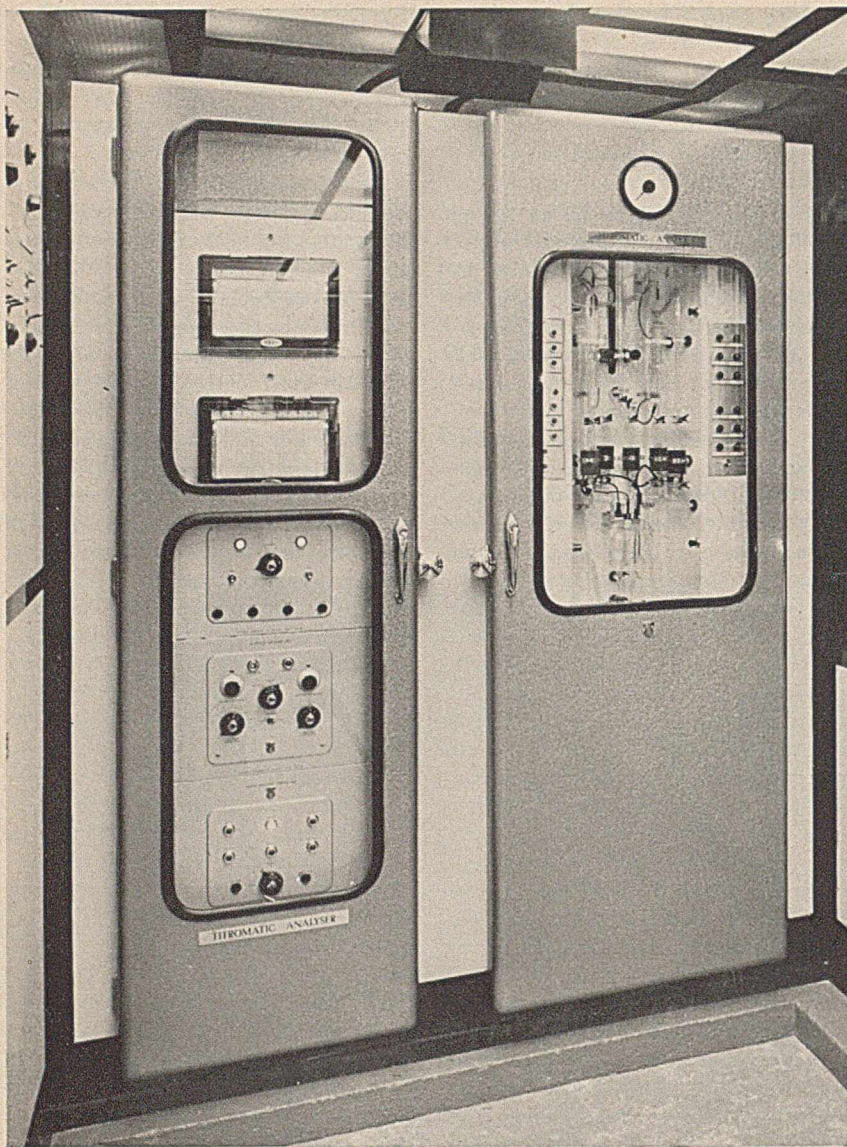


Bild 2: Automatischer Titrator. Der rechte Schrank enthält die Reaktionsgefäße, Büretten und Magnetventile, der linke die Schreiber, die Folgesteuerung und den pH-Wert-Anzeiger für den Abschluß der Titration.

zu bestimmen. Dazu wird zunächst Formalin in das Reaktionsgefäß gegeben. Es setzt zusammen mit dem Ammoniak Schwefelsäure aus dem überschüssigen Ammoniumsulfat frei, welches nicht von

der Hefe verbraucht wurde. Die Bürette wird abermals mit 50 cm³ Natriumkarbonatlösung gefüllt; dann beginnt die Titration wie vorher bis zur Neutralisierung der Schwefelsäure. Die da-

für notwendige Menge an Lösung wird durch eine fotoelektrische Abtastung des Flüssigkeitsstandes in der Bürette ermittelt.

Kurz bevor die zweite Titration ihren durch den vorgegebenen pH-Wert bestimmten Abschluß erreicht, verlängert ein Warnkreis den Zufluß der Titrationslösung; das Auslaßventil der Bürette wird für immer kürzere Zeit geöffnet, so daß die Lösung schließlich nur tropfenweise zugegeben wird. Jeder Steuerimpuls für das Bürettenventil stellt ein Vorlaufwerk mit einem Zeitintervall von 22 Sekunden auf den Anfang zurück, so daß das Erreichen des Endpunktes nur dann als Signal weitergegeben wird, wenn die Bürette nicht weniger als 22 Sekunden geschlossen blieb.

Das Signal «Titration abgeschlossen» startet einen kleinen Motor, der über Getriebe und Leitspindel die Abtastvorrichtung, bestehend aus Lampe und Fozelle, an der Bürette entlang fährt. Wenn der Meniskus der Flüssigkeitssäule erreicht ist, wird der Motor durch Unterbrechung des Lichtstrahles stillgesetzt. Der Flüssigkeitsstand ist ein Maß für den Verbrauch an Titrationslösung und damit für den Stickstoffgehalt. Durch einen mit der Motorwelle gekuppelten Widerstandsgeber wird der Titrationswert mit einer Genauigkeit von 0,25% in eine Spannung umgeformt. Daraufhin wiederholt sich das Spiel; der automatische Titrator wird für die nächste Messung vorbereitet, der Probenwähler wird um eine Position weitergeschaltet und verbindet den nächsten Tank mit dem Analysiergerät.

Automatische Datenerfassung in Industriebetrieben durch Fertigungs- u. Abrechnungszentralen

H. J. Steidle, Industrie-Organisationsberater, Frankfurt am Main

Liest oder hört man heute das Wort Datenerfassung in Verbindung mit industrieller Produktion, so denkt wohl jeder im Zeitalter der automatischen Regeltechnik zwangsläufig an Größen wie Temperatur, Drehzahl, Druck, Durchfluß, Leistung usw.

Von diesen Daten, die in ihrem Zusammenwirken mit den entsprechenden Produktionseinrichtungen den Werdegang und die Qualität der industriell hergestellten Produkte bestimmen, soll hier nicht die Rede sein. Bei den mit Hilfe

von Fertigungs- und Abrechnungszentralen erfaßten Daten handelt es sich ausschließlich um Zahlen, die zur Leistungsbestimmung von Arbeitern und Maschinen dienen. So wesentlich wie zur Erzielung einer guten und gleichbleibenden Fertigungsqualität beispielsweise die Einhaltung eines bestimmten Druckes und einer konstanten Temperatur unumgänglich notwendig sind, so wichtig ist es für die Betriebswirtschaft, über lange Zeiträume hinweg genaues Zahlenmaterial über die Leistungsfähig-

keit der einzelnen Produktionsmittel sowie über die Erzeugungskosten der jeweiligen Fertigungsserien zu besitzen.

Kapazität und Produktivität

Viele Fabriken haben in den letzten Jahren durch die Anschaffung neuer, moderner Produktionsmaschinen versucht, ihre zu knapp gewordene Kapazität zu vergrößern und hierbei auch gleichzeitig ihre Produktivität entscheidend zu verbessern. Daß dieser Plan in Bezug

auf die Produktivität nur in den wenigsten Fällen zu einem Erfolg geführt hat, müssen heute viele Betriebe erkennen. Der Anlaß zur Planung neu anzuschaffender Maschinen waren meist in der Fertigung aufgetretene Engpässe und die hierdurch eingerissenen Lieferverzögerungen. Der Vertrieb drängt in solchen Situationen leicht auf eine Vergrößerung des Maschinenparkes, um die günstige Konjunkturlage zu nutzen. Auch die sonst mit jedem Pfennig rechnende Fertigung prüft nicht lange die Stichhaltigkeit der vorhandenen Auslastungsunterlagen, sondern nutzt ohne große Gewissensbisse die Protektion der Vertriebsabteilung zum Durchsetzen der Anschaffung neuer Produktionsmittel aus. Als weitere Zahlenunterlagen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der beabsichtigten Anschaffungen werden an den Maschinen durchgeführte Aufschreibungen (Lohnzettel) sowie die Auskünfte von Meistern und Vorarbeitern verwendet. Überprüft man die nun vorliegenden Rationalisierungsergebnisse, stellt sich heraus, daß die gesteckten Ziele nur teilweise erreicht werden konnten. Trotz der größeren Kapazität, die zwangsläufig zu einer höheren Stückzahlausbringung und damit zu höheren Umsätzen führte, verschlechterte sich in der Regel die Produktivitätskurve der Unternehmen. Statt der vor der Investierung errechneten Möglichkeit, die Herstellungskosten zu senken, wurden später meist Preiserhöhungen unvermeidbar.

Es ist kein Geheimnis, daß ein voller Erfolg derartiger Rationalisierungsmaßnahmen nur dann eintreten kann, wenn zur Planung stichhaltige Zahlen verwendet wurden und die neuen Produktionsmittel einschließlich der gleichgearteten älteren Maschinen tatsächlich optimal genutzt werden. Mit den in den Betrieben noch allgemein üblichen Aufschreibungsmethoden ist aber ein stichhaltiges und vor allem aktuelles Datenmaterial kaum vorhanden. Außerdem ist eine optimale Ausnutzung der Kapazität und damit erst eine mögliche Erhöhung der Produktivität nicht allein durch den Ersatz oder die Modernisierung der Produktionsmittel erreichbar, sondern weitgehend vom reibungslosen Ablauf der innerbetrieblichen Organisation abhängig.

Höchstmögliche Ausnutzung der vorhandenen Kapazität und eine Verkürzung der Liefertermine bleiben aber nach wie vor das Gebot der Stunde. Konkurrenzangebote zwingen in wachsendem Maße die Betriebe zur laufenden Kostenkontrolle und zu beträchtlicher Erhöhung der betrieblichen Wirkleistung. Gerade dann, wenn an Maschinen und Werkzeugen bereits alle Rationalisierungsmöglichkeiten ausgeschöpft wurden, bleibt nur noch die Vermeidung aller kostensteigernden Stokungen im Fertigungsfluß übrig.

Die im modernen Fertigungsprozeß durch die Fabriken fließenden, gegenüber früher bedeutend vergrößerten Produktionsmengen erfordern zwangsläufig einen höheren Kapital- und Zinsbedarf und vergrößern damit das unternehmerische Risiko beträchtlich. Es ist deshalb verständlich, wenn die Geschäftsleitung aus Dispositionsgründen auf genaues und lückenloses Zahlenmaterial drängt.

Die Befriedigung dieses Zahlenhungers macht allen Betriebsstellen bis herunter zum Meister und Vorarbeiter großes Kopfzerbrechen. Einmal weiß jeder Praktiker, daß es sehr schwierig ist, gültige, hinreichend genaue Zahlen von den Arbeiter- und Maschinenleistungen zu erhalten. Zum anderen drängen die immer mehr überhand nehmenden zusätzlichen Schreiarbeiten diese Stellen mehr und mehr von ihren eigentlichen Aufgaben ab. Obwohl die verständlichen Forderungen der Geschäftsleitungen in den letzten Jahren zu einer Bürokratisierung der Werkstätten geführt haben, konnten auch in jüngster Zeit keine befriedigenden Ergebnisse verzeichnet werden.

Der Grund ist ganz einfach darin zu suchen, daß mit der stürmisch fortschreitenden Entwicklung der Rationalisierung auf dem Fertigungssektor die Anpassung der Betriebsorganisation nicht Schritt halten konnte. Neben den veralteten betrieblichen Nachrichtenmitteln sind insbesondere die Aufschreibungen an den Maschinen und sonstigen Stellen im Betrieb sowie die Leistungsberichte der Meister und Abteilungsleiter heute nicht mehr zeitgemäß. Wenn ein Betrieb seine Produktivität erhöhen will, muß er neben der Rationalisierung seiner Produktionsmittel auch seine Organisation mit Hilfe der Technik rationalisieren.

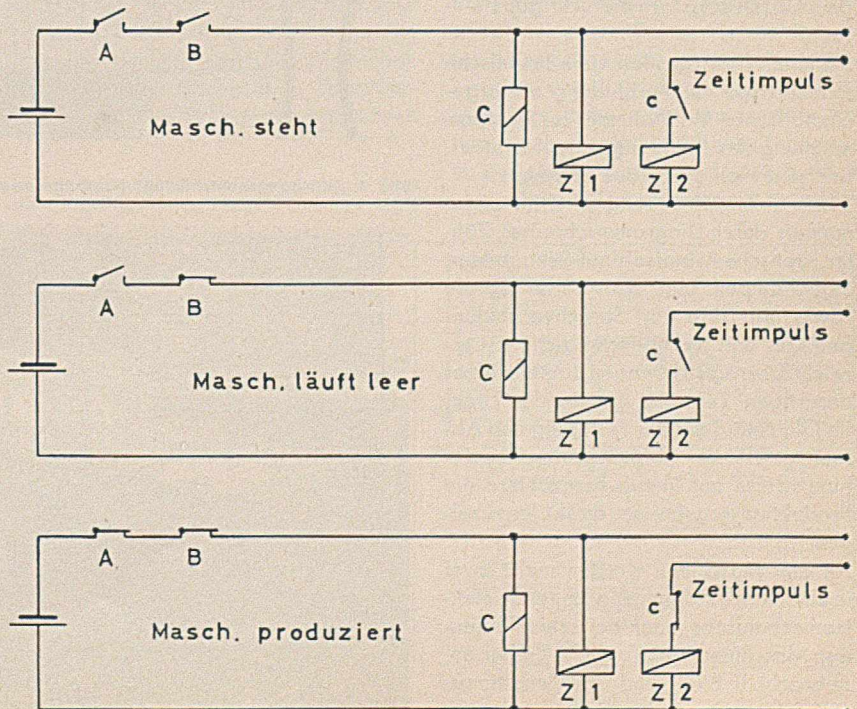
Die Informationstechnik als Helfer

Der größte Teil aller betriebsorganisatorischen Aufgaben und Maßnahmen dient der Information. Hierbei braucht der Informationsfluß nicht nur aus Zahlen zu bestehen, es kann sich auch ebenso um Terminmitteilungen, Ausfall- oder Reparaturmeldungen, Belegtransport und ähnliche Dinge handeln. Deshalb ist auch der Kreis der informationstechnischen Bauelemente weit gespannt und umfaßt, neben den bekannten drahtgebundenen beziehungsweise drahtlosen Nachrichtenmitteln für Sprache, insbesondere Bauteile für akustische und Lichtsignale sowie Diagrammschreiber und Zähler. Zu den informationstechnischen Bauelementen gehört noch die Vielzahl der sogenannten Geber, die in oder an den Produktionsmaschinen montiert werden und alle «Äußerungen» der Maschine auf elektrischem Wege an eine zentrale Stelle übertragen.

In ihrer Gesamtheit dienen diese Bauteile dem Zweck, eine direkte Verbindung zwischen den Produktionsmitteln, ihrer Bedienungsmannschaft und den zentralen Planungs- und Abrechnungsstellen eines Werkes herzustellen. Sie sollen vom Menschen unbeeinflussbare Fertigungsdaten der Maschinen erbringen und außerdem durch die Übertragung von Befehlen an die Maschinenbedienung eine direkte Lenkung der Produktion gewährleisten. Diese beiden Möglichkeiten machen eine Unterscheidung der informationstechnischen Bauelemente in registrierende und meldende Gruppen erforderlich.

Zu Beginn der Entwicklung von Fertigungs- und Abrechnungszentralen for-

Bild 1: «Und»-Schaltung einer Geberkette.



derte man lediglich Registriergeräte, um endlich zu genauen und objektiven Fertigungsdaten zu kommen. Diese Geräte sind jedoch zum sofortigen Erkennen auftretender Störungen ungeeignet und ermöglichen deshalb kein Eingreifen in den Fertigungsablauf. Der neuerdings immer wieder geäußerte Wunsch nach Meldegeräten innerhalb einer Fertigungszentrale fußt vor allem auf der Erkenntnis, daß es wichtiger ist die Verlustquellen im Betrieb schnellstens zu erkennen und durch sofortiges Handeln möglichst klein zu halten, statt sich mit dem Registrieren der Stillstände zu begnügen. Der Gedanke hierzu lag schon deshalb nahe, weil die an den Maschinen zur Steuerung der Diagrammschreiber oder Zähler angebrachten Geber in den meisten Fällen zusätzlich zur Meldung von Produktionsausfällen mittels Signallampen verwendet werden können.

Auf diese Art und Weise entwickelten sich aus den ursprünglichen Registrieranlagen, die vielfach lediglich aus in Gängen und Meisterbüros aufgehängten Diagrammschreibern bestanden, die eigentlichen Zentralanlagen. Bei reinen Registrieranlagen kümmert sich in der Regel, außer zur täglichen, wöchentlichen oder monatlichen Entnahme der Schreibdiagramme, niemand um die Geräte. Bei den mit Zählern, Signallampen, Sprechverbindungen und manchmal zusätzlich noch mit Diagrammschreibern ausgerüsteten Fertigungs- und Abrechnungszentralen wird dagegen der Produktionsablauf ständig beobachtet und, wenn nötig, durch direktes Eingreifen gesteuert.

Wirkungsweise einer Fertigungszentrale

Den Begriff Fertigungszentrale umfassend zu definieren ist bei der Vielzahl der Ausführungsformen nicht ganz einfach.

Sie sind in der großen Linie technische Einrichtungen in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen zur Sichtbarmachung des Fertigungsablaufes an einer zentralen Stelle des Betriebes.

Diese Sichtbarmachung wird im allgemeinen durch Diagrammschreiber, Zähler, optische Arbeitsablauf-Schaubilder, Signallampen und akustische Signale sowie mit Hilfe von Sprechverbindungen zu den Fertigungsmaschinen erreicht. Die registrierenden Bauteile einer derartigen Zentrale sind in der Lage, im Gleichlauf mit der Fertigung den Ablauf graphisch aufzuzeichnen, beziehungsweise auf Impuls-Fernzählern die Produktionsergebnisse direkt anzuzeigen.

An den Maschinen werden meist zwei in einer Kette zusammenarbeitende elektromechanische oder bei schnelllaufenden Maschinen elektronische Geber angebracht. In Bild 1 sind drei Schaltstufen einer derartigen Geberkette nach

dem Prinzip der «Und»-Schaltung schematisch dargestellt. Bei einer Exzenterpresse gibt beispielsweise der Geber B pro Hub einen Stückimpuls ab. Um aber nur die Lashübe zu zählen, wird nur dann ein Stückimpuls zum Zähler oder Schreiber durchgeschaltet, wenn der zweite Geber A, Bewegungsgeber genannt, vorher einen Vorschub des Bandmaterials in der Presse festgestellt hat. Durch diese Schaltung der Geberkette werden Fehlzählungen vermieden und gleichzeitig noch die tatsächliche Produktionszeit der Maschine exakt ermittelt. Bleibt man beim Beispiel der Exzenterpresse, dann zeigt das obere Schaltbild eine stillstehende Presse. Die Schalter des Bewegungsgebers A und des Stückgebers B sind geöffnet und es kann deshalb kein Strom zur Spule des Relais C und zum Stückzahlzähler Z 1 fließen. Auch der periodische Zeitimpuls auf den Produktionszeitzähler Z 2 ist durch den geöffneten Kontakt c abgeschaltet. Im mittleren Schaltbild läuft die Exzenterpresse leer, wobei der Stückzahlgeber B bei jedem Pressenhub kurz-

zeitig schließt. Da aber der Bewegungsgeber A keinen Materialvorschub in der Maschine feststellt, bleibt der Schalter A geöffnet, so daß genau wie im oberen Schaltbild weder Stücke noch Produktionszeit gezählt werden. Im unteren Schaltbild arbeitet die Maschine produktiv. Sofort nach dem Materialvorschub hat der Schalter des Bewegungsgebers A geschlossen und beim nachfolgenden Pressenhub schließt der Schalter des Stückzahlgebers B ebenfalls. Jetzt kann der Stückimpuls zum Zähler Z 1 gelangen und diesen um eine Stelle weiterschalten. Gleichzeitig wird die Spule des Relais C zum Anzug gebracht und damit der Kontakt c dieses Relais geschlossen. Über diesen Kontakt c kann nun der periodische Zeitimpuls den Produktionszähler solange weiterschalten, bis Geber A öffnet und damit das Relais C wieder abfällt. Entsprechend dem Prinzip der «Und»-Schaltung werden nur dann Stückzahlen und Produktionszeit registriert, wenn die Geberschalter A und B geschlossen sind. Selbstverständlich wird bei der Produktionszeit nur die Zeitdauer durch die Geberkette geschaltet, während der auf den Zähler

Bild 2: Melder einer Fertigungszentrale.

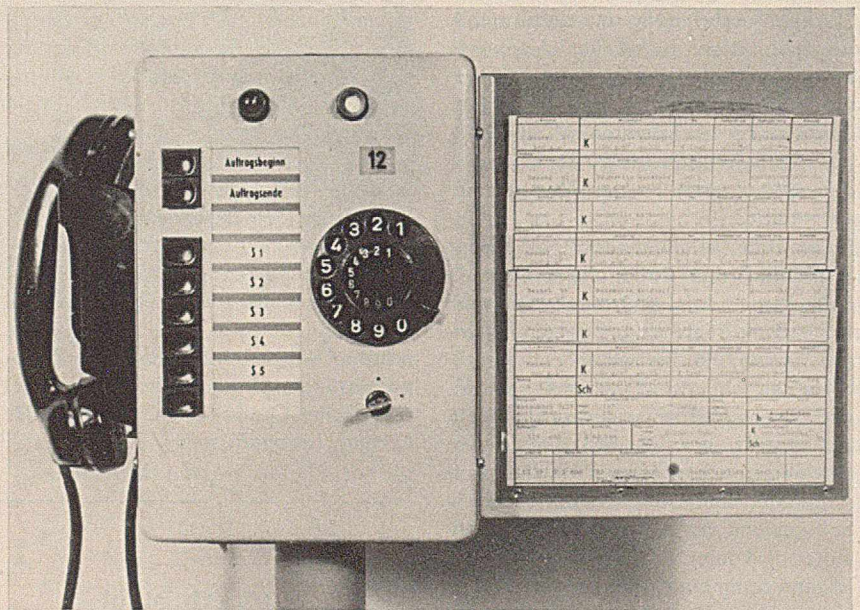
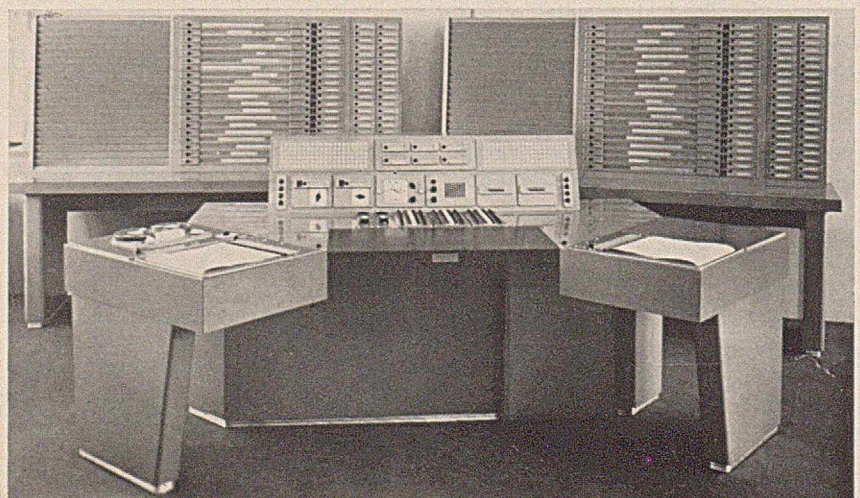


Bild 3: Fertigungszentrale mit Bauteilgruppen.



auflaufende periodische Zeitimpuls, beispielsweise jede Minute oder 1/100 Std., von einem besonderen Impulsgeber in der Zentrale kommt.

Die an oder in der Maschine montierten Geber können lediglich feststellen, ob die Maschine produziert oder nicht. Sie sind nicht in der Lage, Fehler oder Störungen, die im Fertigungsablauf unvermeidlich sind, automatisch an die Zentrale zu melden. Ausnahmen von dieser Regel sind nur möglich, wenn sich die Maschine bei Eintritt einer bestimmten Störung ohne Eingreifen der Bedienung abschaltet. In diesem Fall kann der Schaltvorgang gleichzeitig zur Störgrundmeldung an die Zentrale mitbenutzt werden. Ein typisches Beispiel für die automatische Meldung von definierten Störgründen bietet die Weberei. Fast alle Webstühle sind mit sogenannten Kett- und Schußfadenwächtern ausgestattet, die nach dem Reißen eines Kett- oder Schußfadens über einen Schalter sofort den Webstuhl stillsetzen. Da der Weber bei häufigem Fadenbruch in der Regel Zuschläge zu seinem Schußakkord erhält, müssen die Zeitnehmer dieser Betriebe sehr häufig Fadenbruchaufnahmen durchführen, um die Höhe des Zuschlages zu bestimmen. Ist ein Webstuhl an eine Fertigungszentrale angeschlossen, erübrigen sich diese Aufnahmen, wenn für jede Fadenbruchart ein Häufigkeitszähler vorhanden ist. Selbstverständlich können auch die durch die Fadenbrüche entstandenen Zeitverluste gleichzeitig auf Zählern mit erfaßt werden.

Da die Möglichkeiten der automatischen Störgrundmeldung sehr beschränkt sind, gibt es kaum noch Fertigungszentralen, die an den Produktionsmaschinen keine Meldeeinrichtungen für die verschiedenen Stillstandsgründe besitzen. Diese Melder, von denen Bild 2 ein Beispiel zeigt, sind in griffgünstiger Nähe des Bedienungsplatzes der Maschine angebracht und besitzen entweder Tasten, Drehschalter oder Wählscheiben zur manuellen Meldung der Stillstandsgründe. Bei dem in Bild 2 wiedergegebenen Melder dient die Wählscheibe nicht zur Störgrundmeldung, sondern zur Durchgabe von Arbeiter-, Auftrags- und Arbeitsgangnummern an die Zentrale. Bei einigen Fabrikaten wird der vom Arbeiter eingetastete bzw. mit Drehschalter und Wählscheibe eingestellte Störgrund außer in der Zentrale auch am Melder durch ein Lichtsignal angezeigt. Andere Ausführungen lassen am Melder generell bei Stillstand der Maschine eine rote Signallampe und bei Produktion eine grüne Signallampe aufleuchten. In vielen Fällen besitzen diese Melder noch an- oder eingebaute Wechselsprech- beziehungsweise Telefonverbindungen zur Zentrale. Bei allen Fertigungszentralen spielt sich der gesamte Informationsfluß zwischen den Arbeitsplatzmeldern, den an diese

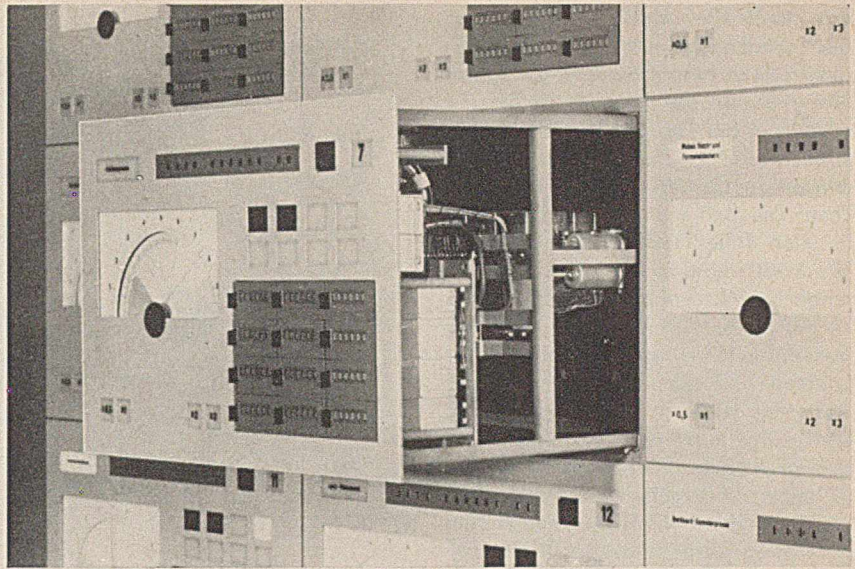
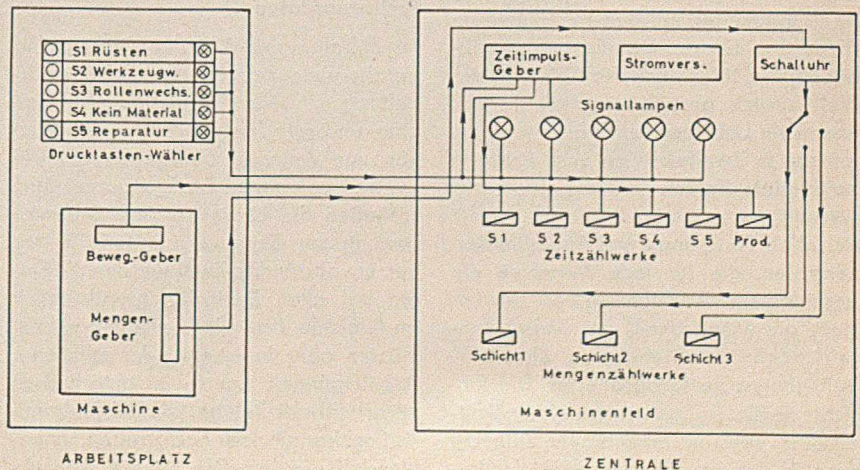


Bild 4: Maschinenfeld einer Zentraltafel als Einschubaggregat.

angeschlossenen Maschinengebern und der eigentlichen Zentrale ab, die mitunter mehrere Kilometer weit von den Werkstätten installiert sein kann. Zur Zeit gibt es bei den auf dem Markt befindlichen Fabrikaten zwei grundsätzliche Systeme, die sich vor allem in der Bauteilanordnung unterscheiden. Die eine Herstellergruppe faßt gleichgeartete Bauteile in der Regel jeweils für 10 oder 20 Produktionsmaschinen zusammen (Bild 3), während die andere Gruppe stets die Anzeigeelemente einer Maschine auf einem Maschinenfeld zusammenfaßt (Bild 4). In Bild 5 ist das Wirkungsschema einer Fertigungszentrale nach dem Maschinenfeldprinzip schematisch dargestellt. Bei diesem Beispiel ist die Zentrale mit einer Schaltuhr ausgerüstet, die über bis zu 5 Tages- oder Wochenprogramme einmal die einzelnen Maschinenfelder zu den Arbeits- und Schichtzeiten ein- bzw. ausschaltet, sowie den Stückzähler auf die jeweilige Schicht automatisch umschaltet. Über eine besondere Schaltuhr-tastatur bzw. ein Programmsteckbrett

Bild 5: Wirkungsschema einer Zentrale nach dem Maschinenfeldprinzip.



können bei Überstunden oder aus sonstigen Gründen beliebige Einzelmaschinen bzw. Maschinengruppen von dieser automatischen Abschaltung ausgenommen werden. Würde eine Maschinenbedienung ohne Mitteilung an die Zentrale beziehungsweise deren Genehmigung Überstunden machen, so hätte dies zur Folge, daß durch die von der Schaltuhr vorgenommene automatische Abschaltung des Maschinenfeldes die Produktion nach Schichtschluß nicht mehr gezählt wird.

Auswertung der Produktionsergebnisse

Bei einer richtig eingesetzten Fertigungszentrale bringen nicht nur die im Gleichlauf mit der Fertigung registrierten Fertigungsdaten einen großen Vorteil für den Betrieb, der größte Gewinn liegt in der nun möglichen Aufspürung und Begrenzung der Verlustquellen. Es ist sicherlich erstrebenswert, sofort nach Beendigung eines Auftrages an einer Maschine ohne Zutun des Arbeiters, Vorarbeiters, Meisters oder Werkstattschreibers reale Daten für die Erledigung der Bruttolohnrechnung, Nachkalkulation und Betriebsabrechnung vorliegen zu haben. Die angestrebte Erhöhung der Produktivität wird aber nur in geringem Maße durch die genaue und schnelle Datenerfassung, sondern

erst durch die ständige Beobachtung des Fertigungsablaufes und seine hieraus resultierende Verbesserung möglich. Sicherlich ist die Zentralenbedienung oftmals in der Lage, bereits durch vermittelndes Eingreifen eine starke Verminderung der Wartezeiten zu erreichen. Die Bedienung kann aber nicht in allen Fällen beurteilen, ob in den Werkstätten tatsächlich mit dem höchstmöglichen Wirkungsgrad gefertigt wird. Es gibt zwar Fertigungszentralen, bei denen der Wirkungsgrad während der Laufzeit und nach Beendigung eines Auftrages einfach abgelesen werden kann. Dies nützt jedoch wenig, wenn der erreichbare Wirkungsgrad für die einzelnen Erzeugnisse nicht festgelegt ist. Nach der Inbetriebnahme einer Zentrale muß deshalb zunächst ein vergleichbares Datenmaterial gesammelt und nach gewissenhafter Auswertung für die einzelnen Produkte eine Wirkungsgradtabelle als Norm aufgestellt werden.

Durch die Notwendigkeit der Auswertung kommt der Frage, auf welche Art und Weise man die Fertigungsdaten am besten aus den Registrieraggregaten entnimmt, erhöhte Bedeutung zu. Bei den Fertigungszentralen, die mit Diagrammschreibern ausgerüstet sind, ist der gesamte Ablauf bereits auf einem Papierstreifen aufgezeichnet. Um aber aus der graphischen Aufzeichnung vergleichbares Zahlenmaterial zu erhalten, müssen diese Diagramme mit Auswertlinealen und ähnlichen Hilfsmitteln zunächst aufbereitet werden. Nachdem durch diese Aufbereitung alle Zahlenwerte der Diagramme ermittelt sind, folgt zwangsläufig die zweite manuelle Auswertung zur Erreichung einer Produktivitätssteigerung.

Die mit Zählern ausgestatteten Fertigungszentralen ergeben durch die selbsttätige Summenbildung schneller auswertbare Daten und haben durch den Wegfall der Aufbereitungsarbeit den Diagrammschreiber fast ganz verdrängt. Üblicherweise erfolgt die Ablesung der Zählerstände nach Beendigung eines Auftrages. Ablesefehler bei diesem Verfahren können allerdings, besonders bei der Bruttolohnrechnung, zu Streitigkeiten mit den Maschinenbedienungen führen. Da die auftragsabhängigen Zähler nach der Ablesung auf Null zurück gestellt werden, danach aber kein Urbeleg mehr vorhanden ist, müssen in Zweifelsfällen vom Arbeiter behauptete Zahlen meistens anerkannt werden.

Bei allen Fertigungs- und Abrechnungszentralen, die für jede Maschine ein geschlossenes Anzeigefeld besitzen, besteht die Möglichkeit, das Maschinenfeld nach der Beendigung eines Arbeitsganges zu fotografieren. Die Einrichtung hierzu besteht aus einem lichtdichten Tubus mit eingebauter Beleuchtung, in dem am hinteren Ende eine Re-

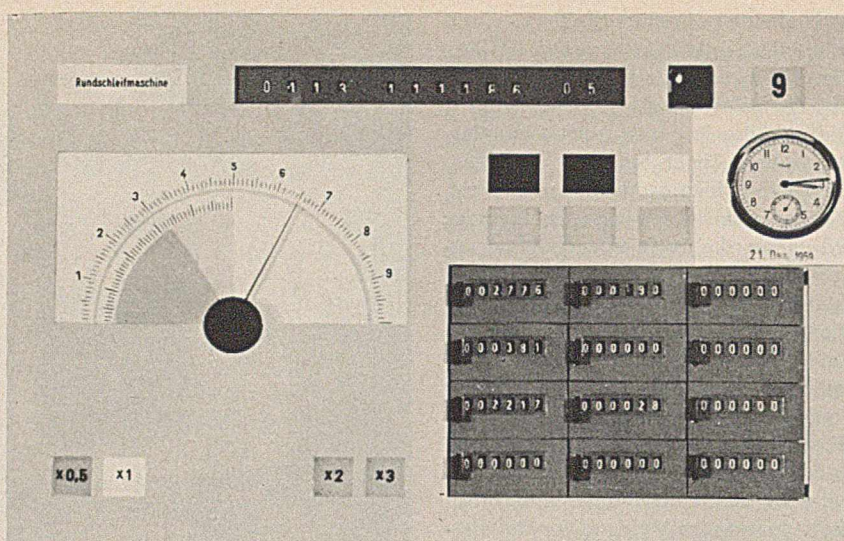


Bild 6: Registrierfoto mit Uhrzeit und Datum.

gistrierkamera eingebaut ist. Selbst die Einspiegelung von Uhrzeit und Datum in die Bildebene ist ohne weiteres möglich und für die Auswertung oder die Aufklärung von Streitfällen oft von großem Vorteil. Bild 6 zeigt ein derartiges Registrierfoto eines Maschinenfeldes mit Uhrzeit und Datum des Auftrages. Mit der Anwendung der fotografischen Registrierung erhält man einen durch beliebig viele Abzüge vervielfältigungsfähigen, dokumentarischen Beleg jedes abgelaufenen Auftrages. Vielfach werden lediglich die entwickelten Filme über ein Betrachtungsgerät, das die Einzelphotos bis zur Größe von DIN A 4 auf eine Mattscheibe projiziert, sofort ausgelistet bzw. abgelocht. Es gibt außerdem Gerätetypen, bei denen man während der Betrachtung der Negative von allen schlecht gelaufenen Aufträgen sofort durch Knopfdruck einen oder mehrere gleichfalls etwa DIN A 4 große Papierabzüge erhalten kann. Damit ist der Mangel des fehlenden Urbeleges bei Zähleranlagen behoben; es ist nicht mehr notwendig, Diagrammschreiber parallel zu den Zählern zu schalten, nur um in Zweifelsfällen einen dokumentarischen Beleg zu besitzen.

Speicherung und Ausgabe der Fertigungsdaten

Im Zeitalter der Automatisierung sind bereits viele Betriebe zur Datenverarbeitung mit teilweise recht umfangreichen und sehr leistungsfähigen Maschinen und Anlagen übergegangen. Die zur Zeit bekannten Fertigungszentralen schließen die Lücke von der Datenerfassung zur Datenverarbeitung bisher nur unvollständig. Zwar werden die Daten bei allen Zentralen grundsätzlich im Gleichlauf mit der Fertigung erfaßt, müssen aber in einem oder mehreren Arbeitsgängen zuerst in automatisch verarbeitbare Belege, wie beispielsweise Lochkarten oder Lochstreifen, umgewandelt werden. Die neuere Entwick-

lung läuft deshalb auf eine vorübergehende Speicherung der Auftragswerte hinaus, wobei die Fertigungsdaten nach Beendigung eines Auftrages auf Lochkarte oder Lochstreifen zur direkten Weiterverwendung in datenverarbeitenden Maschinen ausgegeben werden.

Falsch wäre es zu glauben, man könne bei einer automatischen Speicherung und Ausgabe der Daten auf die bisher geschilderten optischen Aussagemittel einer Fertigungszentrale verzichten. Diese Annahme führt zwangsläufig zur Betriebsblindheit zurück, da dann die Möglichkeit fehlt, den Betriebsablauf ständig vor Augen zu haben und gegebenenfalls sofort in das Betriebsgeschehen einzugreifen. Es wird selbst in der Zukunft kaum Fertigungs- und Abrechnungszentralen geben, die als Gesamtanlagen kontinuierlich von der Datenerfassung über die Datenverarbeitung bis zu den fertigen Auswertungsergebnissen arbeiten. Dies ist auch nicht notwendig, da es völlig genügt, an die Fertigungszentralen geeignete Speicher mit automatischer Ausgabe der gesammelten Auftragsdaten auf Belegen, die von datenverarbeitenden Maschinen gelesen werden können, anzuschließen.

Einer der ersten Versuche in Richtung auf vollautomatische Fertigungs- und Abrechnungszentralen, AFA genannt, arbeitete nach dem in Bild 7 gezeigten Prinzip. Je 10 Bearbeitungsmaschinen waren hierbei über einen die angeschlossenen Maschinen ständig abfragenden Meldungssucher mit einem Streifenlocher gekoppelt. Alle Änderungen des Maschinenzustandes wurden automatisch zusammen mit der Uhrzeit in einen Lochstreifen eingestanzt, der nach Betriebsschluß zur Zusammenfassung der Einzelmeldungen und zur anschließenden Datenverarbeitung in einen Elektronenrechner eingelesen wurde. In neuerer Zeit geht man vorzugsweise den Weg der Datenspeicherung über elektrisch auslesbare Speicherzähler. Weiterhin ist damit zu rechnen, daß einige Hersteller auch elektronische

Speicherelemente für die genannten Zwecke einsetzen werden, es liegen aber noch keine konkreten Informationen hierüber vor.

In Bezug auf die den Fertigungsdaten zuzuordnende Speicherung der Arbeiter-, Auftrags- und Arbeitsgangnummer gibt es den halbautomatischen Weg durch Abstastung der vorgelochten Lochkarten am Arbeitsplatz beziehungsweise in der Zentrale. Ebenso ist es möglich, diese Auftragskennndaten durch Tastaturen oder Wählscheiben vom Arbeitsplatzmelder oder von der Zentrale aus in den Speicher einzugeben.

Mit einer Ausnahme benötigen alle bisher bekanntgewordenen Speichersysteme für Fertigungszentralen ein genügend großes Volumen, um Auftragslaufzeit, Produktionszeit, Menge und die Zeitgrößen der einzelnen Stillstandsarten eines gesamten Auftrages speichern zu können. Mit bedeutend weniger Speicherraum kommt ein System aus, das von dem Grundsatz ausgeht, daß eine Maschine nur zwei Zustandsarten und diese nie zur gleichen Zeit haben kann. Für jeden Zustand (Maschine produziert, Maschine produziert nicht) ist ein Zeitspeicher vorhanden, dessen Bestand bei jeder Zustandsänderung von neuem in eine Lochkarte ausgelocht wird. Auf diese Art und Weise bilden praktisch die nach jedem Zeitraum ausgeworfenen Lochkarten einen externen Speicher mit unbegrenztem Fassungsvermögen. Während bei Zentralen mit Summenspeichern am Ende des Auftrages lediglich eine einzige Kostenlochkarte des abgelaufenen Arbeitsganges gestanzt wird, die die Datenverarbeitung nur minimal belastet, ist beim Wechselspeicher gerade das Gegenteil der Fall. Bei sehr lange oder schlecht laufenden Aufträgen kann ohne weiteres der Fall eintreten, daß beim Wechselspeicher eine Vielzahl von Lochkarten pro Auftrag anfällt, die anschließend von der Datenverarbeitungsanlage zuerst sortiert und durch die Addition der gleichen Vorgänge zu Summenkarten verdichtet werden muß. Erst nach diesen Vorarbeiten kann aus den ausgeworfenen Summenkarten eine Kostenlochkarte des Auftrages gelocht werden. Das registrierende Hauptbauteil dieses Zentralsystems ist ein Diagrammschreiber, über dessen Steuerung auch die Schaltung der Relais-Wechselspeicher vorgenommen wird.

Richtlinien für die Weiterentwicklung von Fertigungs- und Abrechnungszentralen

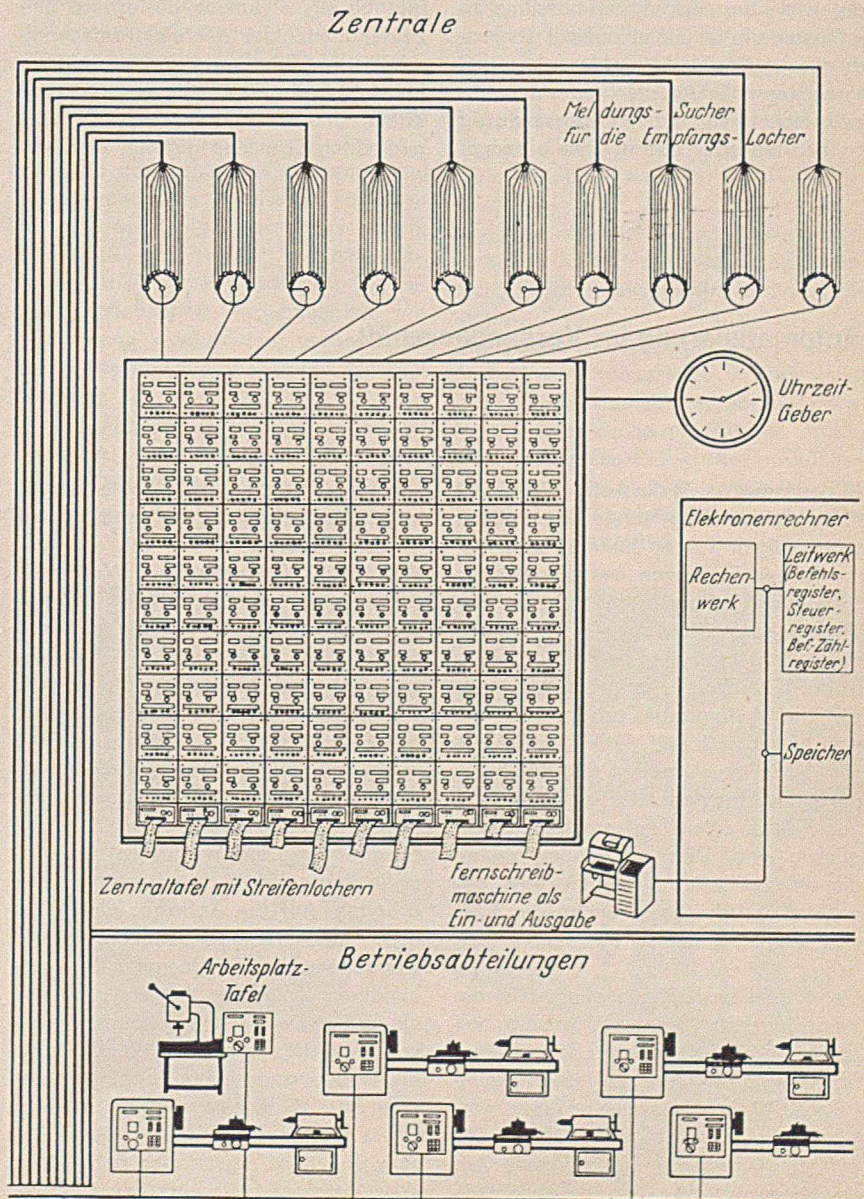
Vor einiger Zeit stellte der Chefredakteur einer südwestdeutschen Monatschrift für wirtschaftliche Verwaltung sehr richtig fest: «Wer die Organisation seines Unternehmens vernachlässigt und auf klare, aktuelle Informationen verzichtet, der befindet sich in der Situation eines Mannes, der mit ver-

bundenen Augen über ein Kraterfeld geht. Die Wahrscheinlichkeit, daß er in ein Loch fallen wird, ist nicht gering.» Das einzige Mittel, um klare, genaue und aktuelle Informationen von den einzelnen Produktionsplätzen einer Fabrik zu erhalten, ist zweifellos eine Fertigungs- und Abrechnungszentrale. Die auf dem Markt befindlichen informationstechnischen Erzeugnisse geben jedem Produktionsbetrieb die Möglichkeit, eine Zentrale einzurichten, die auf seine speziellen Verhältnisse zugeschnitten ist. Es ist aber in jedem Fall notwendig, vor dem Einsatz einer derartigen Anlage eine funktionierende Betriebsorganisation zu besitzen, da sonst sehr leicht statt der gewünschten Besserung eine Verschlechterung der Produktivität eintreten kann. Eine Fertigungs- und Abrechnungszentrale ist keineswegs nur für Großbetriebe interessant. Klein- und Mittelbetriebe können mit Hilfe einer technisch und organisatorisch richtig eingesetzten Zen-

trale nicht selten ihre Ausstoßleistung ohne Vergrößerung des Maschinenparkes um wenigstens 20—30 % erhöhen. Selbst handwerkliche Betriebe, wie zum Beispiel Metallbearbeitungs- und Textilbetriebe sowie Druckereien, setzen bereits Fertigungszentralen mit gutem Erfolg ein.

Für Klein- und Mittelbetriebe reichen die zur Verfügung stehenden Geräte für die gestellten Anforderungen völlig aus. Der Wunsch nach anschließbaren Speichereinrichtungen ist für diese Betriebe zur Zeit noch nicht dringlich, wird aber mit dem weiteren Vordringen der Lochkartenorganisation in die Mittelbetriebe nach und nach aktuell werden. Einsatzschwierigkeiten für Fertigungszentralen treten öfters bei Betrieben mit mehr als 300 Produktionsmaschinen auf. Auf der einen Seite haben die Anzeigefelder für eine derartig große Anzahl angeschlossener Maschinen einen erheblichen Flächenbedarf, zum anderen ist die Finanzierungsfrage für diese großen Objekte meist nicht einfach zu lösen. Um diese Schwierigkeiten zu beheben, muß die einschlägige Industrie noch kleinere Bauelemente herstellen,

Bild 7: Prinzipschema einer kombinierten Datenerfassungs- und Datenverarbeitungsanlage.



um wenigstens die zwei- bis dreifache Menge angeschlossener Maschinen auf der gleichen Fläche unterzubringen wie bisher. In Bezug auf die Finanzierung empfiehlt es sich, Baukastenelemente bzw. ausbaufähige Anlagen vorzuziehen, damit die Anlage jeweils um 10 bis 20 Anschlüsse erweitert werden kann. Man sollte prinzipiell nie mit einer größeren Anlage als für 20 Maschinen beginnen, da hierbei nicht nur die Finanzierung günstiger zu lösen ist, sondern auch die Einfügung der Zentrale in den Betrieb sowie die Einarbeitung leichter fällt.

Obwohl die Investierung schon für normale Anlagen im allgemeinen nicht gerade niedrig ist, drängen die Großbetriebe die Hersteller immer mehr dazu, Fertigungszentralen mit eingebauter oder angeschlossener Speichereinrichtung und automatischer Datenausgabe zu bauen. Das Zögern der Hersteller, diesem Wunsch sofort Folge zu leisten, resultiert vor allem aus den hohen Preisen, die für derartige Speicher und die zugehörigen Ausgabeeinrichtungen gefordert werden müssen. Der berechtigte Wunsch der Industrie, die Fertigungsdaten an der Produktionsmaschine zu erfassen, die im Gleichlauf mit der Produktion auflaufenden Zahlen ohne weiteres menschliches Zutun in der Zentrale zu speichern und nach Auftragsende auf Lochkarten oder Lochstreifen auszuge-

ben, ist technisch längst erfüllbar. Die Verbraucher sind aber bisher nur in wenigen Fällen bereit gewesen, die für Speicher- und Ausgabeaggregate verlangten Preise zu zahlen. Insbesondere die elektronischen Speicherelemente konnten sich trotz aller Schnelligkeit und Zuverlässigkeit nicht so durchsetzen, wie man dies ursprünglich erwartet hatte. Bei elektronischer Speicherung sind zwischen Maschinengeber und Speicher entsprechende Transistorstufen notwendig, die außerdem noch an die Stromversorgung wegen der erforderlichen hohen Stromstärken bei verhältnismäßig niedriger Spannung zusätzliche Ansprüche stellen. Genau so ist es umgekehrt nicht möglich, die elektromechanischen Stanzgeräte der Lochkarten- oder Lochstreifenlocher vom elektronischen Speicher aus ohne zwischengeschaltete Verstärkerstufen zu betätigen. Diese zweimalige Umwandlung der Impulse vor und nach der Speicherung sowie die besonderen Anforderungen an die Stromversorgung, wirken sich gegenüber rein elektromechanischen Bauelementen in der gesamten Anlage stark kostensteigernd aus. Es gibt bereits elektrisch auslesbare Einzeldekadenzähler mit elektromechanischem Antrieb und verhältnismäßig hohen Impulsgeschwindigkeiten. Diese Zähler sind vor allem deshalb für den gedachten Zweck so günstig, weil hier

eine Impulsumwandlung weder vor noch nach der Speicherung notwendig ist. Leider sind auch diese Zähler trotz ihrer großen Leistungsfähigkeit wegen des hohen Preises bisher nur wenig in Fertigungszentralen eingebaut worden.

Wann die vorhandenen Fertigungs- und Abrechnungszentralen in größerem Umfang als bisher mit Speichern und Ausgabeeinrichtungen versehen werden können, hängt einzig und allein von der Auffindung eines preisgünstigen Speicherelementes ab. Es ist aber anzunehmen, daß auch hier bald eine Lösung gefunden wird, die es ermöglicht, die noch bestehende Lücke zwischen der automatischen Datenerfassung und der automatischen Datenverarbeitung endgültig zu schließen.

Literatur:

- H. J. Steidle, Fertigungszentralen, Vorstufe der Automatisierung von Webereibetrieben, Der Spinner und Weber 1957, 1. Augustheft.
H. J. Steidle, A F A, Automatische Fertigungs- und Abrechnungszentralen in Mittelbetrieben, Rationalisierung 9 (1958), H. 1, S. 10—15, H. 2, S. 31—35.
H. Gröttrup, Fertigungszentralen, Automatik 1960, H. 5, S. 159—162.
H. J. Steidle, Auftragssteuerung und -abrechnung mittels Fertigungszentralen, Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 1960, H. 11, S. 461—464.
H. Hornauer, Senkung der Herstellkosten — die Aufgabe des Technikers, Rationalisierung 11 (1960), H. 11, S. 245—255.
H. J. Steidle, Rationalisierung der Betriebsorganisation durch Fertigungs- und Abrechnungszentralen, Melland Textilberichte 1961, H. 5, S. 583—586.

Automatisierung im Versandgeschäft

Eberhard Pfeiffer, Frankfurt a. M.

In der Industrie ist die Automation weit fortgeschritten; im Handel hat sie erst vor wenigen Jahren nur bei bestimmten Firmen begonnen, bei diesen aber im großen Umfang. Insbesondere große Versandgeschäfte haben sich Anlagen geschaffen, die automatisch arbeiten. In der Tat scheint das Versandgeschäft für die Automation prädestiniert zu sein; denn es bietet Artikel an, die in großen Serien aufgelegt und durch die mit einer Massenproduktion verbundenen Kostenvorteile entsprechend preisgünstig sind. Diese in großer Menge disponierten Waren müssen zügig abgesetzt und die Bestellungen der Kunden möglichst schnell ausgeführt werden.

Der Kunde bestellt nun aber meist die verschiedensten Dinge gleichzeitig; beispielsweise ein Kleid; zwei Paar Strümpfe, ein Pfund Kaffee und einen Raumheizer, Waren, welche an sehr verschiedenen Orten lagern. Hier kann nun eine ausgeklügelte, sinnvolle Automation einsetzen; wo sie im einzel-

nen im Versandgeschäft heute bereits angewandt wird, soll in diesem Bericht dargestellt werden.

Wie jede Neuerung und Weiterentwicklung, so beeindruckt auch die Automation den Laien, der als Verbraucher, als Interessent und als Kunde angesprochen wird. Die Versandgeschäfte stellen deshalb ihre automatischen oder oder gar «vollautomatischen» Anlagen und Einrichtungen entsprechend heraus. So ließ z. B. ein in Hamburg ansässiges Versandhaus bei Beginn eines Erweiterungsbaues verlauten, es werde in dem neuen Gebäude automatisch arbeiten. Auf die Anfrage, in welcher Form die Automatik denn dort angewendet werden würde, gab das Versandhaus folgende Antwort: «Durch ein von uns selbst entwickeltes System von Förderbändern wird lediglich noch die Ware aus einem Regal entnommen. Das ist die einzige Stelle, wo noch Ware getragen werden muß. Von diesem Punkt an läuft alles selbsttätig, d. h. automatisch bis zu den Kontrol-

len und Packerinnen und von dort aus wiederum selbsttätig bis zu dem in unserem Haus befindlichen Postamt. Unsere Arbeitskräfte — vor allem Frauen — brauchen und können nun nichts mehr heben, schieben, tragen usw. . . .» Bevor jedoch das Heben, Schieben und Tragen im eigentlichen Versandbetrieb anhebt, gilt es zu ordnen und zu sortieren. Die eingehenden Bestellungen müssen nach bestimmten Ordnungsprinzipien sortiert werden. Betrachten wir als Beispiel die Einrichtungen eines großen Versandhauses in Frankfurt am Main für den Betriebsablauf:

Die Kundenaufträge erreichen die erste Station im Versandbetrieb, den Auftragsingang, entweder in schriftlicher Form auf vorgedruckten Bestellformularen, oder telefonisch über Aufnahmegeräte, die zu jeder Tages- und Nachtzeit dienstbereit sind und — nach Ablauf einer Schleife mit den nötigen Hinweisen für den Telefonkunden — die mündliche Bestellung aufnehmen. Auch die auf solche Art übermittelten Kun-

denwünsche müssen jedoch — mit Hilfe von Abhöreinrichtungen — umgesetzt werden in einen schriftlich formulierten Auftrag. Die ausgefüllten Bestellformulare können jedoch noch nicht Grundlage einer automatischen Abwicklung sein. Sie müssen übertragen werden auf Lochkarten (Bild 1), die einer Datenverarbeitungsanlage Adresse und Waren-Wunsch des Kunden eingeben können.

Die auf Lochkarten «erfaßten» Adressen der rund vier Millionen Stammkunden lagern in Karteigeräten, geordnet nach Postleitgebieten und innerhalb dieser postalischen Bezirke wieder nach Gemeinden. Das Karteigerät, in dem z. B. die Anschriften der Kunden aus den Gemeinden A bis ST des Postleitgebietes 13 a lagern, erhält die sortierten Bestellungen über ein Förderband; das für diesen Arbeitsplatz bestimmte Päckchen mit Kundenaufträgen fährt die betreffende Weiche an. Die Adressenkarte des Kunden wird entnommen (ist es ein «Neukunde», wird sogleich eine neue Karte angelegt, wobei zur Beschleunigung dieses evtl. erforderlichen Arbeitsgangs für jede Gemeinde eine Anzahl Karten vorgelocht ist). Mit der Kunden-Lochkarte wandert der Auftrag in den Artikel-Lochraum. Hier werden für jede Position die bestellte Menge, Artikel-Nummer, Größe, Farbe und Preis gelocht. Da nach der Erfahrung dieses Hauses der Kunde im Durchschnitt jeweils gleichzeitig sechs verschiedene Artikel bestellt, lassen sich auf der Artikel-Lochkarte sechs Positionen unterbringen. Werden mehr Artikel bestellt, sind entsprechend mehr Karten zu lochen.

Nun beginnt, nach vielen von Menschen erledigten und mehrmals kontrollierten Arbeitsgängen, die erste Stufe der Automation: die Aufträge, nunmehr auf Lochkarten festgehalten, wandern in die elektronische Datenverarbeitungsanlage.

Hier ist nun ein Rückblick auf die Gründe nötig, die zur Installation dieser Anlage führten:

Schon im Jahre 1951 wurde in diesem Versandhaus das IBM-Lochkartenverfahren eingeführt und in der Folge die Lochkartenabteilung (Bild 2) immer weiter ausgebaut. Die unablässig wachsenden Aufgaben, die ihren Ausdruck in der ständigen Zunahme der Kunden und der laufenden Erweiterung des Warenangebots fanden, verlangten nach rationellen technischen Einrichtungen und arbeitssparenden Organisationsmitteln.

Einer der größten Vorteile der nun arbeitenden Anlage ist die Art ihrer Datenspeicherung. Magnetkerne erlauben als statische Speicherelemente einen nahezu zeitlosen Zugriff zu den Informationen, — im Gegensatz zu Trommelspeichern. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit wird durch andere Ar-

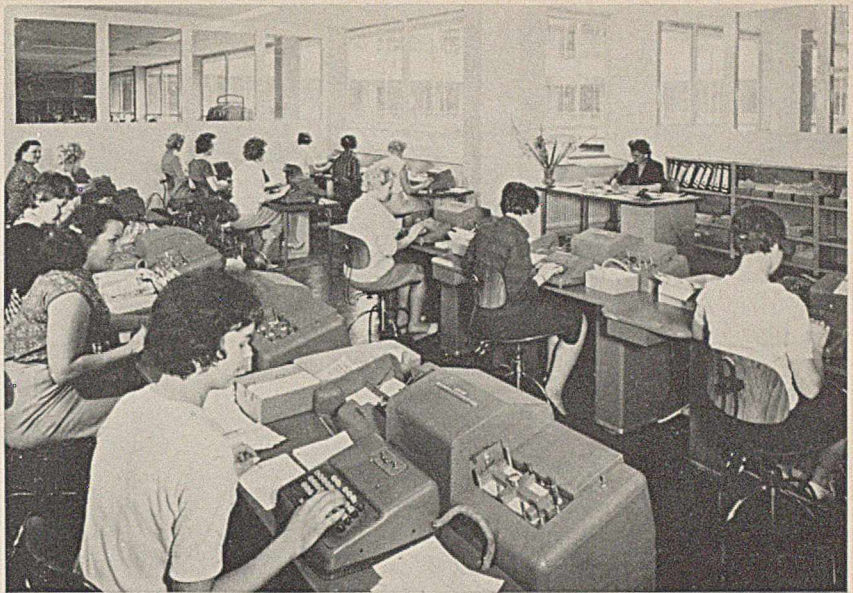


Bild 1: Ausschnitt aus dem Locher-Raum des Versandhauses; von hier werden die Kundenbestellungen auf die IBM-Anlage 7070 übertragen.

beitsgänge — wie beispielsweise das Abfühlen der Lochkarten und das Drucken der Ergebnisse — nicht wesentlich vermindert. Eine manuelle Eingabe ist nicht mehr notwendig.

Dieser technische Fortschritt ist das Ergebnis neuer Konstruktions- und Produktionsverfahren. Sie ermöglichen eine wesentliche Steigerung der Leistung mit höheren Rechengeschwindigkeiten und weiterentwickelten logischen Fähigkeiten. Ein entscheidender Faktor ist die Flexibilität der Anlage: nur eine Maschine, die sich elastisch den jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten anpaßt, kann wachsenden, verbesserten oder veränderten Aufgaben gerecht werden.

In dem Frankfurter Versandhaus mußte auf eine Zusammenfassung der einzelnen Arbeitsgebiete im Sinne eines in-

Bild 2: Steuerpult und Magnetbandspeicher der Datenverarbeitungsanlage IBM 7070.



tegrierenden Arbeitsablaufes besonderer Wert gelegt werden. Die Anlage speichert mehrere tausend Programmschritte, sie verfügt über hohe interne Übertragungs- und Rechengeschwindigkeiten, schnelle Eingabe der Daten, absolute Zuverlässigkeit durch eingebaute Selbstprüfungen innerhalb des gesamten Systems und die Anschlußmöglichkeit von maximal 20 Magnetbandeinheiten, die die auf Magnetbändern gespeicherten Zahlen, Buchstaben oder Symbole mit großer Geschwindigkeit ablesen oder diese Bänder «beschriften».

Die besonderen Eigenschaften der hier erstmals in Europa verwendeten Datenverarbeitungsanlage IBM 7070 sind vor allem:

Volltransistorisierung aller Einheiten bei Verwendung neuartiger Bauelemente, die auf leicht auswechselbare, elektronische Schalteinheiten (Bild 3) aufgedruckt sind. Die Betriebskosten können deshalb ungewöhnlich niedrig gehalten werden. Der Kernspeicher erlaubt hohe interne Verarbeitungs- und Zugriffsgesch-

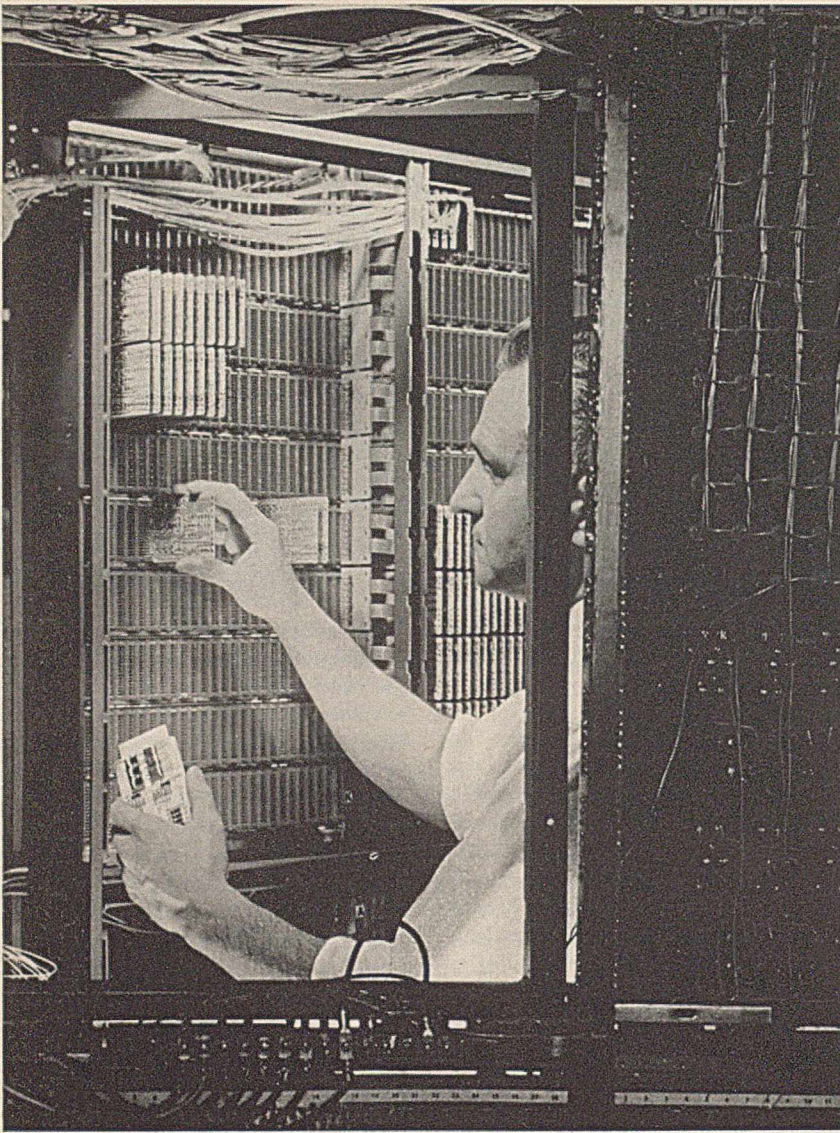


Bild 3: Einsetzen einer transistorisierten Steckeinheit.

schwindigkeiten. Die Zugriffszeit für ein zehnstelliges «Wort» beträgt nur sechs Mikrosekunden. Die große Speicherkapazität erlaubt Programme für eine integrierte Datenverarbeitung. Die Magnetbänder ermöglichen hohe Ein- und Ausgabe-Geschwindigkeiten. Bis zu 62 500 Zeichen können in einer Sekunde eingelesen oder ausgegeben werden. Allein auf einem Zentimeter Magnetband werden 220 Zeichen gespeichert. Nicht weniger als 834 000 Additionen oder Subtraktionen zehnstelliger Zahlen können in einer Minute ausgeführt werden. Gleichzeitige Ein- und Ausgabe auf Magnetbänder und Verarbeitung von Angaben im Kernspeicher ist möglich (überlappende Operationen). Hinsichtlich des angeschlossenen elektronischen **Datenverarbeitungssystems IBM 1401** sind als Eigenschaften besonders hervorzuheben: Alle Einheiten sind volltransistorisiert, Zuverlässigkeit ist gegeben durch automatische Selbstprüfungen, hohe Lochkarten-Abföhlgeschwindigkeit (48 000 Karten in der Stunde), hohe Lochkarten-Stanzgeschwindigkeit (15 000 Karten in der Stunde),

hohe Lese- und Schreibgeschwindigkeit der Magnetbänder (62 500 Zeichen in der Sekunde), besonders hohe Schreibleistung des Druckers mit 36 000 Zeilen in der Stunde bei einwandfreiem Druckbild. Die IBM 1401 überträgt die gelochten und geprüften Kundenbestellungen von Lochkarten auf Magnetbänder. Die Angaben der auf der IBM 7070 erstellten Ausgabe-Magnetbänder schreibt der Drucker der IBM 1401. Für die Wirtschaftlichkeit eines großen Datenverarbeitungssystems ist der Schwierigkeitsgrad der Programmierung von entscheidender Bedeutung, wobei die Verwendung von Symbolen bei der IBM 7070 und bei der IBM 1401 die Programmierung wesentlich vereinfacht und beschleunigt. Eine ausgefeilte Programmierungslogik ist bei der Verarbeitung der Kundenaufträge besonders wichtig. Die IBM 7070 hat bei jeder Bestellung zu entscheiden:

- a) Ist der gewünschte Artikel auf Lager oder nicht?
- b) Erfolgt die Belieferung des Kunden vom Zentrallager oder auch von den Außenlagern, wie beispielsweise bei Möbeln? (Je nach dem Ergebnis wird

die Kundenbestellung in mehrere Rechnungen aufgeteilt und die entsprechenden Lager entlastet.)

c) Welches interne Transportsystem (Zeitkreis- oder Mehrzweckfördersystem) ist bei der Lieferung von der Zentrale aus das günstigste? Hat sich die Anlage für das Zeitkreisfördersystem entschieden, so bestimmt sie Wagen und Fach-Nummer der laufenden Serie. Dadurch wird eine rationelle Ausnutzung des Transportsystems erreicht.

d) Soll die Belieferung der Gesamtbestellung durch die Post, Kraftwagen oder Bahn erfolgen, oder soll die Lieferung der Gesamtbestellung in Post- und Bahnversand aufgeteilt werden?

e) Gehört die Bestellung eines Zubehörartikels zu einem Hauptartikel, oder soll der Zubehörartikel einzeln ausgeliefert werden?

Je nachdem erfolgt die Lieferung des Zubehörs zusammen mit dem Hauptartikel von einem Außenlager oder als selbständiger Artikel vom Zentrallager.

f) Abhängig von der Höhe des Betrages einer Gesamtbestellung hat die IBM 7070 zu entscheiden, ob eine Bestellung spesenfrei ausgeliefert wird oder nicht.

g) Gleichzeitig mit den für die Rechnungen notwendigen Angaben wie Kundenanschrift, Artikel-Nummer, Artikel-Bezeichnung, Menge, Einzelpreise, Gesamtwerte werden auch die Merkmale für die Frachtbriefe oder Postversandpapiere auf Magnetbänder ausgegeben. Über die Versandsteuerung hinaus erfüllt die Großrechenanlage weitere Funktionen in dem großen Frankfurter Versandhaus. Die zunächst von der Anlage durchgeführten, sich aber ständig erweiternden Aufgaben sind:

1. Die Bearbeitung der Teilzahlungsaufträge,
2. der Abrechnungsverkehr mit den firmeneigenen Kaufhäusern und Verkaufsstellen,
3. die Erfassung des gesamten Warenein- und ausgangs,
4. die Lagerüberwachung und Lagerabrechnung mit laufender Lagerinventur,
5. periodische innerbetriebliche Statistiken als Unterlage für die Warendisposition,
6. die Kurssteuerung des Katalogversandes,
7. die Lohn- und Gehaltsabrechnung mit angeschlossener Betriebsabrechnung. In Nachtschichten wurde diese elektronische Anlage auch anderen Firmen zur Verfügung gestellt, die die Inbetriebnahme des gleichen Datenverarbeitungssystems planten und aus den Tests wertvolle Rückschlüsse auf die nötigen Vorbereitungen zogen. Skan-

dinavische Mineralölfirmer fanden sich genau so darunter wie europäische Luftfahrtgesellschaften, Eisenbahnunternehmen, statistische Ämter, Banken und zwei Dutzend andere große Firmen des In- und Auslandes.

Auf die erste folgt nun die zweite Automations-Stufe: nach der Datenverarbeitung das Zusammentragen der Waren für das Kunden-Paket. Das geschieht in den eigentlichen Versandabteilungen. Ein reibungsloser Fluß der Bänder ist in dem Frankfurter Versandhaus (Bild 4) gewährleistet dadurch, daß störende Einbauten (vor allem Treppenhäuser) neben das Gebäude gesetzt wurden, so daß in allen vier Versandgeschossen die Bänder in einer Länge von 260 m rollen können. Es finden sich da die verschiedenartigsten Transportsysteme. Mit Ausnahme weniger sperriger Güter ist das gesamte Katalog-Angebot von rd. 5500 Artikeln unter einem Dach untergebracht. Deshalb beginnt der Einsatz neuzeitlich und rationell arbeitender Transporteinrichtungen bereits bei der Warenannahme und endet erst beim postalisch fertiggestellten Paket. Herausgegriffen seien nur einige der Transportmittel; es sind z. B. Gabelstapler, Teleskop-Röllchen, Lagerwagen, Rollenbahnen, Elektrokarren und Aufzüge, ein 800 m langer Bodenkreisförderer mit automatischer Steuerung und elektronisch gesteuerte Elektroschlepper. Darüber hinaus ist für die schweren Güter ein 250 m langer Holzgurtförderer im Erdgeschoß eingesetzt; zahlreiche Transportbänder erfüllen außerdem die verschiedenartigsten Funktionen.

Die interessantesten Transportanlagen sind zweifellos das sogenannte Zeitkreisförderer- und das Mehrzweckförderer-System. Da es sich herausstellte, daß ein gewisser Prozentsatz der Aufträge in etwa gleichgeartet ist, erschien die Aufschlüsselung der Bestellungen und die Wahl zweier verschiedenartiger Transportsysteme, die eine weitgehende Kapazitätsauslastung ermöglichen, als der einzig richtige Weg. Nach der Verschiedenartigkeit von Artikeln und Kundenbestellungen richten sich die Lagerorganisation und die über die Elektronik bereits durchgeführte Wahl des geeigneten Transportsystems für jeden einzelnen Auftrag. Die großen Artikel, wie Kühlschränke, Rundfunk- und Fernsehgeräte, Waschmaschinen usw., sind im Erdgeschoß untergebracht, die kleineren je nach Größe und Gewicht in den oberen Stockwerken. Der Zeitkreisförderer bestreicht nun mit seinen insgesamt 280 Gehängen, die sich aufgliedern in sieben verschiedenfarbig gezeichnete Serien, wobei jedes Gehänge 25 Behälter hat, den zweiten und dritten Stock. Der Zeitkreisförderer läuft mit einer stufenlos zu regelnden Geschwindigkeit durch die Lager im zweiten und dritten Stock



Bild 4: Ansicht des Versandhauses.

und bringt seine Kundenaufträge zu 40 Kontrollplätzen im ersten Stock. Von dort aus wandert er wieder in die oberen Etagen, um die Waren neuer Kundenserien zusammenzutragen. Nach Beendigung der Kontrollen gelangen die bereits fertiggestellten Aufträge zu den Packer-, Wiege- und Beklebeplätzen. Die postalisch bearbeiteten Briefe, Päckchen und Pakete wandern dann über weitere Transportbänder zu den Verladeplätzen. Dort erst findet die eigentliche Postübernahme statt.

Das zweite Transportsystem, der sogenannte Mehrzweckförderer, wird für Sonderaufgaben wie z. B. Großsendungen, Belieferungen der Kaufhäuser, Teilzahlungsaufträge und alle anderen Aufträge eingesetzt, die aus den verschiedenartigsten Gründen anders geartet sind als die Normalbestellungen. Er durchläuft sämtliche Stockwerke und weist mit seinen 400 Gehängen eine Länge von 1650 m auf. Da dieses Transportsystem u. a. auch für Großsendungen bestimmt ist, kann jedes Gehänge mit 200 kg beladen werden. Die Kontrolle dieses Transportsystems liegt im Erdgeschoß.

Da mit dem ersten Transportsystem etwa 100 000 und mit dem Mehrzwecksystem bis zu 60 000 Kundenaufträge täglich bearbeitet werden können, liegt die gesamte Kapazität bei 150 000 bis 160 000 Bestellungen täglich. Die Kapazität des Versandhauses ist durch die oben beschriebenen Automations-Einrichtungen um mehr als 100 % gesteigert worden.

Die Bedeutung der ausgewählten Transportsysteme liegt dabei vor allem in der Möglichkeit einer optimalen Kapazitätsausnutzung und in der Tatsache begründet, daß sie keine Einzeleinrichtung darstellen, sondern genügend Spielraum für neue Aufgaben bieten. Außerdem läßt der enge Zusammenhang zwischen dem elektronischen Datenverarbeitungssystem und den Trans-

portanlagen eine Fülle von Möglichkeiten für die fortschreitende Automatisierung offen.

Der Lauf der gesamten Transport- und Förderanlagen in dem Frankfurter Versandhaus wird an einem Steuerpult von einem einzigen Mann stufenlos geregelt (Bild 5). Im Blickfeld dieses Versandbetriebs-Strategen liegt eine große Tafel, auf der die ineinandergreifenden Versand-Anlagen aller vier Geschosse verzeichnet sind. Die Bewegungen der Wagen-Serien, das Anfahren von Weichen usw. lassen sich durch das Aufleuchten von Glühlampen an der Übersichtstafel verfolgen. Naturgemäß entsprechen die Einrichtungen dieses Betriebes dem neuesten Stande der Technik, denn er wurde in seiner jetzigen Form erst im September 1960 in Betrieb genommen. Es verdient jedoch durchaus Beachtung, daß im Versandgeschäft schon seit einigen Jahren das Bestreben, zu rationalisieren und zu automatisieren, klar zutage tritt. Derartige Investitionen können freilich nur Firmen verkraften, denen genügend Kapital zur Verfügung steht.

Aber auch in großen Versandhäusern wird man den Betriebsablauf, der diesem Handelszweig eigen ist, nie vollständig automatisieren können, jedenfalls nicht bei den gegenwärtig herrschenden Verbrauchergewohnheiten. Denn auch diese Faktoren spielen in Handelsbetrieben eine große, wenn nicht entscheidende Rolle.

Man kann nicht einfach sechs oder zehn bestellte, sehr verschiedenartige Waren automatisch in einen Karton gleiten lassen, über dem sich dann der Deckel automatisch schließt. Denn die Kundin will Freude an der Sache haben: Das Paket — überwiegend geben Frauen die Bestellungen auf und nehmen die Postsendungen entgegen — muß «mit Liebe» eingepackt sein, der Inhalt darf nicht «wie Kraut und Rüben» durcheinander liegen. Frauen sind es denn auch, die an den Kontrollstationen in den Versandhäusern arbeiten,

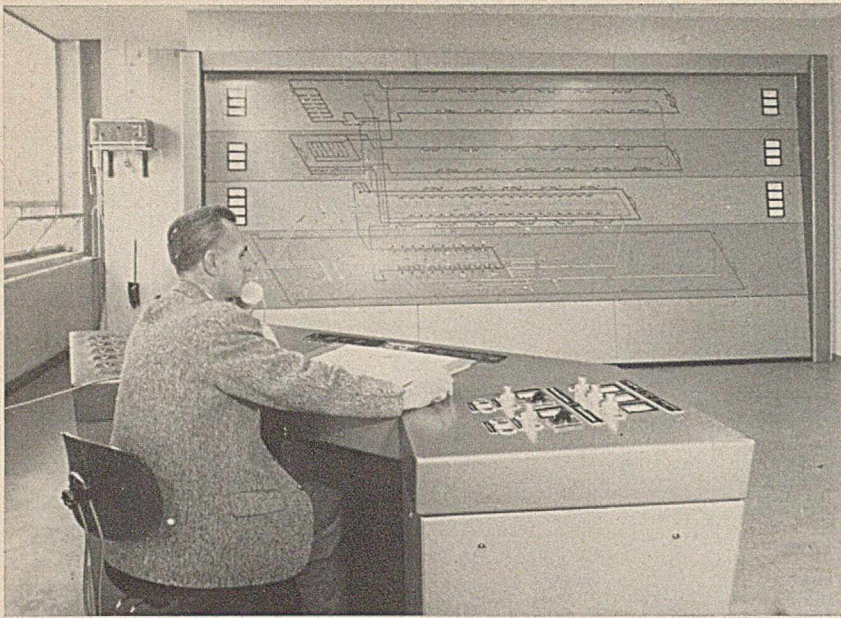


Bild 5: Zentrale Steuerung und Überwachung der Förderanlagen in den vier Geschossen des Versandhauses.

an denen die Wagen abgehängt, die zusammengestellten Aufträge aus Körben oder Trögen entnommen, mit Rechnung und Original-Bestellung verglichen und in Kartons verpackt werden. Hier muß der Mensch eingeschaltet bleiben, wenn ihm auch zahlreiche Rationalisierungs-Momente die Arbeit erleichtern, wie etwa die Kartonagenförderer: an den Kontrollplätzen vorbei laufen Förderwagen, in denen Kartonagen in all den nötigen, genormten Größen gestapelt sind. Die Frauen greifen sich jeweils die gerade passende Größe. Auf diese Weise wird für einen kontinuierlichen Fluß gesorgt und es erübrigen sich raumfressende Stapel von Kartons neben den Arbeitsplätzen. Am Beispiel eines anderen, in Nürnberg ansässigen Versandhauses läßt sich das Ineinandergreifen von automatischem und manuellem Betrieb verdeutlichen: dort wird der Transport von den Hauptlagern zu den sogen. Verteilungslagern mit Kreisförderern bewältigt. Der Förderer läuft entsprechend der Anordnung des Haupt- und Verteilungslagers durch mehrere Stockwerke. Seine Gehänge besitzen eine Zieleinstellung, die es ermöglicht, daß die Last an den vorgewählten Stellen automatisch auf Rutschen in die Verteilungslager abgekippt wird.

Von Hand werden nun die einzelnen Waren in den Verteilungslagern entsprechend den Versandaufträgen eingesammelt. Je Auftrag wird eine Pappschale benutzt. Diese Schalen werden nach einem bestimmten Nummernsystem an den Auslieferungsstellen der Verteilungslager in Regalen abgestellt. Der weitere Arbeitsgang ist wie folgt beschrieben worden: Durch Leuchtzahlen, die mit paternosterähnlichen Vertikalförderern, dem «Zubringerförderer», umlaufen, werden die bestellten

Waren abgerufen und daraufhin aus den Schalen in bestimmte Fächer dieser Paternoster gelegt.

50 solcher Paternoster laufen durch das erste und zweite Obergeschoß. Unterhalb ihrer unteren Umkehrstellen im Erdgeschoß laufen sie über 100 m lange Horizontalförderer, die mit großen Mulden bestückt sind. In diese Mulden der «Sammelförderer» kippen die Paternoster den Inhalt ihrer Fächer. Das Nummernsystem sowie die Synchronisierung der Paternoster und der Horizontalförderer sorgen dafür, daß die einzelnen Mulden auf den Horizontalförderern alle zu einem Auftrag gehörenden, also aus zahlreichen Verteilungslagern kommenden Waren sammeln.

Das Zusammenarbeiten von Nummernsystem und Zubringer- und Sammelförderern ist organisatorisch und förder-technisch der Kern der ganzen Anlage. Ohne diese Automatik wären die riesigen Stückzahlen nicht zu meistern. Sie beruht technisch darauf, daß die Geschwindigkeiten der beiden Fördermittel ständig auf ein bestimmtes Verhältnis eingeregelt bleiben. Hierzu sind sie mit Gleichstromantrieben in Leonard-Schaltung ausgerüstet. Diese und die Antriebe sämtlicher anderer Förderer werden von einem Kommandopult mit einem großen Leuchtschaltbild überwacht und gesteuert. Die bestellten Waren, die nun unter ihrer Auftragsnummer gesammelt sind, laufen in den Mulden von dem Sammelförderer über nachgeschaltete Förderbänder und geneigte Rollenbahnen auf mehrere Packstraßen, deren Fördermittel mehr als 100 m lange Förderbänder sind. Von diesen Bändern ziehen die Packerinnen die Mulden auf einen Kipptisch, der die Mulden durch Auskippen leert. Auf einem festen Tisch werden dann die Waren in Verpackungsmaterial eingepackt, das ein überkopf laufender Kreisförderer stetig zuführt.

Der Handel, namentlich der Versandhandel, folgt der Entwicklung in der Industrie, die im Zeichen der Massenproduktion über Bänder und automatische Anlagen die Produktivität gewaltig steigerte. Je größer die Betriebe der Versandhäuser werden (sie können sich heute schon z. T. im Volumen mit großen Industriebetrieben messen), desto mehr sehen sie sich, zumal im Zeichen des knappen Arbeitsfaktors, vor die Notwendigkeit gestellt, auch auf anderen Gebieten als dem des eigentlichen, für diese Branche typischen Betriebsablaufs zu automatisieren. Als Beispiel kann die vollautomatische Heiz-Anlage des Versandhauses dienen.

Um den Wärmebedarf des gesamten Gebäudekomplexes zu decken, wurde die größte Koksesselanlage Europas in einem Heizwerk errichtet, das etwa 150 m von dem Hauptgebäude entfernt liegt. Die vier Omnicol-Kessel der Heizanlage weisen eine Spitzenleistung von über 20 Millionen kcal/h auf. Die Anlage könnte eine Kleinstadt mit rd. 10 000 Einwohnern und etwa 2300 Wohnungen beheizen. Die Kessel besitzen eine automatische Leistungsregelung und sind mit selbsttätigen Entschlackungsvorrichtungen ausgerüstet; Verbrennungsvorgang, Wärmeentwicklung und Feuerreinigung laufen dadurch ohne jeden menschlichen Eingriff ab. Zwei Heizer erfüllen lediglich Kontroll- und Aufsichtsfunktionen.

Ein wichtiger, wenn nicht der entscheidende Gesichtspunkt für jede Automation im Versandgeschäft muß hier abschließend noch beleuchtet werden: Automation im Versandhandel ist letzten Endes eine Frage der fixen Kosten. Die wenigen wirklich großen Versandgeschäfte in der Bundesrepublik speisen ihre Leistungsfähigkeit in Preis und Qualität aus langfristigen Lieferverträgen mit der Industrie. Sie sichern ihnen günstige Preise, dem Industriebetrieb kontinuierliche Beschäftigung. Damit ist jedoch zunächst den Lieferfirmen der Industrie mehr Möglichkeit zu sinnvoller Automation geboten als den Versandgeschäften, die das Absatzrisiko tragen. In der Nachfrage nach Versandware gibt es typische Spitzen; die höchste liegt in der Vorweihnachtszeit. Jede Automation muß auf diese jahreszeitlichen Spitzen zugeschnitten sein; zu ihrer Bewältigung benötigt der Versandbetrieb ein Reservoir von Arbeitskräften, namentlich der verheirateten Frauen, die nicht ständig berufstätig sein wollen, aber ganz gerne ab und zu etwas verdienen. Diese Arbeitskraft-Reserve, die sie sich im Laufe der Jahre geschaffen haben, gibt den großen Versandhäusern die Möglichkeit, ihren Betriebsablauf elastisch den schwankenden Anforderungen anzupassen. Das ist wichtig zumal für die Stationen, die sich nicht in ihrer Automation gemäß

den Schwankungen in der Nachfrage manipulieren lassen. Auf der anderen Seite bilden automatische Anlagen, insbesondere insoweit sie keine Einzweck-Einrichtungen darstellen, sondern sich für die verschiedensten Abläufe einsetzen lassen, eine solide Basis für das Versandunternehmen, um stets allen Anforderungen gewachsen zu sein.

Neben der Möglichkeit, durch großzügige Anlagen im vornherein die Kapazität bedeutend zu erweitern — wobei dann abgewartet werden muß, ob sich die entsprechende Nachfrage einstellt —, können andererseits dem wachsenden Geschäftsumfang gemäß die Betriebsanlagen im Baukastensystem vergrößert und automatisiert werden. Die-

se Art der organischen Automatisierung pflegt ein großes Versandhaus in Hannover am Main, das erst seit sechs Jahren besteht, aber bereits in die Spitzengruppe der Branche vorgestoßen ist. Der Erfolg dieses Unternehmens ist nicht zuletzt mit darauf zurückzuführen, daß es den hier zuletzt angedeuteten Weg beschritten hat.

Ein automatisches Postamt in den USA

Im Oktober 1960 wurde in Providence, Rhode Island, wo die Verkehrsströme von New England und einem Teil von Massachusetts zusammenlaufen, ein vollautomatisiertes Postamt*) mit einer Tagesleistung von über 1 Million Stück in Betrieb genommen.

Das riesige Gebäude (Bild 1) hat eine Bodenfläche von 11400 m², die Laderampen für Eisenbahn- und Lastwagen umfassen weitere 1800 m². Letztere sind auf der linken Seite und im Vordergrund der Modellaufnahme zu sehen. Von den Entladestellen wandert das Postgut zu der Format-Trennanlage im mittleren Teil des Gebäudes in der Umgebung des Leitstandes oder zu der Paketsortierung, welche sich über die gan-

ze Länge hinter der vorderen Wand erstreckt. Längs der rückwärtigen Wand befinden sich die Vorrichtungen zum Ordnen der Briefe und Postkarten für die maschinelle Abstempelung. Die restlichen Teile des Gebäudes dienen der Behandlung von Sendungen, welche sich nicht in den automatischen Ablauf einfügen lassen, der Prüfung neu entwickelter technischer Einrichtungen und dem Publikumsverkehr.

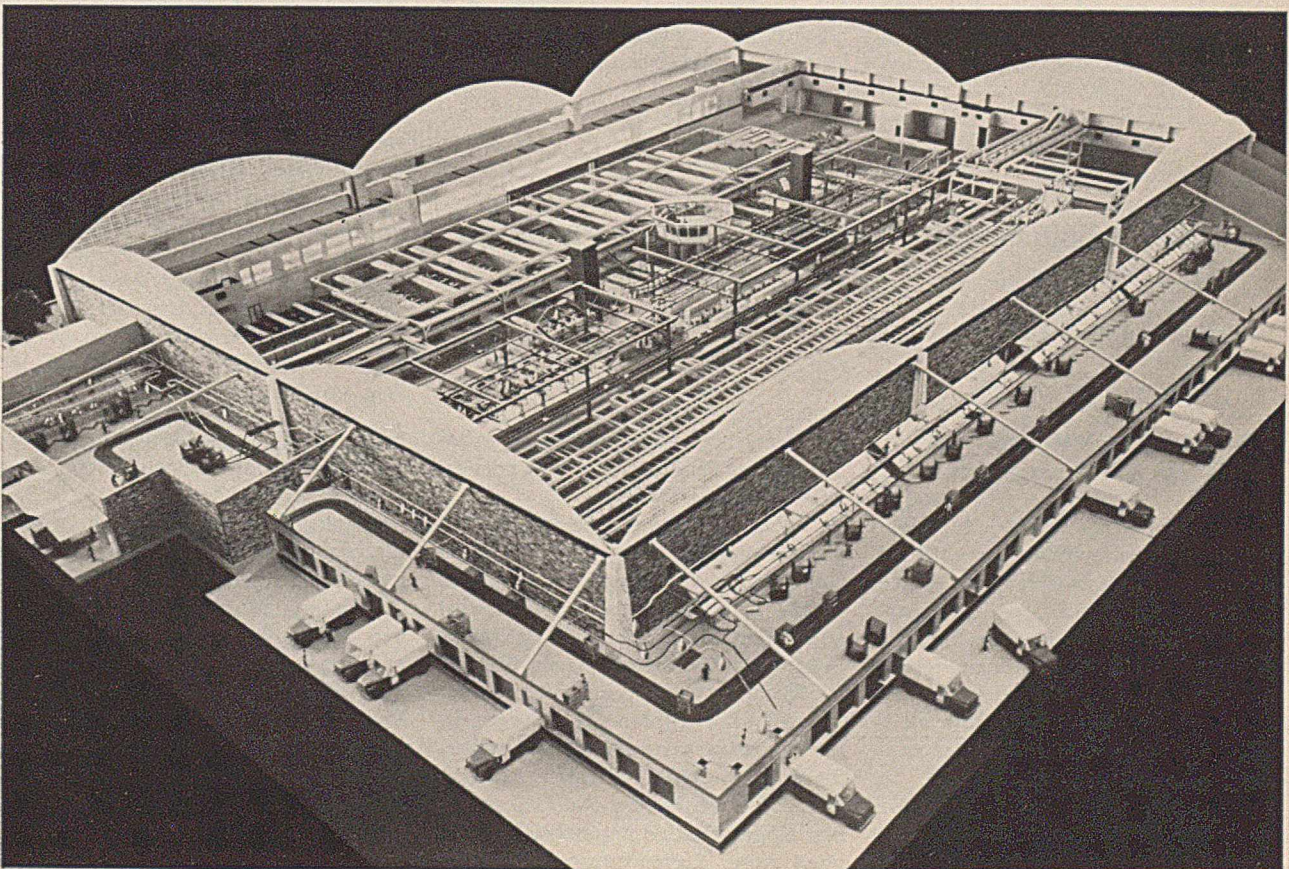
Die große Durchgangsleistung wird zunächst für ein dreifaches Transportsystem ermöglicht, welches die ankommenden Sendungen zu den Verteilern bringt. Ein Bestandteil ist ein Bodenkreisförderer. Er besteht hauptsächlich aus einer endlosen Kette, welche in einer Rinne am Boden läuft; an sie können Loren angehängt werden, welche Pakete bzw. Kästen mit kleinen

Postgütern enthalten. Die Gesamtlänge ist etwa 500 m, die Geschwindigkeit beträgt 24 m/min. Dazu kommt eine Hängebahn, welche in einer Länge von 1700 m Säcke mit gemischter Post an 7 Bestimmungsstellen ausliefert und die bearbeiteten Stücke in Säcken zu den Laderampen bringt. Schließlich sind noch Rollenförderer mit einer Gesamtlänge von 2100 m vorhanden, welche Behälter mit Briefen in die Sortierstation, in die Abteilung für nichtautomatische Bearbeitung und zu den Füllständen für Säcke bringen.

Die Format-Trennanlage findet aus dem ankommenden, gemischten Material Briefe und Postkarten von Normalfor-

*) Die Unterlagen für diesen Bericht wurden freundlicherweise von der International Telephone and Telegraph Corporation, New York 4, N. Y., zur Verfügung gestellt.

Bild 1: Modell des automatisierten Postamtes in Providence, R. I., USA.



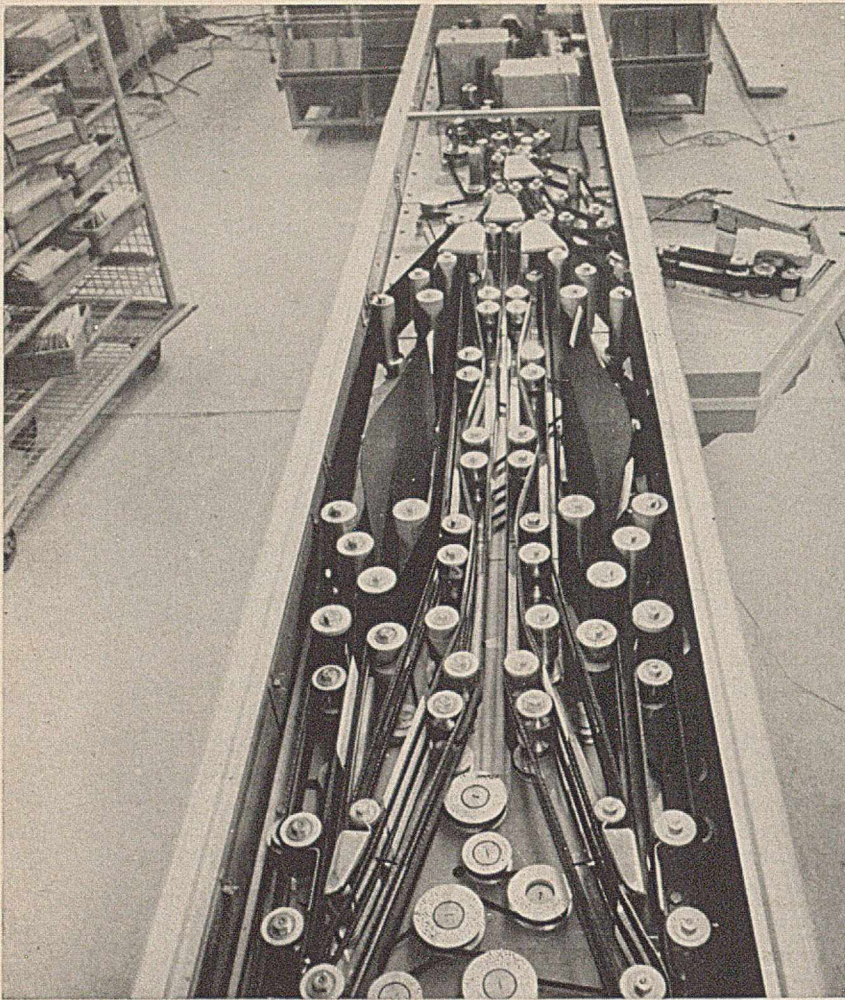


Bild 2: Teil der Brief-Aufstellmaschine, welche Briefe und Postkarten für die automatische Stempelung vorbereitet.

mat heraus und leitet sie der Brief-Aufstellanlage zu, während Großformate, Päckchen und außergewöhnliche Sendungen in die entsprechenden Kanäle gehen. Jede der 6 Einheiten hat einen maximalen Durchsatz von 25 000 Stück in der Stunde. In der Aufstell-Anlage

werden Briefe und Postkarten durch wiederholtes Vereinzeln und Wenden so orientiert, daß die nachgeschaltete Stempelmaschine die Briefmarke trifft. Die Leistung dieser Einrichtung ist 8 Stück in der Sekunde. Ein Teil der Anlage ist in Bild 2 zu erkennen. (Eine

ähnliche Anlage ist in der Arbeit von H. Grunewald und W. Koch, Neuartige Maschinen zur Bearbeitung von Postsendungen, SEL-Nachrichten 7 (1959), S. 61—71, beschrieben).

An jedem der 11 Sortierplätze können im Durchschnitt 18 000 Briefe in der Stunde an 300 Bestimmungsorte verteilt werden, die Paketsortierung bewältigt 4800 Stück in der Stunde und verteilt auf 31 Bestimmungsorte.

Der ganze Mechanismus wird von 2 Leuten im Leitstand überwacht, der in der Mitte des Gebäudes etwa 4 m über dem Boden angebracht ist und einen Überblick über den größten Teil der Anlagen bietet. Signallampen kennzeichnen den Betriebszustand sämtlicher Teile der Anlage, in der an 19 Stellen Betriebsingenieure zu erreichen sind. Selbstverständlich wird in den Leitstand in jedem Augenblick der Durchfluß durch die verschiedenen Stationen sowie die Belegung der Speicher für weniger dringliche Sendungen gemeldet, so daß Engpässe weitgehend vermieden werden können; dadurch ist es auch möglich, die Verkehrssituation in der Umgebung, auf Schiene und Straße, in gewissem Maße zu berücksichtigen.

Zu dem Postamt gehört schließlich noch eine große Werkstätte zur Wartung und Überholung von Lastwagen und ein Landeplatz für Hubschrauber. Eine Erweiterung der Abfertigung auf 2 Millionen Stück täglich wird im Rahmen der vorhandenen Gebäude für möglich gehalten.

Lagerbewirtschaftung durch elektronische Datenverarbeitung

Weinmann und Real, Zürich

A. Entstehung der AUTOMATION CENTER AG, Wettingen

Die Automation Center AG für elektronische Datenverarbeitung entstand durch die Weiterentwicklung der für die Belange der Automobil- und Motoren-AG aufgebauten Lochkarten-Zentrale. Insbesondere aber, um einem immer stärker werdenden Bedürfnis der schweizerischen Handels- und Industrie-Betriebe nach vermehrter Büro-Automatation gerecht zu werden. Das Unternehmen befaßt sich mit den Problemen der elektronischen Datenverarbeitung und stellt seine Dienste ge-

gen Verrechnung allen interessierten Betrieben aus Handel, Industrie und Verwaltung zur Verfügung.

Zu Beginn wurde im Aufbau einer Lagerbewirtschaftung in erster Stufe die Fakturierung von Ersatzteillieferungen an die 25 größten Volkswagen-Garagen in der Schweiz mit Hilfe des Mark-Sensing-Verfahrens auf einem IBM-Reproduzierlocher 519 durchgeführt (siehe Skizze 1). Die größten VW-Garagen erhielten von der zentralen Organisations-Stelle einen Satz Lochkarten. Auf diesen Karten waren Text und Artikelnummer eingelocht und angeschrieben. Anhand dieser Karten konnte jeder Ver-

treter 14-tägig eine Bestellung für Ersatzteile an das Zentralersatzteillager in Buchs (ZH) senden.

Im Zentral-Ersatzteillager wurden dann die gesandten Karten auf Grund einer manuell nachgeführten Lagerkartei auf die Lieferungsmöglichkeiten überprüft und eventuell notwendige Mutationen vorgenommen. In der Lochkarten-Zentrale versah man die Karten mit den Verkaufs-Preisen und bewertete sie entsprechend den Konditionen der einzelnen Kunden.

Zur selben Zeit wurde auch der Lagerort der betreffenden Ersatzteile in die Karte gestanzt, was ermöglichte, die

Bild 1: Mark-Sensing-Verfahren. — Die gewünschte Bestellung wird mit einem stark graphithaltigen Bleistift in die dafür vorgesehenen Felder eingestrichen. Bei der Verarbeitung wird jedes Feld von drei Kontaktbürsten abgefühlt. Wenn durch einen Graphitstrich eine elektrische Verbindung entsteht, wird der entsprechende Wert in die gleiche Karte gelocht.

Etiketten für die Warenentnahme nachträglich in die gleiche Reihenfolge wie die Lagergestelle im Lager zu ordnen. Beim Schreiben der Fakturen wurden laufend die Einstands-Preise der jeweiligen ausgelieferten Ersatzteile aufaddiert. Dadurch erhielt man die Grundlage für die Berechnung des Brutto-Gewinns pro Monat, der nach der Formel: «Erlös — Einstandspreis der verkauften Ersatzteile» berechnet wurde.

Mit diesen ersten Automatisierungen in der Lagerbewirtschaftung der VW-Ersatzteile erreicht man Zeitersparnisse in folgenden Punkten:

a) **Bei den VW-Vertretern:** fiel das manuelle Ausfüllen einer Bestellung weg. Der Vertreter konnte nur noch mit dem Mark-Sensing-Stift (s. Skizze 1) die Bestellmenge auf das vorbereitete Feld auf der Bestell-Karte eintragen, und diese sofort, ohne weitere Arbeit, an das Zentralersatzteillager senden.

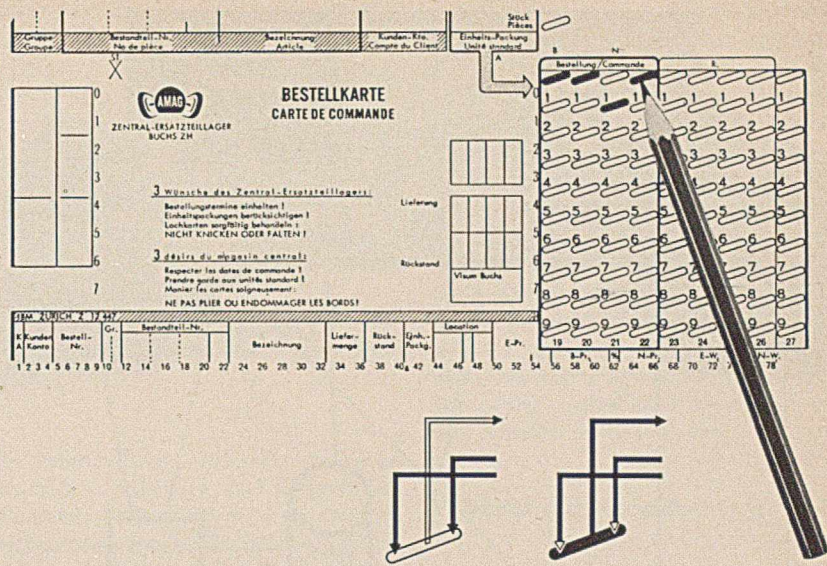
b) **Im Zentral-Ersatzteillager:** reduzierte diese Teilautomatisierung die Zeit zwischen Bestellungen-Eingang und Auslieferung des betreffenden Ersatzteiles um mehrere Tage.

Gleichzeitig wurden vorher häufige Rechnungsfehler durch maschinelle Berechnung ausgemerzt, was eine weitere Zeitersparnis durch das Wegfallen des Suchens solcher Fehlerquellen zur Folge hatte.

Trotz diesen Zeiteinsparungen und Vorteilen befriedigte das System nicht ganz. Eine Vorfakturierung war ausgeschlossen, da, trotz einer sorgfältigen Überwachung einer manuell nachgeführten Bestandskartei, immer und immer wieder Eintragungsfehler vorkamen, und so der effektive Lagerbestand nie genau festgehalten werden konnte. Auch wurde im eben beschriebenen Arbeitsablauf, durch das Verwenden verschiedener Maschinen, relativ viel manuelle Zeit benötigt (siehe Skizze 2). Es entstanden auch Fehler, die von der Zuverlässigkeit der Maschinen-Operateure abhingen.

Neben dem Wunsch nach Beseitigung dieser Nachteile hatte man auch das Bedürfnis, die Lagerbuchhaltung des Zentralersatzteil-Lagers sowie die Führung der Lagerbuchhaltung der Außenlager (Garagen) und die Bestell-Disposition des Hauptlagers voll zu automatisieren und von einer zentralen Stelle aus zu leiten.

Aus diesen Überlegungen und aus der Tatsache, daß ein Datenverarbeitungs-



System um so wirtschaftlicher arbeitet, je mehr und je vielfältiger die Berechnungen aus dem kommerziellen oder technisch-wissenschaftlichen Bereich sind, und von diesem System bewältigt werden, wurde ein integriertes elektroni-

sches Datenverarbeitungs-System eingesetzt.

Die im Rechenzentrum zur Anwendung gelangte IBM RAMAC 305 besteht aus den folgenden Geräten:

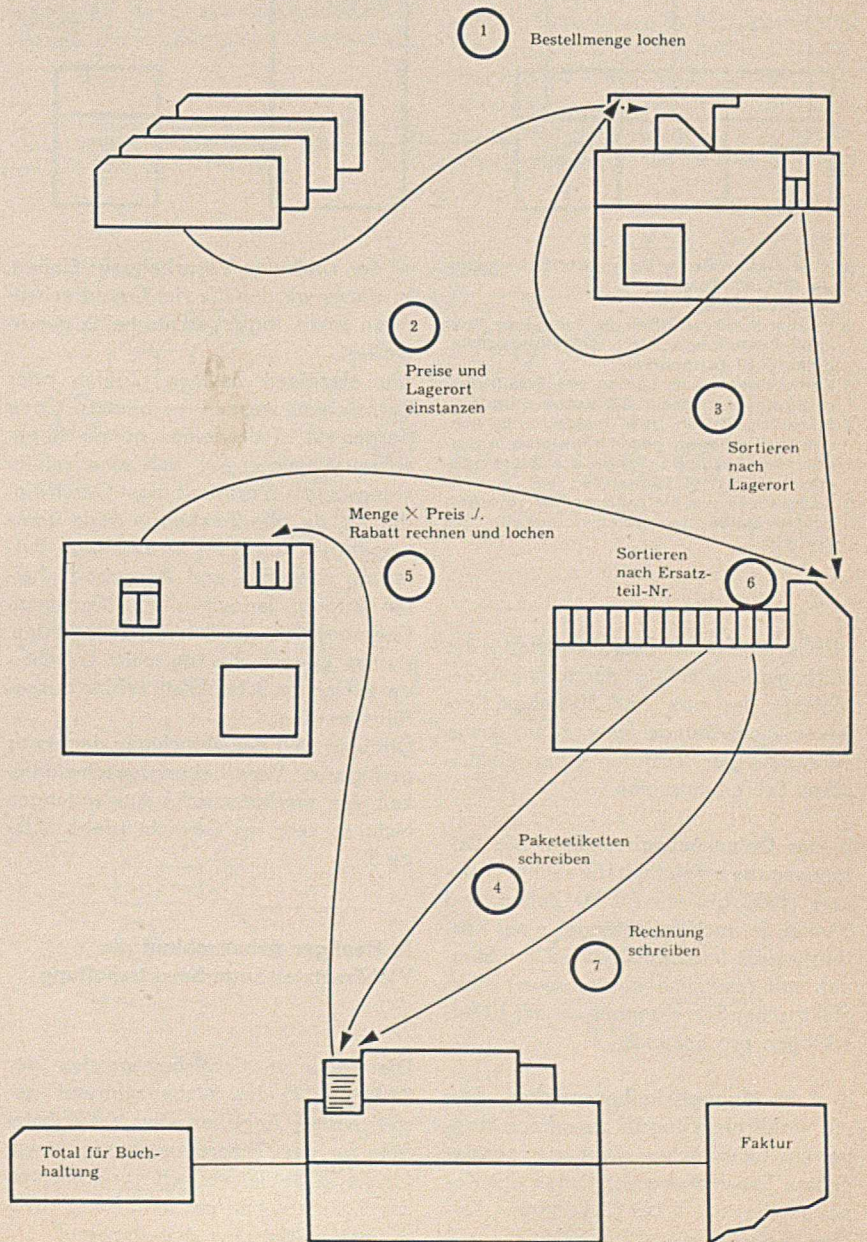


Bild 2: Arbeitsablauf mit den konventionellen Lochkartenmaschinen.

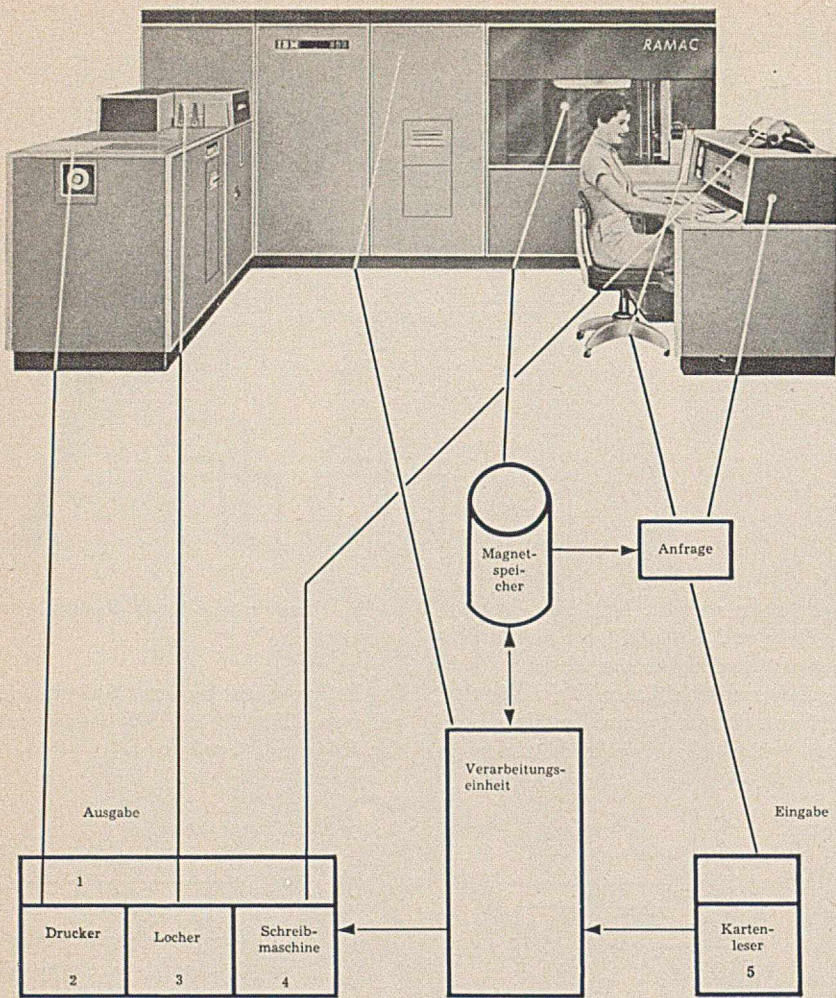


Bild 3: Elektronische Datenverarbeitungsanlage IBM 305 Ramac.

- 1 Ausgabegeräte
- 2 Drucker zum Beschriften der Formulare (Fakturen, Bestellungen etc.). Schreibgeschwindigkeit: 50 Zeichen/Sek.
- 3 Kartenstanzer zum Lochen von Resultaten. Lochgeschwindigkeit 6000 Karten/Stunde.
- 4 Schreibmaschinen zum Melden von Ausnahmesituationen und für externe Anfragen über Bestände, Preise etc. Schreibgeschwindigkeit 10 Zeichen/Sek.
- 5 Kartenleser zum Einlesen der zu verarbeitenden Daten. Lesegeschwindigkeit: 7500 Karten/h.

a) aus der **Daten-Eingabeeinheit**. Die Dateneingabe erfolgt durch einen Kartenleser, der max. 7500 80-stellige Karten in einer Stunde lesen kann, sowie vermittelt der Tastatur einer elektrischen Schreibmaschine.

b) der **Daten-Ausgabeeinheit**. Die Datenausgabe erfolgt mit Hilfe eines Druckers (1800 bis etwa 7000 Zeilen pro Stunde, je nach Zeilenlänge), eines Kartenstanzers (max. 6000 Karten pro Stunde), und zusätzlich wiederum mit einer elektrischen Schreibmaschine mit 10 Anschlägen pro Sekunde.

c) dem **Magnetscheibenspeicher**. Der mit wahlfreiem Zugriff versehene Magnetscheibenspeicher dient zur permanenten Speicherung von Daten. Die Kapazität beträgt 5 bis 20 Millionen Zeichen (Zahlen oder Alphabetzeichen).

d) der **zentralen Verarbeitungseinheit**. In dieser werden die vier Grundrechenarten sowie logische Entscheide durchgeführt.

Die einzelnen Zeichen (Zahlen oder Buchstaben) werden im binären Code dargestellt. Trotz einer hohen Bitgeschwindigkeit ergibt sich eine relativ «langsame» Verarbeitungs-Geschwindigkeit, da alle Zeichen in Serie übertragen werden. Eine vollständige Pufferung aller Ein- und Ausgabe-Einheiten erlaubt jedoch allen Maschinen-Komponenten gleichzeitig zu arbeiten. Zudem können die logischen Entscheide auf einem Schaltbrett zeitlos ausgeführt werden.

Dadurch fällt der «Nachteil» der etwas geringeren Verarbeitungsgeschwindigkeit für kaufmännische Anwendungen nicht so sehr ins Gewicht (siehe Skizze 3).

B. Heutiger Arbeitsablauf der VW-Ersatzteil-Lagerbewirtschaftung

Die heute im Großraumspeicher der RAMAC 305 des Rechenzentrums gespeicherten Angaben der VW-Ersatzteile für die Generalvertretung, sowie für die 30 Gebietsvertreter, ermöglichen den in Skizze 4 dargestellten, und nachstehend erläuterten Arbeitsablauf.

Jeder Gebietsvertreter (Pos. 1) führt ein Ersatzteillager von 4000 bis 5000 Artikeln mit monatlichen Umschlagszahlen von 3000 bis 15000 Positionen. Bei der Entnahme von Teilen im Lagergestell erfolgt das gleichzeitige Ziehen von vorgelochten beschrifteten Karten, welche im Lagerfach in größeren Mengen vorhanden sind. Diese vorbereiteten Karten werden vorerst für die Reparaturfakturierung an den Wagenhalter verwendet, da sie alle notwendigen Angaben wie Nummer, Bezeichnung und Preis enthalten. Anschließend gelangen sie in einem speziellen Kartentransportbehälter 14-tägig in das Rechenzentrum (Pos. 2).

Die so eingereichten Karten werden auf der Ramac 305 (Pos. 3) zur Bestelldisposition (Pos. 4) verarbeitet. Die Simultanabrechnungsanlage errechnet auf Grund der gespeicherten Programminstruktionen in einem Vergleich mit den Verbrauchszahlen den Bedarf. Gleichzeitig nimmt sie einen Bestandsvergleich vor und ermittelt dadurch die Bestellmenge. Im selben Arbeitsgang werden auch Durchschnittsverbrauch und Bestand neu kalkuliert und den Werten entsprechend gespeichert.

Da die Auslieferungs-Grundlagen des zentralen Ersatzteillagers ebenfalls in derselben Maschine gespeichert sind, können anschließend die Lieferunterlagen (Fakturen, Lieferscheine und Paketketten, Pos. 4) automatisch erstellt werden. Im Zentralersatzteillager des Generalvertreters (Pos. 5) erfolgt die Bereitstellung und der Versand der Ware am anderen Tag (Pos. 6).

Die Generalvertretung ihrerseits hat im Lieferwerk einen monatlichen Bestellrhythmus. Eine interne Programminstruktions-Folge erlaubt die automatische Auslösung der Bestellung, ähnlich derjenigen der Gebietsvertreter, jedoch ohne Kartenausgabe. Die Bedarfs-Ermittlung nimmt die Maschine unter Berücksichtigung der im Speicher enthaltenen, nachstehend aufgeführten Faktoren vor:

- Verbrauch von vier Monaten
- Bestand
- Wert der Größe und Teile
- Einheitspackung
- Rückstände gegenüber dem Gebietsvertreter
- bereit laufende Bestellungen
- Überweisungen (techn. Änderungen)
- Lieferzeit (heute etwa 6 Wochen).

Für alle nachzuliefernden Artikel werden Bestellkarten gestanzt, welche an das Lieferwerk anstelle einer Bestellliste geschickt werden (Pos. 7).

Da das Lieferwerk ebenfalls über eine IBM-Datenverarbeitungsanlage verfügt (IBM 305 und IBM 650) werden die von der Rechenzentrale kommenden Karten ohne manuellen Eingriff zu Lieferungsunterlagen verarbeitet, wobei Ware und Rechnung (Pos. 9 und Pos. 10) direkt

an das zentrale Ersatzteillager und die gleichzeitig anfallenden Lieferkarten (Pos. 11) an die Rechenzentrale gelangen. Die Lieferkarten werden dort zur automatischen Aufrechnung und Rückspeicherung der Bestände verwendet.

Durch den Einsatz der Simultanabrechnungsanlage IBM Ramac 305 in der Generalvertretung ergaben sich in den nachstehend aufgeführten fünf Punkten Änderungen im vorher gültigen Arbeitsablauf für die Gebietsvertreter:

- a) Verbuchung
- b) Auslieferungskontrolle an Werkstatt bei den Gebietsvertretern
- c) Fakturierung
- d) Nachbestellung des Gebietsvertreters von Ersatzteilen beim Zentralersatzteillager
- e) monatliche Erfolgsrechnung.

a) Verbuchung

Da sämtliche Bestände in den Scheibenspeichern gespeichert sind, werden alle Aus- und Eingänge durch die Maschine automatisch verbucht. Die Lieferscheine sowie das Schreiben von Quittungen, was zuvor beides notwendig war, um die Verbuchung auf der Sichtkartei vorzunehmen, fallen dahin.

b) Auslieferung an die Werkstatt beim Gebietsvertreter

Früher wurden die Ersatzteile mit einem Werkstattschein im Magazin bezogen. Dabei mußten die richtigen Nummern im Bestandesteilbuch nachgeschlagen, sowie die Artikelpreise in einem weiteren Verzeichnis zusammengesucht werden.

Der so entstehende Materialschein wurde bis zur Fakturierung aufbewahrt. Neben dem großen Arbeitsaufwand und dem enormen Formular-Konsum bestand auch die Fehlerquelle des Schreibens von falschen Artikelnummern und falschen Preisen.

Heute wird dem Werkstattauftrag entsprechend im Lager der Ersatzteile bei deren Auslieferung gleichzeitig eine vorgelochte Artikelkarte gezogen. Diese Karten werden anschließend nach Werkstatt-Auftragsnummern klassiert und für die Weiterleitung ins Betriebsbüro bereitgestellt. Das Nachschlagen und Schreiben von Artikelnummern und Artikelpreisen fällt damit ganz weg.

c) Fakturierung

Das Erstellen der Faktura benötigte bis dahin die Durchsicht und Abschrift des

Werkstattauftrages, des Materialscheines, sowie eventuellen weiteren Zusatznotizen.

Heute dagegen wird die Faktura nur noch mittels der Auslieferungskarten erstellt, die ja alle notwendigen Angaben wie Preise, Artikelnummer und Menge enthält. Das Nachschlagen eines Preisbuches wird dadurch überflüssig.

d) Nachbestellung von Ersatzteilen der Gebietsvertreter im Zentral-Ersatzteillager

Bis dahin wurden die Sichtkartei periodisch auf Verbrauch und Bestand der einzelnen Teile durchgesehen und die nachzubestellenden Quantitäten festgesetzt und eingetragen. Auf der Schreibmaschine wurde anschließend auf Grund der Eintragungen die nötige Bestellung geschrieben.

Heute werden die schon zur Fakturierung verwendeten Auslieferungskarten 14-tägig vom Gebietsvertreter an die Rechenzentrale gesandt. Die Ramac 305 errechnet dann die nachzuliefernde Menge und schreibt simultan, unter Fest-

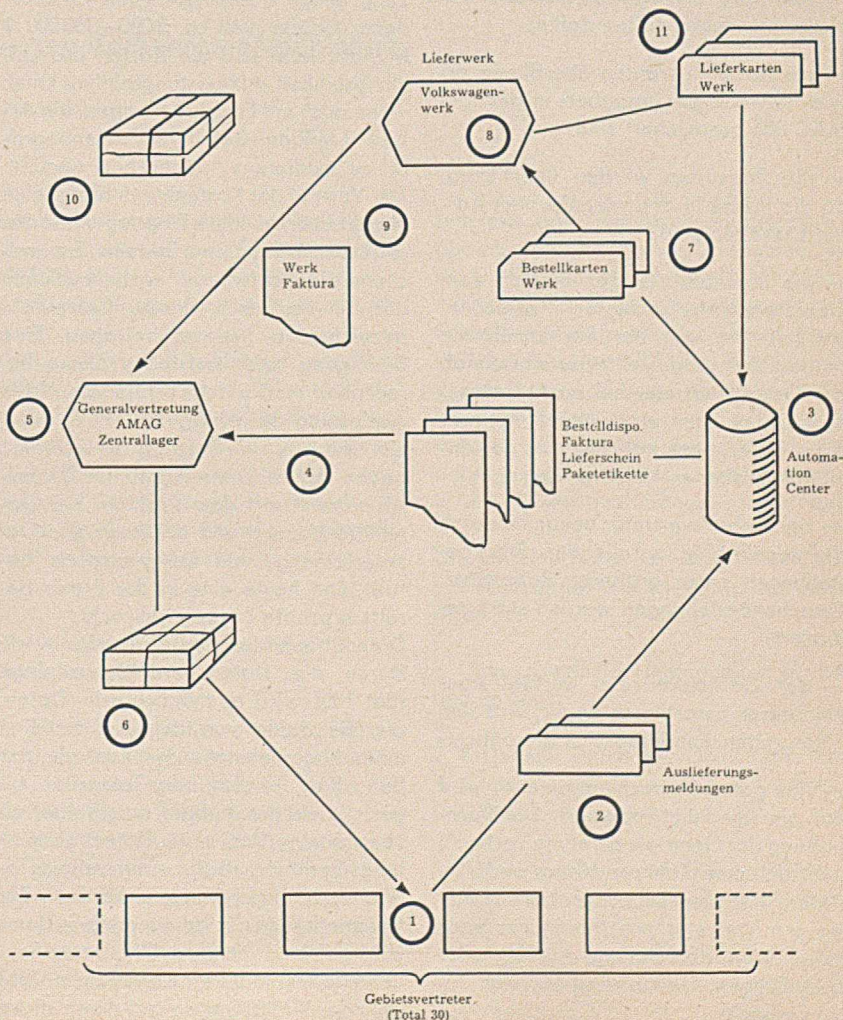
Bild 4: Gesamtübersicht für Datenfluß zwischen Lieferwerk, Reservelager, Automationszentrale und Gebietsvertreter.

haltung vom neuen Durchschnittsverbrauch- und -bestand, ein Lagerverkehrs-Journal, und stanzt die Packetketten für das Zentralersatzteillager. Die Packetketten werden anschließend, bevor sie nach Buchs gesandt werden, nach ihrer Locations-Nummer sortiert, damit die Warenentnahme aus den Gestellen in Buchs mühelos in einer geordneten Folge vorgenommen werden kann. Die Gefahr von Aufstocken zu großer Lagerbestände und damit Anlegen von Ladenhütern wird durch das mathematisch genau arbeitende Bestellwesen stark vermindert, wenn nicht sogar gänzlich ausgeschlossen.

e) Monatliche Erfolgs-Rechnung

Die monatliche Erfolgsrechnung konnte vor dem Einsatz der RAMAC nur auf Grund der Einzelbelege (Ein- und Ausgangs-Fakturen) und durch Rückrechnen des Einstandspreises ermittelt werden. Dabei konnte der Einstandspreis der fakturierten Teile nur schätzungsweise in der Erfolgsrechnung aufgeführt werden, was zu Differenzen in der Berechnung des Enderlöses führen mußte.

Heute wird nebst einer schnellen Errechnung des wirklichen Brutto-Erlöses pro Monat gleichzeitig noch im selben Arbeitsgang das monatliche Inventar



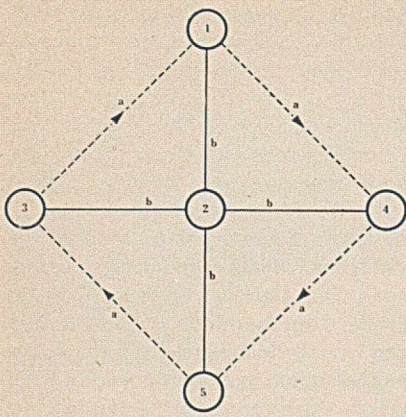


Bild 5:
Flußdiagramm für die Waren (a)
und die Informationen (b)
1 Lieferwerk
2 Automationszentrum
3 Generalvertreter
4 Reservelager
5 Gebietsvertreter

des Lagers beim Gebietsvertreter ermittelt. Die dazu erforderlichen Angaben sind alle in der RAMAC gespeichert. Zusammenfassend resultieren dem Gebietsvertreter, sowie dem Zentralersatzteillager durch den Einsatz der RAMAC 305, für die Materialbewirtschaftung der VW-Ersatzteile, folgende Arbeitserleichterungen bzw. Vorteile:

- sämtliche Schreibebeiten bei der Materialausgabe fallen dahin;
- die Karteien werden überflüssig, da alle notwendigen Angaben in der RAMAC 305 gespeichert sind;
- die Preislisten werden überflüssig, da die Preise in den vorgelochten Karten enthalten sind;
- die Stockbestellungen müssen vom Gebietsvertreter nicht mehr errechnet werden. Die von der Rechenzentrale automatisch hergestellte Bestellliste muß der Gebietsvertreter nur noch durchsehen. Dabei kann er eventuell notwendige Änderungen von Hand in der dazu vorgesehenen Kolonne eintragen;
- der Gebietsvertreter bekommt durch die regelmäßig anfallenden Stockbestellungen einen größeren Rabattsatz. Zwischenbestellungen werden stark reduziert;
- der Gebietsvertreter verfügt über ein besser assortiertes Lager, was ihm einen guten Kundenservice ermöglicht;
- das ganze Verrechnungswesen wird auf ein Minimum reduziert. Die Buchhaltung der Generalvertretung verbucht nur noch **eine** Zahl pro Monat und Vertreter. Von der Rechenzentrale erhält sie pro Vertreter pro Monat nur noch einen Bruttoabrechnungs-Auszug aller Bestellungen. Davon wird nur das Total verbucht.

C. Blick in die Zukunft

Wie bereits vorgehend darauf hingewiesen, ist die Rechenzentrale darauf bedacht, ihr Datenverarbeitungs-Zentrum möglichst vielen Kunden aus Handel, Industrie und Verwaltung zur Verfügung zu stellen. Mit dem Anwachsen der Kundenaufträge werden aber auch gleichzeitig die Ansprüche an das Datenverarbeitungs-System in Bezug auf Datenverarbeitungs-Geschwindigkeit und -Speicherfähigkeit immer größer. Um diesen wachsenden Anforderungen gerecht zu werden, hat die Rechenzentrale heute bereits zusätzlich zur IBM RAMAC 305 eine IBM 1401 mit Magnetbandspeicher installiert. Gleichzeitig wurden bei der Firma International Business Machines eine IBM 1410 mit RAMAC-Speicher, sowie das IBM Tele-Processing-System 1001 bestellt.

Durch das zum Einsatz gelangende Teleprocessing-System 1001 in der Rechenzentrale verfügt dieses Unternehmen in der nahen Zukunft wohl über einen denkbar modernen Maschinenpark für eine rasche und zuverlässige Datenverarbeitung.

Durch den Einsatz dieses Gerätes werden im Rechenzentrum ganz neue Möglichkeiten erschlossen. Um die Bedeutung dieses neuen Datenübermittlungssystems zu verstehen, muß zuerst etwas weiter ausgeholt werden. Die Skizze 5 zeigt einige Computer-Typen verschiedener Größe (von ca. 5000—350000 \$ Monatsmiete) und die Kosten pro Leistungseinheit. Als Leistungseinheit kann, wenn auch mit Einschränkungen, die Arbeit «1 Million 10-stelliger Zahlenbegriffe zu addieren», angesehen werden. Der Verlauf der Kostenkurve bringt eine überraschende klare Überlegenheit des größeren bis größten Systems, bei welchem die Kosten nur noch Bruchteile des bei uns als «mittlerer Computer» bezeichneten Systems betragen. Eine Bedingung beim Aufstellen dieser Berechnung muß jedoch erfüllt sein: Volle Auslastung der Anlage.

Um diese Voraussetzung zu erfüllen, haben sich die amerikanischen Techniker vorerst mit dem Problem der Datenübertragung und der zentralen Datenerfassung und Datenausgabe befaßt, und heute eine in der Praxis bereits erprobte Lösung gebracht: Datenübermittlung durch Telefon.

Durch die Datenübermittlungsanlage IBM 1001 wird es möglich sein, Daten, die bis dahin von den Außenstellen eines Unternehmens der Zentrale per Bahn, Post, Telefon oder Telegraph zugestellt werden mußten, automatisch zu übermitteln. Das neue Datenübermittlungssystem muß dazu nur an ein Telefonnetz angeschlossen werden. Zur Konzeption des Teleprocessing-Systems 1001 gehören mehrere IBM Daten-Sendeinheiten, sowie ein Kartenlocher IBM 024 oder IBM 026, erweitert durch einen

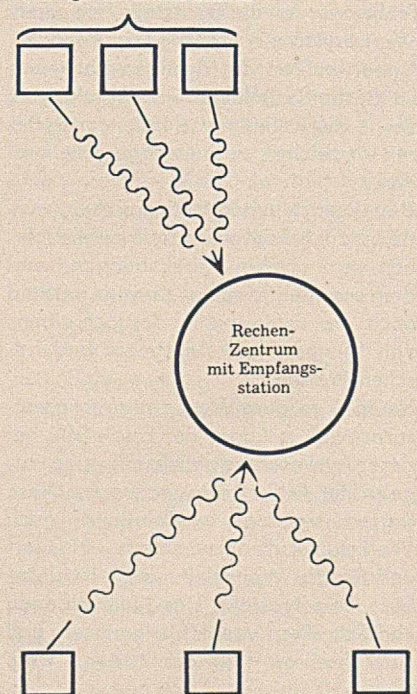
Datenumformer. Das Telefon dient zur Verbindung der einzelnen Maschinenkomponenten über eine beliebige Entfernung.

Die IBM Fernlocher und Fernschreiber, ausgerüstet mit einer Telefonwählvorrichtung, können pro Minute zehn 80-spaltige Lochkarten senden. Die Bedienungsperson der IBM 1001 Sendestation hat nur über das normale Telefonnetz die Zentralstelle zu wählen, und nach Erhalt der Verbindung die zu übermittelnden Lochkarten in die Karteneingabe der Übermittlungs-Station einzuführen. Die Daten werden dann per Telefon oder Telegraph mit einer Geschwindigkeit von 12 Zeichen pro Sekunde automatisch von der Sendestation an die Empfangszentrale übermittelt.

Variable numerische Informationen können dabei mit Hilfe einer Zehnertastatur am Sendeort manuell eingetastet werden. Am Empfangsort werden die so übermittelten Daten von einem durch ein Datenumwandlungsgerät erweiterten IBM Kartenlocher automatisch in Karten abgelocht.

Dieses neue Datenübermittlungssystem ermöglicht also Lochkarten an dezentral aufgestellten Datenerfassungs-Stationen in entsprechend variable Schwingungen umzuwandeln und diese «Melodien» über das normale Telefonnetz an die elektronische Datenverarbeitungs-Zentrale zu übermitteln, wo diese von der Empfangsstation wieder in Lochkarten umgewandelt werden (Skizze 6). Die Verbindung wird auf gleiche Wei-

Außenlager mit Sendestationen



Außenlager mit Sendestationen

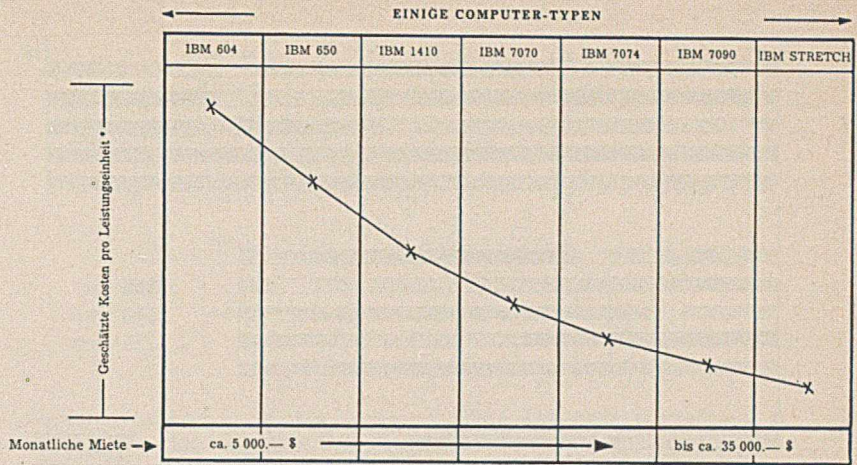
Bild 6: Datenübertragung mittels Telefon- oder Telexleitung. — Die in den Lochkarten enthaltenen Werte werden in niederfrequente Schwingungen verschiedener Tonhöhe umgewandelt und auf diese Weise an die zentrale Verarbeitungsstelle übermittelt.

se wie beim bekannten Telefon-Gespräch hergestellt.

Es können heute jedoch nicht nur numerische Angaben aus Lochkarten über das Telefon vermittelt werden, sondern auch Daten von Magnetband zu Magnetband (IBM Teleprocessing System 7701) oder Daten von Speicher zu Speicher (IBM Teleprocessing System 1009, in Verbindung mit dem elektronischen Datenverarbeitungs-System IBM 1401). In der Rechenzentrale wird das Teleprocessing System IBM 1001 in Zukunft vor allem für die VW-Ersatzteil-Lagerbewirtschaftung von Bedeutung sein (Gebietsvertreter → Rechenzentrale → Zentralersatzteillager), jedoch auch andere Kunden werden durch den Einsatz dieses neuen Datenübermittlungs-Systems in den Genuß einer raschen und sicheren Datenverarbeitung ihres Zahlenmaterials im Rechenzentrum gelangen.

Zweifellos dürfte diese Entwicklung hinsichtlich der zukünftigen Installation von elektronischen Rechenautomaten das Problem aufwerfen, welche Art der Abwicklung als wirtschaftlicher betrachtet werden kann.

In Fachkreisen wird dabei eindeutig (unter gewissen Einschränkungen hinsichtlich der Größe und Besonderheit der



Graphische Darstellung der Senkung der Leistungseinheitskosten bei größer werdenden EDP-Systemen.

Leistungseinheit = Beispielsweise Maschinenkosten für 1 Million Additionen.

in Frage stehenden Betriebe) auf die Vorteile des Teleprocessing Abwicklungs-Verfahrens hingewiesen. In den nachfolgenden vier Punkten sei zum Schluß zusammenfassend auf die wesentlichsten Vorteile des Teleprocessing Verfahrens hingewiesen.

1. Zweigstellen oder Auslieferungslager (in der VW-Ersatzteillager-Bewirtschaftung

die Gebietsvertreter sowie das Zentralersatzteillager) können ihre Aufträge und Anforderungen unverzüglich dem zentralen Rechenzentrum zuleiten.

2. Entlastung des Betriebs-Personals von zeitraubenden, fehleranfälligen Schreibarbeiten,

3. Die Zeit zwischen Transaktion und manuellem Lochen wird zu 80 bis 90% eingespart.

4. Praktisch keine Fehler dank vorgelochtem Karten.

Die Automatik der zentralgesteuerten Verkehrssignalanlagen

Dipl.-Ing. Paul Rother, München

Die Verkehrssicherheit zu erhöhen und die Verkehrsleistung zu steigern, sind die zwei Hauptaufgaben der Verkehrssignalanlagen. Anfangs dirigierte der Polizeibeamte mit seinen Armen auf der Kreuzungsmitte zu diesem Zweck die einzelnen Verkehrsflüsse. Später wurden die menschlichen Arme durch mechanische Arme und diese wiederum durch besser erkennbare und anpassungsfähigere Lichtsignale ersetzt. Heute führen in der Regel automatisch wirkende Einrichtungen die Arbeit des Polizeibeamten aus (12).

Diese Steuerungseinrichtungen sind unterschiedlich, je nachdem, ob die Signalwechsel nach festgelegten, auswählbaren Programmen vor sich gehen, wobei sich die einzelnen Schaltvorgänge innerhalb eines Programmes in jedem Signalumlauf wiederholen (Festzeitsteuerung), oder ob Reihenfolge und Dauer der einzelnen Signalbilder von Fall zu Fall vom Verkehr selbst beeinflusst wechseln (verkehrsabhängige Steuerung) (1, 2, 3, 7). Mit Rücksicht auf die Koordinierung des Verkehrsablaufes an einer Vielzahl von Kreuzungen zu einer oder mehreren «Grünen Wel-

len» muß für zentralgesteuerte Anlagen die Festzeitsteuerung Grundlage sein (6, 7). Daher soll diese auch den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt werden.

Wie weit eine Kombination der Festzeitsteuerung mit der verkehrsabhängigen Steuerung möglich und von Nutzen ist, und ob sie dazu führen kann, daß sich aus der automatischen Steuerung der Verkehrssignale eine automatische Regelung des Verkehrs entwickelt, wird weiter unten geprüft werden.

Die Aufgabenstellung aus der Verkehrstechnik

An Hand einer Reihe von ausgeführten Anlagen ist untersucht worden, welches die Anforderungen sind, die heute der Verkehr eines Knotenpunktes bei der Planung der Signaleinrichtung einer zentralgesteuerten Anlage an den Verkehringenieur stellt, und welche dieser an den Gerätehersteller als Aufgabenstellung weitergeben muß (11).

Ein solches Beispiel zeigt Bild 1. Es stellt das Kreuzungsbild und die Signalzei-

tenpläne oder Signalverschlussschemen für drei Programme der einfachen, in einer «Grünen Welle» liegenden T-Einmündung der Ruhr-Allee in den Ruhr-Schnellweg in Essen dar. Jedes Verschlussschema enthält die Fahrzeugsignalgruppen 1, 2 und 3 sowie die Fußgängersignalgruppen a und b. Die drei Programme sind zur Berücksichtigung der zu verschiedenen Zeiten unterschiedlichen Verkehrsverhältnisse notwendig (12).

Die Untersuchung der drei Verschlussschemen ergibt nun folgende Notwendigkeiten:

1. Unterschiedliche Umlaufzeiten (70, 50 und 35 sec.),

2. Konstante Zeiten für «Gelb» und «Rot + Gelb», unabhängig von Umlaufzeit und Dauer der Räumzeiten,

3. unterschiedliche Aufteilung der Umlaufzeit auf die einzelnen Verkehrsflüsse,

4. voneinander abweichende Zahlen der Signalbilder (13, 12, 10 Signalbilder),

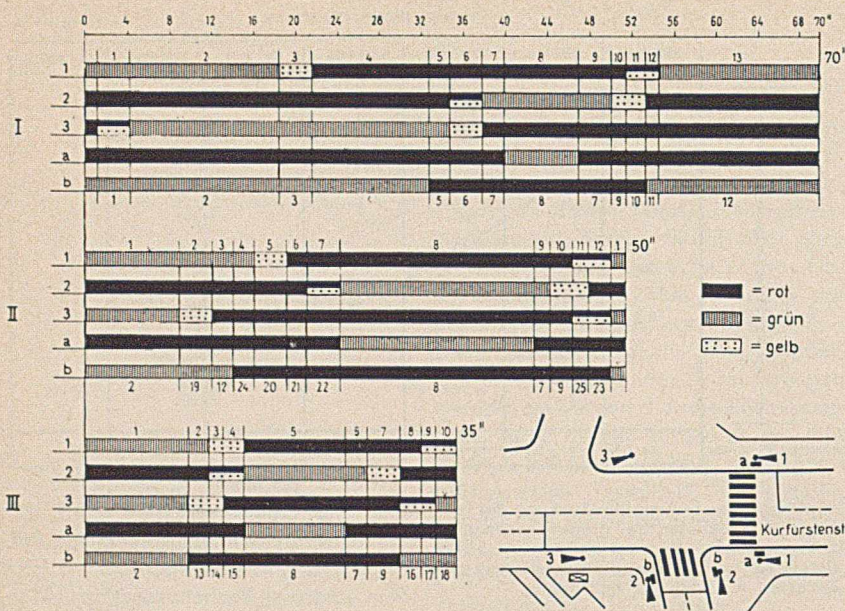


Bild 1: Verkehrssignal-Anlage B1/Ru in Essen (Signalverschlussschemen für die Programme I—III und Kreuzungsbild). Die Ziffern der oberen Reihe geben jeweils die Anzahl der Signalbilder im Programm, die der unteren Reihe die laufende Nummer für alle verwendeten Signalbilder an.

- 5. in den einzelnen Programmen unterschiedliche Signalbilder (25 verschiedene bei max. 13 im Programm I),
- 6. Signalbildwiederholungen (Signalbild 7 im Programm I),

Bild 2: Grundsätzlicher Aufbau einer Verkehrssignalanlage

- Tg = Taktgeber
- StS (sts) = Steuerschalter
- PR = Programm-Rangierung
- P = Programmwahl
- SR (sr) = Schaltrelais
- SG = Signalgeber

- 7. in den einzelnen Programmen unterschiedliche Dauer der Räumzeiten (3—8 sec.),
- 8. unterschiedlich lange Fußgänger-schutzzeiten und
- 9. die Umkehr der bevorrechtigten Richtung in dem Programm III gegenüber I.

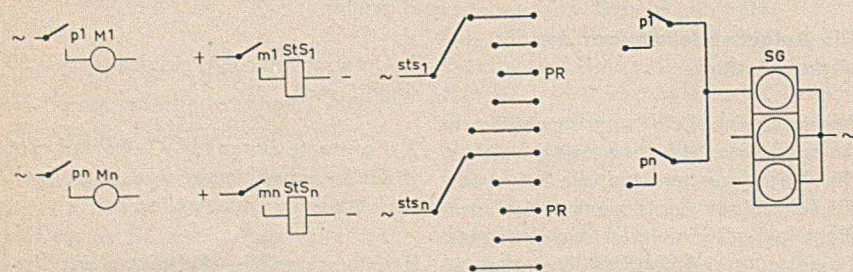


Bild 3: Zeitschalter mit Synchronmotor
M1 (m 1) = Motorschaltwerk
StS (sts) = Steuerschalter
PR = Programm-Rangierung
P = Programmwahl
SG = Signalgeber

Sollen die Einrichtungen für die Signalisierung an den Kreuzungen diesen Anforderungen genügen, dann muß dem Verkehringenieur volle Freizügigkeit bei der Programmbildung hinsichtlich der zu verwendenden Signalbilder, ihrer Anzahl, Reihenfolge und Häufigkeit gewährt werden, d. h. die Geräte müssen jedes örtlich zulässige Signalbild bei Bedarf auch darstellen können (11). Erfahrungsgemäß wirken sich die mit

der Zeit auftretenden Änderungen des Verkehrs, die Einbeziehung benachbarter Kreuzungen in die Verkehrsregelung, die Bestimmung von Straßen zu Einbahnstraßen, Abbiegeverbote an bestimmten Kreuzungen u. ä. nicht nur auf die unmittelbar davon betroffenen Kreuzungen aus, sondern bringen die Notwendigkeit zur Änderung oder Ergänzung der Programme auch an anderen Kreuzungen mit sich. Das gilt besonders in Straßen mit «Grünen Wellen». Hier beeinflussen Änderungen der Programm-anzahl, der Umlaufzeiten und der Ver-

schiebezeiten stets die Gesamtheit der Kreuzungen. Änderungen von Programmen und die Notwendigkeit, weitere Programme vorzusehen, bedingen häufig

aber auch zusätzliche Signalbilder. Die auf der Straßenkreuzung angeordneten Geräte sollten daher zweckmäßigerweise programmunabhängig sein und von den Änderungsmaßnahmen unberührt bleiben.

Die Aufgabenstellung für den Gerätehersteller

Die Aufgabe für den Gerätehersteller besteht nun darin, mit Mitteln der Fernwirk- und Fernmeldetechnik die in den Planungsunterlagen des Verkehrsingenieurs festgelegten Regelungsdaten in die Signalgabe an der Straßenkreuzung umzusetzen. Er muß also dafür sorgen, daß jedes der vorgesehenen Signale entsprechend dem ausgewählten Programm zur richtigen Zeit so wechselt, daß die einzelnen Signalbilder, ihre Dauer und ihre Reihenfolge den Angaben des Verschlussschemas entsprechen.

Die automatischen Einrichtungen für zentralgesteuerte Anlagen

Grundsätzlicher Aufbau von Festzeitsteuer-Einrichtungen

Bevor auf die Einzelheiten der Einrichtungen für zentralgesteuerte Anlagen eingegangen wird, ist es zweckmäßig festzustellen, welches ihr grundsätzlicher Aufbau ist, d. h. welche Bestandteile jede von ihnen enthalten muß, um den Anforderungen zu entsprechen, unabhängig von der Zusammensetzung und Abwicklung ihres Verkehrs. Für die Festlegung der Umlaufzeit — das ist die Zeit, in der sich ein vollständiger Signalzyklus abspielt — und für ihre Aufteilung auf das «Grün» der einzelnen Verkehrsflüsse ist ein **Zeitschalter ZS** notwendig (Bild 2). Er besteht im allgemeinen aus einem **Taktgeber Tg** (Motor-Taktgeber, Relais-Taktgeber, elektronischer Taktgeber u. a.) und einem **Steuerschalter StS** (Walzenschalter, Drehwähler, Relaiskette o. ä.). Der Taktgeber schaltet den Steuerschalter schrittweise fort und beeinflusst **Schalt-einrichtungen SR**, durch welche die an das Starkstromnetz angeschlossenen Signallampen ein- und ausgeschaltet werden. Schließlich muß die Möglichkeit gegeben sein, das Schalten der Signallampen mit der zeitlichen Reihenfolge und Zeitdauer vorzunehmen, welche den Angaben des gerade ausgewählten Regelungsprogrammes entsprechen. Hierfür müssen Einrichtungen zur sinnngemäßen Verbindung der Schalteinrichtungen mit dem Zeitschalter (**Programm-Rangierung PR**) und zur Auswahl des jeweils gewünschten von mehreren vorgesehenen Programmen (**Programm-Auswahl PW**) vorhanden sein. Zur Verbindung der bei zentralgesteuerten Anlagen getrennten Teile sind dann noch **Übertragungseinrichtungen U** notwendig.

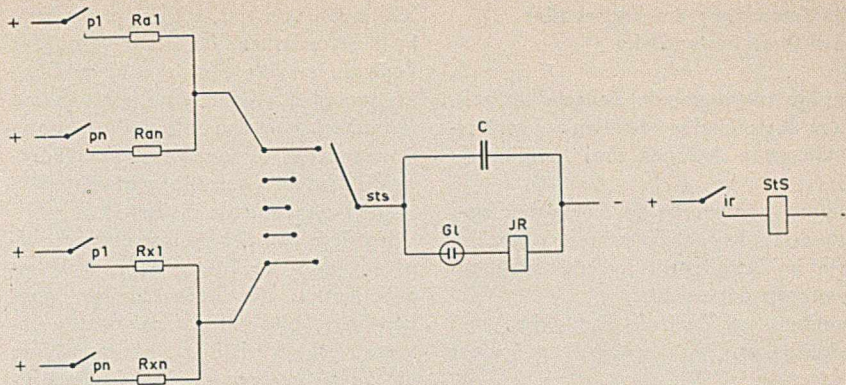
Der Zeitschalter, sein Aufbau und seine Wirkungsweise

Der Zeitschalter ist das wichtigste, die Automatik vor allem bestimmende Bestandteil jeder selbsttätigen Verkehrssignaleinrichtung und damit auch der zentralgesteuerten Anlagen. Er stellt gewissermaßen das Herz der Automatik dar und bestimmt den zeitlichen Ablauf der Signalgabe sowie die Reihenfolge der einzelnen Signalbilder entsprechend dem ausgewählten Programm.

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Systemen für zentralgesteuerte Anlagen bestehen im wesentlichen in der Art und Wirkungsweise der Zeitschalter sowie in ihrer örtlichen Anordnung bzw. derjenigen ihrer beiden Bestandteile, Taktgeber und Steuerschalter entscheiden durch ihren Aufbau und ihr Zusammenwirken über die Leistungsfähigkeit der gesamten Anlage. Zum Verständnis werden daher einige Ausführungen dieser Einrichtung eingehender behandelt.

Bei den Zeitschaltern sind zunächst zwei Arten zu berücksichtigen, die sich durch die Taktgabe voneinander unterscheiden. Der eine gibt während eines Signalumlaufes eine geringe Anzahl von Steuerimpulsen und zwar jeweils beim Signalbildwechsel in zeitlich ungleichmäßiger Aufeinanderfolge. Der andere wird in einem gleichmäßigen Takt z. B. nach einem Sekundenraster fortgeschaltet, wird aber nur in den durch das Programm festgelegten Stellungen des Steuerschalters wirksam.

Die wohl älteste Ausführung, welche für Anlagen mit einfachen Kreuzungen auch heute noch insbesondere in den USA verwendet wird, besteht aus einem Synchronmotor als Taktgeber, der unmittelbar über ein Getriebe oder mittelbar über Kontakt und Schaltmagnet den Steuerschalter, eine Schaltwalze mit Nockenscheiben und Schaltkontakten, welche gleichzeitig die Funktion der Schalteinrichtungen erfüllen, in Zeitabschnitten von unterschiedlicher Länge bei jedem Signalbildwechsel weiterschaltet (2). Der Vorteil der Synchronmotoren besteht in der von der Netzfrequenz abhängigen konstanten Drehzahl. Durch diese ist der Gleichlauf mehrerer Geräte leicht sicherzustellen. Zur Änderung der Umlaufzeit sind jedoch umschaltbare Getriebe, Reibradgetriebe oder getrennte Synchronmotoren notwendig. Für die unterschiedliche Aufteilung der Umlaufzeit auf die einzelnen Verkehrsflüsse wurden z. B. verschiebbare Reiter oder umsteckbare Stecker vorgesehen (1, 2, 3), welche zum gewünschten Zeitpunkt den Kontakt für den Walzenmagnet betätigen. Bei mechanischer Weiterschaltung der Schaltwalze mittels eines Schaltsternes ist nicht nur der Motor, sondern auch der Walzenschalter je Umlaufzeit notwendig. Die Zahl der möglichen Si-



gnalbilder, welche durch die Nockenscheiben und ihre Kontakte festgelegt werden, entspricht im Maximum der Schrittzahl des Steuerschalters. Sollen dabei die Signalbilder und ihre Zahl in den einzelnen Programmen veränderbar sein (Bild 3), ist nicht unwesentlicher Aufwand nötig.

Eine andere Art stellt der Zeitschalter mit Zeitkreis dar. Um die Schwierigkeiten zu vermeiden, welche sich ergeben, wenn die einzelnen Programme unterschiedliche Umlaufzeiten erfordern, werden als Taktgeber daher vielfach Zeitkreise verwendet, die auch als elektronische Zeitrelais bezeichnet werden. Ein solcher Zeitkreis besteht z. B. aus einem RC-Glied, bei welchem parallel zum Kondensator eine Glimmlampe oder Kaltkathodenröhre in Hintereinanderschaltung mit einem Relais liegen. Beim Zünden der Glimmlampe spricht das Relais an und gibt einen Fortschalteimpuls auf den Schaltmagneten des Walzenschalters (Bild 4). Anstelle des Walzenschalters können selbstverständlich auch Drehwähler, Relaisketten o. ä. verwendet werden. Die Beeinflussung der Schaltzeiten durch Verändern des Aufladewiderstandes gibt die Möglichkeit für kontinuierliche oder stufenweise Änderung der Abstände zwischen je zwei Schaltpunkten. Hinsichtlich der Signalbilder und ihrer Zahl in den verschiedenen Programmen gilt das bei der ersten Art der Zeitschalter Gesagte.

Während diese beiden Zeitschalterausführungen nur dann den Steuerschalter jeweils um einen Schritt weiterschalten, wenn sich ein Signalbildwechsel vollziehen soll, wird der Steuerschalter der dritten Art in gleichmäßigem, z. B. Sekundentakt geschaltet. Als Taktgeber kann hierfür beispielsweise ein Motorschalter mit Synchronmotorantrieb oder ein elektronischer Frequenzteiler (8) ver-

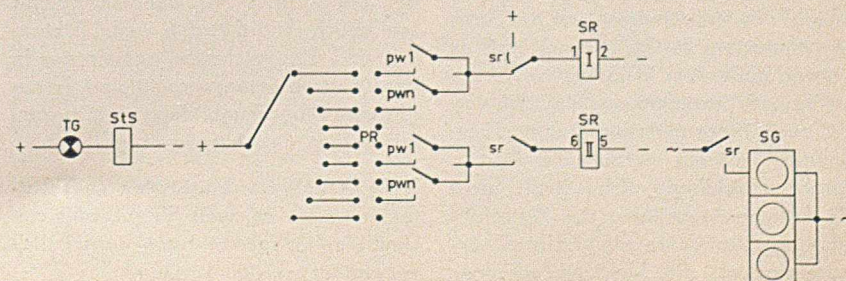
Bild 4: Zeitschalter mit Zeitkreis
 R = Vorwiderstand
 C = Kondensator
 Gl = Glimmlampe
 JR (ir) = Impulsrelais
 P = Programmwahl
 StS = Steuerschalter

wendet werden, die wieder die Zeitgenauigkeit der Netzfrequenz besitzen. Er schaltet einen Steuerschalter mit einer Schrittzahl, welche der größten benötigten Umlaufzeit entspricht, beispielsweise mit 90 Schritten (Bild 5). Da der Steuerschalter aus einer Kette von Wählern, Zählmagneten, Relais o. ä. gebildet werden kann, ist jede gewünschte Schrittzahl und damit jede Umlaufzeit darzustellen. Werden in einzelnen Programmen kürzere Umlaufzeiten gefordert, als der Schrittzahl des Steuerschalters entspricht, so können diese kürzeren Zeiten durch vorzeitiges Abbrechen des Durchlaufs der Kette erreicht werden (4).

Bei den Zeitschaltern, die mit ungleichmäßigem Takt arbeiten, entspricht der zeitliche Abstand zwischen zwei Fortschalte-Impulsen üblicherweise der Dauer eines Signalbildes. Besondere Relais, um das Signalbild zu halten, sind dabei nicht notwendig. Anders beim Zeitschalter mit gleichmäßigem Rhythmus. Hier kann während der Dauer eines Signalbildes eine beliebige Zahl von Schritten des Steuerschalters ausgeführt werden. Bei Sekundentakt ergibt die Zahl der Schritte dann die Zeitdauer in Sekunden.

Das bedingt jedoch, daß das jeweilige Signalbild über Relais gehalten werden muß.

Bild 5: Zeitschalter mit Sekundentakt
 TG = Taktgeber
 StS (sts) = Steuerschalter
 PR = Programm-Rangierung
 PW = Programmwahl
 SR (sr) = Schaltrelais
 SG = Signalgeber



Die Anordnung der Zeitschalter bzw. ihrer Bestandteile

Für die Anordnung der Zeitschalter bzw. ihrer Bestandteile bestehen bei zentral-gesteuerten Anlagen drei Möglichkeiten:

Erstens können beide, Taktgeber und Steuerschalter des Zeitschalters, gemeinsam im Schaltgerät auf der Straßenkreuzung angeordnet, zweitens auf Zentrale (Taktgeber) und Schaltgerät (Steuerschalter) aufgeteilt und drittens beide gemeinsam in der Zentrale untergebracht werden. Werden Taktgeber und Steuerschalter im Schaltgerät angeordnet (Bild 6 a), dann

Störungen von der Kreuzung zur Zentrale erforderlich. Zur Verbindung der Zentrale mit den Geräten auf der Straße genügt dann z. B. eine gemeinsame in Einzelstromkreise aufgeteilte Doppellader des Fernmeldenetzes, welche überwacht wird und selbsttätig etwaige Störungen zur Zentrale meldet (3, 10).

Wird dagegen der Zeitschalter so aufgeteilt, daß der Taktgeber zentral angeordnet ist, der Steuerschalter dagegen im Schaltgerät auf der Straße untergebracht wird (Bild 6 b), so müssen die Taktgeberimpulse für das schrittweise Fortschalten des Steuerschalters von der Zentrale aus zum Schaltgerät auf der Straße übertragen werden. Der Steuerschalter ist im Gegensatz zum

2. die Notwendigkeit der Überwachung der Zeitschalter einschließlich Meldungsgabe von den einzelnen Geräten aus entfällt,

3. nur an einer Stelle, nämlich in der Zentrale die Programmauswahl vorzusehen ist,

4. die Programmangierung **nur an einer Stelle** und zwar in der Zentrale erforderlich ist,

5. das Gerät auf der Straße **nur noch eine reine Relaisstation** im ursprünglichen Sinne des Wortes darstellt, und

6. das Gerät daher **programmunabhängig** ist.

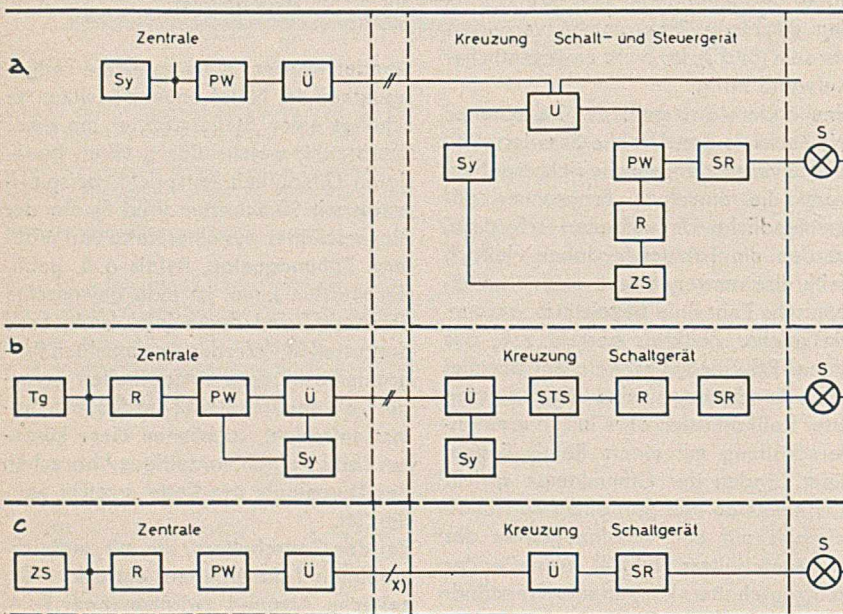


Bild 6: Möglichkeiten für die örtliche Anordnung der Zeitschalter

a) Taktgeber und Steuerschalter im Schaltgerät auf der Straße

b) Taktgeber in der Zentrale, Steuerschalter im Schaltgerät

c) Taktgeber und Steuerschalter in der Zentrale

- Sy = Synchronisierung
- PW = Programmwahl
- Tg = Taktgeber
- SR = Schaltrelais
- S = Signalgeber
- R = Rangierung
- U = Übertragersatz
- ZS = Zeitschalter
- STS = Steuerschalter

wird die Programmbildung im Gerät auf der Straßenkreuzung durchgeführt. Die Zentrale übernimmt dann nur noch die Auswahl der Programme und die Überwachung des Gleichlaufes. Bei dieser Anordnung ergibt sich eine große Anzahl von Zeitschaltern auf der Straße (mindestens je Gerät einer) und es werden außerdem in jedem Gerät sowohl eine Programmauswahleinrichtung als auch Programmangierungen notwendig. Dadurch werden die Geräte **programmabhängig**. Schließlich macht die örtliche Anordnung der Zeitschalter an den Straßenkreuzungen ihre Überwachung und die Meldung etwaiger

Taktgeber, welcher in der Zentrale für alle stets mit gleicher Umlaufzeit betriebenen Geräte nur einmal erforderlich ist, dann auch hier je Gerät notwendig. Ebenso muß auch wieder die Überwachung des Gleichlaufes und der Nullstellung der Steuerschalter vorgesehen werden. Die Programmangierung ist wie der Zeitschalter aufgeteilt und es muß an zwei Stellen, in der Zentrale **und** im Schaltgerät, rangiert werden; d. h. auch dieses Gerät ist **programmabhängig**. Bei dieser Ausführung genügen zweiadrige individuelle Leitungen zur Übertragung der Taktgeberimpulse von der Zentrale zu den Geräten, wenn auf die Verwendung unterschiedlicher Signalbilder, Signalbildzahlen usw. verzichtet wird (3, 8).

Bei der dritten Art der Anordnung schließlich (Bild 6 c), d. h. wenn Taktgeber und Steuerschalter gemeinsam in der Zentrale untergebracht sind, ist die gesamte Programmbildung dort zusammengefaßt. Das hat zur Folge, daß

1. die Anzahl der benötigten Zeitschalter nur klein ist, weil für gemeinsame Umlaufzeiten gemeinsame Zeitschalter verwendet werden können,

Die Tatsache, daß nur an einer Stelle und zwar in der Zentrale die Programmangierung vorgesehen ist, erleichtert alle Maßnahmen für Gruppenschaltungen, verkehrsabhängige Beeinflussungen, automatische Programmwahl und sonstige Sondereinrichtungen und läßt das Gerät auf der Straße und seine Steuerleitungen von der Anzahl und Art der Programme unberührt.

Der unter 5. angeführte Vorteil ermöglicht es, die Festlegung des Steuerprogrammes nicht nach Signalbildern (vertikale Aufteilung des Verschlußschemas), sondern nach Signalgruppen (horizontale Aufteilung des Verschlußschemas) vorzunehmen. Hierdurch kann ohne Änderung des Gerätes jedes benötigte Signalbild bei Bedarf dargestellt und damit dem Verkehrsingenieur die geforderte Freizügigkeit bei der Programmbildung gewährt werden (11).

Bei diesem Verfahren werden von der Zentrale zum Schaltgerät wesentlich mehr Steuerbefehle übertragen als bei den erstgenannten beiden. Hierfür sind verständlicherweise auch mehr Übertragungswege vorzusehen. Selbstverständlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Zahl der Leitungen durch bekannte Verfahren der Mehrfachausnutzung von Leitungen, z. B. durch Trägerfrequenzsysteme zu vermindern. Zu beachten ist jedoch, daß bei den in unseren Städten im allgemeinen geringen Entfernungen zwischen Zentrale und Schaltgerät der Aufwand gegenüber der Leitungersparnis nicht groß werden darf, um den Gewinn nicht wieder zunichte zu machen.

Zwei einfache Verfahren, welche bei mäßigem Aufwand Erfolg bringen, sind einmal die Verwendung von Zeitgliedern, welche die konstanten Zeiten für die beiden Signalbilder «Gelb» und «Rot + Gelb» im Schaltgerät selbst geben. Durch den Zeitschalter in der Zentrale sind dann nur noch die programmabhängigen, veränderlichen Zeiten für «Grün» und «Rot» zu bestimmen, wodurch die Zahl der zu übertragenden Steuerbefehle halbiert wird. Zum anderen ergibt sich eine Reduzierung des

Leitungsaufwandes, wenn man für die Übertragung der Steuerkriterien außer den in der Schaltung bereits verwendeten zwei Stromstufen auch noch die beiden Stromrichtungen ausnutzt. Die Kombination beider Verfahren erlaubt es dann, über eine Ader zwei unabhängige Fahrzeugsignalgruppen zu steuern.

Einen Einblick in eine solche Zentraleinrichtung gibt Bild 7, aus dem zu erkennen ist, daß als Bauelemente die seit Jahren bewährten Bauelemente der Fernmeldetechnik verwendet wurden.

Die Automatik der Überwachungs- und Anzeigeeinrichtungen

Sowohl die Anforderungen an die Sicherheit von Verkehrssignalanlagen als auch diejenigen an ihre einfache Bedienbarkeit führen dazu, daß neben den automatischen Steuereinrichtungen zahlreiche Überwachungs- und Anzeigeeinrichtungen vorgesehen werden müssen. Auch bei diesen wird weitgehend von selbsttätig wirkenden Einrichtungen Gebrauch gemacht, um einmal Fehlbedienungen nach Möglichkeit einzuschränken und andererseits das Bedienungspersonal soweit wie möglich zu entlasten.

So sind z. B. die Steuerleitungen zwischen Zentrale und Schaltgerät durch Ruhestrom überwacht, dessen Ausfall bei Anlagen mit individuellen Leitungen automatisch die Abschaltung des Gerätes auf der Straße einerseits und eine Störungsmeldung zur Zentrale andererseits auslöst (Bild 8). Das Auftreten einer Störung, welche eine verkehrsfähigende Signalgabe auf der Kreuzung verursachen könnte, führt gleichfalls zwangsläufig dazu, daß das Gerät auf der Straße aus der Regelung herausgenommen und eine Meldung zur Zentrale gegeben wird. Das Außer-Tritt-Fallen synchronisierter Zeitschalter wird gemeldet und kann die selbsttätige Einschaltung eines Reservesatzes veranlassen. Weitere automatische Einrichtungen werden benutzt, um das Arbeiten der gesamten Anlage zu überwachen und zwar besonders die Übertragung von Befehlen von der Kommandostelle zu der u. U. von dieser entfernt liegenden Zentrale. In diesem Fall wird durch in der Zentrale selbsttätig ausgelöste Rückmeldungen dem Bedienungspersonal bestätigt, daß der gegebene Befehl ausgeführt worden ist (3, 4).

Alle diese Vorgänge können auch selbsttätig mit Angabe von Datum und Uhrzeit registriert werden, was ebenso für die gegebenen Umschaltbefehle bei Programmwechsel gilt. Auf diese Weise ergibt sich automatisch ein Tagebuch des gesamten Betriebsablaufes, das bei etwaigen Verkehrsunfällen für die Untersuchungen von großem Wert sein kann.

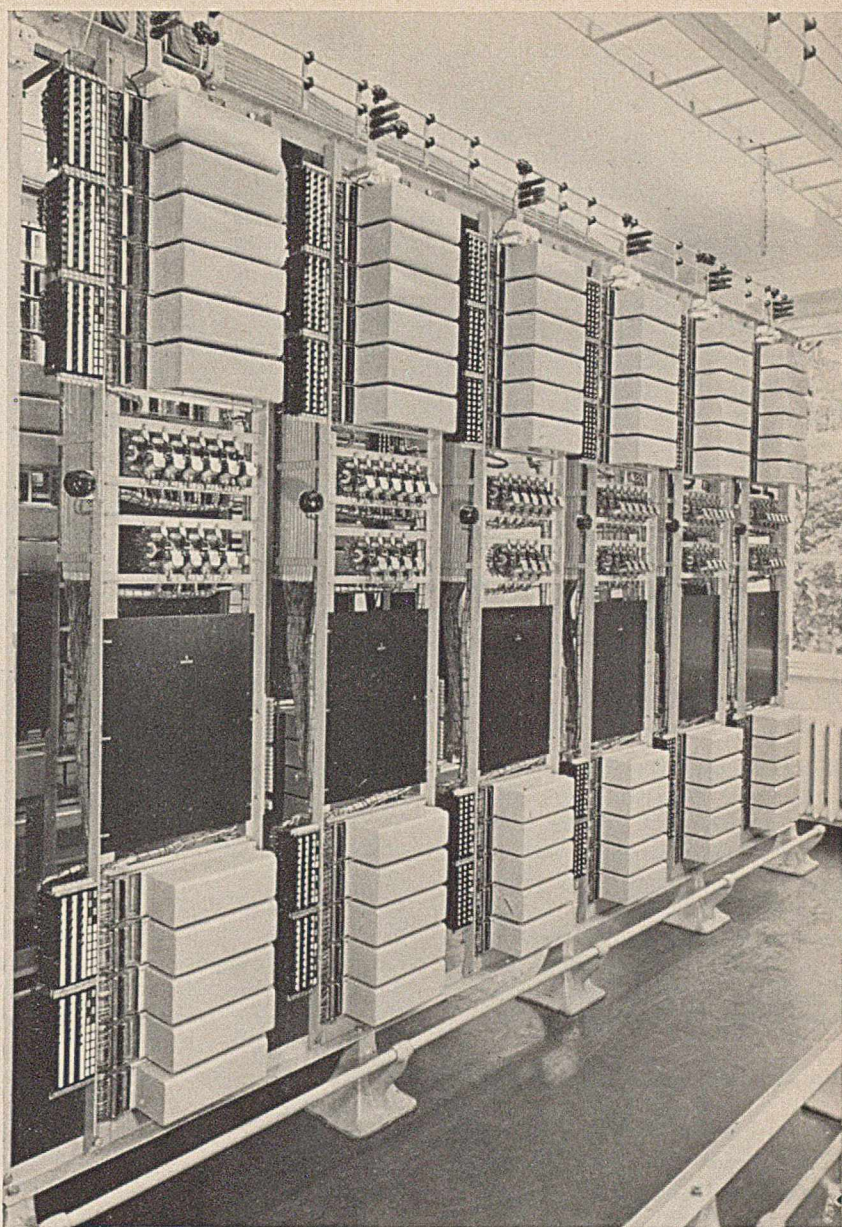


Bild 7: Blick in die Zentrale der Verkehrssignalanlage Essen

Die Automatik der zur Verkehrsüberwachung eingesetzten Fernseheinrichtungen

Die Zentralisierung der Einrichtungen für die Verkehrsreglung und die dadurch mögliche Bedienung der Anlagen einer ganzen Stadt durch wenige Beamte haben zur Folge, daß der Überblick über das Verkehrsgeschehen verlorengegangen ist. Um die Vorteile der Zentralisierung aber beibehalten zu können, ohne auf den wertvollen Überblick zumindest an den neuralgischen Punkten des Verkehrs verzichten zu müssen, werden Fernseheinrichtungen eingesetzt, wie sie für industrielle Anwendungszwecke entwickelt worden sind. Fernsehkameras, die an den wichtigsten Stellen, sei es feststehend, sei es schwenkbar, angeordnet werden, übertragen ihre Aufnahmen zur Kommandostelle. Dort stehen Empfänger,

welche dem diensttuenden Beamten die Möglichkeit zur Beobachtung des Verkehrs geben und es ihm erlauben, gegebenenfalls sich daraus ergebende Schaltmaßnahmen auszuführen. Derartige Einrichtungen sind seit 1958 in Frankfurt und München in Betrieb (10, 14).

Diese Fernseheinrichtungen würden eine umfangreiche Bedienung erfordern, wenn sie bei ihrem Einsatz sowohl draußen am Verkehrsknoten jeweils die günstigste Einstellung haben sollten, als auch wenn der Beamte in der Zentrale aus dem Verkehrsgeschehen das ihn gerade besonders Interessierende herausuchen wollte. Daher wurde auch hier die Automatik weitgehend zur Anwendung gebracht. So enthält z. B. die Kamera eine Helligkeitsunterschiede im Verhältnis 1 : 20 000 ausgleicht. Auf diese Weise erhält der Beobachter in der Zentrale auch bei stark wechselnden Lichtverhältnissen ein Bild von nahezu konstanter Helligkeit.

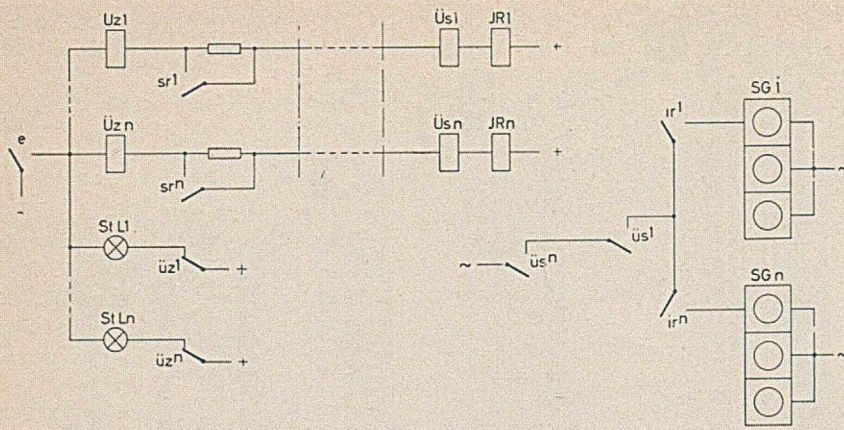


Bild 8: Überwachung der Steuerleitungen und automatische Abschaltung der Signalgeber

- e = Einschaltkontakt
- UZ (Üz) = Überwachungsrelais in der Zentrale
- sr = Schaltrelaiskontakte
- StL = Störungslampe
- US (Üs) = Überwachungsrelais im Schaltgerät
- IR (ir) = Impulsrelais
- SG = Signalgeber

Ebenso ist die Bedienung der Einrichtung in der Zentrale in großem Umfange automatisiert, wobei Auswahlvorgänge, Regelvorgänge und zeitabhängige Schalthandlungen selbsttätig durchgeführt werden. Bild 9 zeigt die Kommandostelle der Verkehrssignalanlage Frankfurt/Main und läßt u. a. die Empfänger und die Bedienungsgeräte der Fernsehleinrichtung erkennen.

Die Automatik der Programmauswahl

Bei der Behandlung der verkehrstechnischen Forderungen und der Ausführung der Zeitschalter war bereits erwähnt worden, daß häufig mehrere Programme für den Verkehrsablauf einer Kreuzung vorgesehen werden müssen. Die Notwendigkeit hierzu ergibt sich

Bild 9: Kommandostelle mit Fernsehempfängern der Verkehrssignalanlage Frankfurt



daraus, daß der Verkehrsablauf an der Straßenkreuzung nicht gleichbleibend ist, sich vielmehr oft unter dem Einfluß der Verkehrsdichte, -Zusammensetzung, -Richtung und -Geschwindigkeit im Laufe des Tages, der Woche und der Jahreszeit ändert. Die Stunden des Berufsverkehrs erfordern im allgemeinen andere Programme als der Tagesdurchschnittsverkehr, der Werktagsverkehr wieder andere als der Feiertagsverkehr; Beginn und Ende des Wochenendes, Witterung und Jahreszeit und manches andere bringen unterschiedliche Anforderungen.

Der routinemäßige Wechsel der Programme kann zur Entlastung des Bedienungspersonals der Kommandostelle durch Schaltuhren ausgeführt werden. Die Erfahrungen mit einer großen Anzahl von Anlagen haben aber ergeben, daß aus zahlreichen Anlässen auch außerplanmäßige Programmwechsel vorgenommen werden müssen. Das wird vor allem dann der Fall sein, wenn im größeren Umfange die Überwachung des Verkehrs durch Fernsehleinrichtungen eingeführt ist. Denn dann sollen ja die Beobachtungen mit diesen Geräten auch rasch zu Programmänderungen ausgenutzt werden, um den optimalen Verkehrsablauf zu erzielen. Die Idealösung liegt daher in einer Automati-

sierung der Programmauswahl, welche vom Verkehr selbst gesteuert wird. Dieses Verfahren ist bereits vor 1939 in einigen holländischen Städten angewendet (4) und auch in den Einrichtungen berücksichtigt worden, die 1939 für Berlin und Bremen bestimmt waren, durch den Kriegsausbruch aber nicht mehr in Betrieb gekommen sind (5). Verschiedene Verkehrswerte wie die Verkehrsdichte, die Verkehrsrichtung, die Gesamtsumme der einzelnen Verkehrsflüsse, das Verhältnis bestimmter Verkehrsflüsse zueinander u. ä. werden ermittelt und benutzt, um das jeweils geeignetste Programm einer Anzahl vorher festgelegter Programme auszuwählen.

Als Indikatoren hierfür können gleichartige benutzt werden wie für vollverkehrsabhängige Anlagen, d. h. Kontaktschwellen, pneumatische Schwellen, induktive oder kapazitive Verfahren, Radar, Ultraschall oder ähnliches (2, 9). Zur Auswertung können Zählketten, Wählerschaltungen in Verbindung mit Zeitkreisen oder elektronische Baugruppen verwendet werden. Bei der Auswahl dieser Einrichtungen ist zu berücksichtigen, daß die kürzeste für den Verkehr maßgebende Zeiteinheit die Sekunde ist und die dichteste Aufeinanderfolge von Fahrzeugen in der gleichen Fahrspur bei etwa 1,9 sec. liegt. Bild 10 zeigt als Beispiel eine Einrichtung, welche dazu diente, in Abhängigkeit von der Dichte des Verkehrs der Hauptrichtung eines Straßenzuges die Umlaufzeit einer «Grünen Welle» zu verändern. Die beiden Zählschwellen Bo1 und Bo2 geben bei jeweiliger Betätigung durch ein Fahrzeug einen Impuls auf den Zeitkreis aus dem Kondensator C2, dem Relais R2, der Glimmlampe Gi2 und dem einstellbaren Vorwiderstand Wi2. Bei jedem Impuls wird der Kondensator C2 entsprechend der Einstellung des Vorwiderstandes Wi2 um einen bestimmten Betrag aufgeladen. Hat der Kondensator die Zündspannung der Glimmlampe erreicht, so bringt er das Relais R2 zum Ansprechen und dieses überträgt einen Fortschaltimpuls auf den Vorwärtsmagneten Dv eines Drehwählers für zwei Drehrichtungen.

Gleichzeitig mit der Steuerung des ersten Zeitkreises durch die Impulse der Zählschwellen wird ein zweiter Vergleichszeitkreis mit dem Kondensator C1 durch einen Taktgeber impulsweise aufgeladen. Hat C1 die Zündspannung von Gi1 erreicht, so zündet diese Lampe und bringt das Relais R1 zum Ansprechen, welches seinerseits den Rückwärtsschaltmagnet Dr des Drehwählers betätigt. Je nachdem, welcher der beiden Zeitkreise zuerst zur Wirkung kommt, d. h. ob der Verkehr der Straße stärker oder schwächer als der dem Vergleichszeitkreis zu Grunde gelegte Verkehr ist, wird der Wähler um einen Schritt vorwärts oder einen Schritt rück-

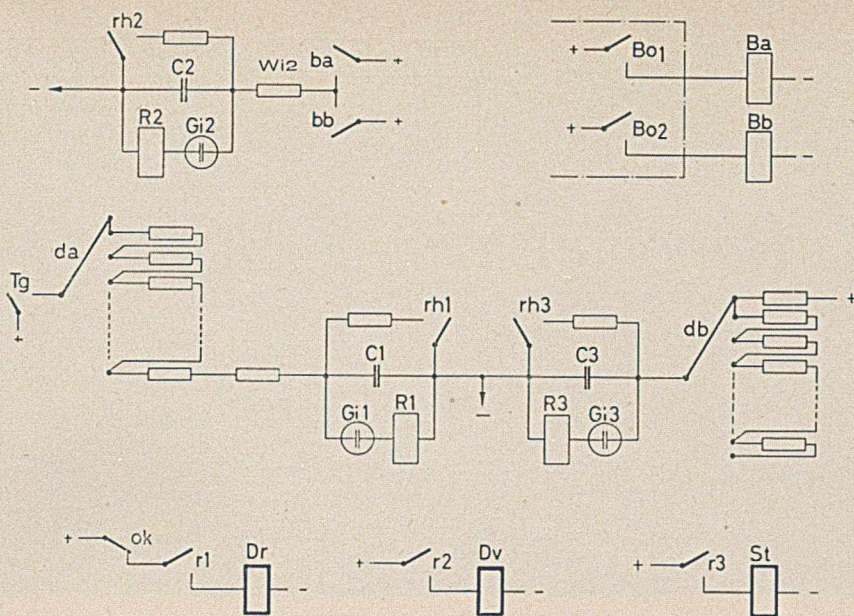


Bild 10: Zähl- und Auswert-Einrichtung für selbsttätige Programmwahl

- Tg = Taktgeber
- Dv = Vorwärtsschaltmagnet des Wählers
- Dr = Rückwärtsschaltmagnet des Wählers
- da, db = Wählerarme
- Bo1, Bo2 = Bodenkontaktschwellen
- Ba, Bb (ba, bb) = Zwischenrelais
- C, Gi, R, rh = Zeitkreis
- StS = Steuerschalter

wärts geschaltet. Bei jeder Schaltung des Wählers werden beide Zeitkreise gelöscht, so daß die nächste Prüfung von Null ausgeht. Ein Arm dieses Wählers ist mit einer Widerstandskette verbunden, welche als Vorwiderstand für einen dritten Zeitkreis mit Kondensator C3, Relais R3 und Glühlampe Gi3 dient. Dieser dritte Kreis dient als Taktgeber für einen Zeitschalter, welcher alle Geräte des überwachten Straßenzuges beeinflusst. Er wird nun in Abhängigkeit von der Wählerstellung in seiner Impulsgröße beschleunigt oder verzögert, wodurch er die Umlaufzeit verkürzt oder verlängert.

Eine weitere Einrichtung ähnlicher Bauweise wählte in Abhängigkeit von dem Dichteverhältnis der beiden Richtungen einer Hauptverkehrsstraße eines von drei festgelegten Programmen aus, welche für den stadteinwärts-gerichteten Verkehr bei Dienstbeginn, für den stadtauswärts-gerichteten Verkehr bei Dienstschluß und für den Tagesdurchschnittsverkehr bestimmt waren.

Eine dritte Art schließlich wurde benutzt, um den gemeinsamen Durchgangsverkehr einer Brücke zu überwachen. Die beiden Brückenköpfe wurden im Normalfall unabhängig voneinander vollverkehrsabhängig geregelt und nur bei Überschreiten eines Grenzwertes selbsttätig gekoppelt. Hierauf wurde dann wieder die automatische Auswahl aus drei festgelegten Programmen getroffen, wie sie an dem zweiten Beispiel geschildert wurde (3, 4).

In den ersten Jahren nach Kriegsende, als die Straßen der Städte zerstört wa-

ren und der Verkehr daniederlag, war es zunächst notwendig, überhaupt wieder Verkehrssignalanlagen zu errichten, mit dem Ziel, den langsam wachsenden Verkehr flüssig zu halten und Unfälle zu vermeiden. Erst jetzt bei dem zunehmenden Umfang der Anlagen und der steigenden Zahl der in den Städten mit Signalen versehenen Kreuzungen ergibt sich die Notwendigkeit zur Automatisierung der Programmwahl. Hierbei kann auf den Erfahrungen, die in den früheren Jahren gesammelt wurden, aufgebaut werden. Einrichtungen der geschilderten Art erscheinen dafür geeignet, daß bei Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl unterschiedlicher Programme die derzeitige automatische Steuerung der Lichtsignale sich zu einer automatischen Regelung des Verkehrs weiterentwickelt.

Die Automatik bei Fahrten von Sonderfahrzeugen

Zum Schluß noch ein Beispiel dafür, wie in zentralgesteuerten Anlagen automatisch wirkende Einrichtungen auch zur Berücksichtigung besonderer Anforderungen benutzt werden.

Es muß z. B. Sonderfahrzeugen wie der Feuerwehr auf dem Wege von der Feuerwache zur Brandstelle die rasche Durchfahrt durch die Straßen ermöglicht werden, ohne daß dadurch die Sicherheit des Verkehrs beeinträchtigt wird. Daher sind verschiedene Möglichkeiten für zentralgesteuerte Anlagen untersucht und erprobt worden, die hierfür benutzt werden könnten. Alle waren jedoch mit Nachteilen für den gesamten Verkehrsablauf verbunden, weshalb eine generelle Einführung nicht infrage kam (10, 13).

Seit 1959 ist nun in Heidelberg eine Einrichtung in Betrieb, bei welcher der Feuerwehr die rasche und sichere Fahrt zum Einsatzort dadurch ohne Beeinträchtigung des Gesamtverkehrs gebo-

ten wird, daß mit dem Löschzug eine besonders geschaltete «Grüne Welle» gewissermaßen mitwandert. Auf diese Weise wird der Verkehr an den befahrenen Kreuzungen nur für die Dauer der Durchfahrt beeinflusst und zwar wird nur der Querverkehr zur Fahrtrichtung der Feuerwehr gesperrt.

Die Auswahl des Fahrweges wird wie in Stellwerken der Bundesbahn durch Betätigung zweier Tasten (Feuerwache und betätigter Melder) getroffen, kann jedoch auch automatisch erfolgen und zwar in Abhängigkeit von der Nummer des ausgelösten Feuermelders. Die Handbedienung wird dann nur noch in solchen Fällen verwendet, in denen die Feuerwehr durch Telefon angefordert wird.

Diese Einrichtungen setzen jedoch eine Zentrale voraus, welche die unmittelbare Beeinflussung jedes einzelnen Schaltgerätes auf der Straße gestattet.

Schrifttum:

1. Voit:
Die Verkehrsreglung durch Verkehrsampeln nach dem neuen einheitlichen System. Siemens-Z. 1931, Heft 11.
2. H. Küster:
Selbsttätige Verkehrsregelsysteme, insbesondere das Elektromatik-System. Siemens-Z. 1935, Heft 5.
3. H. Bocker und P. Rother:
Verkehrssignaltechnik. Siemens & Halske AG. Technische Mitteilungen des Fernmeldewerkes Dezember 1937.
4. P. Rother:
Die Verkehrssignalanlage in Amsterdam. Zeitschrift für Fernmeldetechnik, Werk- und Gerätebau 1938, Heft 7 und 8.
5. H. Bocker:
Der elektrotechnische Aufbau der Verkehrssignalanlage für die Ost-West-Achse in Berlin. ETZ 1939, Heft 36.
6. W. v. Stein:
Verkehrssignalsteuerung und Verkehrssicherheit. Zeitschrift für Verkehrssicherheit 1954, Heft 1/2.
7. P. Rother:
Zeitsteuerungen oder verkehrsabhängige Steuerung der Signale für die Verkehrsreglung. Zeitschrift für Verkehrssicherheit 1957, Heft 1/2.
8. H. Lohnsdorfer und H. Siems:
Verkehrssignalanlage im Bausteinsystem. SEL-Nachrichten 1958 Heft 4.
9. H. Lueg, W. Schallehn, H. Toedter:
Das Telefunken-Verkehrsradar. ETZ Ausgabe B 1958 Heft 10.
10. R. Ries:
Die Münchner Verkehrszentrale in der Bewährung. Polizei. Technik. Verkehr Sept. 1959.
11. P. Rother:
Die Verkehrsentwicklung und ihr Einfluß auf zentralgesteuerte Verkehrssignalanlagen. Polizei. Technik. Verkehr V/1959 Sept.
12. P. Rother:
Automatische Signalanlagen im modernen Straßenverkehr. Elektro-Jahr 1959/60.
13. R. Hurrle:
«Grüne Welle» in Heidelberg mit richtungsabhängiger Sicherheit der Feuerwehrausfahrten. Siemens-Z. 1960, Heft 6.
14. R. Budenz:
«Fernsehen und Signalanlagen im Verkehrseinsatz». Kraftfahrvereinigung Deutscher Beamter 1961, Heft 3.



Industrielle Rationalisierung 1961

Internationales Standardjahrbuch

8. Jahrgang

Développement Industriel 1961

Album Annuel International

8^{ème} année

Industrial Development 1961

An Review of International Progress

8th annual set

Herausgeber · Editeurs · Editors

Prof. Dr. med. h. c. Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. Leo Brandt

Staatssekretär, Düsseldorf

Robert Gardellini

Directeur Honoraire au Ministère des Finances et des Affaires Economiques, Paris;
Président de l'Association Française pour l'Accroissement de la Productivité, Paris

Dr. Alexander King

Deputy Director of the European Productivity Agency of OEEC
Director, Office of Scientific and technical Research, OEEC, Paris/London

Maurice Lambilliotte

Directeur Général au Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale, Bruxelles

Die dreisprachige Ausgabe 1961, Format DIN A 4, Halbleinen, ca. 190 Seiten, reich bebildert,
erscheint Anfang Oktober 1961 und kann durch jede Buchhandlung bezogen werden; Preis 17.50 DM

Dunod, Paris * Verkehrs- und Wirtschafts-Verlag, Dortmund

Verkehrs- und Wirtschafts-Verlag Dr. Borgmann
Dortmund