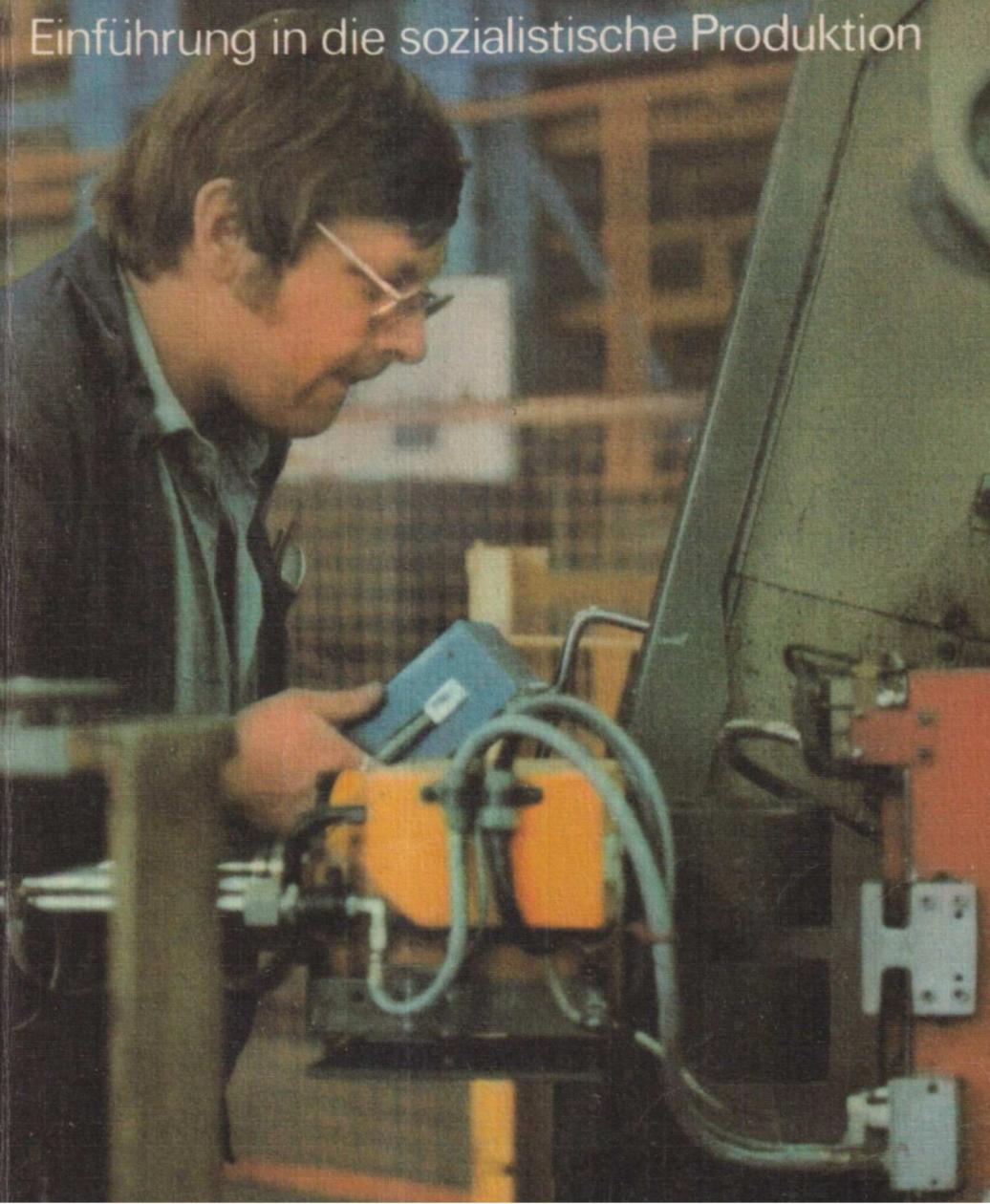
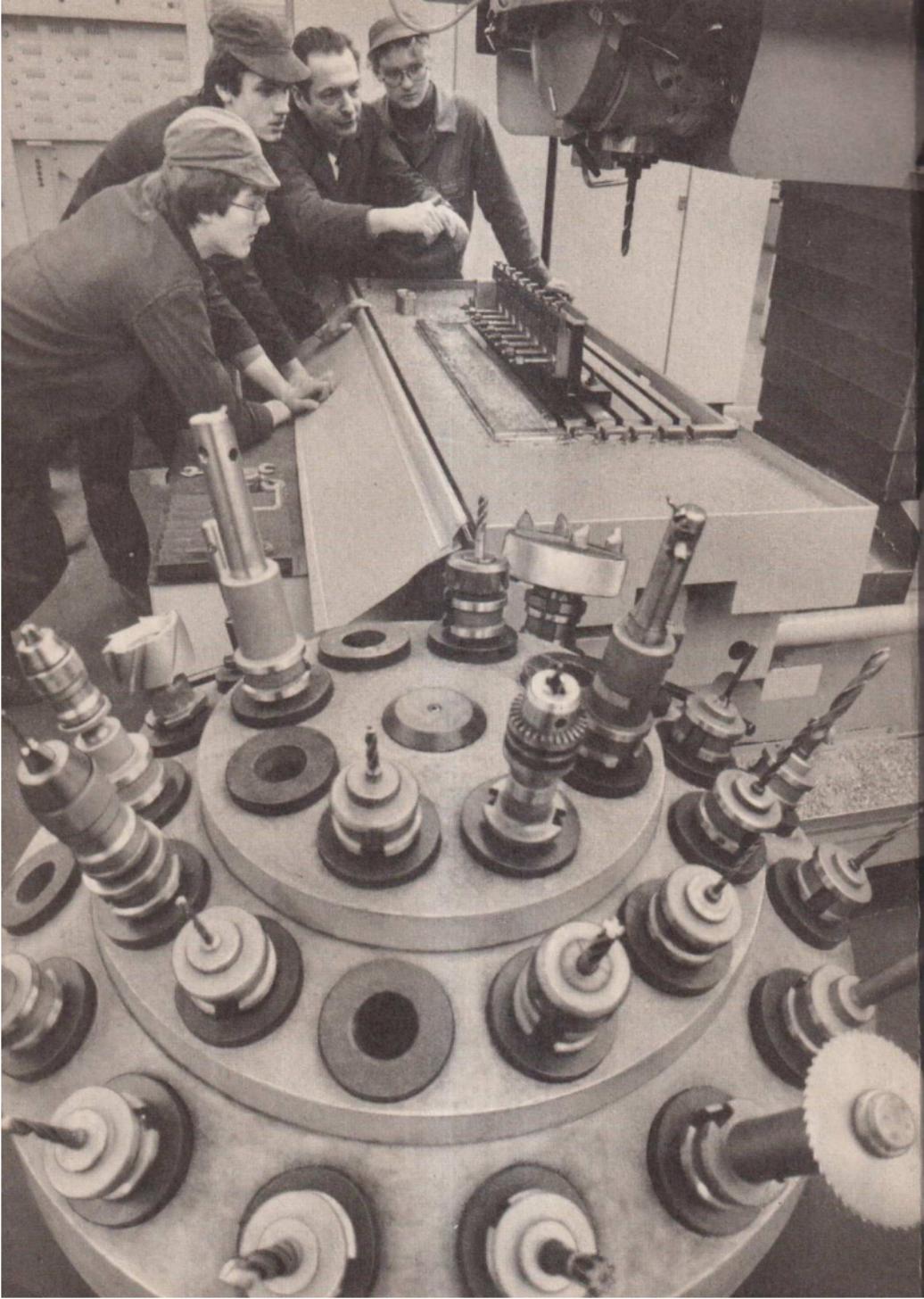


ESP 9

Einführung in die sozialistische Produktion





Einführung in die sozialistische Produktion

Lehrbuch für Klasse 9

Diesterweg-Oberschule WITTENBERG	
Freiexemplar	
Schuljahr	Schüler



Volk und Wissen

Volkseigener Verlag Berlin

1989

Autoren

Effektivität der Produktion

Werner Döhl, Dr. Wolfgang Dorow, Dr. Bernd Germer,
Dr. sc. Herbert Hörnecke (Leiter des Autorenkollektivs)
Elektrotechnik

Werner Döhl, Dr. Werner Heinzel, Elk Messerschmidt,
Prof. Dr. sc. Conrad Sachs (Leiter des Autorenkollektivs)

Automatisierung der Produktion

Eckhard Basler, Bernd Bergner, Dr. Wolfgang Hesselbarth,
Dr. Günter Schnapp (Leiter des Autorenkollektivs)

Redaktion

Inge Enger, Gerda Mehlis, Eberhard Zeuschner

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen
Republik als Schulbuch bestätigt.

ISBN 3-06-060917-9

6. Auflage

Ausgabe 1984

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1984

Lizenz-Nr. 203-1000/89 (UN 06 0917-6)

Printed in the German Democratic Republic

Schrift: 9/10p Univers (Digiset)

Gesamtproduktion: Druckerei Neues Deutschland, Berlin

Illustrationen und Zeichnungen: Gerhard Anton,

Winfried Turnhofer, Waltraud Schmidt

Umschlag: Manfred Behrendt

Typografische Gestaltung: Atelier vvv

Redaktionsschluß: 1. September 1988

LSV 0681

Bestell-Nr. 731 203 6

Schulpreis DDR: 1,50

Inhalt

Effektivität der Produktion in Industrie, Bauwesen und Landwirtschaft

- 1 Senkung des Produktionsaufwandes als ökonomisches Erfordernis 6

Senkung des Produktionsaufwandes in der Industrie

- 2 Effektiver Einsatz von Material im Produktionsbetrieb 8
3 Effektiver Einsatz von Energie im Produktionsbetrieb 12
4 Anwendung effektiver Technologien und Produktionsorganisation im Betrieb 15
5 Volle Ausnutzung der Arbeitszeit 16

Material- und energieökonomisches Bauen

- 6 Materialökonomisches Bauen 18
7 Verringern der Bauzeiten 20
8 Energieökonomisches Bauen 24

Effektive Nutzung des Bodens und der Landtechnik

- 9 Effektive Bodennutzung 26
10 Effektiver Einsatz der Landtechnik 30

Elektrotechnik

Aufgaben der Elektrotechnik in der Volkswirtschaft

- 11 Zur Entwicklung der Elektrotechnik 36
12 Aufgabenbereiche der Elektrotechnik 38
13 Energie- und Informationsfluß an einer Drehmaschine 39

Entwicklung, Aufbau und Inbetriebnahme elektrotechnischer Schaltungen

- 14 Von der Aufgabenstellung zur elektrotechnischen Schaltung 40
15 Schaltzeichen und Schaltpläne 43

16	Schutzmaßnahmen und Sicherheitsbestimmungen	48
17	Anwendung der Schutzmaßnahmen	51

Elektrisches Prüfen

18	Notwendigkeit des elektrischen Prüfens	52
19	Prüfgeräte und Prüfverfahren	53
20	Durchgangsprüfung	54
21	Fehlersuche an elektrotechnischen Betriebsmitteln und in Schaltungen	55
22	Aufnahmen von Schaltplänen	57

Elektrisches Messen

23	Elektrisches Messen im Produktionsprozeß	59
24	Vielfachmeßgeräte	60
25	Messungen mit dem Vielfachmeßgerät	64

Anwendungsgebiete der Informationselektrik

26	Informationsübertragung in Vergangenheit und Gegenwart	66
27	Aufgaben und Einsatzbereiche der Informationselektrik	67
28	Bauelemente und Schaltungen	70
29	Signalübertragung durch Relais	70
30	Transistorschaltungen	74
31	Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen	80

Automatisierung der Produktion

Analoge Steuerungen in der Produktion

32	Zur Entwicklung der Steuerungstechnik	96
33	Steuerorgane und deren Aufgaben bei der analog-mechanischen Steuerung	97
34	Merkmale der analog-mechanischen Steuerung	103
35	Erarbeitung eines Programmablaufplanes für die Herstellung eines Werkstückes	104

Digitale Steuerungen in der Produktion

36	Aufgaben digitaler Steuerungen	110
37	Merkmale der digitalen Steuerung	112
38	Nutzung des dualen Zahlensystems bei Steuerungsvorgängen	113
39	Umwandlung von Dezimalzahlen in das Dualsystem	114
40	Speichern und Lesen digitaler Signale	115
41	Verarbeiten digitaler Signale durch den Vergleicher	121

Register	125
---------------------------	-----

Im Lehrbuch verwendete Symbole ↗ S. 128

Effektivität der Produktion in Industrie, Bauwesen und Landwirtschaft



Senkung des Produktionsaufwandes als ökonomisches Erfordernis

1

Die Betriebe in allen Bereichen der Volkswirtschaft haben die Aufgabe, Produktionsmittel (Material, Geräte, Maschinen, Anlagen, Gebäude) und Konsumgüter für die Bevölkerung herzustellen. Weiterhin sind Produktionsmittel und Konsumgüter für den Export zu produzieren.

Diese volkswirtschaftliche Aufgabenstellung wird erfüllt, wenn Produktionsmittel und Konsumgüter in ausreichender Menge bereitgestellt werden, wenn die Erzeugnisse einen hohen Gebrauchswert besitzen und mit einem möglichst geringen Produktionsaufwand hergestellt wurden.

Der *Gebrauchswert* der Erzeugnisse wird durch ihre Gebrauchseigenschaften verkörpert (Bild 7/1).

Wenn die Gebrauchseigenschaften eines Erzeugnisses bewertet werden sollen, so sind folgende Fragen zu beantworten:

- Wie erfüllt das Erzeugnis den Zweck, für den es bestimmt ist?
(z. B. in welchem Umfang erfüllt ein Erzeugnis für den Bedarf der Bevölkerung die entsprechenden Bedürfnisse, läßt es sich gut und sicher handhaben?
Wie hoch ist die Arbeitsgeschwindigkeit einer Maschine, wie ist der Energiebedarf, welcher Bedienungsaufwand ist erforderlich, wird ein unfallfreies Arbeiten gesichert?)
- Wie ist die Zuverlässigkeit des Erzeugnisses?
(z. B. arbeitet es störungsfrei und mit einem möglichst geringen Wartungs- und Pflegeaufwand, ist es verschleißarm und somit langlebig, ist es im Störfall mit geringem Zeitaufwand zu reparieren?)
- Wie ist das Umweltverhalten des Erzeugnisses?
(z. B. welche Geräusche verursacht sein Gebrauch, tritt unerwünschte Wärmeabgabe auf, werden Schadstoffe an die Umwelt abgegeben?)
- Wie ist seine äußere Gestaltung?
(z. B. entspricht seine Form dem Verwendungszweck und sind Verletzungsfährdungen vermieden, sind die Formgestaltung und die Farbgebung ansprechend?) → ① S. 9

Die Gebrauchseigenschaften eines Erzeugnisses und damit sein *Gebrauchswert* werden bei der Entwicklung, durch die Konstruktion, den zweckentsprechenden Einsatz der Materialien und die Formgestaltung sowie durch Qualitätsarbeit bei der Herstellung bestimmt.

Ein hoher Gebrauchswert ist die Voraussetzung dafür, daß ein Erzeugnis als Spitzenprodukt auf dem Weltmarkt anerkannt wird.

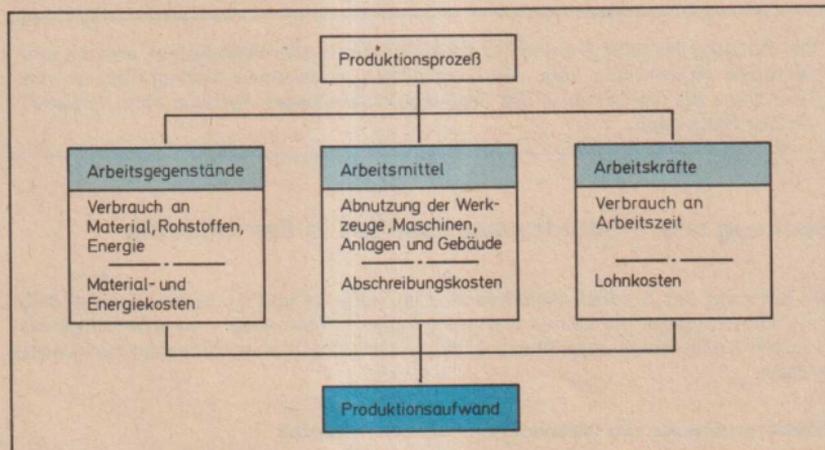
Der *Produktionsaufwand* wird durch die erforderlichen Voraussetzungen für die Herstellung eines Erzeugnisses bestimmt.

Im Produktionsprozeß werden benötigt:

- Arbeitsmittel
(Maschinen, Werkzeuge, Anlagen, Transportgeräte und Gebäude)
- Arbeitsgegenstände
(Rohstoffe, Material, Energieträger)
- Arbeitskräfte
(Werk tätige mit ihrer beruflichen Qualifikation)

Gebrauchseigenschaften	Kennzeichen der Gebrauchseigenschaften
Zweckdienlichkeit	Hubraum: 49,8 cm ³ Motorleistung: 2,72 kW bei 5500 min ⁻¹ Kraftstoffverbrauch: 1,9 l je 100 km Leermasse: 78,5 kg, Nutzmasse: 181,5 kg Tankinhalt: 8,7 l Höchstgeschwindigkeit: 60 km je h
Zuverlässigkeit	Vollkapselung des Hinterradantriebes Wartungsfreiheit der Zündanlage Absolute Temperaturstandfestigkeit des Motors
Umweltverhalten	CO-Gehalt der Abgase unter 4 Vol%
Formgestaltung	Schnittige Linienführung Außenliegende Tragfedern der Federbeine Tacho mit 60 mm Durchmesser

7/1 Ausgewählte Gebrauchseigenschaften eines Mopick S51



7/2 Produktionsaufwand

Die Menge des verarbeiteten Materials, der eingesetzten Energie, der genutzten Maschinen, Anlagen, Werkzeuge, Gebäude und die aufgewendete Arbeitszeit für die Herstellung eines Erzeugnisses ergeben den *Produktionsaufwand*.

Es ist ein objektives Erfordernis und ständiges Prinzip sozialistischen Wirtschaftens im Produktionsprozeß, Rohstoffe und Materialien sparsam und zweckmäßig einzu-

setzen, Energieträger sinnvoll und umfassend zu nutzen und die Arbeitszeit zielgerichtet zu verwenden und voll auszunutzen. Dadurch ist es möglich, den Produktionsaufwand zu senken.

Die Effektivität der Produktion wird bestimmt durch das Verhältnis des geschaffenen Gebrauchswertes des Erzeugnisses zum erforderlichen Produktionsaufwand. Die Effektivität ist um so höher, je größer der Nutzen und je geringer der Aufwand ist.

Neben der effektiven Nutzung der Produktionsmittel im Mehrschichtbetrieb orientiert die Wirtschaftsstrategie der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands auf Senkung des Aufwandes an Material, Energie und Arbeitszeit im Produktionsprozeß. Das ist eine grundlegende und ständige Aufgabenstellung,

- weil die natürlichen Vorkommen an Rohstoffen und Energieträgern begrenzt sind und für ihre Bereitstellung ein immer größerer Aufwand erforderlich ist,
- weil die zur Verfügung stehende Arbeitszeit durch die Anzahl der Werktätigen im Produktionsprozeß begrenzt ist.

Die Erfüllung dieser Aufgabenstellung ist von entscheidender Bedeutung für das Wachstum der Produktion, für die Entwicklung des materiellen und kulturellen Lebensstandards unseres Volkes, für die Erfüllung unserer Exportverpflichtungen, also für die allseitige Stärkung unserer Republik.

Die Nutzung der Initiative und des Ideenreichtums aller Werktätigen und die umfassende Anwendung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts ist die Grundlage für die *Senkung des Produktionsaufwandes*, für eine hohe Effektivität der Produktion.

Senkung des Produktionsaufwandes in der Industrie

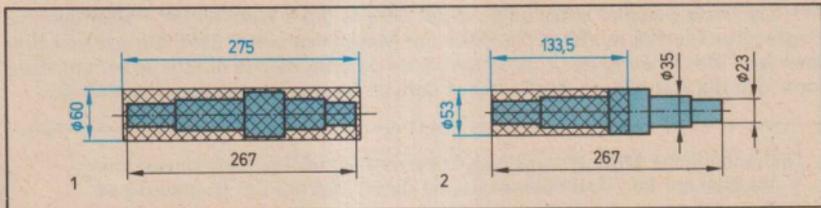
Die Senkung des Produktionsaufwandes ist Aufgabe und Anliegen aller Werktätigen. Sie wird durch die Einheit technologischer, konstruktiver und arbeitsorganisatorischer Maßnahmen unter Nutzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts erreicht.

Effektiver Einsatz von Material im Produktionsbetrieb

Im Produktionsbetrieb wird in allen Phasen des Produktionsprozesses Einfluß auf den effektiven Materialeinsatz genommen. Jedoch kommt dabei der Phase der Vorbereitung der Produktion die größte Bedeutung zu. In ihr wird durch die Konstruktion des Erzeugnisses und durch die technologische Vorbereitung der Produktion die Höhe des Materialverbrauches bei der Herstellung eines Erzeugnisses zu 80...90 % beeinflusst.

Technologische Maßnahmen. Durch die verstärkte Anwendung der Verfahren der spanlosen Formgebung kann eine möglichst weitgehende *Annäherung der Rohteilformen an die Fertigteilform* erreicht werden. Dadurch wird die Anzahl von Bearbeitungsstufen gesenkt und somit Material eingespart.

2



9/1 Herstellen einer Getriebewelle 1 aus Vollmaterial, 2 feingeschmiedet

Kennzeichnend für die Anwendung materialsparender Verfahren ist der wissenschaftlich-technische Fortschritt in der Ur- und Umformtechnik. Er wird durch folgende Entwicklungstendenzen in der Rohteilfertigung gekennzeichnet:

- Einsatz intensiver Verfahren, wie z.B. Feinschmieden, Fließ- und Formdrücken,
- Kombination von verschiedenen Verfahren, z.B. Querwalzen und gratarmes Gesenkschmieden (für die Herstellung von Werkstücken mit komplizierten Formen),
- Ersatz traditioneller durch neue Verfahren, wie z.B. Warmpressen durch Explosivumformen,
- Verstärkte Anwendung neuer, effektiver Technologien, wie z.B. Gußschmieden, Pulvermetallurgie, Flüssigpressen.

Alle genannten Maßnahmen haben das Ziel, die Form des Rohteils an die Form des Fertigteils anzupassen und damit den angestrebten effektiven Einsatz von Material zu erreichen.

Eine Getriebewelle wurde bisher durch Drehen aus Vollmaterial hergestellt (Bild 9/1). Dabei war bei einem Fertigteilgewicht von 3,570 kg ein Materialeinsatz von 6,105 kg erforderlich. Durch die Anwendung des Feinschmiedens bei der Rohteilherstellung konnte der Materialeinsatz auf 4,620 kg gesenkt werden. ②

Das Verhältnis zwischen Fertigteil- zur Einsatzmasse ($\frac{F}{E}$), der sogenannte Materialausnutzungskoeffizient (MAK), konnte so wesentlich günstiger gestaltet werden.

Beim Abtrennen eines Rohteils von Stangenmaterial können in Abhängigkeit vom Verfahren folgende Schnittverluste auftreten:

Kaltkreissäge	6 mm Verlust je Schnitt
Bügelsäge	3,5 mm Verlust je Schnitt
Bandsäge	2 mm Verlust je Schnitt ③

- ① Werten Sie die Gebrauchseigenschaften eines Ihnen bekannten Konsumgutes und eines Produktionsmittels!
- ② Wie hoch ist in beiden Fällen der MAK, wieviel % beträgt die Materialeinsparung?
- ③ Ermitteln Sie bei den verschiedenen Sägearten die Materialverluste (in kg), wenn für eine bestimmte Anzahl von Rohteilen 1000 Schnitte erforderlich sind. Zu trennen ist Stangenmaterial Rd 200, Masse je Meter 247 kg.

Wie das letzte Beispiel zeigt, entscheidet bereits beim Trennen der Halbzeuge die eingesetzte Technik mit über die Höhe der Materialverluste. Beim Einsatz von Blechen wird die Senkung der Zuschnittverluste darüber hinaus durch die konstruktive Form und die Anordnung der Teile auf dem zu trennenden Material beeinflusst.

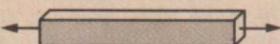
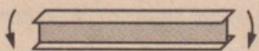
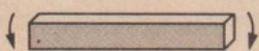
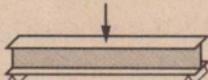
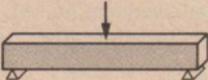
Technologische Maßnahmen zum effektiven Materialeinsatz bezwecken

- Verbessern der Materialausnutzung durch Senken der Rohteilmasse
- Reduzieren der Bearbeitungszeiten
- Senken der Zuschnittverluste

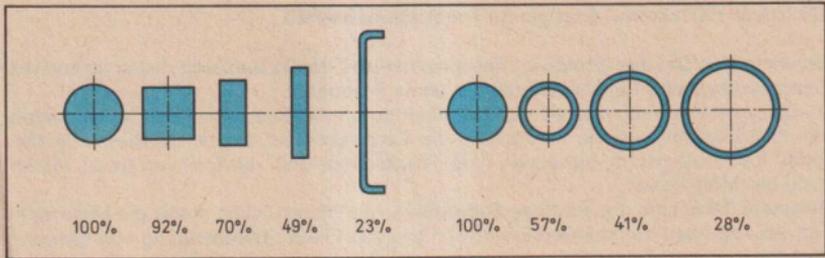
Dabei ist zu beachten, daß alle technologischen Verfahren einen bestimmten Aufwand an Maschinen, Werkzeugen, Vorrichtungen und Anlagen erfordern. Damit sind z. T. hohe Kosten verbunden. Deshalb können aufwendige Verfahren erst eingesetzt werden, wenn ein Werkstück in hohen Stückzahlen herzustellen ist.

Konstruktive Maßnahmen. Materialsparendes Konstruieren ist eine wichtige Voraussetzung für die Senkung des Materialverbrauches bei der Produktion eines Erzeugnisses (spezifischer Materialverbrauch).

In jedem Entwicklungsprozeß für ein Erzeugnis lassen sich im Sinne der materialökonomischen Forderungen bestimmte Merkmale eines Erzeugnisses beeinflussen, wie die Form, der Werkstoff und die Abmessung eines Einzelteils sowie die Art und die Anzahl der Teile eines Erzeugnisses und ihre Lage zueinander. Der spezifische Materialverbrauch für ein Erzeugnis kann durch den Einsatz höherveredelter Werkstoffe und Werkstoffkombinationen gesenkt werden.

Bauteilform und Belastungsfall	Auslastung des eingesetzten Werkstoffes in etwa %
	100
	60
	20
	40
	12
	4

10/1 Einfluß von Trägerform und Art der Belastung auf die festigkeitsmäßige Auslastung des Werkstoffes



11/1 Masseaufwand bei Querschnitten mit gleicher Biege- und Torsionsfestigkeit

- Durch den Einsatz hochwertiger kaltumformbarer Stähle sowie hochproduktiver Kaltumform- und Wärmebehandlungstechnologien in Schraubenwerken wurde die Festigkeit der Schrauben und Muttern von 300 ... 400 MPa (normalfest) auf 800 ... 1200 MPa (hochfest) gesteigert. Diese Steigerung der *Festigkeit* ermöglicht den Einsatz von Verbindungselementen mit geringeren Abmessungen.

Beim Übergang von normalfesten zu hochfesten Schraubverbindungen werden die Abmessungen um etwa 50 % und die Masse um etwa 75 % verringert. Gleichzeitig werden die Belastbarkeit und die Zuverlässigkeit der Verbindungen sowie deren *Korrosionsbeständigkeit* und *Nutzungsdauer* erhöht.

Jeder Konstrukteur hat darauf zu achten, daß beim Gestalten der Teile die geforderten Funktionen und die Festigkeit mit dem geringsten Aufwand an Material erfüllt werden.

- Bei der Konstruktion müssen tragende Teile so gestaltet werden, daß sie möglichst auf Zug und Druck und nicht auf Biegung beansprucht werden. Auf Zug beanspruchte Träger nutzen den eingesetzten Werkstoff auf Grund der gleichmäßigen Spannungsverteilung voll aus (Bild 10/1).

Werden Träger auf Biegung beansprucht, muß der Werkstoff in den am meisten beanspruchten Randzonen konzentriert sein. Nur so ist eine effektive Ausnutzung des eingesetzten Werkstoffes möglich und ein geringer Masseaufwand zu sichern (Bild 11/1).

Bei auf Torsion beanspruchten Trägern wird der gleiche Effekt durch die Anwendung von Hohlprofilen ermöglicht.

Das Prinzip des Leichtbaues fordert die umfassende und allseitige Anwendung von konstruktiven Lösungen, die mit einem minimalen Materialeinsatz die volle Funktion eines Erzeugnisses sichern, ohne daß sein Gebrauchswert verringert wird. Das Ergebnis einer Leichtbaukonstruktion wird am Masse-Leistungs-Verhältnis des Erzeugnisses gemessen.

- Wichtige konstruktive Maßnahmen zur Sicherung des effektiven Einsatzes von Material sind das
 - funktionsgerechte Dimensionieren von Einzelteilen, Baugruppen und Erzeugnissen,
 - Einsetzen zweckentsprechender Werkstoffe und Werkstoffkombinationen und
 - Anwenden des Leichtbaues.

Effektiver Einsatz von Energie im Produktionsbetrieb

Ein wichtiges Ziel des effektiven Energieeinsatzes ist die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs für die Herstellung eines Produktes.

Der Energieverbrauch läßt sich z. B. senken durch die Einsparung und Kombination von Prozeßstufen und die Verkürzung der Einwirkzeit auf das zu bearbeitende Material. Technologische Verfahren, wie Präzisionsur- und -umformverfahren bieten dazu die Möglichkeit.

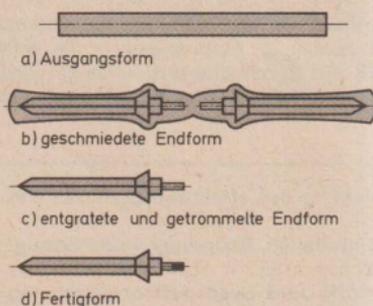
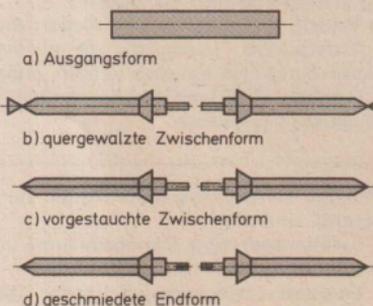
Beispiele dafür sind das gratlose Schmieden von Werkstücken sowie die Mehrfachverformung nach einmaligem Erwärmen und die Fließreihenfertigung von Schmiedeteilen.

- In einem Betrieb werden jährlich mehr als eine Million Stück Eggenzinken hergestellt. Das herkömmlich dafür genutzte Gesenkschmieden mit Grat wurde durch das gratlose Schmieden ersetzt. Neben der Einsparung von Material und Arbeitszeit wurde eine Senkung des spezifischen Energieverbrauches von 25 % erreicht. Beim herkömmlichen Verfahren mußte ein hoher Materialanteil von etwa 25...30 %, der als Grat in den Verlust ging, vorher mit auf Schmiedetemperatur erwärmt werden (Bild 12/1).

Eine Energieeinsparung ist in der Warmumformung immer dann zu erreichen, wenn nach einer Erwärmung des Werkstückes mehrere Verformungsgänge ohne Zwischenerwärmung erfolgen (Bild 13/1).

Ähnlich hohe Energieeinsparungen können bei der Herstellung von Halbzeugen durch *Stranggießen* gegenüber der Herstellung auf Walzgerüsten mit notwendigen Zwischenerwärmungen erzielt werden.

- Gelingt es, mit möglichst wenigen Prozeßstufen, vor allem mit wenigen Zwischenerwärmungsstufen, vom Rohmaterial zum Endprodukt zu gelangen, so kann der für die Bearbeitung eines Werkstückes erforderliche Energieaufwand gesenkt werden.

Herkömmliche Fertigung	Neue Fertigung
 <p>a) Ausgangsform</p> <p>b) geschmiedete Endform</p> <p>c) entgratete und getrommelte Endform</p> <p>d) Fertigform</p>	 <p>a) Ausgangsform</p> <p>b) quergewalzte Zwischenform</p> <p>c) vorgestauchte Zwischenform</p> <p>d) geschmiedete Endform</p>

12/1 Technologie der Fertigung von Werkstücken (Eggenzinken) durch Schmieden im Gesenk mit Gratbildung und durch gratloses Schmieden

Fertigungs- verfahren	Prozestufen	Spezifischer Energiebedarf kJ je kg Einsatzgut
Herkömmlicher Schmiedebetrieb (ein Verformungs- aggregat je Erwärmungs- aggregat)		8380... 9218
Mehrfachverformung aus einer Wärme (mehrere Verformungsag- gregate je Erwärmungs- aggregat)		5028... 5866
Fließreihenfertigung (Verkettung von Erwärmungs- und Verformungs- aggregaten)		2514... 4190

13/1 Verringern der Prozeßstufen zur Herstellung von Schmiedeteilen bei gleichem Rohmaterial und Endprodukt

Nutzen von Anfallenergie. Die in den vielfältigen Veredlungs- und Umwandlungsprozessen auftretenden Energieverluste sind zu einem beträchtlichen Teil Anfallenergie, die als Sekundärenergie genutzt werden kann.

Das Aufkommen an Anfallenergie ist in der Art und Qualität unterschiedlich. Den größten Anteil umfaßt die *Abwärme*. Sie tritt in Form von Rauch und Abgasen, Abluft sowie Kühlwasser aus Industrieanlagen und als Produktwärme, z. B. bei Brennprozessen in der Keramik- und Zementindustrie, auf.

Für die Nutzung der *Abwärme* als Sekundärenergie bestehen prinzipiell zwei Möglichkeiten: – die Rückführung der Abwärme in den Verursacherprozeß und
– die Nutzung der Abwärme außerhalb des Verursacherprozesses.

Die Rückführung der Abwärme in den Verursacherprozeß erfolgt insbesondere zur Vorwärmung der Verbrennungsluft oder des Einsatzgutes. Ein Beispiel dafür ist die Rückgewinnung von Hochtemperatur-Abwärme, die unter anderem im Abgas der über 20 000 brennstoffbeheizten Industrieöfen und Trockner mit Temperaturen von 300... 1700 °C auftritt (Bilder 14/1 und 14/2).

- In einem Textilbetrieb wird die Abwärme der Färbereiwässer zum Vorwärmen des Färbereifischwassers verwendet. Die diskontinuierlich anfallenden Abwassermengen werden in Sammelbehältern gespeichert und danach kontinuierlich Plattenwärmetauschern zugeleitet.

Ergebnis: – Rückgewinnung von Wärme etwa 230 450 kJ je m³ Abwasser
– Energetischer Nutzen etwa 3250 t BE je Jahr
– Ökonomischer Nutzen etwa 275 000 M je Jahr
– Reduzieren der thermischen Belastung der Umwelt

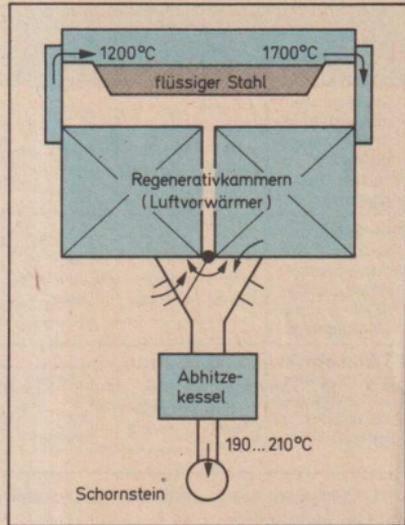
Die *Abwärmenutzung* außerhalb des Verursacherprozesses ist eine weitere energetische Rationalisierungsmaßnahme. Als eine in der Breite anwendbare Form dieser *Abwärmenutzung* bietet sich die Erzeugung von Dampf oder Heißwasser in Abhitzekeßeln an. Die *Abwärme* kann

– zur Versorgung von Produktionsprozessen oder anderen Wärmeverbrauchern,

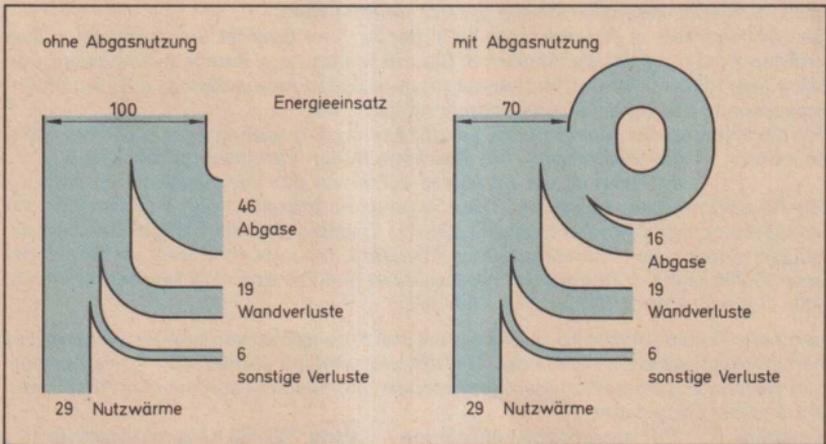
- zur Erzeugung von Elektroenergie oder zur Raumheizung,
- zum direkten Antrieb von Turboverdichtern, Dampfturbinen und Kolbendampfmaschinen genutzt werden.

Schwerpunkte der Anfallenergienutzung in einigen Industriebereichen:

- Chemische Industrie: Nutzen des beim Umbau von Kalziumkarbidöfen erhöht anfallenden CO-Gases zum Dampferzeugen; Verwerten der Abwärme aus Schwefelsäureanlagen zur Dampferzeugung; Nutzen der Anfallenergie bei chemischen Prozessen durch Prozeßkopplung und Wärmepumpeinsatz.
- Baumaterialienindustrie: Gewinnen der Ofenheiz-Kühlwärme für Trocknungsanlagen; Nutzen der Abwärme bei der Klinkerkühlung.
- Energiewirtschaft: Nutzen der Abwärme des Kühlwassers von Kraftwerken für die Gemüseproduktion oder für die Fischzucht.



14/1 Prinzipdarstellung der Abwärmenutzung aus SM-Öfen



14/2 Energieflußbild eines Industrieofens in Prozent ↗ ① S. 17

Anfallenergie tritt in Produktionsprozessen vor allem als **Abwärme** auf. Sie kann sowohl im Verursacherprozeß selbst als auch außerhalb des Prozesses genutzt werden. Dadurch brauchen für die gleiche Erzeugnismenge weniger Primärenergieträger gefördert, umgewandelt und transportiert zu werden.



Das Ziel effektiver Technologien und der Produktionsorganisation ist es, das Zusammenwirken von Mensch und Maschine beim Einwirken auf den Arbeitsgegenstand so zu gestalten, daß ein möglichst geringer Aufwand an Arbeitszeit erforderlich ist.

Optimieren des Werkstück- und Werkzeugflusses. Die Zeit für die Maschinenbelegung und die Zeit für den Durchlauf eines Erzeugnisses durch den Fertigungsprozeß werden durch die Normzeit (Vorbereitungs- und Stückzeit) und durch die Produktionsorganisation bestimmt. Die Produktionsorganisation muß durch eine wissenschaftlich-technische Vorbereitung der Produktion so gestaltet werden, daß Verlustzeiten vermieden werden (Bild 15/1).

Das läßt sich vor allem durch Optimieren des Werkstück- und Werkzeugflusses erreichen.

- Zu diesem Zweck wurden in einem metallverarbeitenden Betrieb bei der Bearbeitung von Gelenkwellen Schnellwechseinrichtungen für Werkstücke und Werkzeuge eingesetzt. Durch diese Maßnahme verringerte sich die Stückzeit (t_s) von 25 min auf 19,5 min. ↗ ② S. 17

Andere effektive technologische Lösungen sind:

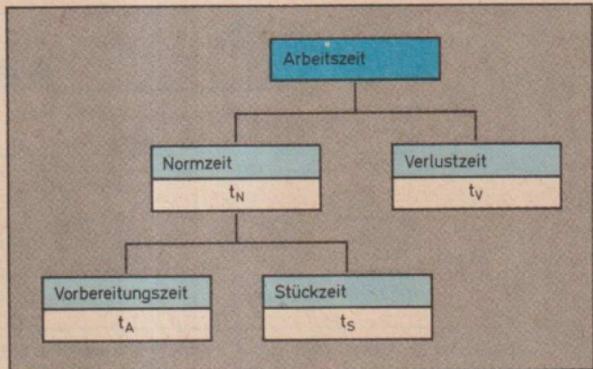
- das Bearbeiten von Werkstücken auf einem *Bearbeitungszentrum*,
- das *fertigungsgerechte Anordnen von Maschinen* und
- der Einsatz von *Industrierobotern*.

Der Einsatz von Industrierobotern hat sich vor allem beim Beschießen automatisierter Werkzeugmaschinen (NCM) bewährt. Industrieroboter, Werkzeugmaschine und weitere Einrichtungen, wie Werkstückspeicher und Schutzeinrichtungen, bilden dabei eine technologische Einheit.

- In einem Transformatorenwerk wurde durch die Kombination eines Industrieroboters mit einer Futterteildrehmaschine sowie 3 Tellerspeichern mit je 36 Werkstücken, einer Schutzeinrichtung u. a. eine technologische Einheit geschaffen. Dadurch konnte folgendes ökonomisches Ergebnis erreicht werden:
 - Arbeitszeiteinsparung von 6500 h im Jahr
 - Einsparung von 4 Arbeitsplätzen
 - Steigerung der industriellen Warenproduktion um 1,6 Mill. M je Jahr
 - Abbau monotoner Arbeit, bedienungsarmer Schichtbetrieb

15/1 Vereinfachte Gliederung der Arbeitszeit

- t_N Zeit für Durchführung eines Arbeitsauftrages
- t_A Zeit für Kennenlernen des Auftrages, Einrichten
- t_s Zeit für Fertigung einer Mengeneinheit
- t_v Zeit für nicht notwendige Unterbrechung



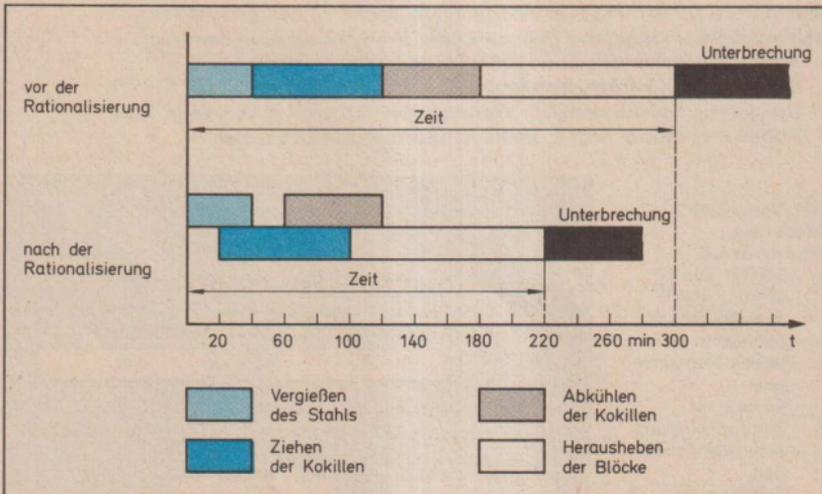
Durch das Optimieren des Werkstück- und Werkzeugflusses und eine zweckmäßige Folge des Arbeitsablaufs werden die Fertigungszeit für ein Erzeugnis verkürzt und die Warte- und Stillstandszeiten an den Arbeitsplätzen gesenkt und damit die Arbeitsproduktivität erhöht.

5

Volle Ausnutzung der Arbeitszeit

Die Organisation der Produktion in einem Betrieb hat wesentlichen Einfluß auf die volle Ausnutzung der Arbeitszeit. Ziel der Rationalisierung der Produktionsorganisation ist es deshalb, die *Zeitdauer für die Fertigung von Erzeugnissen zu verkürzen* sowie *die Warte- und Stillstandszeiten zu senken*. Allein durch die Rationalisierungsmaßnahmen, die der Überlappung von Arbeitsgängen dienen, können schon bei einfachen Produktionsprozessen Reserven in der Ausnutzung der Arbeitszeit erschlossen werden.

- Zu diesem Zweck wurde z.B. in einer Gießerei der Arbeitsablauf beim Vergießen einer Schmelze zu kleinen Schmiedeblocken untersucht. Die dadurch ausgelöste Rationalisierung des Arbeitsablaufes verkürzte die Zeitdauer des Vergießens von 300 min auf 220 min (Bild 16/1).
- In einem Betrieb des VE Kombinati für Nutzkraftwagen werden Wellen für Getriebe gefertigt. Ein Fertigungslos umfaßt 1000 Wellen. Die notwendigen Arbeitsgänge erstrecken sich über vier Arbeitsplätze (Bild 17/1). Gegenwärtig ist die Fertigung der Wellen so organisiert, wie es im Bild 17/2 dargestellt wird. ④

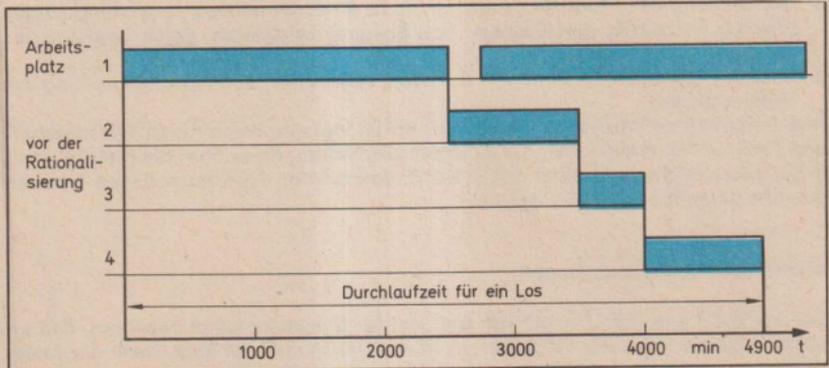


16/1 Vergleich der Zeitdauer beim Vergießen einer Schmelze zu Schmiedeblocken vor und nach der Rationalisierung ③

17/1 Arbeitsgänge und Fertigungszeit für die Herstellung von 1000 Wellen (Los)

Arbeitsplatz	Arbeitsgang	t_N je Los in min	Arbeits-tage bei 8h produktiver Zeit
1	Vor- und Fertigform beiderseits planen und fassen	2500	5
2	Außendurchmesser zum Schleifen drehen	1000	2
3	Härten	500	1
4	Schleifen auf Außendurchmesser	900	2
	Summe	4900	10

17/2 Fertigungsorganisation für Wellen



Die dargestellten technologischen, konstruktiven und arbeitsorganisatorischen Maßnahmen dienen dem Ziel, den Produktionsaufwand in der Industrie zu senken sowie das Verhältnis zwischen Aufwand und Ergebnis zu verbessern.

Mit qualitätsgerechter Arbeit (Senkung des Ausschusses und der Nacharbeit) leistet darüber hinaus jeder Werktätige seinen Beitrag zur Senkung des Produktionsaufwandes.

- ① Begründen Sie die energetischen Vorteile der Abgasnutzung (s. Bild 14/2)!
- ② Berechnen Sie am Beispiel (S. 15 oben) die Steigerung der Produktivität in Menge und Prozent, wenn in einer Schicht die Vorbereitungs- und Abschlußzeit (t_A) 12 min und die produktive Arbeitszeit 480 min ausmachen!
- ③ Vergleichen Sie in Bild 16/1 den Ablauf der Arbeitsgänge beim Vergießen einer Schmelze vor und nach der Rationalisierung, und berechnen Sie die mögliche Produktionssteigerung an Schmiedeblocken im Jahr, wenn 255 Tage gearbeitet wird, je Schmelze 10 Kokillen gefüllt werden und am Tag 480 min gearbeitet wird!
- ④ Diskutieren Sie die Möglichkeiten zur Verkürzung der Zeiten für die Fertigung der Wellen und die Senkung der Warte- und Stillstandszeiten an den Arbeitsplätzen!

Material- und energieökonomisches Bauen

Das Bauwesen in der DDR hat wichtige Aufgaben zur weiteren Stärkung der Volkswirtschaft zu erfüllen: Durch den Bau von Kraft- und Zementwerken trägt es zum Ausbau der Rohstoff- und Energiebasis bei. Gleichzeitig sind das Wohnungsbauprogramm als Kernstück der Sozialpolitik der Arbeiterklasse sowie Bauaufgaben zur Landesverteidigung fortzuführen. Vorhandene Bausubstanz im Wohnungs- und Industriebau ist instand zu setzen, zu modernisieren und zu rekonstruieren.

Um diese Aufgaben zu lösen, muß die Effektivität im Bauwesen erhöht werden. Das läßt sich insbesondere erreichen durch:

- die Industrialisierung der Baumaßnahmen (z. B. durch Einsatz von Robotertechnik, durch die optimale Auslastung vorhandener Technik),
- die Senkung des Produktionsaufwandes (z. B. durch höhere Veredelung einheimischer Rohstoffe, durch Einsatz von Sekundärrohstoffen, durch Senkung des Transportaufwandes),
- energieökonomisches Bauen (z. B. durch Verbessern der Wärmedämmung der Gebäudehülle).

Alle Aufgaben im Bauwesen können nur erfüllt werden, wenn durch Wissenschaft und Technik die notwendigen Grundlagen geschaffen, diese über die Projektierung in kürzesten Zeiten umgesetzt und in der Bauproduktion die erforderlichen Arbeiten qualitätsgerecht ausgeführt werden.

Materialökonomisches Bauen

Bei der Wahl und dem Einsatz von Material für Bauwerke ist zu beachten, daß effektives Bauen von einer verbesserten Materialökonomie abhängt, denn der Materialeinsatz an den Kosten für Bauwerke beträgt etwa 50...60 %.

Verringern des spezifischen Einsatzes von Baumaterial. Eine wichtige Forderung im Bauwesen besteht darin, Zement und Walzstahl einzusparen.



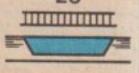
Der Hauptbaustoff ist der Beton. Er wird aus hydraulischen Bindemitteln (meist Zement), Zuschlagstoffen und Wasser hergestellt.

Die Eigenschaften des Betons sind von der Art, Güte und Menge des Zements, von der Beschaffenheit der Zuschlagstoffe, der Menge des Anmachwassers und dem

Bauten für
Industrie,
Lagerwirtschaft,
Landwirtschaft
30



Verkehrsbauten,
Tiefbauten,
Anlagen für die
Wasserwirtschaft
28



Wohnungs- und
Gesellschafts-
bau
28



Baureparaturen
14



18/1 Anteile der Haupterzeugnisgruppen des Bauwesens an der Gesamtproduktion in Prozent

Grad seiner Verdichtung abhängig. Besonderen Einfluß auf die Qualität des Betons hat das Verhältnis von Wasser und Zement (Wasserzementwert).

Je höher der Wasserzementwert ist, um so geringer ist die Festigkeit des Betons. Eine Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften ohne zusätzlichen Wassereinsatz wird durch Verflüssiger erreicht, die dem Beton beigemischt werden.

Für die Herstellung von Beton werden neben Zement auch *Zuschlagstoffe* wie Sand, Kies oder Splitt verwendet. Diese Zuschlagstoffe stehen ebenfalls nur begrenzt zur Verfügung. Deshalb müssen außerdem noch andere Rohstoffreserven nutzbar gemacht werden.

Diese lassen sich z. B. aus Braunkohlendeckgebirgen, durch die Nutzung von Bergbauhalden sowie aus Braunkohlefilterasche von Kraftwerken gewinnen.

Auch die verstärkte Nutzung von Sekundärrohstoffen wie Holzabfälle, Gummiafälle oder Alttextilien verbessert die Rohstoffbasis für das Bauwesen.

Eine wissenschaftlich-technische Lösung zur Senkung des spezifischen Einsatzes von Zement und Zuschlagstoffen besteht im Einsatz des Baustoffes „Silikatbeton“. Sein besonderer Vorteil liegt im vollständigen Ersatz des Zements durch Kalk als Bindemittel, der Einsparung von grobkörnigen Zuschlagstoffen und der Reduzierung der Bindemittelmenge um etwa 110 kg je m³ gegenüber Zementbeton gleicher Festigkeit. Außerdem können für die Produktion von Silikatbeton weitestgehend im Territorium vorhandene Zuschlagstoffe genutzt werden. Da der Bedarf an Kalk gering ist, wird auch der Aufwand für Transporte reduziert. Als Silikatbeton werden eingesetzt: Gasbeton und dichter Silikatbeton.

Höchste Ansprüche an die Materialökonomie bei gleichzeitiger Sicherung der Tragfähigkeit, Standsicherheit und Stabilität der Bauwerke können durch die Bewehrung von Betonelementen und -fertigteilen mit Betonstahl gestellt werden. Die Entwicklung des Stahlbetons – eine spezielle Form davon ist der Spannbeton – bildet eine entscheidende Voraussetzung für die Industrialisierung der Bauprozesse (z. B. Errichtung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise).

Durch den zweckentsprechenden Einsatz *höherfester Betonstähle* kann der spezifische Stahlverbrauch, z. B. für Wohngebäude der Wohnungsbauserie (WBS) 70, der im Durchschnitt bei 1450 kg je Wohnungseinheit liegt, noch gesenkt werden.

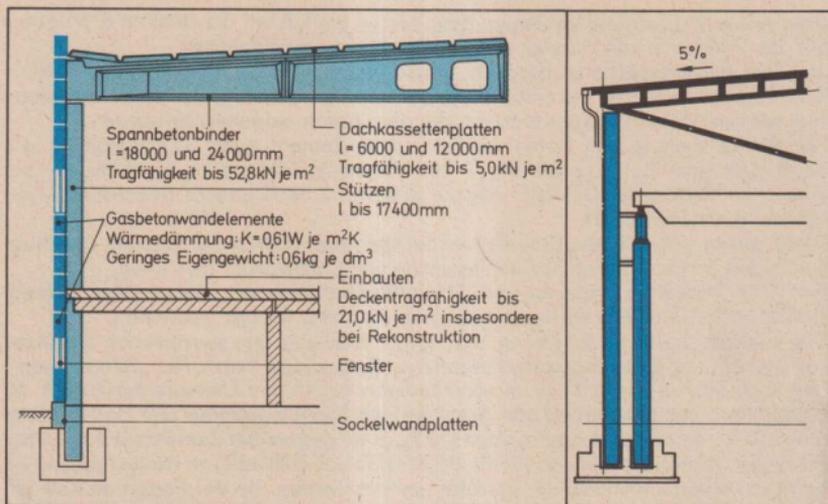
Der Stahlleichtbau, der in Industrie- und Landwirtschaftsbauten angewandt wird, ist ein weiteres Beispiel dafür, wie durch den Einsatz hochwertiger Stahlsorten das Verhältnis von Eigenmasse und Nutzlast verbessert und gleichzeitig Stahl eingespart wird.

▶ Durch zweckentsprechenden Einsatz höherfester Betonstähle, den Einsatz von Zement in Abhängigkeit von der Beanspruchung des Betons sowie durch den Ersatz von Zement und Zuschlagstoffen bei Silikatbeton kann der spezifische Verbrauch von Baumaterial verringert werden.

Anwenden materialsparender Baukonstruktionen. Eine wesentliche Senkung des Materialverbrauchs kann durch die Baukonstruktion erreicht werden (Bild 20/1).

Dabei werden z. B. die Vorteile des Metalleichtbaus und des Stahlbetonfertigteilsbaus ausgenutzt. Etwa 10 % Stahl und bis zu 30 % der aufzuwendenden Arbeitszeit werden eingespart.

Im Industriebau lassen sich bei eingeschossigen Gebäuden anstelle bisher verwendeter Stahlstützen für die Unterkonstruktion Stahlbetonkoppelstützen einsetzen. Dadurch werden etwa 5 kg Stahl und 10 Mark an Kosten je m² Hallenfläche eingespart (Bild 20/2).



20/1 Beispiel für Konstruktion des Beton- und Stahlbetonbaus

20/2 Stahlbetonkoppelstütze im Industriebau

Ein komplexes Vorgehen, d.h. die Einheit von technisch-konstruktiver, gestalterischer und ökonomischer Lösung eines Bauvorhabens, führt zu verbesserten Konstruktionen, zu vorgefertigten Bauelementen und damit zur Senkung des Bauaufwandes.

Verringern der Bauzeiten

Eine spürbare Verkürzung der Bauzeit läßt sich durch eine rationelle Produktionsorganisation erzielen. Das wird durch die **Fertigung nach Takten** erreicht.

Im industriellen Wohnungsbau werden u. a. folgende Takte unterschieden:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Baugrubenaushub und Fundamentierung | Glaserarbeiten |
| Aufbau der Montageanlagen | Decken- und Wandanstriche |
| Montagearbeiten | Tischlerarbeiten |
| Heizungsinstallation | Fußbodenarbeiten |
| Elektroinstallation | Abschlußarbeiten an der Fassade |

In Übereinstimmung mit den technologischen Anforderungen innerhalb eines jeden Taktes werden die Bauarbeiter zu Brigaden zusammengefaßt. Diese führen nach einem bestimmten Rhythmus an den einzelnen Bauobjekten die gleichen Arbeiten aus. Bestimmend für den zeitlichen Ablauf der Takte innerhalb der Fließfertigung sind die eingesetzten Maschinen und der für ihre Arbeit benötigte Zeitaufwand. Meist bestimmt der Kran als führende Baumaschine bei der Montage der vorgefertigten Bauelemente den Ablauf der Takte. Für die Zeitplanung wird ein Zylogramm aufgestellt (Bild 21/1).

Auf diese Weise werden ein kontinuierlicher Bauablauf erreicht und kurze Bauzeiten gesichert.

Aufwandsart	Rekonstruktion	Neubau
Bauaufwand, TM	5 700	10 000
Arbeitszeitaufwand, Th	174	180
Arbeitsproduktivität, M je h	32,76	55,97
Material: Zement, t	1 800	3 488
Zuschlagstoffe, m ³	5 000	9 110
Holz, m ³	10	20

22/1 Vergleich des Bauaufwandes bei Rekonstruktion und Neubau am Beispiel einer Porzellanmanufaktur

①

Das Bauen nach Takten beim Neubau von Wohnungen, der Einsatz von Komplextechnologien und technologischen Linien bei der Instandsetzung und Rekonstruktion von Altbauten sind wichtige Voraussetzungen für kurze Bauzeiten.

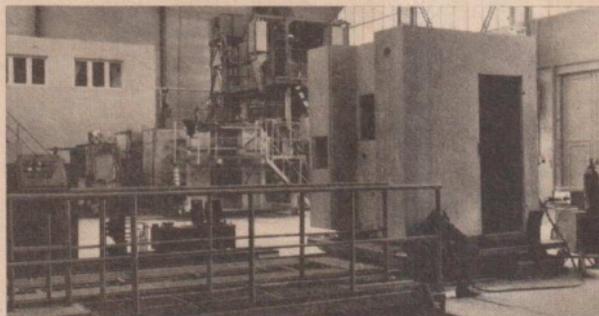
Montagebauweise. In zunehmendem Maße wird die Montagebauweise angewendet. Dabei werden vorgefertigte großformatige Bauteile aus Beton, Stahlbeton oder Stahl in Betrieben hergestellt und zu Baugruppen vormontiert.

Ein Beispiel für die Montagebauweise ist die Baugruppe „Sanitärzelle“ (Bild 22/2). Sie wird komplettiert und ausgestattet zur Baustelle transportiert, dort in das Bauwerk eingefügt und angeschlossen.

Verringerung der Transportwege. Bauwerke müssen stets frostfrei und standsicher gegründet werden. So ist z. B. eine Mindestgründungstiefe von 0,80 m vorgeschrieben. Dazu wird eine Baugrube ausgehoben, die solche Arbeiten erfordert wie das Lösen und Laden sowie das Transportieren und Entladen der Erdstoffe. Diese Arbeiten sind weitestgehend mechanisiert, um schwere körperliche Arbeiten zu vermeiden und das Bautempo zu erhöhen.

Die Erdstoffe werden in der Nähe des Bauwerkes abgelagert. Dadurch werden vor allem Arbeitszeit und Kraftstoff eingespart (Bild 23/1).

Auch durch die zweckmäßige Einrichtung der Baustelle werden Transporte und Ar-



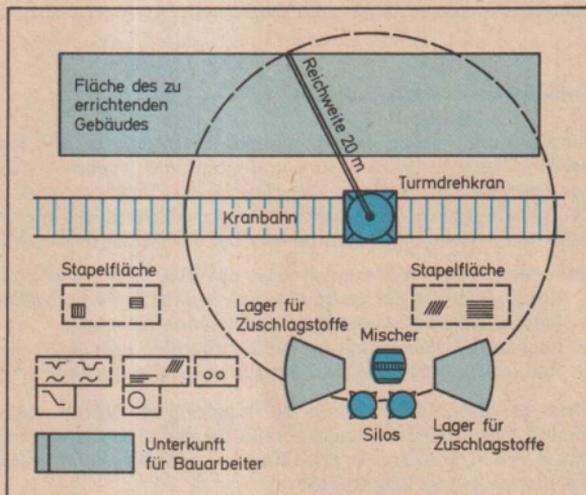
22/2 Sanitärzelle in der Verfertigung

23/1 Kosten für Erdtransporte bei Einsatz von T 174 und W 50

	Entfernung km	Kosten M je m ³
<p>T 174</p> <p>W 50</p>	5	2,40
	10	3,25
	15	4,00
	20	4,75
	25	5,40

②

23/2 Baustelleneinrichtungsplan (Beispiel)



beitszeit eingespart. Gleichzeitig lassen sich dadurch *Materialverluste vermeiden*. Das ist besonders dann der Fall, wenn z. B. Kleinteile in Containern, paketierte Mauerziegel oder Abflußrohre zerstörungssicher gelagert werden (Bild 23/2).

Eine Verringerung der Transportwege kann ferner erreicht werden, wenn die anfallenden Erdstoffe nicht abtransportiert, sondern für landschaftsgestalterische Maßnahmen innerhalb des neuen Wohngebiets eingesetzt werden.

Bei allen Maßnahmen zur Verringerung der Bauzeiten ist es eine vorrangige Aufgabe aller Bauschaffenden, die Bestimmungen für den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie für Ordnung und Sicherheit auf der Baustelle einzuhalten.

- ① Berechnen Sie am Beispiel der Porzellanmanufaktur das prozentuale Verhältnis des Aufwandes für die Rekonstruktion gegenüber dem Neubau!
- ② Vergleichen Sie die entstehenden Kosten für den Transport von Erdstoffen in Abhängigkeit von der Entfernung, und berechnen Sie die Kosten für den Abtransport der Erdstoffe eines auszuhebenden Fundaments mit den Abmessungen 120 m × 17 m und einer Tiefe von 0,80 m in bezug auf die kürzeste und weiteste Entfernung!

- Wichtige Maßnahmen für material- und arbeitszeitökonomisches Bauen sind
- der zweckmäßige Einsatz höherfester Betonstähle
 - die Verringerung des spezifischen Einsatzes von Zement und Zuschlagstoffen
 - die Anwendung materialsparender Baukonstruktionen
 - die Verringerung der Transportwege und Transportmassen
 - das Bauen nach Takten im Neubau, nach Komplextechnologien und technologischen Linien bei der Modernisierung und Rekonstruktion von Altbauten.

Energieökonomisches Bauen

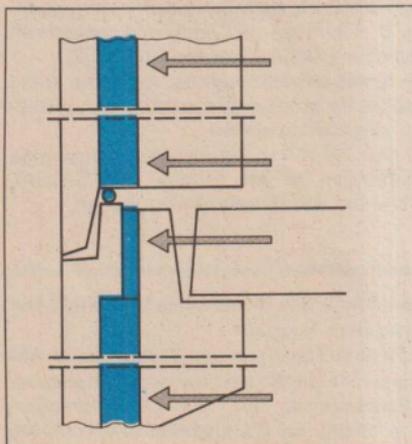


Für die Raumheizung im Wohnungs-, Gesellschafts- und Industriebau ist der erforderliche Heizenergieverbrauch kontinuierlich zu senken. Dabei liegt der Hauptanteil der Energieeinsparung auf dem Gebiet des Wohnungsbaus.

Die Verringerung der Wärmeverluste während der gesamten Nutzungszeit des Gebäudes entscheidet sich bereits bei der Gebäudeprojektierung.

- So erschließt die Wohnungsbauserie (WBS) 70 energieökonomische Effekte durch
 - Kompaktierung der Gebäude (verringerte Außenwandfläche)
 - Einsatz wärmedämmender Außenwandelemente
 - bessere Wärmedämmung im Dachbereich und in der Kellerdecke
 - Reduzierung des Fensterflächenanteils, Einsatz von Wärmedämmungsfenstern.

Einen großen Einfluß auf die Verringerung der Wärmeverluste haben wärmedämmende Baumaterialien und Bauteile. Zu den wärmedämmenden Baumaterialien gehören z. B. Dämmstoffe, wie *Mineral- und Glaswolleerzeugnisse, Holzwolleleichtbauplatten* sowie Silikatbeton.



Bei der Fertigung und Montage auftretende Fehler verursachen Wärmebrücken und damit Wärmeverluste bis zu 20 %

Deshalb müssen

in der Vorfertigung

- die Dämmstoffe vollflächig verlegt und
- offene Stoßfugen und freie Ränder vermieden werden

bei der Montage

- die Horizontalfugen durch lückenlose Auflage der Windsperrung geschlossen und
- der Dämmstreifen so breit gewählt werden, daß er die Ränder der Elemente be-rührt, sowie
- die Regensperre fachgerecht ausgeführt werden

24/1 Maßnahmen bei der Vorfertigung und bei der Montage zur Verringerung von Wärmeverlusten

Mineralwolleerzeugnisse werden auch, als Filze oder mit Alufolie belegt, zur Wärmedämmung und Rohrleitungsisolierung eingesetzt.

Auch durch eine projektierungsgerechte Ausführung der Montagearbeiten sowie durch bedarfsgerechte Heizungs- und Lüftungsanlagen können Wärmeverluste vermieden werden (Bild 24/1).

Dem **Einsatz regelbarer Heizungsanlagen** kommt im Hinblick auf energieökonomisches Bauen und Wohnen besondere Bedeutung zu. Es sind solche Heizungsanlagen zu installieren, die sich durch einen hohen energetischen Wirkungsgrad und zuverlässige Regelbarkeit auszeichnen. So wird z. B. durch die breite Anwendung von Hausanschlußstationen eine wesentliche Energieeinsparung erreicht.

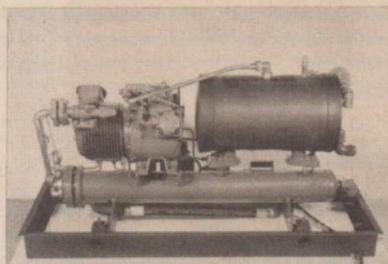
Eine weitere energiesparende Maßnahme besteht im Einbau einer fassadenabhängigen Regelung der Heizungsanlagen. Die Regelung besteht aus Meßfühlern für die Raum- und Außentemperatur sowie einem Heizungsregler zur Steuerung der Hausanschlußstation. Über sie erfolgt die Regelung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit von Innen- und Außentemperatur. Dadurch kann eine Energieeinsparung bis zu 20 % erreicht werden.

Wärmerückgewinnung und Nutzung von Anfall- und Umweltenergie. Wird die mechanische Be- und Entlüftung der Gebäude mit Wärmerückgewinnungsanlagen verbunden, kann Heizenergie von 35 ... 40 % eingespart werden.

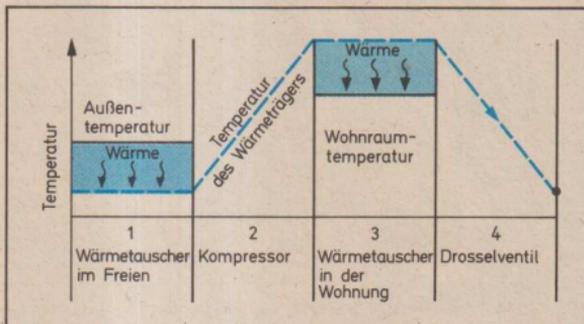
Um Abwärme und Umweltwärme für die Wärmeversorgung besser zu nutzen, werden zunehmend Wärmepumpen eingesetzt (Bilder 25/1 und 25/2).

Zur Verringerung von Wärmeverlusten tragen Maßnahmen bei, wie

- Kompaktierung der Gebäude
- Erhöhung der Wärmedämmung (z. B. Einsatz wärmegeprägter Außenwandelemente, Qualität der Ausführung von Fugen und Stößen, Reduzierung des Fensterflächenanteils, Einsatz von Wärmedämmungsfenstern, Wärmedämmung im Dachbereich und in der Kellerdecke)
- Einsatz effektiver Heizungssysteme.



25/1 Kleinwärmepumpe (Modell)



25/2 Wirkprinzip einer Wärmepumpe

Effektive Nutzung des Bodens und der Landtechnik

Die Aufgabe unserer sozialistischen Landwirtschaft besteht darin, eine stabile, sich stetig verbessernde Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und der Industrie mit Agrarrohstoffen aus eigenem Aufkommen zu sichern. Dabei sind die Arbeits- und Lebensbedingungen in den Dörfern weiter an die der Stadt anzunähern. Die politische Verantwortung der Genossenschaftsbauern wird daran sichtbar, daß zur täglichen Versorgung der Bevölkerung z. B.

7 575 t Getreideerzeugnisse,
36 000 St. Schlachtschweine,
4 600 St. Schlachtrinder,
22 500 t Milch und
13 Mio St. Eier bereitgestellt werden müssen.

Dabei sind der größte Teil der Agrarerzeugnisse Rohstoffe für die Nahrungsmittel- und Leichtindustrie, z. B. Getreide, Fleisch, Milch, Eier, Schafwolle, Häute. ①

Von der Industrie erhält die Landwirtschaft Maschinen und Geräte, Düngemittel, Chemikalien zur Schädlingsbekämpfung, die im landwirtschaftlichen Betrieb benötigten Brennstoffe, Elektroenergie und vieles andere (Bild 26/1).

Damit werden wichtige materielle Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Produktion geschaffen. Der zur konsequenten Weiterführung unserer Wirtschafts- und Sozialpolitik notwendige Leistungsanstieg in der Volkswirtschaft verlangt, auch in der Landwirtschaft das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis zu verbessern. Deshalb müssen landwirtschaftliche Produkte nicht nur in genügender Menge und guter Qualität, sondern auch mit geringstem Aufwand an Material, Energie und Arbeitszeit erzeugt werden.

Effektive Bodennutzung

Der Boden als Hauptproduktionsmittel der Landwirtschaft ist die wichtigste Grundlage für die Erzeugung pflanzlicher und tierischer Produkte.

Der Boden ist unvermehrbar, das heißt, der Gesamtumfang des landwirtschaftlich

9



26/1 Leistungsfähige
Landtechnik aus
Betrieben der DDR

nutzbaren Bodens ist von vornherein begrenzt. Um die landwirtschaftliche Produktion kontinuierlich zu steigern, ist es notwendig, alle vorhandenen Flächen effektiv zu nutzen und die Fruchtbarkeit des Bodens weiter zu verbessern.

Ein Boden ist fruchtbar, wenn er die Eigenschaft besitzt, die Pflanzen ausreichend mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen. Diese Eigenschaft hängt ab von

- der Bodenart (z. B. Sand-, Lehm-, Tonboden),
- dem Klima und
- den Bearbeitungsmaßnahmen.

Die **Bodenfruchtbarkeit** ist die Eignung des Bodens zur Erzeugung von Pflanzen. Sie bestimmt den Gebrauchswert des Bodens. Da der Boden unvermehrbar ist, kommt es darauf an, die Fruchtbarkeit ständig zu verbessern und alle nutzbaren Flächen in die landwirtschaftliche Produktion einzubeziehen.

Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Erst durch die gezielte menschliche Arbeit entwickelt sich die Bodenfruchtbarkeit, die es möglich macht, Pflanzen anzubauen und hohe Erträge zu erzielen. Dazu sind *aufeinander abgestimmte ackerbauliche, pflanzenbauliche und meliorative Maßnahmen* erforderlich. Zu den acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen gehören z. B.

- die zielgerichtete Bodenbearbeitung,
- die zweckmäßige Gestaltung der Fruchtfolge,
- der rationelle Einsatz mineralischer Düngemittel,
- die ausreichende Humusversorgung des Bodens.

Die *Bodenbearbeitung* ist eine grundlegende Maßnahme zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit. Sie wird je nach der Jahreszeit und der beabsichtigten Wirkung auf den Boden und für die Pflanzen durchgeführt.

Zu den technologischen Grundverfahren zur Bodenbearbeitung gehören Pflügen, Eggen, Grubbern, Walzen und Schleppen. Die technologische Aufgabe des Pflügens besteht darin, den Boden zu lockern, zu wenden und zu mischen. Dadurch werden

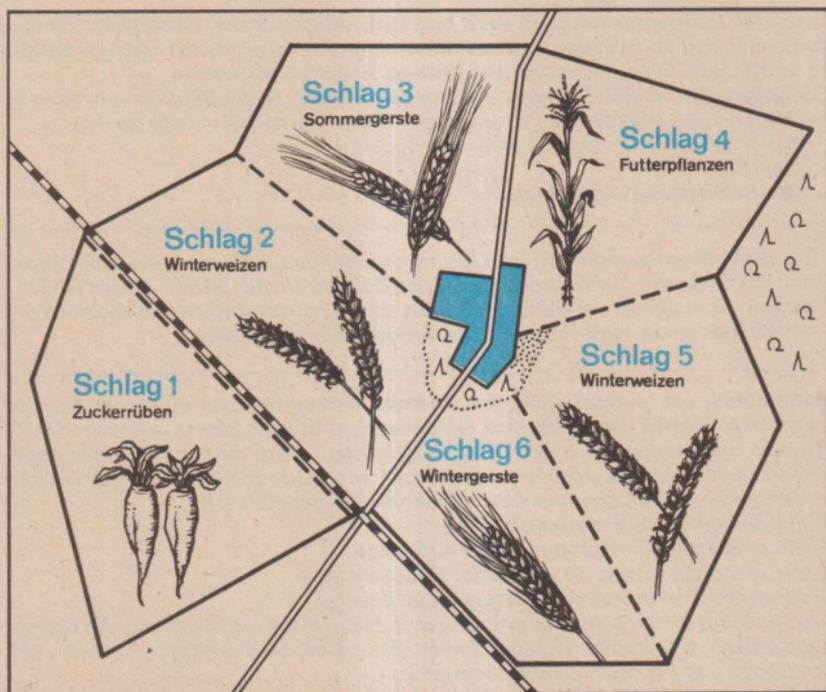
- die Wasserverdunstung eingeschränkt,
- die Bodendurchlüftung gefördert,
- vorhandene Bodenverdichtungen beseitigt,
- auftretende Unkräuter vernichtet,
- Ernterückstände und organischer Dünger in den Boden eingebracht.

Bei allen Verfahren zur Bodenbearbeitung ist stets der Bodenzustand, insbesondere die Bodenfeuchte, zu beachten, um Strukturschäden des Bodens zu vermeiden.

Die **Bearbeitung des Bodens** mit Maschinen und Geräten verfolgt das Ziel, bestmögliche Bedingungen für den Anbau der Kulturpflanzen zu schaffen und möglichst lange zu erhalten.

Fruchtfolge. Der Anbau von verschiedenen Feldfrüchten (z. B. Rüben, Kartoffeln, Getreide, Futterpflanzen) nacheinander auf einer bestimmten Ackerfläche wird als Fruchtfolge bezeichnet. Beim Festlegen einer Fruchtfolge sind viele Faktoren zu berücksichtigen, unter anderem die Verträglichkeit der aufeinanderfolgenden Fruchtarten und die Versorgung mit organischem Dünger.

In den landwirtschaftlichen Betrieben hat sich inzwischen eine einheitliche Gestal-



	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr	6. Jahr
Schlag 1	Zucker- rüben	Winter- weizen	Sommer- gerste	Futter- pflanzen	Winter- weizen	Winter- gerste
Schlag 2	Winter- weizen	Sommer- gerste	Futter- pflanzen	Winter- weizen	Winter- gerste	Zucker- rüben
Schlag 3	Sommer- gerste	Futter- pflanzen	Winter- weizen	Winter- gerste	Zucker- rüben	Winter- weizen
Schlag 4	Futter- pflanzen	Winter- weizen	Winter- gerste	Zucker- rüben	Winter- weizen	Sommer- gerste
Schlag 5	Winter- weizen	Winter- gerste	Zucker- rüben	Winter- weizen	Sommer- gerste	Futter- pflanzen
Schlag 6	Winter- gerste	Zucker- rüben	Winter- weizen	Sommer- gerste	Futter- pflanzen	Winter- weizen

28/1 und 28/2 Flurgestaltung und Fruchtfolge (Beispiel)

tung der Flur und damit die Bildung feststehender Schläge durchgesetzt und bewährt (Bild 28/1). Nur dann, wenn auf diesen Schlägen zweckmäßige Fruchtfolgen gesichert werden (Bild 28/2), können auch die anderen für die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit erforderlichen Maßnahmen, wie die Bodenbearbeitung, die Düngung, die Unkrautbekämpfung und der Pflanzenschutz, erfolgreich durchgeführt werden.

- ▶ **Zweckmäßige Fruchtfolgen** schaffen ohne zusätzlichen materiellen Aufwand Voraussetzungen für die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und hohe Erträge in der Pflanzenproduktion.

Düngung. Weil die im Boden vorhandene organische Substanz ständig von den Pflanzen verbraucht wird, muß sie regelmäßig ergänzt werden. Deshalb werden dem Boden organische Substanzen, wie Wurzel- und Ernterückstände, Stallmist, Gülle und Klärschlamm, zugeführt. Sie üben einen positiven Einfluß auf den Humusgehalt und die Wasserkapazität des Bodens aus und sichern somit eine hohe Wirksamkeit der zugeführten mineralischen Dünger.

- ▶ Durch die **Düngung** werden dem Boden organische und mineralische Stoffe zugeführt. Sie erhalten und erhöhen die Bodenfruchtbarkeit und steigern damit die Erträge der Kulturpflanzen.

Melioration. Zu den meliorativen Maßnahmen gehören die Tiefenlockerung und die Krumenvertiefung des Bodens, die Entsteinung sowie die Ent- und Bewässerung. Sie sind darauf gerichtet, den *Boden vor Erosion zu schützen* und die *Wasserrersourcen rationell zu nutzen*. Dem Schutz des Bodens vor Erosion dient ferner die Anlage von Gehölzen als Windschutzstreifen. Die Entwässerung der Böden wird durch Entwässerungsgräben und Dränung erreicht. Für die Bewässerung stehen stationäre oder nicht ortsgebundene Bewässerungsanlagen zur Verfügung (Bilder 30/1, 30/2).

- ▶ Die **Be- und Entwässerung** als wesentliche Maßnahmen der Melioration schaffen die Voraussetzungen für hohe und stabile Erträge durch effektive Gestaltung des Wasserhaushalts im Boden.

Eine höchstmögliche Steigerung der Pflanzenproduktion wird erreicht, wenn die genannten Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit komplex eingesetzt, alle Arbeiten zu agrotechnisch günstigen Terminen und in hoher Qualität ausgeführt werden. ②

-
- ① Nennen Sie industrielle Erzeugnisse, die aus landwirtschaftlichen Rohstoffen hergestellt werden, ordnen Sie diese pflanzlichen oder tierischen Produkten zu, und werten Sie die volkswirtschaftliche Bedeutung der Erzeugnisse!
 - ② Stellen Sie die wichtigsten Maßnahmen zur Erhaltung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit zusammen, beschreiben Sie ihre Wirkung auf den Boden und die Pflanzen!
-



30/1 und 30/2 Anlagen von Entwässerungsgräben und Beregnungsanlage

Die **Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit** ist eine wichtige Voraussetzung für hohe und stabile Erträge. Sie wird durch abgestimmte acker- und pflanzenbauliche sowie meliorative Maßnahmen erreicht. Dabei sind der Bodenzustand, die Pflanzenansprüche sowie die agrotechnisch günstigsten Termine zu beachten.

Kooperative Zusammenarbeit. Im Reproduktionsprozeß der Landwirtschaft (→ Tech i Üb S.290) sind Pflanzen- und Tierproduktion durch den natürlichen Stoffkreislauf (Boden – Pflanze – Tier – Boden) eng miteinander verbunden (Bild 31/1). Es ist eine wichtige Aufgabe der Kooperation zwischen den Betrieben der Pflanzen- und der Tierproduktion, den natürlichen Stoffkreislauf zu sichern. Dazu gehören:

- Schaffen ausgewogener Proportionen zwischen Futterbedarf der Tierproduktion und Futterraufkommen in der Pflanzenproduktion,
- Bereitstellen des organischen Düngers durch die Tierproduktion für die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit.

Dabei spielt die rationelle, energiesparende Organisation des Transports eine wesentliche Rolle. Innerhalb der territorialen Produktionsbereiche sind deshalb alle Transportaufgaben zu bilanzieren und so zu koordinieren, daß sie mit dem günstigsten Aufwand durchgeführt werden können. Für die Lösung dieser Aufgaben sind die Genossenschaftsbauern aus den Brigaden der LPG Pflanzen- und Tierproduktion in einem begrenzten Territorium (auch Dorf) gemeinsam verantwortlich.

Die enge Zusammenarbeit zwischen den Betrieben der Pflanzen- und Tierproduktion trägt wesentlich zur stabilen Gestaltung des einheitlichen Reproduktionsprozesses Boden – Pflanze – Tier – Boden bei.

Effektiver Einsatz der Landtechnik

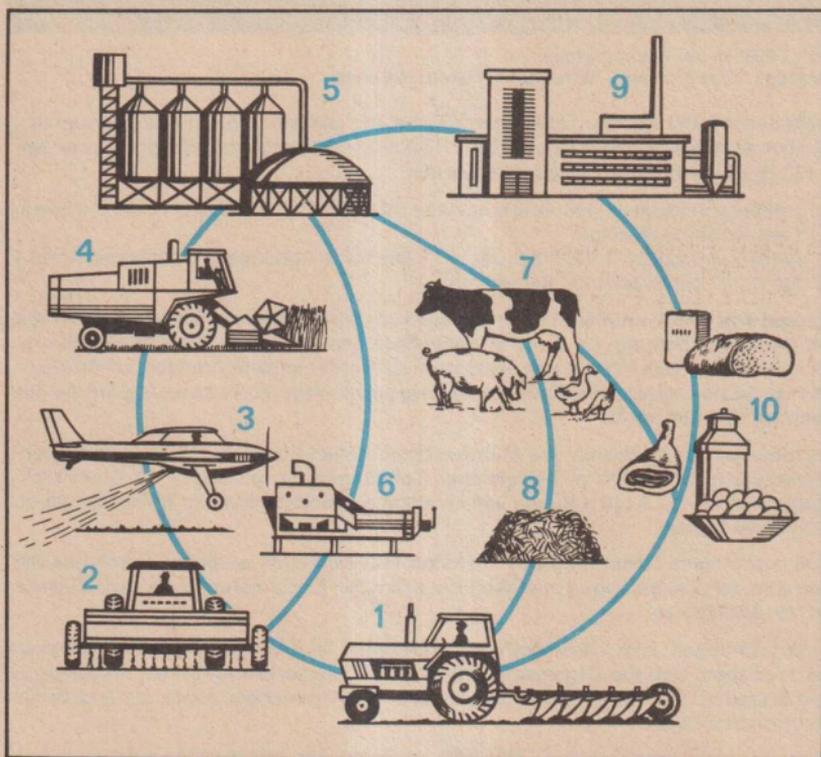
Die Mechanisierung aller Arbeitsgänge in der Landwirtschaft ist eine wichtige Voraussetzung für hohe Erträge, aber auch für die verlustlose Ernte all dessen, was gewachsen ist. Das erfordert sowohl die *Entwicklung* als auch die *verfahrensge-*

rechte Auswahl und den energieökonomischen Einsatz von Maschinen und Geräten sowie die Einhaltung agronomischer Disziplin.

- Ein Beispiel für die **Entwicklung** einer effektiven Gerätekombination ist der Koppungswagen T 890.

Bei der Vorbereitung des Saatbettes, das meistens aus dem Einebnen, Lockern, Krümeln und Verdichten eines gepflügten Bodens besteht, wurden auch bisher schon vielfach Schleppen, Grubber, Walzen oder Eggen gemeinsam an einen Traktor angehängt. Dieser Koppungswagen bietet jedoch die Möglichkeit, die Geräte günstiger zu kombinieren, hat eine größere Arbeitsbreite und kann somit leistungsstarke Traktoren besser auslasten. Dadurch werden Kraftstoff eingespart, Radspuren reduziert, die Qualität des Saatbettes verbessert und die Flächenleistung erhöht (Bild 32/1).

Für die Ernte der verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen, z. B. Getreide, Kartoffeln, Rüben, müssen die erforderlichen Maschinen und Geräte **verfahrensge-**



31/1 Der Reproduktionsprozeß in der Landwirtschaft, bezogen auf die Getreideproduktion
 1 Bodenbearbeitung, 2 Aussaat, 3 Düngung, Pflege,
 4 Ernte, 5 Lagerung, 6 Saatgutbereitung, 7 Fütterung,
 8 Dungstapelung, 9 Verarbeitung, 10 Verbrauch der Produkte



32/1 T 890 mit der Werkzeugfolge:
Schleppe – Feingrubber – Schleppe – Winkelstabkrümmer

recht ausgewählt werden. So können z.B. bei der Getreideernte für das Bergen des Strohes entweder Feldhäcksler E 280 (Häckselstrohernte) oder Hochdruckpressen K 453 (Ballenstrohernte) eingesetzt werden.

- Ein weiteres Beispiel ist der verfahrensgerechte Maschineneinsatz für die Zuckerrübenblatt-Strohmisilage. Es werden eingesetzt: 1 Feldhäcksler, 1 ZT 300 mit 2 Anhängern für Häckselstroh; 1 ZT 300 mit 2 Anhängern für Rübenblatt.

Einsparung von Kraftstoff. Der Energiebedarf für landwirtschaftliche Arbeiten, wie die Bodenbearbeitung, die Ernte einschließlich des Transports des Erntegutes u. a., ist sehr hoch. Beim Einsatz von Traktoren, LKW oder selbstfahrenden Landmaschinen ist deshalb eine *wirtschaftliche Fahrweise* wichtige Voraussetzung für die Einsparung von Kraftstoff.

- Erprobungen beim Einsatz des Mähdreschers haben ergeben, daß sich mit einem drehzahlreduzierten Motor bei gleichen Leistungen Einsparungen an Dieselkraftstoff zwischen 3 ... 4 l je h für die verschiedenen Arbeitsabläufe im Mähdrescher ermöglichen lassen.

Eine wesentliche Einsparung von Kraftstoff läßt sich auch erreichen durch das *Reduzieren der Entfernungen* zwischen dem Ort der Stationierung und dem Einsatzort der Maschinen.

- Untersuchungen zum Dieselkraftstoff-Verbrauch in 145 LPG Pflanzenproduktion verdeutlichen, daß die Organisationsformen mit territorialorientierten Abteilungen und Brigaden im DK-Verbrauch absolut und relativ günstiger liegen als andere Organisationsformen.

Einhalten der agronomischen Disziplin bedeutet, alle erforderlichen Arbeiten vorher bilanzieren, optimal vorbereiten und planmäßig ausführen.

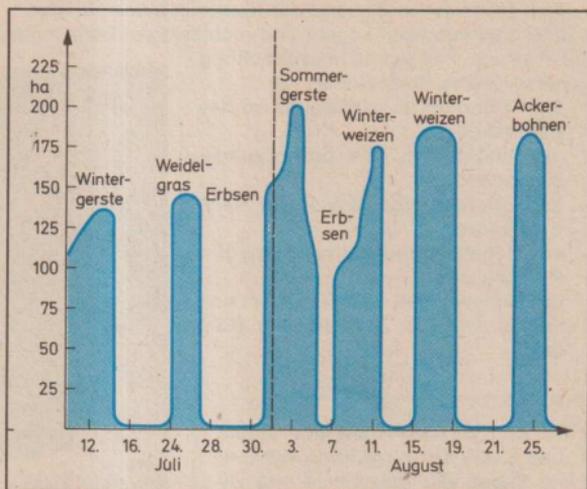
- Ein Beispiel hierfür bietet die Erntevorbereitung der LPG „Thomas Müntzer“ in Memleben (Bild 33/1).

Der Plan ist eine wichtige Grundlage für die verfahrensgerechte Auswahl und den effektiven Einsatz der Maschinen und Geräte. Er wird ergänzt durch ständige Kontrollen des Reifegrades der Früchte, die das Festlegen des genauen Erntetermins ermöglichen. Durch das Einhalten dieses wichtigen agrotechnischen Termins können hohe Erträge erzielt und Ernteverluste weitgehend vermieden werden. Das betrifft vor allem Körnerverluste, die bei der Ernte und der Körnerbergung auftreten. Der **komplexe Einsatz der Landtechnik** ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, daß die *Ernte-, Transport- und Lagerprozesse* in der landwirtschaftlichen Produktion *rational gestaltet* werden können.

Ein wichtiges Kriterium für den Komplexeinsatz ist die Leistungsabstimmung innerhalb eines Maschinensystems. Als günstige Grundgröße für das Maschinensystem der Getreideernte werden vier Mähdescher vom Typ E 516 festgelegt. Die Tagesleistung eines Komplexes mit vier Mähdeschern E 516 entspricht unter durchschnittlichen Einsatzbedingungen bei allen Getreidearten etwa der Tagesleistung – eines Komplexes von vier Feldhäckseln E 280 für die Häckselstrohernte oder – eines Komplexes von fünf Hochdruckpressen K 453 für die Ballenstrohernte. Dabei wird davon ausgegangen, daß der Mähdescher E 516 eine durchschnittliche Flächenleistung von 2,17 ha je h hat (abhängig von Getreideart und Ertrag).

Grundsätzlich gilt für den Komplexeinsatz der Technik, daß er stets auf der Grundlage fester Brigaden unter Beachtung der günstigsten Transportentfernungen (\bar{x} 3 ... 4 km) durchzuführen ist (→ auch Kooperation). ①

33/1 Planung des Ernteverlaufs in der LPG Memleben



- ① Erläutern Sie, wie beim Einsatz von Maschinen und Geräten Arbeitszeit und Kraftstoff eingespart werden können!
- ② Beschreiben Sie Maßnahmen für eine sorgfältige Pflege und Wartung der Landtechnik, und begründen Sie ihren Einfluß auf den sparsamen Umgang mit Material und die Reduzierung des Kraftstoffverbrauches!

Die rechtzeitige Bilanzierung landwirtschaftlicher Teilprozesse (z. B. Ernte) zu agrotechnisch günstigen Terminen, die verfahrensgerechte Auswahl und der komplexe Einsatz von Maschinen und Geräten sind wesentliche Voraussetzungen für die **effektive Nutzung der Landtechnik** und die optimale Gestaltung des Verhältnisses von Aufwand und Nutzen.

Sorgsame Pflege der Landtechnik ist eine wichtige Voraussetzung dafür, daß die in der Landwirtschaft vorhandene Technik rationell eingesetzt und mit hoher Effektivität genutzt wird. Nur wenn Wartung und Pflege kontinuierlich und vor schriftsmäßig ausgeführt werden, ist mit geringem Arbeitsaufwand und niedrigem Material- und Ersatzteilbedarf für die Instandsetzung zu rechnen. Dadurch werden die *Einsatzfähigkeit* der Maschinen und Geräte und ihre *Nutzungsdauer* erhöht.

So können z. B. durch eine Arbeitsstunde Mehraufwand bei der Pflege 3,5 Arbeitsstunden für die Instandsetzung eingespart werden. Außerdem lassen sich die Material- und Ersatzteilkosten bei der Instandsetzung um 15 ... 18 M je Gerät oder Maschine senken.

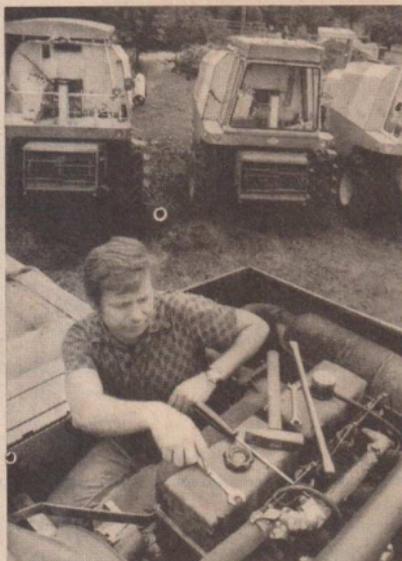
Die Effektivität der Wartung, Pflege und Instandhaltung der Landtechnik hängt wesentlich ab von

- der Qualifikation und Berufserfahrung des Facharbeiters für Landtechnik,
- dem technischen Zustand der Maschinen und Geräte,
- dem sachkundigen Lagern und rechtzeitigen Bereitstellen der Ersatzteile.

Zur Wartung, Pflege und Instandhaltung gehören solche Maßnahmen wie

- das Prüfen der Lichtenlagen und des Reifendrucks,
- das Nachziehen von Befestigungselementen,
- das Säubern der Maschinen nach dem Einsatz,
- das Schmieren zur Verringerung der Reibung und
- das Konservieren der Maschinen und Geräte für ihre Unterstellung (Bild 34/1).

Mit der vorschriftsmäßigen Bedienung sowie der sorgsamen Wartung und Pflege der Maschinen und Geräte werden wichtige Voraussetzungen für die Verfügbarkeit, den geringen Reparaturaufwand und Ersatzteilbedarf sowie für eine hohe Leistungsfähigkeit der Landtechnik geschaffen. ↗ ② S. 33



34/1 Wartungs- und Pflegearbeiten an der Landtechnik

Elektrotechnik



Aufgaben der Elektrotechnik in der Volkswirtschaft

In allen Bereichen unseres Lebens finden wir die Anwendung der Elektrotechnik. Sie ist in der Produktion, im Verkehr, im Haushalt und im Freizeitbereich unentbehrlich geworden – sie ist im gesellschaftlichen Leben der Menschen nicht mehr wegzudenken.

In der Industrie werden Arbeitsmaschinen und Transporteinrichtungen mittels der Elektroenergie angetrieben, werden thermische Prozesse betrieben und Arbeitsplätze beleuchtet. Im Verkehr werden Güter und Personen in Zügen, von Elektrolokomotiven gezogen, befördert.

Im Haushalt werden elektrische Geräte, Kühlschränke, Rundfunk- und Fernsehgeräte betrieben und Wohnräume beleuchtet.

Viele weitere Anwendungsbeispiele der Elektroenergie ließen sich aufzählen. Überall wird die vorteilhafte Elektroenergie genutzt. Sie läßt sich ohne große Probleme aus Primärenergieträgern in Kraftwerken erzeugen, über weite Strecken mittels Leitungen bzw. Erdkabel übertragen und steht am Einsatzort für die vielfältigsten Anwendungszwecke jederzeit zur Verfügung.

Zur Entwicklung der Elektrotechnik

Seit dem Altertum sind die Wirkungen der „Elektrizität“ bekannt und wurden als „unerklärbares Wunder“ betrachtet. Erst im vorigen Jahrhundert konnten ihre Erscheinungen wissenschaftlich geklärt werden, und es begann die umfassende Nutzung und Anwendung der Elektroenergie in den vielfältigsten Bereichen. Die sich entwickelnden Produktivkräfte und die wachsende Produktion benötigten Möglichkeiten zum schnellen Austausch von Informationen ebenso wie zum rationellen und einfachen Antrieb von Maschinen und Anlagen.

Die ersten elektrischen „Energiequellen“ waren galvanische Elemente. Sie reichten mit ihrer sehr geringen Energie aus, um die Erfindung und den Einsatz von Mitteln zur elektrischen Übertragung von Nachrichten zu ermöglichen.

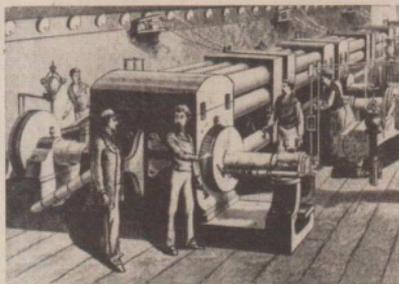
So entstand z. B. 1844 die erste Morse-Telegrafie-Verbindung in den USA und 1881 der Fernsprechverkehr in Berlin.

Für die Nutzung der Elektrizität zur Erzeugung von künstlichem Licht und zum Antrieb von Maschinen waren jedoch leistungsfähigere „Energiequellen“ erforderlich. Die Erfindung des Generators, des Elektromotors und der elektrischen Bogen- und

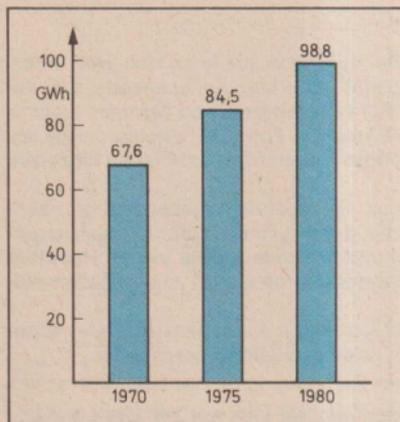
11



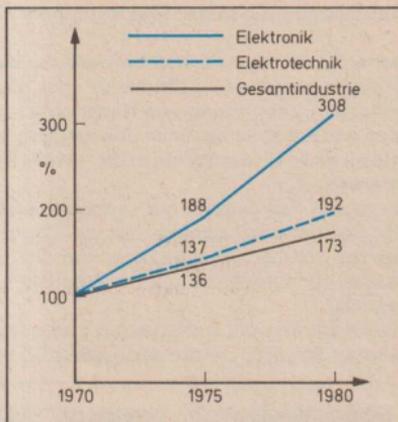
36/1 Batterieanlage eines Telefonnetzes um 1880



36/2 Energieerzeugung mit Dampfmaschine und Generator um 1885



37/1 Entwicklung der Erzeugung von Elektroenergie



37/2 Entwicklung der Bruttoproduktion

Glühlampe waren notwendig, um 1882 das erste Elektrizitätskraftwerk in New York und 1885/86 die ersten Kraftwerke in Berlin zu betreiben.

Das waren kleine Kraftwerke, die nur wenige Häuserblöcke und Betriebe in ihrer unmittelbaren Umgebung versorgen konnten. Noch war die Fortleitung der Elektroenergie über weite Strecken nicht möglich.

Erst durch die Nutzung des Wechselstromes bzw. Drehstromes etwa ab 1890, wodurch mittels des Transformators die Veränderung der Spannungen ermöglicht wurde, war es möglich, die neue Energieform über weitere Entfernungen zu übertragen. So konnte auf der „Frankfurter internationalen elektrischen Ausstellung“ 1891 eine elektrische Leistung von 200 kW über eine Entfernung von 175 km übertragen werden. Die Übertragungsspannung betrug 14 000 V, und es wurden Leitungen mit einem Durchmesser von nur 4 mm benötigt.

Damit war der entscheidende Durchbruch für eine umfassende und vielseitige Nutzung der Elektroenergie erreicht. Die Elektroenergie wurde zum bestimmenden Faktor für die Entwicklung der Produktivkräfte, für die Steigerung der Arbeitsproduktivität und für das Wachstum der Produktion in unserem Jahrhundert. So war es eine folgerichtige Entscheidung, wenn 1920 im ersten sozialistischen Staat der Welt, dem jungen Sowjetrußland, Lenin mit dem GOELRO-Plan auf die Elektrifizierung des Landes orientierte. Er prägte die Formel „Kommunismus ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung“.

Heute ist der Umfang der Elektroenergieerzeugung und der Entwicklungsstand der Elektroindustrie zum Gradmesser der Leistungsfähigkeit einer jeden Volkswirtschaft geworden. Deshalb findet die Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten und das Wachstum des Industriezweiges Elektrotechnik/Elektronik in der Wirtschaftspolitik von Partei und Regierung in unserem Lande eine umfassende Beachtung. Das wird deutlich, wenn man die Entwicklungstendenz der Elektroenergieerzeugung und der elektrotechnischen und elektronischen Industrie, z. B. für den Zeitraum von 1970 bis 1980, betrachtet. Die Entwicklung der Elektrotechnik in unserem Lande ist durch eine enge Zusammenarbeit im Rahmen des RGW gekennzeichnet. So sind z. B. unsere modernen Großkraftwerke von der Projektierung bis zur Bauausführung ein Ergebnis sozialistisch-ökonomischer Integration.

Schon in der historischen Entwicklung der Elektrotechnik zeichnen sich zwei unterschiedliche „Nutzungsbereiche“ der Elektrizität ab. Ging es einerseits um die schnelle Übermittlung von Nachrichten mit Hilfe des elektrischen Stromes, so war man andererseits an einer Übertragung von Energie in Form der Elektroenergie sowie an einer Umwandlung in die jeweils benötigte Energieform am Ort des Einsatzes interessiert.

Im ersten Fall wurden nur „schwache Ströme“ zur Nachrichtenübertragung benötigt, während im zweiten Fall die Energie nur durch „starke Ströme“ übertragen werden konnte. So entstanden um die Jahrhundertwende für die beiden Hauptbereiche der Elektrotechnik die Begriffe „Schwachstromtechnik“ und „Starkstromtechnik“.

Heute werden die treffenderen und aus den jeweiligen Aufgabenstellungen abgeleiteten Begriffe „Informationselektrik“ und „Leistungselektrik“ verwendet.

Informationselektrik: Bereich der Elektrotechnik, der sich mit der Gewinnung, Übertragung, Verarbeitung und Nutzung von Informationen mittels elektrischer Signale befaßt.

Leistungselektrik: Bereich der Elektrotechnik, der sich mit der Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Umwandlung der Elektroenergie befaßt.

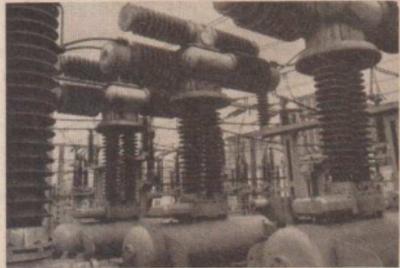
Die Informationselektrik gewinnt zunehmend an Bedeutung, weil die Entwicklung und der Einsatz elektronischer und mikroelektronischer Bauelemente immer neue Anwendungsbereiche erschließt. Sie wurde so zur entscheidenden Grundlage für die Automatisierung der Produktion.

In der Leistungselektrik ist die Entwicklung durch die Projektierung und den Bau von Großkraftwerken sowie durch den Bau von Hochspannungsleitungen mit Spannungen bis zu 750 kV, die eine Fernübertragung von großen Leistungen und den internationalen Verbundbetrieb ermöglichen, gekennzeichnet.

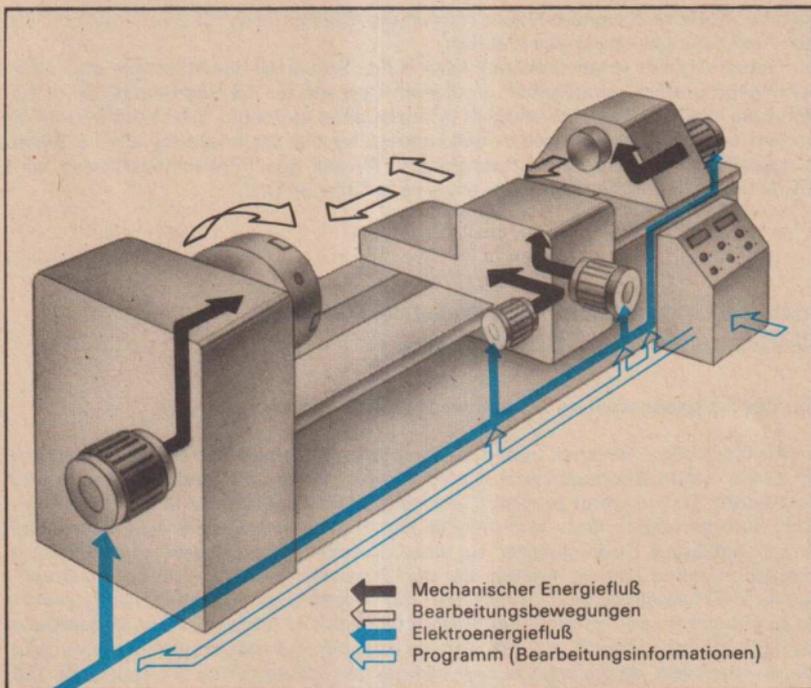
Zur Lösung technischer Aufgabenstellungen im Produktionsprozeß werden heute in modernen Maschinen und Anlagen Systeme der Informations- und der Leistungselektrik im gemeinsamen Zusammenwirken genutzt. Diese Entwicklung resultiert aus der zunehmenden Automatisierung der Produktion.



38/1 Arbeitsplatz in der EDV



38/2 750 kV-Freiluftschaltanlage



39/1 Energie- und Informationsfluß an einer Drehmaschine

Der Energiefluß in Maschinen und Anlagen (Leistungselektrik) wird durch einen entsprechenden Informationsfluß (Informationselektrik) in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabenstellung gesteuert. ①

Energie- und Informationsfluß an einer Drehmaschine

Das Zusammenwirken von Informationselektrik und Leistungselektrik finden wir z. B. an einer modernen Drehmaschine. Für die Durchführung der Arbeitsoperationen sind verschiedene Bewegungen des Werkstückes und des Werkzeuges zu realisieren. Die erforderliche Energie für diese Bewegungen wird durch entsprechende Informationen gesteuert.

Die aus dem Netz entnommene Elektroenergie wird im Elektromotor in mechanische Energie umgewandelt und über Wellen und Getriebe auf das Drehmaschinenfutter als „Arbeitsbewegung“ übertragen.

13

- ① Nennen Sie Anwendungsbeispiele für die Nutzung der Elektroenergie, und ordnen Sie diese in die Hauptbereiche der Elektrotechnik ein!

Elektroenergie wird weiterhin zum Antrieb der Stellmotoren für die Vorschub-, Zustell- und Spannbewegungen benötigt.

Zur Steuerung des Arbeitsablaufes wird in das Steuerteil der Maschine ein „Bearbeitungsprogramm“ eingegeben. In diesem sind alle für die Bearbeitung eines bestimmten Werkstückes notwendigen Informationen enthalten. Diese Informationen werden auf Schalter übertragen und steuern so die Stellmotoren für die Bewegungsabläufe des Bearbeitungsvorganges. Mittels des Informationsflusses wird auf den Energiefluß der Maschine eingewirkt (Bild 39/1). ①

Entwicklung, Aufbau und Inbetriebnahme elektrotechnischer Schaltungen

Von der Aufgabenstellung zur elektrotechnischen Schaltung

14

Um für Produktion, Haushalt oder Freizeitgestaltung Erzeugnisse der Elektrotechnik mit einem hohen Gebrauchswert zur Verfügung stellen zu können, sind viele und komplizierte Teilaufgaben zu lösen. Das stellt an die Werk tätigen in der Produktion hohe Anforderungen, denn auch in der Elektrotechnik erfordert jede technische Aufgabenstellung Überlegungen zu einer zweckentsprechenden, material- und energiesparenden Lösung. Bereits bei der Entwicklung der Schaltung als Grundlage für die Herstellung des Gerätes oder der Anlage sind mögliche Lösungsvarianten zu entwickeln und unter diesen Gesichtspunkten zu prüfen. Bereits vorhandene Lösungen müssen ständig auf ihre weitere Nutzung und mögliche Verbesserungen überprüft werden, da die weitere Entwicklung der Bauelemente, der Elektronik und Mikroelektronik effektivere Lösungen und völlig neue Anwendungsgebiete ermöglicht.

Neue elektronische Lösungen helfen, die Effektivität der Produktion, die Möglichkeiten der Bedienung und Instandhaltung von Maschinen zu verbessern.

Ein wichtiges Kriterium für die Konstruktion von Maschinen für die Produktion oder von Geräten für den Haushalt ist die Gefährlosigkeit ihrer Bedienung durch den Menschen. Das soll Unfälle bei der sachgemäßen Bedienung von Maschinen von vornherein ausschließen. Die folgende technische Aufgabenstellung gibt dafür ein Beispiel.

Technische Aufgabenstellung

Ein Produktionsarbeiter legt mit einer Hand ein Werkstück in eine Kurbelpresse ein (↗ Bild 40/1). Um zu verhindern, daß der Arbeiter die Maschine bereits einschaltet, wenn sich die andere Hand noch im Gefahrenbereich befindet, hat die Maschine eine Sicherheitschaltung. Die Maschine arbeitet nur, wenn zwei Druckschalter gleichzeitig mit beiden Händen betätigt werden.

Es ist eine entsprechende elektrotechnische Schaltung zu entwickeln und zu erproben!

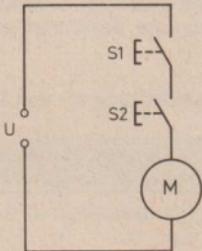


40/1 Bedienen einer Kurbelpresse

Der Lösungsprozeß für die Entwicklung und Erprobung einer elektrotechnischen Schaltung, der in Etappen erfolgt, kann als Schrittfolge dargestellt werden.

Schrittfolge für das Entwickeln, Aufbauen und Erproben einer elektrotechnischen Schaltung

■ Beispiel: Schaltung für die Zweihandbedienung einer Kurbelpresse

Teilschritte	Teilergebnisse
<p>1. Analysieren der Aufgabenstellung Überlegen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Welche bereits bekannte elektrische Schaltung könnte angewendet werden? ● Welches Funktionsprinzip liegt zugrunde? ● Welche Bauelemente werden benötigt? 	<p>(1) Benötigte Bauelemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● zwei Schaltgeräte, die durch Druck betätigt werden ● die Schaltgeräte müssen selbsttätig in ihre Ruhelage zurückgehen ● Schaltgeräte können in Reihe oder parallel zueinander geschaltet werden ● bei der Reihenschaltung der Schaltgeräte ist der Stromkreis geschlossen, wenn beide Schaltgeräte geschlossen sind <p>Ergebnis: Reihenschaltung von zwei Schaltgeräten mit Schließkontakten und selbsttätigem Rückgang (EIN-Taster)</p>
<p>2. Entwickeln des Schaltplanes Überlegen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Welche Schaltzeichen symbolisieren die Bauelemente? ● Wie ist ihre Lage im Stromkreis? ● Entspricht der entworfene Schaltplan den Bedingungen der Aufgabenstellung? ● Gibt es weitere Lösungsvarianten? <p>(↗ Schrittfolge S. 42)</p>	<p>(2) Der nach einer Schrittfolge entwickelte Schaltplan läßt die Funktionsweise der Schaltung erkennen.</p>  <p>The diagram shows a rectangular circuit loop. On the left vertical wire, there are two terminals labeled 'U'. On the top horizontal wire, there is a switch labeled 'S1' with a horizontal line through it, indicating it is normally closed. On the right vertical wire, there is a switch labeled 'S2' with a horizontal line through it, also indicating it is normally closed. At the bottom of the loop, there is a circle labeled 'M', representing a motor.</p>
<p>3. Aufbauen der Schaltung Überlegen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Welche Spannung steht zur Verfügung? ● Welche Bauelemente und Leitungen werden benötigt? 	<p>(3) Die nach dem entwickelten Schaltplan systematisch aufgebaute Schaltung dient der Überprüfung der Funktionsweise der Schaltung.</p>

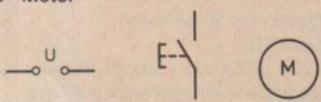
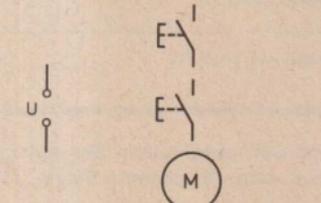
Fortsetzung auf Seite 42

- ① Verfolgen und beschreiben Sie den Energie- und Informationsfluß an anderen Werkzeug- bzw. Arbeitsmaschinen!

Teilschritte	Teilergebnisse
4. Überprüfen der Schaltung durch Vergleich mit dem Schaltplan Vergleichen Sie: <ul style="list-style-type: none"> ● Anzahl der Bauelemente ● Schaltzeichen – Bauelement ● Leitungsführung 	(4) Die nach dem Schaltplan systematisch aufgebaute Schaltung stimmt mit dem Schaltplan überein (nicht überein). Die Funktionsprobe kann vorgenommen (nach Veränderung vorgenommen) werden.
5. Durchführen der Funktionsprobe und Lösungsbewertung <ul style="list-style-type: none"> ● Spannungsquelle einschalten ● Schaltung in Betrieb nehmen, Wirkungen beobachten und mit Aufgabenstellung vergleichen Beachten Sie: <ul style="list-style-type: none"> ● Ist der Aufbau übersichtlich und zweckmäßig? ● Ist die Schaltung funktionssicher und entspricht sie den Schutz- und Sicherheitsbestimmungen? ● Ist es eine ökonomische Lösung? 	(5) Die Schaltung erfüllt (erfüllt nicht) die geforderten Bedingungen. Sie kann angewendet (muß verändert) werden. Lösungsbewertung: Funktionsweise der Schaltung entspricht den gestellten Forderungen. Bei der praktischen Realisierung ist der Abstand der Taster voneinander zu beachten. Sie müssen an der Maschine so weit voneinander entfernt sein, daß nur durch eine Zweihandbedienung die Maschine eingeschaltet werden kann.

Bei der Entwicklung des Schaltplanes und beim Aufbau (oder der Montage) der Schaltung ist in einer bestimmten Reihenfolge vorzugehen, um das Ziel schneller und unter Vermeidung von Fehlern zu erreichen. Zunächst muß als Planungsunterlage der Schaltplan entwickelt werden.

Schrittfolge für das Entwickeln des Schaltplanes

Teilschritte	Teilergebnisse
1. Schaltzeichen der Bauelemente bestimmen	<ul style="list-style-type: none"> ● Spannungsquelle ● EIN-Taster ● Motor 
2. Schaltzeichen anordnen	

Teilschritte	Teilergebnisse
3. Leitungsverbindungen zwischen den Schaltzeichen herstellen	vgl. Bild 43/1
4. Schaltplan überprüfen	Alle Schaltzeichen und Leitungsverbindungen sind vorhanden. Schaltplan lesen (vgl. S. 47f.)

Beachten Sie: Um die Funktionsweise der Reihenschaltung der Schaltgeräte experimentell zu überprüfen, ist es nicht erforderlich, einen Motor zu verwenden. Er kann durch eine Glühlampe ersetzt werden.

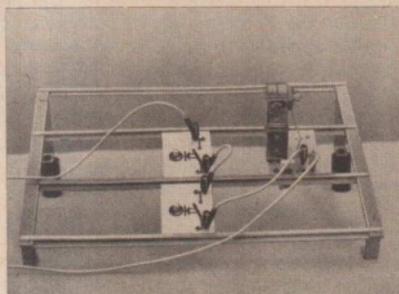
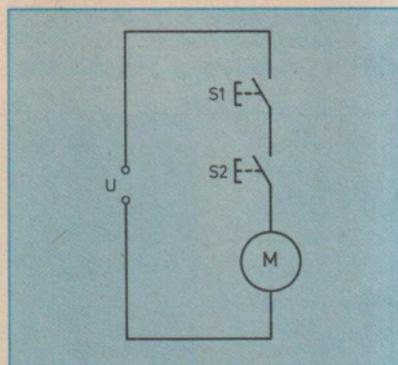
Eine aufgebaute Schaltung oder elektrotechnische Anlage muß den vorgeschriebenen Sicherheitsvorschriften entsprechen, und bei ihrer Inbetriebnahme müssen die Arbeitsschutzbestimmungen eingehalten werden.

Schaltzeichen und Schaltpläne

15

Vor dem Aufbau elektrotechnischer Schaltungen oder Anlagen müssen entsprechende Planungsunterlagen geschaffen werden. Das sind vor allem die zeichnerischen Darstellungen dieser Anlagen, die elektrotechnischen **Schaltpläne**. Diese zeigen die Anordnung der einzelnen elektrotechnischen Bauelemente in der Schaltung und lassen ihr Zusammenwirken erkennen (Bild 44/1).

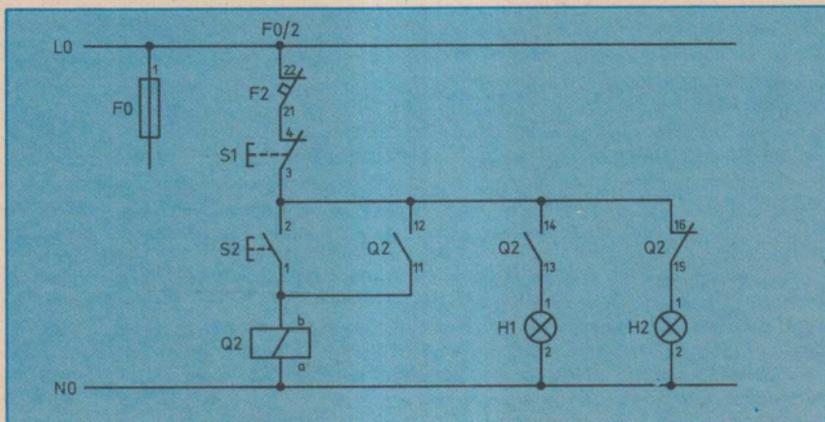
Die in den elektrotechnischen Schaltungen enthaltenen Bauelemente werden im Schaltplan als **Schaltzeichen** dargestellt, die die genauen Formen oder Abmessungen der Bauelemente aber nicht erkennen lassen.



43/1 Reihenschaltung

43/2 Schaltungsaufbau

- ① Begründen Sie, warum zur Lösung der Aufgabenstellung „Zweihandbedienung“ die Schaltgeräte nicht parallel geschaltet werden dürfen!
- ② Von mehreren Stellen soll durch Betätigung von Schaltgeräten Alarm ausgelöst werden können. Wie sind die Schaltgeräte zu schalten?



44/1 Schaltplan (Ausschnitt)

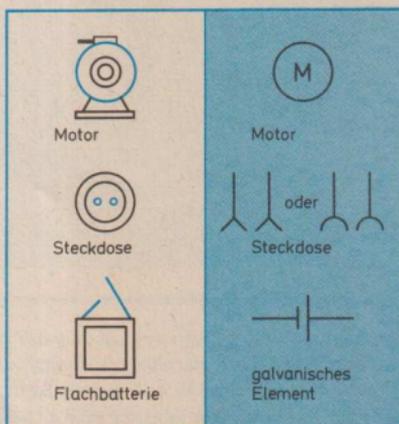
Schaltzeichen sind Symbole für elektrotechnische Bauelemente, Maschinen, Geräte und Einrichtungen. Die Schaltzeichen (ausführlich, vereinfacht oder Schaltungskurzzeichen) sind standardisiert.

Bei der Schaltzeichengestaltung wurde häufig von einem Merkmal des Bauelementes ausgegangen. Es wurde versucht, dieses Merkmal in das Schaltzeichen sinnvoll aufzunehmen. Einige Schaltzeichen können mit Grundelementen erweitert werden. Dieses erweiterte Schaltzeichen steht dann für ein Bauelement oder Gerät, das die Funktion der Einzelemente in sich vereint (Bilder 44/2 und 45/1).

Als Voraussetzung für eine umfassende wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit der Mitgliedsländer des RGW wurde der ESKD-Standardkomplex „Schaltzeichen der Elektrotechnik“ geschaffen. Dadurch gelang es, den Anpassungsaufwand beim Austausch von Schaltplänen zu minimieren und gleichzeitig den Arbeitsaufwand zur Anfertigung, Änderung, Vervielfältigung, Aufbewahrung und Verwaltung der Konstruktionsdokumente durch die Anwendung rationaler Mittel und Verfahren (maschinelles Zeichnen) erheblich zu senken.

Für Schaltzeichen werden geometrische Grundformen verwendet, deren Größe, Abstand und Winkel in den Standards festgelegt sind. Die Längenverhältnisse und Winkelmaße müssen eingehalten werden (Bild 45/2).

Schaltpläne werden in der Elektrotechnik für die Lösung unterschiedlicher Aufgabenstellungen (Entwerfen einer Anlage, Bau und Montage, Fehlersuche usw.) be-

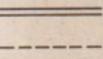
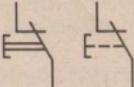


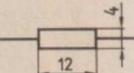
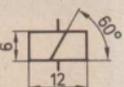
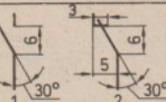
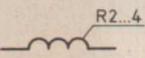
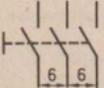
44/2 Ableitung von Schaltzeichen

nötigt. Ihrem Zweck entsprechend werden deshalb Schaltpläne unter Verwendung von ausführlichen und vereinfachten Schaltzeichen sowie von Schaltungskurzzeichen unterschiedlich gestaltet.

Der **Schaltplan** ist die Darstellung einer elektrotechnischen Einrichtung mit Schaltzeichen, Schaltungskurzzeichen, einfachen geometrischen Figuren oder Listen.

45/1 Schaltzeichen aus Grundelementen

Grundelemente				
				
Schließer (1)	Öffner (2)	mechanische Verbindung (3)	Hand- betätigung (4)	als Druck- betätigung (5)
Zusammengesetzte Schaltzeichen				
				
(1) (2) Umschalter (Wechselschalter)	(1) (4) Zweipolischer, handbetätigt	(2) (5) AUS-Taster		

Benennung	Schaltzeichen mit Maßen	Benennung	Schaltzeichen mit Maßen
Widerstand		Leuchtmelder, Lampe	
Magnetspule, Relaisspule		1 Schließer 2 Öffner	
Wicklung, Spule		EIN-Taster (Druckschalter mit selbsttätigem Rückgang)	
Motor		dreipoliger Schalter	

45/2 Geometrische Grundformen, Abstände und Winkel

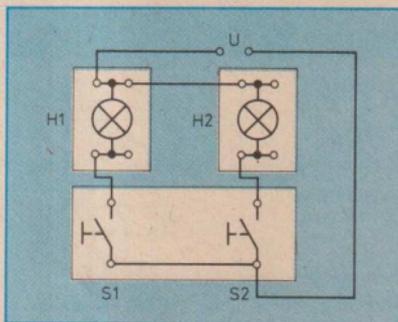
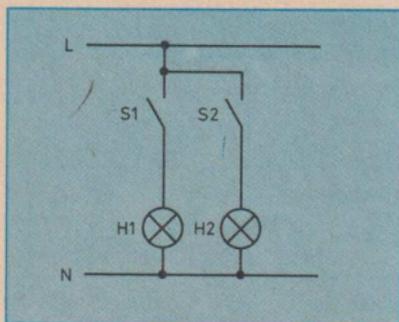
Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen
Schließer		EIN-Taster	
Öffner		AUS-Taster	
Ausschalter		Leuchtmelder Lampe	
Serienschalter		Widerstand	
Galvanisches Element		Leitungsnetze	
Batterie Akkumulator		Anschluß für Spannung	

46/1 Ausgewählte Schaltzeichen

Nach dem Verwendungszweck werden Schaltplangruppen unterschieden:

- Schaltpläne zur Übersicht,
- Schaltpläne zur Erkennen der Funktion,
- Schaltpläne zur Fertigung,
- Schaltpläne zur Installation.

Der Inhalt und die Darstellungsart dieser Schaltplangruppen sind standardisiert.



46/2 Schaltplan zum Erkennen der Funktion, zum Beispiel Stromlaufplan der Serienschaltung. Der Stromlaufplan ist durch senkrechte Strompfade zwischen den Leitern des Netzes gekennzeichnet. Er enthält alle Einzelheiten der elektrotechnischen Schaltung. Die funktionelle Wirkungsweise kann aus den schaltungstechnischen Zusammenhängen erkannt werden.

46/3 Schaltplan für die Fertigung, zum Beispiel Bauschaltplan der Serienschaltung. Die Verbindung zwischen den Anschlüssen der elektrotechnischen Bauteile und die Einzelteile sind lagerichtig dargestellt. Der Bauschaltplan dient als Fertigungsunterlage für den Zusammenbau der Anlage.

Beachte:

1. Schaltplan übersichtlich zeichnen. Leitungsverbindungen müssen aus waagerechten und senkrechten Linien mit wenigen Abwinklungen und Kreuzungen bestehen.
2. Im allgemeinen für Leitungen und Schaltzeichen nur eine Linienbreite anwenden.
3. Der Schaltplan einer Anlage wird in Betriebsruhe (in der Regel ausgeschalteter Zustand) gezeichnet.
4. Beim Stromlaufplan alle in Reihe geschalteten Bauelemente untereinander, alle parallel geschalteten Bauelemente nebeneinander zeichnen.

Textangaben und Bezeichnungen in Schaltplänen. In Schaltplänen können entsprechend den Standards Textangaben und Bezeichnungen angebracht werden (→ Bild 44/1). Diese können z. B. neben und in Schaltzeichen, neben den Linien und den Linienenden und auf einem freien Feld im Schaltplan untergebracht werden. Durch Symbole, Ziffern und Buchstaben werden Geräte, Bauteile, Anschlußstellen und Leitungen bezeichnet.

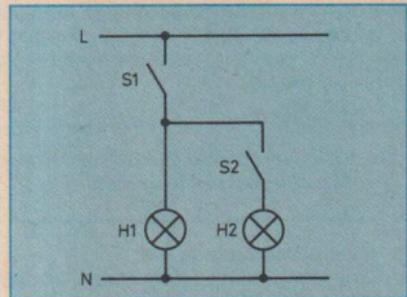
- Beispiel: große Buchstaben für Geräte.

Kodebuchstaben:

- A Bauteil, z. B. Verstärker, integrierte Schalteinheiten
- C Verschiedenes, z. B. Beleuchtung, Heizungen
- F Schutzvorrichtungen, z. B. Sicherungen
- G Generatoren
- H Signaleinrichtungen, z. B. Signallampen
- K Relais, Schütze
- L Spulen
- M Motoren
- P Meßeinrichtungen, z. B. Anzeige-, Meß- und Prüfgeräte
- Q Leistungsschalteinrichtungen
- R Widerstände
- S Schalter mit mechanischer und Handbetätigung

Schrittfolge für das Lesen von Schaltplänen. Ein Facharbeiter, der eine elektrische Anlage montieren soll, kann ihre Funktionsweise erschließen, wenn er den Schaltplan liest. Es werden von ihm Wirkungen des elektrischen Stromes bei den möglichen Schaltzuständen untersucht.

- ① Bei welchem Schaltzustand leuchtet die Lampe H2 im Schaltplan Bild 47/1?
- ② Ein Facharbeiter fertigt einen Schaltplan an, den er zum Erkennen der Funktion der Serienschaltung benötigt. Wie geht er vor? Schreiben Sie die Schrittfolge auf!



47/1

Beispiel: Schaltplan Bild 46/2, Serienschaltung (Stromlaufplan)

Teilschritte	Teilergebnisse
1. Ermitteln der Anzahl, Art und Funktion der vorhandenen Bauteile	Es werden verwendet: 1. Netz (L, N) als Spannungsquelle 2. Zwei Ausschalter (S1, S2) schließen oder öffnen einen Strompfad 3. Zwei Glühlampen (H1, H2) leuchten, wenn Strom fließt
2. Feststellen der möglichen Schaltzustände der Schaltgeräte	1. S1 und S2 offen 2. S1 offen, S2 geschlossen 3. S1 geschlossen, S2 offen 4. S1 und S2 geschlossen
3. Untersuchen der Wirkungen des elektrischen Stromes bei den möglichen Schaltzuständen	bei 1. keine Wirkung bei 2. nur Lampe H2 leuchtet bei 3. nur Lampe H1 leuchtet bei 4. Lampen H1 und H2 leuchten
4. Erkennen des Zwecks der Schaltung	Die beiden Lampen einer Leuchte können getrennt und gemeinsam eingeschaltet werden. Bei Zimmerbeleuchtung werden gewünschte Lichtverhältnisse realisiert.

Durch das Lesen eines Schaltplanes kann die Funktionsweise der Schaltung erkannt werden.

Schutzmaßnahmen und Sicherheitsbestimmungen

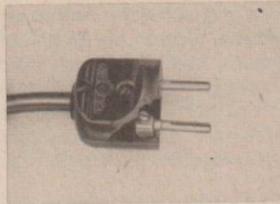
Alle Aufgaben der Elektrotechnik in der Produktion und im täglichen Leben können prinzipiell ohne Gefährdung des Menschen gelöst werden. Bedingt durch die Besonderheit der Elektroenergie können Gefahren auftreten, wenn defekte Geräte oder Maschinen weiterhin benutzt werden oder durch mangelnde Sachkenntnis eine unvorschriftsmäßige Anlage hergestellt wurde. Häufig ist es auch nicht sofort zu erkennen, ob eine Maschine, die ihre Funktion noch erfüllt, den Sicherheitsvorschriften entspricht. Wird die Maschine dann vom Menschen berührt, so kann ein Unfall auftreten.

Ein funktionierendes elektrotechnisches Gerät oder Anlagenteil kann bezüglich des Arbeitsschutzes fehlerhaft sein.

Es besteht Unfallgefahr bei:

- Berühren spannungsführender Anlagenteile, z. B. Kontakte, Leitungen, Metallgehäuse,
- Brand oder Explosion bei zu starker Erwärmung oder Funkenbildung.

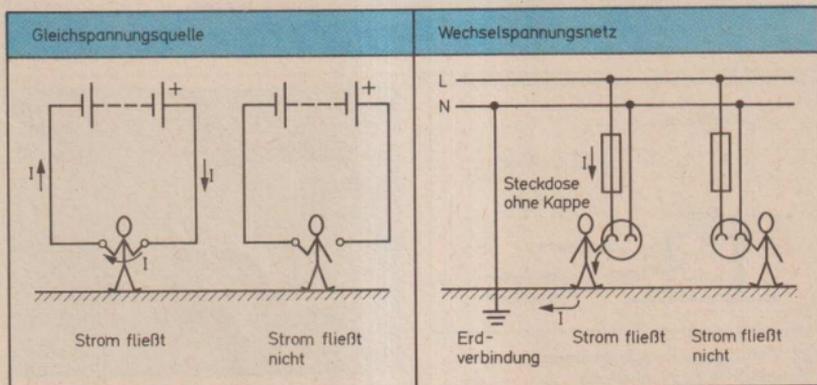
49/1 Defekte Leitung
an einem Stecker
49/2 Defekter
Stecker



Für die Gestaltung von Maschinen und elektrotechnischen Bauteilen und von Elektrogeräten und für die Durchführung von Arbeiten an Anlagen und Geräten hat der Gesetzgeber strenge Vorschriften für die Sicherheit der Werk tätigen festgelegt. Folgende Grundsätze lassen sich ableiten:

- Das Arbeiten an Anlagen und Geräten, die unter Spannung stehen, ist nur dem entsprechenden Facharbeiter unter Einhaltung besonderer Sicherheitsvorschriften erlaubt!
- Bei jeder Arbeit an einer Elektroanlage (z. B. Leuchten auswechseln) immer die Sicherung entfernen!
- Defekte Geräte sofort außer Betrieb nehmen!
- Vom Nichtfachmann dürfen Leuchten, Schalter und Steckdosen ohne Schutzkontakt angebracht und ausgewechselt sowie Leitungsschutzsicherungen ausgewechselt werden.
- Arbeiten an Schutzkontakteinrichtungen (Stecker, Steckdosen, Anschlußleitungen) dürfen nur vom Fachmann ausgeführt werden.

Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen. Durch die Berührung von zwei gegeneinander spannungsführenden Polen einer Gleichspannungsquelle oder des spannungsführenden Leiters des Wechselstromnetzes kann es zu einem Unfall durch den elektrischen Strom kommen. Der menschliche Körper stellt dann den Widerstand im geschlossenen Stromkreis dar. Dabei fließt durch den Körper ein Strom, der starke Reiz- und Wärmewirkungen hervorrufen kann (Bild 49/3). Ströme ab 15 mA können Krämpfe verursachen, die das Loslassen des spannungsführenden Teiles nicht mehr ermöglichen. Stärkere Ströme ab etwa 25 mA werden lebensgefährlich, weil sie die Herz tätigkeit gefährden. Außerdem rufen starke



49/3 Stromkreis über den menschlichen Körper

Ströme schwere innere und äußere Verbrennungen hervor. Neben der Stromstärke, die von der Spannung und dem Widerstand des menschlichen Körpers abhängt, beeinflusst auch die Dauer der Stromeinwirkung die Schwere des Unfalls. Feuchte Hände, großflächige Berührung oder nasser Fußboden setzen den Widerstand herab und erhöhen somit den Strom ($I = U : R$). Bei ungünstigen Bedingungen kann der Gesamtwiderstand so klein sein, daß bereits Spannungen über 65 V lebensgefährlich werden können.

Erste Hilfe bei Unfällen durch elektrischen Strom

1. Abschalten der elektrotechnischen Anlage, in der sich der Verunglückte befindet, durch:
 - Betätigung des Schalters,
 - Herausschrauben der Sicherung,
 - Trennen der Steckverbindungen.
2. Kann die elektrotechnische Anlage nicht abgeschaltet werden, den Verunglückten so vom Stromkreis trennen:

Helfer auf isolierende Unterlagen stellen, Verunglückten nur an trockener Kleidung anfassen!
3. Arzt verständigen, den Verunglückten ruhig lagern.
4. Bei Atemstillstand sofort mit künstlicher Atmung beginnen!

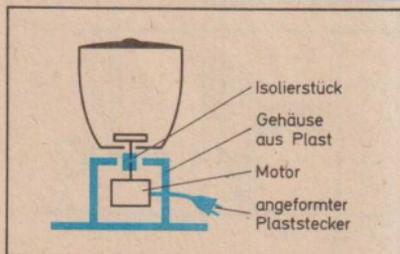
Schutzmaßnahmen. Um Unfälle durch den elektrischen Strom weitgehend zu vermeiden, wurden in den Standards TGL 200-0602 und 200-0603 Schutzmaßnahmen gegen auftretende Berührungsspannungen festgelegt. Solche Schutzmaßnahmen sind u. a. die Anwendung von **Schutzisolierung** und **Schutzkleinspannung**. Für Geräte mit Schutzkontakten werden die Schutzmaßnahmen Nullung oder Erdung angewendet.

Bei der **Schutzisolierung** werden alle elektrisch leitenden Teile eines Gerätes oder einer Anlage, auch solche, die bei Defekten Spannung führen können, zusätzlich zur Betriebsisolation isoliert bzw. mit isolierendem Werkstoff umkleidet (Bild 50/1).

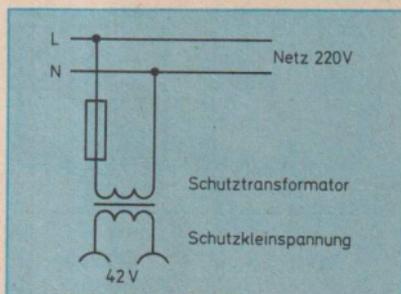
Schutzkleinspannung ist eine für den Menschen ungefährliche elektrische Spannung bis 42 V.

Ungefährliche Kleinspannung erhält man:

- aus galvanischen Elementen, Akkumulatoren,
- über Schutztransformatoren (Bild 50/2).



50/1 Schutzisoliertes Küchengerät;
Symbol für Schutzisolierung



50/2 Schutztransformator, beide Wicklungen müssen galvanisch getrennt sein

Die Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung wird bei Arbeiten in Kesselanlagen, feuchten Räumen oder der Kanalisation angewendet, da unter diesen Arbeitsbedingungen die Gefahr einer Berührung mit leitenden Werkstoffen sehr groß und der Übergangswiderstand vom Menschen zur Erde sehr klein ist. Geräte für Schutzkleinspannung haben einen besonderen Stecker, der sich nicht an eine Netzsteckdose (220 V) anschließen läßt. Für elektrotechnisches Spielzeug ist die Verwendung von Schutzkleinspannung bis 24 V, für die Durchführung von Schülerexperimenten bis 42 V Vorschrift.

Anwendung der Schutzmaßnahmen

17

Energieversorgungsanlage. Bei der Energieversorgung im Fachunterrichtsraum wird für die experimentelle Tätigkeit die Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung angewendet. Diese kann transportablen Stromversorgungsgeräten oder einer zentralen Energieversorgungsanlage entnommen werden. Das zufällige Berühren von spannungsführenden Teilen eines Experimentierbausteins ist ungefährlich.

Umgang mit dem Schülerexperimentiergerät. Da für die experimentelle Tätigkeit die Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung angewendet wird, können bei den Experimentierbausteinen blanke, ungeschützte Kontakte verwendet werden. Trotzdem ist es erforderlich, beim Aufbau elektrotechnischer Schaltungen mit diesen Bausteinen Regeln zu beachten und systematisch vorzugehen. Die Bausteine und Geräte werden so vor Zerstörung (z. B. durch Kurzschluß) geschützt, und beim Schaltungsaufbau werden Fehler vermieden.

▶ Die elektrotechnische Schaltung immer im spannungslosen Zustand aufbauen!
Erst ausschalten, dann Schaltung verändern!

- ▼ *Bauen Sie nach Schaltplan (Bild 46/3) die Serienschaltung auf!*
1. Wählen Sie die elektrotechnischen Bausteine dem Schaltplan entsprechend aus!
 2. Setzen Sie alle Bausteine in der vorgegebenen Anordnung in das Gestell ein!
(Fortsetzung auf S. 52)

- ① Nennen Sie Anwendungsbeispiele für die Schutzisolierung aus Produktion und Haushalt!
- ② Welche Werkstoffe werden in der Elektrotechnik zur Isolierung verwendet?
- ③ Wie groß ist der Widerstand des menschlichen Körpers einschließlich der Übergangswiderstände, wenn bei $U = 220\text{V}$ der lebensgefährliche Strom von $I = 25\text{mA}$ fließt?
- ④ Berechnen Sie die Stromstärke, die bei dem in Aufgabe 3 errechneten Widerstand bei 42 V durch den menschlichen Körper fließt!
- ⑤ Begründen Sie, warum bei der Berührung nur eines Leiters oder Kontaktes bei Schutzkleinspannung kein Strom über den menschlichen Körper fließen kann!
- ⑥ Warum haben Bohrmaschinen für Schutzkleinspannung einen speziellen Stecker?
- ⑦ Welche Schutzmaßnahme wird bei Kinderspielzeug angewendet?
- ⑧ Welche Schutzmaßnahmen werden im Fachunterrichtsraum angewendet?

3. Stecken Sie die Leitungsverbindungen, indem Sie an einem Anschluß der Spannungsquelle beginnen!
4. Überprüfen Sie die aufgebaute Schaltung mit dem vorliegenden Schaltplan auf richtige Leitungsführung!
5. Schalten Sie die Spannung am Energieversorgungsteil ein und führen Sie die Funktionsprobe durch! Vergleichen Sie das Ergebnis der Funktionsprobe mit den gestellten Anforderungen an die Schaltung!
6. Der Schaltungsabbau erfolgt im spannungslosen Zustand, Energieversorgung ausschalten!

Elektrisches Prüfen

Notwendigkeit des elektrischen Prüfens

Bevor Erzeugnisse der elektrotechnischen Industrie in den Handel kommen, werden sie auf ihre Funktion überprüft. Das erfolgt durch eine Endprüfung oder eine Gütekontrolle im Herstellerbetrieb, bei der das Vorhandensein geforderter Eigenschaften des Erzeugnisses kontrolliert wird.

Elektrotechnische Bauelemente und Geräte, die in sehr großer Stückzahl hergestellt werden, prüft der Herstellerbetrieb (von Stichproben abgesehen) nicht. Das ist möglich, weil beim Verkauf durch den Fachhandel die Funktion geprüft wird, z. B. bei Glühlampen oder Flachbatterien.

Ein bereits in Betrieb genommenes elektrotechnisches Gerät oder eine elektrotechnische Anlage kann die gewünschte Funktion nicht mehr erfüllen, wenn ein bestimmtes elektrotechnisches Bauelement zerstört wurde oder ein Leitungsbruch vorliegt. Die Defektstelle muß ermittelt werden, indem die Funktionsfähigkeit der zur Anlage gehörenden Bauelemente und Leitungen überprüft wird. Es wird festgestellt, ob das jeweilige Bauelement funktionstüchtig ist oder nicht.

Prüfen ist das Vergleichen eines vorhandenen Zustandes mit einem vorausgesetzten Bezugszustand.

Prüfergebnisse sind „Ja“- oder „Nein“-Entscheidungen.

Bei einer Glühlampe ist der vorausgesetzte Bezugszustand, daß die Glühlampe leuchtet. Bei einer Flachbatterie ist der vorausgesetzte Bezugszustand das Vorhandensein der entsprechenden Spannung. Durch Prüfen kann festgestellt werden, ob die Frage nach dem Vorhandensein dieses Bezugszustandes mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden muß.



52/1 Prüfen einer Glühlampe beim Verkauf

In der Elektrotechnik werden vorgenommen:

Spannungsprüfungen	Durchgangsprüfungen
Es wird festgestellt, ob an bestimmten Stellen eines Stromkreises (Steckdose, Lampenfassung, Schalter) Spannung anliegt oder nicht.	Es wird festgestellt, ob bei der elektrischen Leitung oder einem Bauteil Stromdurchgang möglich ist oder nicht.

Der innere Aufbau der Prüfgeräte für Spannungs- und Durchgangsprüfungen ist ihrem Verwendungszweck entsprechend unterschiedlich, auch wenn die äußere Form (Gehäuse) ähnlich ist.

Prüfgeräte für Spannungsprüfungen sind Spannungsprüfer und Polsucher.

Spannungsprüfer: Beide Prüfspitzen werden an die auf Spannung zu prüfenden Kontakte (z. B. bei einer Steckdose) gehalten. Bei vorhandener Spannung leuchtet die Glimmlampe auf (Bild 53/1).

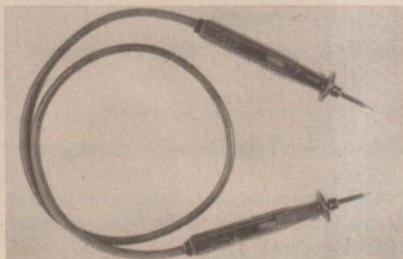
Polsucher: Es wird der zur Schraubendreherklinge ausgebildete Kontakt an den zu prüfenden Anschluß gehalten. Auf das andere Ende des Polsuchers, das zu einer Kappe ausgebildet ist, wird ein Finger gehalten. Bei vorhandener Spannung leuchtet die Glimmlampe im Polsucher auf (Bild 53/2).

Die Wirkungsweise des Polsuchers beruht auf einem Stromfluß, der von dem spannungsführenden Anschluß der zu prüfenden Anlage über die Glimmlampe, einen sehr hochohmigen Widerstand (etwa $2\text{ M}\Omega$) und den Körper des Benutzers zur Erde führt.

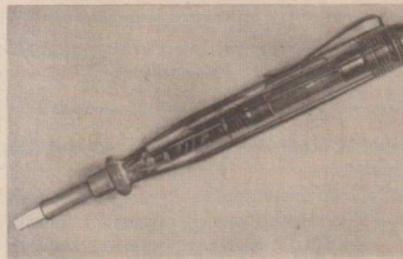
Der sehr kleine, für den Menschen nicht wahrnehmbare Strom (etwa $0,1\text{ mA}$) genügt, um die Glimmlampe zum Leuchten zu bringen.

Prüfgeräte für Durchgangsprüfungen. Häufig ist die Ursache für den Funktionsausfall einer elektrischen Maschine oder eines Haushaltgeräts die Unterbrechung des Stromflusses. Um diese Defektstellen ermitteln zu können, wurden entsprechende elektrotechnische Prüfgeräte entwickelt, mit denen die Unterbrechung des Stromdurchgangs festgestellt werden kann.

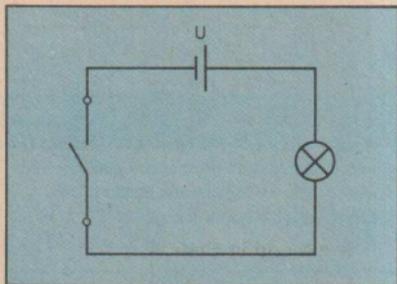
Mit diesen Durchgangsprüfgeräten werden in elektrotechnischen Einrichtungen solche Fehler schnell und zuverlässig gefunden. Dadurch werden Stillstandszeiten von Produktionsmitteln wesentlich reduziert. Der Aufbau von Durchgangsprüfgeräten ist relativ einfach, wie am folgenden Beispiel deutlich wird.



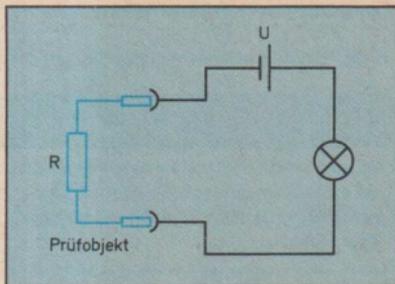
53/1 Spannungsprüfer



53/2 Polsucher



54/1 Stromkreis



54/2 Prüfschaltung

Wird der Schalter in der Schaltung nach Bild 54/1 geschlossen, so leuchtet die Glühlampe auf. Anders ausgedrückt: Die Glühlampe kann nur dann aufleuchten, wenn der Schalter Stromdurchgang ermöglicht. Die Schaltstellung eines Schalters kann also überprüft werden, wenn eine Spannungsquelle und eine Glühlampe mit dem Schalter in Reihe geschaltet werden.

Der als Prüfobjekt dienende Schalter kann durch andere Prüfobjekte, z. B. Leitungen, Widerstände usw., ersetzt werden (Bild 54/2). Die Lampe leuchtet nur dann auf, wenn das Prüfobjekt Stromdurchgang zuläßt.

Ein Prüfgerät besteht im allgemeinen aus einer Spannungsquelle und einem Anzeigegerät (z. B. Lampe).
Bei der Durchgangsprüfung sind Prüfgerät und Prüfobjekt in Reihe geschaltet.

Ein handliches Prüfgerät ist das Prüfgerät „Prüf-Fix“ (Bild 55/1). Es eignet sich aber nur für Durchgangsprüfungen bis zu einem Widerstand von 30Ω , denn Prüfgeräte sind nicht beliebig einsetzbar. Ihre Funktionsfähigkeit hängt von der Größe des Widerstandes des Prüfobjektes ab, da dieses mit dem verwendeten Anzeigegerät in Reihe geschaltet ist. Deshalb haben Prüfgeräte unterschiedliche Anzeigegeräte. Bei hochohmigen Prüfobjekten müssen als Prüfgeräte Meßgeräte mit eigener Spannungsquelle (z. B. Polystest 1) verwendet werden.

Durchgangsprüfung

Beim Ausführen von Durchgangsprüfungen muß sich das Prüfobjekt im spannungslosen Zustand befinden.

20

Eine Durchgangsprüfung kann mit unterschiedlichen Zielstellungen durchgeführt werden:

1. Elektrotechnische Erzeugnisse werden vom Hersteller auf Funktionsfähigkeit (Stromdurchgang) überprüft. Entspricht das Prüfergebnis nicht dem geforderten Bezugszustand, so wird das Erzeugnis aussortiert.
2. Beim Versagen eines bisher funktionsfähigen Gerätes wird das fehlerhafte Bauelement gesucht, damit es ausgewechselt werden kann.

3. Bei einem Schaltgerät soll die Ein- bzw. Ausschaltstellung ermittelt werden (vgl. Bild 55/1).

▼ *Prüfen Sie mit einem geeigneten Prüfgerät elektrotechnische Bauelemente, Geräte und Leitungen auf Stromdurchgang! Entscheiden Sie nach durchgeführter Prüfung, ob die Prüfobjekte funktionsfähig sind!*

Fehlersuche an elektrotechnischen Betriebsmitteln und in Schaltungen

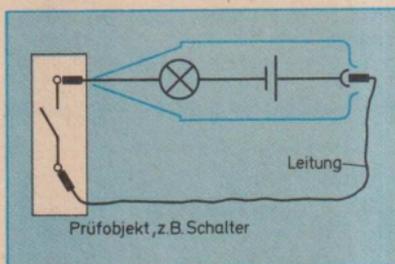
21

Wenn elektrotechnische Anlagen oder Geräte nach dem Einschalten nicht die erwartete Funktion zeigen, so kann diese Störung verschiedene Ursachen haben. Die möglichen Fehler sind auf folgende Fehlerarten zurückzuführen:

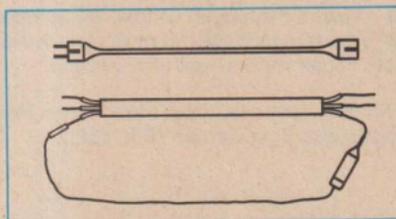
1. Leitungsunterbrechung: Diese tritt durch mechanische oder chemische Einwirkungen auf. Bei unsachgemäßer Handhabung flexibler Leitungen ortsveränderlicher Geräte (Küchengeräte, Heizgeräte usw.) erfolgt der Leiterbruch z. B. häufig an den Leitereinführungen. Deshalb beim Trennen des Gerätes von der Steckdose den Stecker anfassen und nicht an der Leitung ziehen!

2. Zu großer Übergangswiderstand: Dieser tritt häufig an Klemmstellen oder Schraubverbindungen von Verteilerdosen, Schaltgeräten oder Steckverbindungen auf. Die Klemmschrauben sind locker, stark verschmort oder durch chemische Einwirkungen korrodiert. In solchen Fällen ist kein einwandfreier Stromdurchgang möglich. Die Kontaktflächen müssen gesäubert oder die Schrauben erneuert werden.

3. Unzulässige Verbindung: Durch das Eindringen von Wasser, chemische oder mechanische Einwirkungen können in elektrotechnischen Anlagen und Geräten unzulässige Verbindungen entstehen. So kann sich bei beweglichen elektrotechnischen Geräten durch mechanische Belastung z. B. ein Leiter lösen und Berührung mit dem zweiten Leiter (Kurzschluß) oder dem Gehäuse des Gerätes (Körperschluß) bekommen (Bild 56/1).

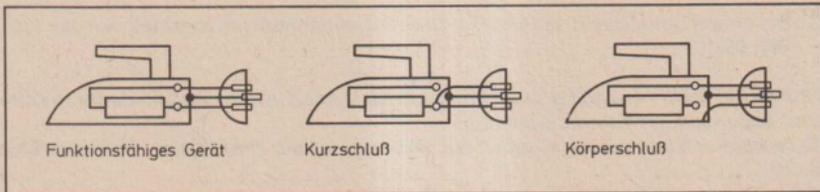


55/1 Durchgangsprüfer „Prüf-Fix“ ①



55/2 Durchgangsprüfung an Leitungen

- ① Beschreiben Sie den Aufbau des Prüfgerätes „Prüf-Fix“!
 ② Was müsste verändert werden, wenn eine Stabtaschenlampe als Durchgangsprüfer verwendet werden soll? Fertigen Sie eine Prinzipskizze an!



56/1 Funktionsfähiges Gerät, Kurzschluß, Körperschluß

Kurzschluß

Es besteht eine direkte elektrisch leitende Verbindung zwischen zwei spannungsführenden Leitern oder dem spannungsführenden Leiter mit dem Nullleiter.

Körperschluß

Es besteht eine leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig spannungsführenden Teilen eines Gerätes oder einer Anlage mit dem metallischen Gehäuse. ①

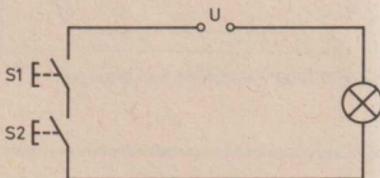
Schrittfolge zur Fehlersuche in elektrotechnischen Schaltungen

Da die Funktionsfähigkeit einer elektrotechnischen Anlage unterschiedliche Ursachen haben kann und um den oder die Fehler schnell finden zu können, muß der Facharbeiter systematisch vorgehen. Systematisches Vorgehen gewährleistet ein schnelles Finden der Fehlerursache, eine schnelle Reparatur und Aufnahme des Betriebszustandes!

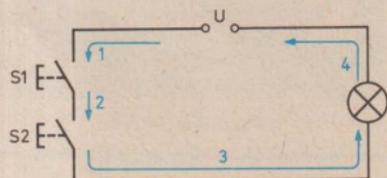
Erst überlegen, dann handeln!

- Welche Bedingungen für die Funktionsfähigkeit der Anlage müssen gegeben sein?
 - Welche Störungen können wo auftreten?
 - Was für ein Prüfgerät muß verwendet werden?
- Der Fehler muß eingekreist werden!

Die Glühlampe leuchtet nicht, wenn Spannung angelegt ist und S1 und S2 gleichzeitig gedrückt werden (Bild 56/2).



56/2 Schaltplan zur Fehlersuche



56/3 Schaltplan mit eingezeichneter Leitungsprüfung

Allgemeine Schrittfolge

Teilschritte	Beispiel
1. Anlage oder Gerät von der Spannungsquelle bzw. dem Netz trennen!	1. Anlage ist vom Netz getrennt (Sicherung entfernt; Stecker gezogen).
2. Sichtprüfung bei den Bauelementen an Kontakten, Glühdrähten usw. durchführen.	2. Es sind keine Fehler sichtbar (z. B. geschmolzener Glühfaden, gelöster Kontakt).
3. Bauelemente, die Fehler erkennen lassen, austauschen und erneut Funktionsprobe vornehmen.	3. Durch das Auswechseln der Glühlampe wurde der Fehler nicht behoben.
4. Bei Funktionsunfähigkeit Leitungsprüfungen durchführen.	4. Das Ergebnis der Leitungsprüfung ergab Durchgang in allen Teilleitungen 1 bis 4 (Bild 56/3).
5. Funktionsfähigkeit der Schaltgeräte prüfen.	5. Durchgangsprüfung bei S1 Ruhezustand: Prüflampe leuchtet nicht betätigt: Prüflampe leuchtet Ergebnis: S1 funktionsfähig Durchgangsprüfung bei S2 Ruhezustand: Prüflampe leuchtet nicht betätigt: Prüflampe leuchtet nicht Ergebnis: S2 fehlerhaft
6. Fehler beseitigen und Funktionsprobe durchführen.	6. S2 reparieren oder ersetzen.

▼ Prüfen Sie elektrische Geräte auf Durchgang und auf unzulässige Verbindungen!

Aufnehmen von Schaltplänen

Das Aufnehmen von Schaltplänen ist ein weiteres Anwendungsgebiet der Durchgangsprüfung. Wenn bei einer elektrotechnischen Anlage nicht erkannt werden kann, wie die Leitungsführung verläuft, welche Kontakte verbunden sind oder welche Wicklungsanzapfungen oder -enden zu einer Spule gehören, so muß bei einer Reparatur der Schaltplan zugrunde gelegt werden. Bei gestörten Anlagen, von denen keine Schaltpläne zur Fehlersuche zur Verfügung stehen, ist es dann oft erforderlich, daß zunächst der schaltungstechnische Aufbau mit Hilfe von Durchgangs-

22

- 1 Erklären Sie an einem Beispiel den Begriff „Körperschluß“!
- 2 Eine elektrische Stehlampe funktioniert nicht mehr. Worauf kann das Funktionsversagen zurückgeführt werden? Stellen Sie die Fehlermöglichkeiten zusammen!

prüfungen ermittelt wird. Liegt der Schaltplan vor, so kann die Fehlerquelle mit größerer Wahrscheinlichkeit richtig vermutet und schneller bestimmt werden. Bei der Aufnahme des Schaltplanes ist systematisch vorzugehen.

Schrittfolge für das Aufnehmen von Schaltplänen

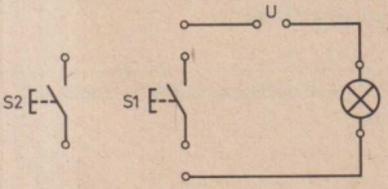
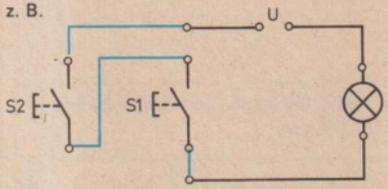
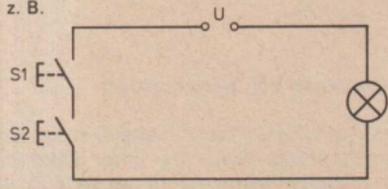
■ Technische Aufgabenstellung

Eine elektrotechnische Anlage besteht aus folgenden Bauteilen:

2 Tastschalter mit Schließern (S1 und S2),

1 Glühlampe.

Die Leitungsführung ist nicht erkennbar und damit auch nicht, wie die Schaltgeräte zur Glühlampe geschaltet sind. Die Leitungsführung ist mit Hilfe eines Durchgangsprüfgerätes zu ermitteln, und der Schaltplan ist zu zeichnen!

Teilschritte	Teilergebnisse
<p>1. Zeichnen Sie die Schaltzeichen der Bauelemente, die zur Schaltung gehören, lagerichtig auf!</p>	
<p>2. Prüfen Sie zwischen den Anschlüssen der Bauelemente auf Durchgang und zeichnen Sie die gefundenen Verbindungen sofort ein!</p>	<p>z. B.</p> 
<p>3. Zeichnen Sie den aufgenommenen Schaltplan übersichtlich!</p>	<p>z. B.</p> 
<p>4. Lesen Sie den Schaltplan!</p>	<p>vgl. S. 47 f.</p>

▼ Nehmen Sie den Schaltplan des Uni-Experimentierbausteines auf! Überprüfen Sie anschließend die Funktion der Schaltung!

1. Überlegen Sie, welche Schaltungsvarianten möglich sind! Skizzieren Sie die Schaltpläne!

2. Begründen Sie, warum bei einer Durchgangsprüfung das Gerät oder die Anlage von der Betriebsspannungsquelle getrennt werden muß!

Elektrisches Messen

Elektrisches Messen im Produktionsprozeß

23

Um die Erzeugnisse der Elektroindustrie qualitätsgerecht produzieren und während ihres Betriebes kontrollieren zu können, müssen elektrische Messungen vorgenommen werden. Auch in Kraftwerken, in denen die elektrische Energie erzeugt wird, ist eine ständige Betriebsüberwachung durch Messen erforderlich. Durch entsprechende Meßeinrichtungen werden die gewünschten oder notwendigen Parameter der elektrischen Energie kontrolliert (z. B. Leistung des Generators, Höhe der Spannung, Frequenz) und die Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit der Kraftwerksanlage überwacht. Die dazu erforderlichen Meßgeräte sind in Schalt- bzw. Blockwarten untergebracht, wo die interessierenden Meßwerte abgelesen werden (Bild 59/1).

Messungen führen zum quantitativen Erfassen einer physikalischen Größe. Beim **Messen** wird eine physikalische Größe mit ihrer Einheit verglichen. Die unbekannte Größe, die gemessen werden soll, wird Meßgröße genannt.

Aber nicht nur in Kraftwerken, sondern auch in Produktionsbetrieben oder Haushalten, in denen die elektrische Energie genutzt wird, müssen **elektrische Größen** gemessen werden. Vielfach ist vor allem das Messen von Spannung, Strom, Leistung und der elektrischen Arbeit erforderlich. Die elektrische Arbeit wird mit dem Elektrizitätszähler gemessen, den jeder Energieabnehmer haben muß. In Verbindung mit der Entwicklung und Herstellung elektrotechnischer Geräte, aber auch bei der Funktions- und Qualitätskontrolle müssen unterschiedliche elektrische Größen gemessen werden. So muß auch jede elektrotechnische Anlage vor ihrer Inbetriebnahme meßtechnisch auf ihren Isolationszustand geprüft werden. Im Zusammen-

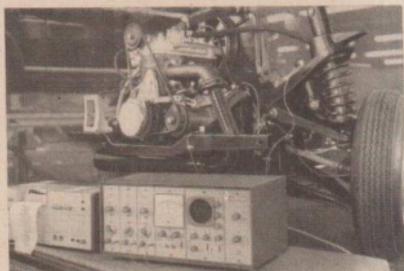


59/1 Blockwarte in einem Kraftwerk



59/2 Meßwerte auf einem Monitor

- 1 Stellen Sie Anwendungsbeispiele für elektrisches Messen im Produktionsbetrieb zusammen!
- 2 Begründen Sie die Notwendigkeit des elektrischen Messens für die Kontrolle von Produktionsprozessen!



60/1 Messen mechanischer Schwingungen



60/2 Labormeßplatz

hang mit der Fehlersuche und der Reparatur von elektrotechnischen Geräten oder Anlagen in der Produktion müssen an beliebigen Stellen des Stromkreises elektrische Größen gemessen werden können. Das erfolgt mit Meßgeräten, die nur zeitweilig angeschlossen werden.

Der verstärkte Übergang zur teilautomatisierten und automatisierten Produktion erfordert Meßgeräte und Meßeinrichtungen, mit denen auf elektrischem Wege **nichtelektrische Größen** gemessen werden können. Solche nichtelektrische Größen sind z. B. Drehzahl, Temperatur, Weg, mechanische Stellung, Zeit, Druck und Menge. Das elektrische Messen dieser und anderer Größen wird möglich, wenn die nichtelektrischen Größen durch einen Meßfühler (Wandler) in eine elektrische Größe umgewandelt werden. Ein solcher Meßfühler kann z. B. ein Thermistor (Temperatur) oder ein Fotowiderstand (Beleuchtungsstärke) sein. Gegenüber der direkten mechanischen Messung von Größen (z. B. Längenmessung mit dem Meßschieber) haben die elektrischen Messungen nichtelektrischer Größen den Vorteil, daß die gewonnenen Meßwerte über größere Entfernungen übertragen werden können. Sind die durch die Meßfühler gewonnenen elektrischen Signale zu gering für Übertragung und Anzeige, so können sie verstärkt werden (Bild 60/1).

Bevor technische Geräte und Anlagen in die Produktion überführt oder dort eingesetzt werden, erfolgt die exakte Messung ihrer technischen Parameter im Labor oder Prüffeld. Dabei werden mögliche Schwachstellen der Konstruktion entdeckt oder Grenzbelastungen gefunden (Bild 60/2).

Vielfachmeßgeräte

Anwendungsbereiche. In vielen Fällen ist es bei der Kontrolle, Überwachung und Reparatur von elektrotechnischen Erzeugnissen und Anlagen erforderlich, daß mehrere elektrische Größen (z. B. Strom, Spannung und Widerstand) gemessen werden müssen. Für jede elektrische Größe wäre dann das jeweilige Meßgerät – Strom- oder Spannungsmesser – erforderlich. Diese Meßgeräte müßten außerdem eine dem zu erwartenden Meßwert angepaßte Skaleneinteilung haben. Für einen Elektrofacharbeiter, der bei einer Havarie an einer Anlage im Produktionsbetrieb Messungen durchführen muß, wäre das ein hoher gerätetechnischer und damit ökonomisch nicht vertretbarer Aufwand. Auch ein Fernsehmonteur, der ein defektes Fernsehgerät in der Wohnung untersucht, müßte eine Vielzahl Meßgeräte mitführen. Für diese und andere Zwecke wurden deshalb Vielfachmesser entwickelt, die tragbar sind und mit denen die meisten in der Service-Praxis anfallenden Messungen durchgeführt werden können.

Vielfachmesser ermöglichen im allgemeinen

- Strom-,
- Spannungs- und
- Widerstandsmessungen.

Sie haben mehrere Meßbereiche.

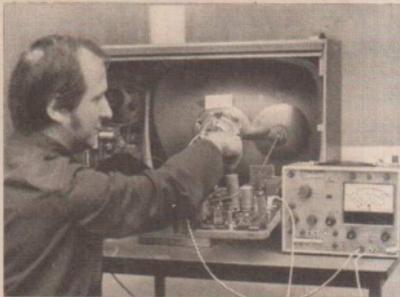
Es können Gleich- und Wechselspannungen (-ströme) gemessen werden.

Ein Vielfachmesser für diese Zwecke ist das Vielfachmeßgerät Uni 11 (Bild 61/2). Mit diesem Gerät können Gleichstrom und Gleichspannung, Wechselstrom und Wechselspannung sowie ohmsche Widerstände und Kapazitäten gemessen werden. Es besitzt z. B. sechs Wechselspannungsmessbereiche.

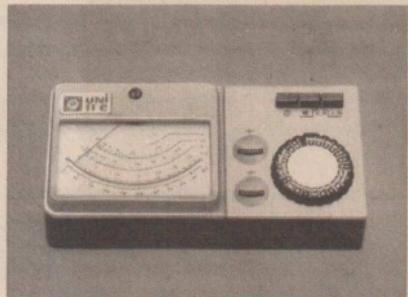
Ein universelles Vielfachmeßgerät mit Großsicht-Digitalanzeige zur Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen ist das Digital-Vielfachmeßgerät Multidigit 1. Bei diesem Gerät sind Bauelemente der Mikroelektronik eingesetzt. Es ermöglicht die Messung der Frequenz, der Zeit, der Periodendauer und Impulszahl sowie der Temperatur.

Für den polytechnischen und naturwissenschaftlichen Unterricht wurden spezielle Schülermeßgeräte entwickelt (Polyzet IV, Polytest 1).

Aus den Bedienungsanleitungen, die zu diesen Vielfachmeßgeräten mitgeliefert werden, ist ersichtlich, wie die Geräte zu verwenden und zu handhaben sind.



61/1 Monteur mit Gerät TV Transitest



61/2 Vielfachmeßgerät Uni 11



61/3 Digital-Vielfachmeßgerät

	Drehspulmeßwerk	1,5	Genauigkeits- klasse 1,5
	waagerechte Gebrauchslage	—	Gleichstrom
	schräge Gebrauchslage	~	Wechselstrom
	Nullstellung		Prüfspannungs- zeichen (500 V)

61/4 Übersicht von Kennzeichen

Jede elektrische Messung erfordert eine gründliche Vorbereitung, exakte Durchführung und Auswertung. Bei der Vorbereitung muß geklärt werden, **was, wie und mit welchem Meßgerät gemessen** werden soll. Auch Überlegungen zum notwendigen Meßprotokoll müssen geführt werden.

Kennzeichen auf Meßgeräten. Auf der Skalenscheibe von Meßgeräten sind Kennzeichnungen bzw. Sinnbilder angebracht, die bei der Verwendung des Meßgerätes zu beachten sind. Diese standardisierten Kennzeichen geben z. B. Auskunft über den inneren Aufbau der Meßgeräte, Stromart, Meßgenauigkeit, Gebrauchslage usw.

In Bild 61/4 sind wichtige Sinnbilder dargestellt.

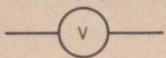
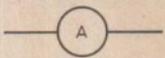
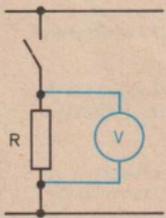
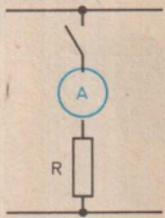
Schaltung des Meßgerätes im Stromkreis. Die Schaltung des Meßgerätes im Stromkreis wird durch die jeweilige Meßgröße bestimmt. Die Schaltung des Meßgerätes bei Spannungs- und Strommessung zeigt Bild 62/1.

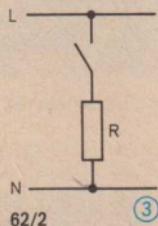
Feststellen des Meßwertes. Vielfachmeßgeräte haben viele Meßbereiche, aber häufig nur 2 Skalen: eine für Gleichstrom und Gleichspannung und die andere für Wechselstrom und Wechselspannung.

- Beispiel: Polyzet IV (Bild 63/1)
- Meßbereiche (MB): Strom: 2500 – 500 – 100 – 25 – 10 – 1 mA
Spannung: 5 – 10 – 50 V
Widerstand: 1 k Ω
- Skalen: Gleichstrom, Gleichspannung, 50 Skalenteile (EW)
Wechselstrom, Wechselspannung, 54 Skalenteile
Widerstand

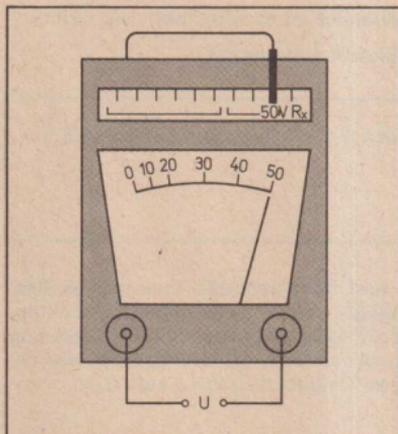
Ist bei diesem Vielfachmesser der Meßbereich 50 V gewählt, so entspricht der durch den Zeiger bei der Messung angezeigte Wert (Anzeigewert AW) dem Meßwert (Bild 63/1).

► Stimmen Meßbereich (MB) und Skalenendwert (EW) überein, so ist der Anzeigewert (AW) gleich dem Meßwert (x).

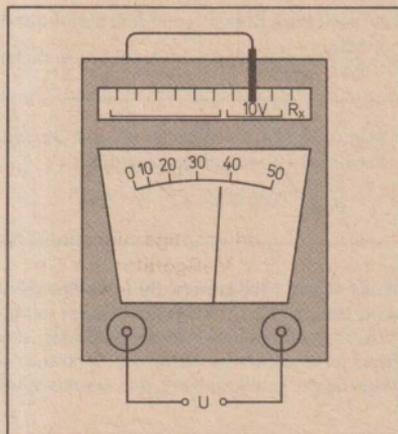
	Spannung U	Strom I
Schaltzeichen		
Schaltplan		
Schaltungsart	parallel zum Nutzwiderstand R	in Reihe zum Nutzwiderstand R



62/1 Tabelle mit Schaltplänen (Meßschaltungen)



63/1 Meßbereich stimmt mit dem Skalenendwert überein



63/2 Meßbereich stimmt nicht mit dem Skalenendwert überein

Es kann aber auch bei einer Messung der Fall sein, daß der Zeigerausschlag nur sehr gering ist. Dann ist kein genaues Ablesen möglich, und es muß auf einen kleineren Meßbereich geschaltet werden (Bild 63/2). Meßbereich und Skalenendwert stimmen dann aber nicht mehr überein. Im Meßbereich 10 V beträgt der Meßwert 10 V, wenn der Zeiger am Teilstrich 50 steht. Das gilt auch in gleicher Weise für die anderen vorhandenen Meßbereiche. Der Meßwert muß errechnet werden, wenn Meßbereich und Skalenendwert zahlenmäßig nicht übereinstimmen. Es besteht folgende Proportionalität:

$$\frac{\text{Meßwert}}{\text{Meßbereich}} = \frac{\text{Anzeigewert}}{\text{Skalenendwert}}$$

$$\frac{x}{\text{MB}} = \frac{\text{AW}}{\text{EW}}$$

$$x = \frac{\text{MB}}{\text{EW}} \cdot \text{AW}$$

- ① Stellen Sie fest, welche Kennzeichen auf dem von Ihnen verwendeten Vielfachmeßgerät vorhanden sind! Erklären Sie ihre Bedeutung!
- ② Welche Messungen sind mit dem von Ihnen verwendeten Vielfachmesser möglich?
- ③ Zeichnen Sie in den Schaltplan Bild 62/2 Strom- und Spannungsmesser ein!
- ④ Ein Vielfachmesser hat einen Skalenendwert von 30. Bei einer Messung mit dem Meßbereich 10 V beträgt der Anzeigewert 24 Teilstriche. Welche Spannung liegt an?
- ⑤ Stellen Sie im Betrieb fest, zu welchem Zweck elektrische Messungen durchgeführt werden!

Bei mehreren Messungen mit gleichem Meßbereich ist es vorteilhaft, den Quotienten $\frac{MB}{EW}$ zu errechnen und als konstanten Faktor K einzusetzen.

▶ Stimmen Meßbereich (MB) und Skalenendwert (EW) nicht überein, so muß der Meßwert (x) errechnet werden:

$$x = \frac{MB}{EW} \cdot AW \text{ oder } x = K \cdot AW$$

Meßfehler. Meßgeräte und Meßvorgänge sind fehlerbehaftet. Eine exakte Messung des Wertes der Meßgröße ist nicht möglich. Es können **systematische** Fehler (z. B. ungenaue Nullpunkteinstellung, unzweckmäßiger Aufbau der Meßanordnung usw.) und **zufällige Fehler** (z. B. durch unkontrollierbare Änderungen der Meßbedingungen, Veränderung des Blickwinkels des Beobachters usw.) auftreten.

Messungen mit dem Vielfachmeßgerät

25

Zur Vorbereitung und Inbetriebnahme von Meßschaltungen gehört nicht nur die Kenntnis der Handhabung des Meßgerätes, es sind auch die Arbeitsanordnungen und Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Wesentliche **Grundregeln** sind:

1. Alle Meßgeräte sind schonend zu behandeln und vor schädlichen Umwelteinflüssen zu schützen.
2. Bei allen Messungen ist auf Übersichtlichkeit, Ordnung und Sauberkeit zu achten.
3. Vor jeder Messung ist zu überprüfen, ob der Zeiger genau auf Null steht. Gegebenenfalls ist nachzustellen.
4. Es ist grundsätzlich mit dem größten Meßbereich zu beginnen, um das Meßgerät vor Zerstörung zu schützen.
5. Meßbereich so wählen, daß die Anzeige möglichst im letzten Skalendrittel erfolgt.

▼ *Messen Sie mit dem Vielfachmeßgerät die Spannungshöhen der Energieversorgungsanlage!*

Messungen in einer elektrotechnischen Schaltung. In einer elektrotechnischen Schaltung können zur Kontrolle ihrer Funktion die interessierenden Meßgrößen gemessen oder durch Berechnungen aus anderen Größen ermittelt werden.

Wenn in einer Schaltung mit ohmschen Widerständen Strom und Spannung gemessen wurden, so kann die **elektrische Leistung** berechnet werden:

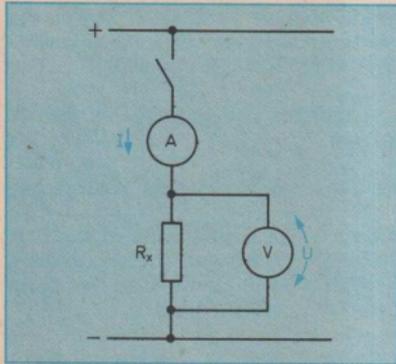
$$P = U \cdot I \quad (1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A})$$

Eine direkte Leistungsmessung ist mit speziellen Meßgeräten, den Leistungsmessern möglich.

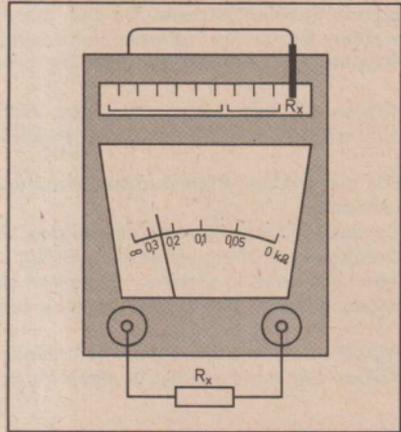
▼ *Eine Beleuchtungsschaltung soll meßtechnisch untersucht werden. Ermittelt werden sollen:*

1. Spannung, 2. Ströme (I_0, I_1, I_2), 3. elektrische Leistung.

Bauen Sie die Beleuchtungsschaltung (Serienschaltung) nach Bild 46/3 auf!



65/1 Indirekte Widerstandsbestimmung



65/2 Direkte Widerstandsmessung

Vorgehensweise beim Messen:

1. Erweitern des Schaltplanes – Schaltung der Meßgeräte im Stromkreis
2. Vorbereiten des Meßprotokolls
3. Wahl des Meßbereiches am Meßgerät
4. Schalten des Meßgerätes nach Meßschaltplan
5. Durchführen der Messungen
 - Regeln für das Messen beachten!
 - Reihenfolge nach Protokoll (z. B. U , I_1 , I_2 ...)
 - Ablesen oder Errechnen der Meßwerte

Führen Sie die Messungen in der Serienschaltung durch!

Widerstandsmessung. Der elektrische Widerstand eines elektrotechnischen Bauelementes oder einer Anlage kann durch zwei Verfahren bestimmt werden:

1. Indirektes Verfahren

Der elektrische Widerstand wird berechnet, nachdem Strom und Spannung gemessen wurden: $R = \frac{U}{I}$.

$$R = \frac{U}{I}$$

2. Direktes Verfahren

Eine direkte Messung des Widerstandes kann mit dem Vielfachmeßgerät vorgenommen werden. Das Meßobjekt R wird von der Betriebsspannung getrennt und an das Meßgerät angeschlossen. Das Vielfachmeßgerät hat für diese Zwecke eine

- ① Von einem elektrotechnischen Betriebsmittel soll der Widerstand ermittelt werden. Welche Möglichkeiten gibt es? Wie wird bei Spannungs- und Strommessung das Meßgerät zum Meßobjekt geschaltet (Skizze)?
- ② Begründen Sie, warum bei dem direkten Verfahren der Widerstandsbestimmung das Meßobjekt von der Betriebsspannung getrennt werden muß!
- ③ Welche Meßfehler können bei Messungen mit elektrischen Meßgeräten auftreten? Wie können sie eingeschränkt oder vermieden werden?

eigene Spannungsquelle. Da sich diese entlädt, muß sie von Zeit zu Zeit ersetzt werden. Durch das Entfernen verbrauchter Batterien wird auch eine unerwünschte Oxydation der Kontaktfedern im Batterieraum des Meßgerätes vermieden.

- ▼ *Öffnen Sie den Batterieraum des Vielfachmeßgerätes und kontrollieren Sie, ob eine einwandfreie Kontaktgabe gewährleistet ist!*

Für die direkte Widerstandsbestimmung werden auch sogenannte Meßbrücken verwendet.

Da das Vielfachmeßgerät eine eigene Spannungsquelle besitzt, kann es auch zur Durchgangsprüfung verwendet werden. Das Prüfobjekt, welches auch hochohmig sein kann, wird in gleicher Weise wie ein zu messender Widerstand an das Gerät angeschlossen. Der Zeigerausschlag zeigt den Stromdurchgang an.

- ▼ *Messen Sie die Widerstände verschiedener elektrotechnischer Betriebsmittel! Führen Sie Durchgangsprüfungen durch!*

Anwendungsgebiete der Informationselektrik

Informationsübertragung in Vergangenheit und Gegenwart

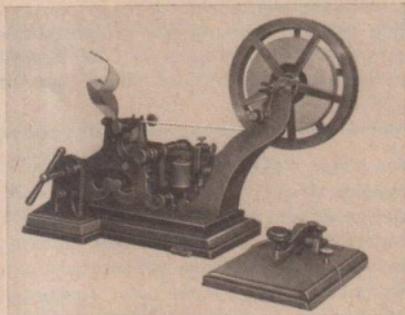
26

Wenn in der Gegenwart Raumflugkörper Informationen über Planeten am Rande unseres Sonnensystems übermitteln können, komplizierte Produktionsprozesse mit Hilfe von Mikrorechnern automatisch ablaufen und die inneren Organe eines lebenden Menschen auf einem Bildschirm abgebildet werden können, so ist dieser Stand der Informationselektrik das Ergebnis einer langen Entwicklung, die von der Schöpferkraft des Menschen zeugt.

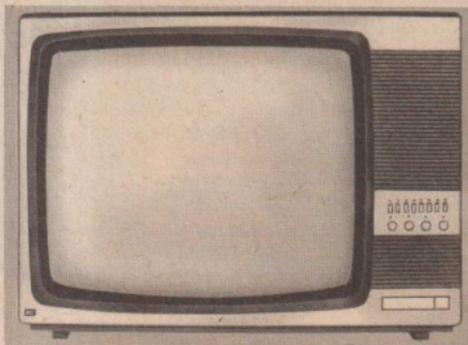
Schon sehr früh versuchten die Menschen, Nachrichten über größere Entfernungen zu übertragen. Am Anfang benutzten sie dabei die verschiedensten akustischen Mittel, aber auch mit Rauchzeichen oder Fackeln wurden schon im Altertum Nachrichten übermittelt. Die ersten Telegrafienlinien entstanden Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich. Die Grundlage war der 1792 von Chappe entwickelte opti-



66/1 Optischer Telegraf



66/2 Morsetelegraf



67/1 und 67/2 Historisches Telefon (um 1890) und Farbfernsehgerät

sche Telegraf, der handbetätigt wurde. Die unterschiedlichen Stellungen der Arme und des Flügels stellten bestimmte Buchstaben des Alphabets dar (Bild 66/1). Dadurch war es erstmals möglich, jede beliebige Nachricht zu übermitteln. Die Übermittlung einer Nachricht quer durch Frankreich dauerte nur wenige Minuten.

Der 1846 von Morse entwickelte elektrische Telegraf (Bild 66/2) war nach vielen vorausgegangenen Versuchen der erste und zuverlässige elektrische Telegraf, der vor allem durch seinen einfachen Aufbau verblüffte. Die Darstellung jedes Buchstaben durch eine bestimmte Kombination von Strichen und Punkten gestattet die Übermittlung jedes beliebigen Textes bei jedem Wetter und zu allen Tages- und Nachtzeiten in noch kürzerer Zeit.

Nur 8 Jahre später stellte Philipp Reis das erste Telefon und damit das erste elektrische Gerät zur Übertragung der menschlichen Sprache vor.

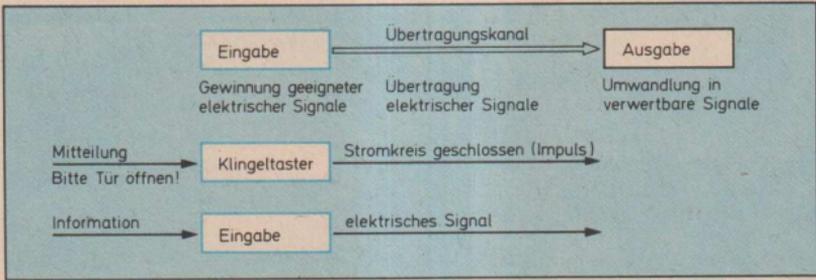
Die ersten Fernsehübertragungen, also die elektronische Übertragung von Bildern, erfolgten ab 1935, nachdem der deutsche Physiker Manfred von Ardenne (geb. 1907) auf der Berliner Funkausstellung die erste elektronische Fernsehanlage vorgestellt hatte.

Aufgaben und Einsatzbereiche der Informationselektrik

27

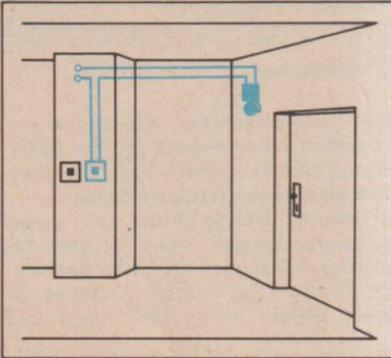
Die Informationselektrik ist ein wichtiger Bereich der Elektrotechnik. In der Informationselektrik werden mit Geräten und Anlagen Mitteilungen, Nachrichten, Daten und Werte von Meßgrößen auch über große Entfernungen übertragen. Das erfordert häufig eine Umwandlung von nichtelektrischen Größen in elektrische Größen und umgekehrt. Daraus leiten sich die **Aufgaben** der Informationselektrik ab: die Gewinnung, Übertragung, Verarbeitung und Nutzung von Informationen durch *elektrische Signale*. Die Informationselektrik hat vielfältige **Einsatzbereiche** in der Produktion und im täglichen Leben.

Ein bedeutendes Anwendungsgebiet ist die Automatisierung der Produktion, zum Beispiel die automatische Steuerung von Werkzeugmaschinen und Industrierobotern (→ Bilder 110/2 bis 111/2). Beispielsweise werden bei einer programmgesteuerten Drehmaschine (→ Bild 111/1) durch Abtasten eines Lochbandes elektrische Signale gewonnen. Im Steuerteil der Maschine werden diese Signale verarbeitet und an Schaltgeräte übertragen. Dort werden sie zur Steuerung von Stellmotoren genutzt (→ LE 13).



68/1 Übertragung elektrischer Signale

68/2 Klingelanlage



Weitere Einsatzbereiche sind

- die Nachrichtentechnik (von der Fernmeldetechnik bis zur Rundfunk- und zur Fernsehtechnik),
- die elektronische Datenverarbeitung und Rechentechnik,
- die Elektroakustik.

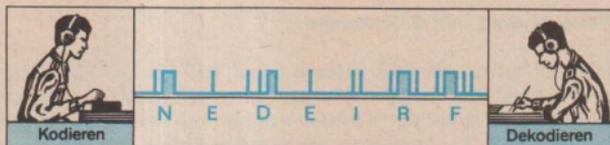
In der Informationselektrik werden in zunehmendem Maße mikroelektronische Bauelemente eingesetzt. Sie ermöglichen Einsparungen an Energie, Masse und Volumen und gestatten zum Teil völlig neue technische Lösungen (↗ Bild 83/1).

Aber selbst eine Hausklingelanlage ist ein Beispiel aus der Informationselektrik, denn allen Anwendungsbeispielen ist die Informationsübertragung gemeinsam.

Die Informationsübertragung erfolgt prinzipiell über eine Informationskette, die aus unterschiedlichen elektrotechnischen bzw. elektronischen oder mikroelektronischen Bauelementen aufgebaut werden kann (Bild 68/1).

Die Informationskette besteht aus *Eingabe*, *Übertragungskanal* und *Ausgabe*. ① **Information und Signal.** Die zu übertragenden Informationen, die z. B. eine persönliche Mitteilung oder Meßdaten von einem Motorprüfstand sein können, werden durch Signale übermittelt. Das können optische, akustische oder elektrische Signale in Form von Stromimpulsen sein.

Informationen sind Mitteilungen, Nachrichten, Daten und Meßgrößen.
Signale sind Träger von Informationen.



Kodierung und Dekodierung. Um Informationen zuverlässig und effektiv übertragen zu können, werden sie in geeigneter Form verschlüsselt (kodiert), beim Empfänger müssen sie dann wieder entschlüsselt (dekodiert) werden.

Eine einfache Form der Kodierung ist die Vereinbarung eines Klingelzeichens, um einen bestimmten Bewohner einer Wohnung an die Tür zu rufen. ③



69/2 Funkausbildung in der GST

► **Kodieren** ist Verschlüsseln in eine für die Übertragung günstige Signalform.
Dekodieren ist Entschlüsseln in eine für den Empfänger günstige Signalform.

Binäre Signale haben nur zwei Informationswerte (ja, nein; es klingelt, es klingelt nicht). Sie sind aber für die Übertragung und Verarbeitung von Informationen besonders geeignet und ergeben kombiniert eine bestimmte Bedeutung. In Bild 69/1 ist das deutlich erkennbar. Somit sind binäre Signale die Grundlage der modernen Datenverarbeitung, der automatischen Steuerung von Werkzeugmaschinen, der modernen Nachrichtenübertragung und der Robotersteuerung.

► Binäre Signale besitzen nur zwei Informationswerte.

Information	logischer Wert	Stromkreis	Spannung	Signal
ja	1	geschlossen	vorhanden	H
nein	0	geöffnet	nicht vorhanden	L

- ① Erläutern Sie die Aufgabe der Informationselektrik an einem selbstgewählten Beispiel des Produktionsbetriebes! Verwenden Sie dabei die Begriffe Eingabe, Übertragungskanal und Ausgabe!
- ② Erläutern Sie an einem selbstgewählten Beispiel die Begriffe Kodieren und Dekodieren. Erklären Sie, warum Informationen kodiert werden müssen!
- ③ Erläutern Sie an einem Beispiel den Begriff „binäres Signal“!

Für den Aufbau der dazu erforderlichen technischen Einrichtungen werden Bauelemente benötigt, die es in ökonomischer Weise ermöglichen, daß der gewünschte Zweck (z. B. Wahl des Fernsehprogramms) erfüllt werden kann. Solche Bauelemente sind z. B. das elektromagnetische Relais, der Transistor und der integrierte Schaltkreis (Bild 70/1).

Diese Bauelemente werden für die unterschiedlichsten Schaltungen der Informationselektrik verwendet.

Schaltungen, die eine Signaleingabe über einen Berührungsschalter (Sensortaste) ermöglichen, sind anders aufgebaut als Schaltungen für den gleichen Zweck, aber mit Druckschalter. Welche Funktionen die Bauelemente in Bild 70/1 bei der Informationsübertragung erfüllen können und welche Schaltungen dazu erforderlich sind, wird in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Signalübertragung durch Relais

Aufgaben und Arbeitsweise des elektromagnetischen Relais.

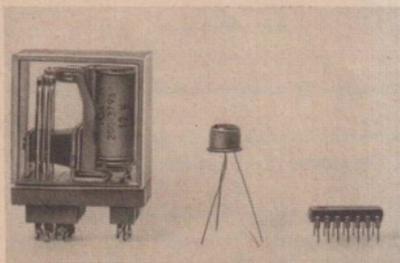
Mit der Entwicklung des elektromagnetischen Relais ist besonders die Entwicklung der drahtgebundenen Fernmeldetechnik (Telefonie) verbunden. Trotz des Vordringens der Elektronik haben diese Bauelemente noch eine große Bedeutung.

Häufig ist es nötig, daß mit einem Eingangssignal mehrere voneinander unabhängige Schaltfunktionen auszulösen sind. Bei bestimmten Aufgaben ist das Ausgangssignal galvanisch vom Eingangssignal zu trennen. Dafür werden elektromagnetische Relais eingesetzt, die in den unterschiedlichsten Bauformen gefertigt werden (Bild 70/2). Alle Relaisstypen bauen sich jedoch aus einigen wenigen Hauptbauteilen auf.

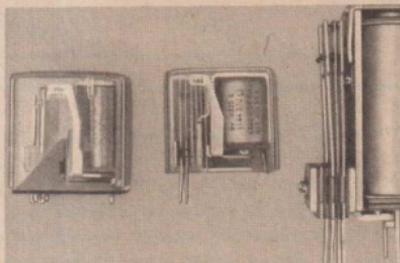
Dies sind:

- die Spule mit Eisenkern und einer oder mehreren Wicklungen (Elektromagnet),
- der aus Kontaktfedern aufgebaute Kontaktsatz (Schaltglieder),
- der Klappanker mit den Betätigungselementen für die Kontakte und den Befestigungselementen (Bild 71/1).

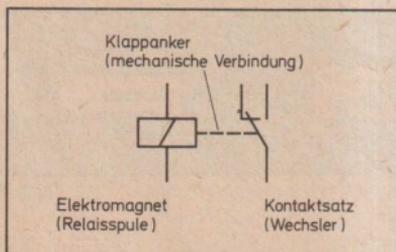
Bei einigen Bauformen von Relais kommt noch eine feste oder abnehmbare Abdeckkappe hinzu. Kontaktsätze können aus Kombinationen von Schließern, Öffnern und Wechslern bestehen.



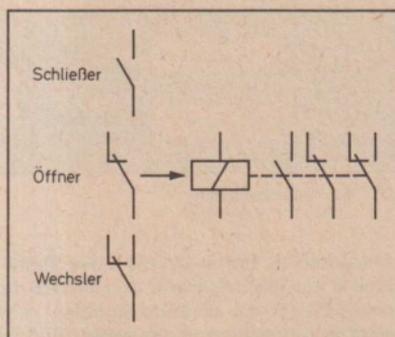
70/1 Relais, Transistor, integrierter Schaltkreis



70/2 Verschiedene Relais

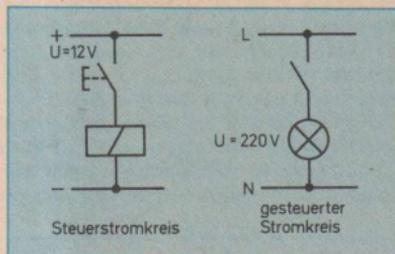


71/1 Aufbau eines Relais



Relaisgrundschaltung. Bei jeder Relaisgrundschaltung sind mindestens zwei Stromkreise zu unterscheiden:

1. Steuerstromkreis (Erregerstromkreis): Er ist durch die Wickeldaten der Spule bestimmt. Die Erregerspannung ist damit festgelegt (z. B. 12 V).
2. Gesteuerter Stromkreis (Arbeitsstromkreis): Für ihn werden die Höchstwerte der Ströme und Spannungen angegeben, die geschaltet werden können.



71/2 Relaiskontakte
71/3 Relaisgrundschaltung

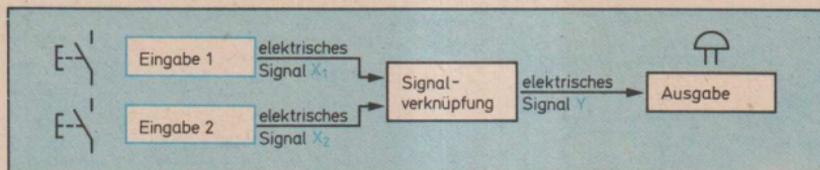
Beide Stromkreise sind voneinander elektrisch isoliert und können von unterschiedlichen Spannungsquellen betrieben werden. Im Schaltplan muß die bestehende mechanische Verbindung nicht in jedem Fall gezeichnet werden (Bild 71/3). In Schaltplänen mit mehreren Relais werden die Relaisspulen und die jeweils dazugehörigen Kontaktsätze mit gleichen großen Buchstaben gekennzeichnet.

Bei Relaisschaltungen werden Signale von einem Stromkreis auf einen anderen Stromkreis übertragen.

- Bauen Sie eine Relaisschaltung nach Bild 71/3 auf und erproben Sie die Schaltung!
Messen Sie den Strom in beiden Stromkreisen!

Schaltungen zur Signalverknüpfung. In einem großen Wohnhaus gibt es für jede Wohnung je einen Klingeltaster an der Haus- und Wohnungstür, d. h., es sind zwei Eingaben für die Informationen vorhanden. Die Klingel (Ausgabe) in der Wohnung muß läuten, wenn an der Haustür (Eingabe 1) oder an der Wohnungstür (Eingabe 2) der Klingeltaster gedrückt wird, also ein H-Signal anliegt (Bild 72/1). Das erfordert eine bestimmte Schaltung für die Signalverknüpfung.

Ein weiteres Beispiel für die Verknüpfung von Signalen ist eine Aufzugssteuerung in einem Wohnhaus. Die Steuerung ist zur Sicherheit der Fahrgäste so aufgebaut, daß der Motor nur anläuft, wenn eine Etage angewählt wurde und wenn die Tür ge-



72/1 Signalverknüpfung

5

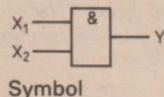
geschlossen ist. Durch Drücken des Tasters (H-Signal) und Schließen der Tür (H-Signal) ist die Bedingung für den Betrieb des Aufzugs erfüllt. Dieses Prinzip der Signalverknüpfung von binären Signalen wird auch bei der Zweihandbedienung einer Werkzeugmaschine angewendet (Bild 40/1).

Bei diesen Verknüpfungsschaltungen werden die Schaltkontakte in Reihe oder parallel geschaltet. Diese Schaltungen können mit Relais aufgebaut werden. In der Schaltung nach Bild 73/1 sind die Schließkontakte von zwei Relais in Reihe geschaltet. Ist der Kontakt K1 und der Kontakt K2 geschlossen, so ist der gesteuerte Stromkreis geschlossen, und die Lampe leuchtet auf.

Diese Möglichkeit der Signalverknüpfung bezeichnet man als UND-Verknüpfung. Bei der Relaischaltung in Bild 73/2 leuchtet die Lampe H dann auf, wenn K1 oder K2 geschlossen sind, denn die Schaltkontakte sind parallel geschaltet. Diese Möglichkeit der Signalverknüpfung bezeichnet man als ODER-Verknüpfung.

UND-Verknüpfung:

Am Ausgang liegt nur dann ein „H“-Signal an, wenn *beide* Eingänge „H“-Signal führen.



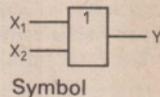
Symbol

x_1	x_2	y
L	L	L
H	L	L
L	H	L
H	H	H

Schaltbelegungstabelle

ODER-Verknüpfung:

Am Ausgang liegt dann ein „H“-Signal an, wenn *ein* ODER mehrere Eingänge „H“-Signal führen.



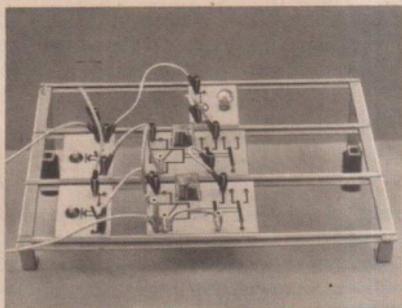
Symbol

x_1	x_2	y
L	L	L
H	L	H
L	H	H
H	H	H

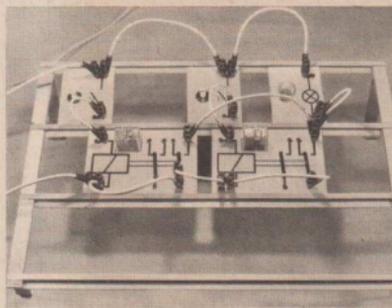
Schaltbelegungstabelle

Bauen Sie die Schaltung Bild 73/2 zur Realisierung der ODER-Verknüpfung systematisch auf! Überprüfen Sie die möglichen Signalverknüpfungen!

Anwendung von Relaischaltungen. Schaltungen zur Realisierung der UND-Verknüpfung von Signalen werden immer dann angewendet, wenn ein Ausgangssignal davon abhängig gemacht werden muß, daß *alle* Eingabebedingungen in gleicher Weise erfüllt sind. Notwendigerweise werden diese Schaltungen bei Anlagen angewendet, die bestimmten Sicherheitsvorschriften genügen müssen. Das ist z. B. bei



73/1 UND-Schaltung mit Relais



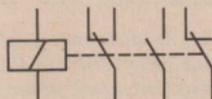
73/2 ODER-Schaltung mit Relais

den verschiedenen Transporteinrichtungen und bei der Bedienung von bestimmten Maschinen (Pressen, Stanzen) der Fall. Schaltungen zur Realisierung der ODER-Verknüpfung von Signalen werden in großem Maße bei Überwachungseinrichtungen angewendet. Sie signalisieren Störungen, wenn an einer Maschine ein Lager heißläuft oder das Kühlwasser ausbleibt oder die Schmierung versagt. Weiterhin werden Schaltungen mit Relais auch bei Alarmanlagen angewendet.

Vor- und Nachteile. Elektromagnetische Relais sind dort vorteilhaft einzusetzen, wo es erforderlich ist, unterschiedliche Stromkreise elektrisch zu trennen. Die zwei getrennten Stromkreise der Relaischaltung ermöglichen die Anwendung von Schutzkleinspannung an den Schaltgeräten des Steuerstromkreises. Damit wird die Sicherheit für den Werk tätigen, der die elektrische Anlage bedient, erhöht.

Nachteilig sind gegenüber elektronischen und mikroelektronischen Bauelementen der größere Energie- und Materialbedarf. Auch der Raumbedarf für diese Bauelemente ist wesentlich größer. Schließlich können von elektromagnetischen Relais die Signale nicht in den für Rechner erforderlichen Geschwindigkeiten übertragen werden. So erreichen Relais im Höchstfall 50 Schaltspiele in einer Sekunde. Würde ein Signal 50 Relais durchlaufen, so wäre dazu die Zeit von einer Sekunde erforder-

- ① Wieviel voneinander unabhängige Schaltfunktionen können mit dem abgebildeten Relais ausgelöst werden? Aus welchen Kontakten besteht der Kontaktsatz?
- ② Welchen Kontaktsatz haben die Relaisbausteine des SEG?
- ③ Lesen Sie den Schaltplan Bild 71/3!



- ④ Begründen Sie aus dem Aufbau des Relais, warum die beiden Stromkreise einer Relaischaltung elektrisch nicht miteinander verbunden sind!
- ⑤ Welche Verknüpfungsschaltung liegt bei einer Hausklingelanlage mit zwei Klingeltastern (Bild 72/1) vor?
- ⑥ In einem Kontrollraum eines Produktionsbetriebes soll eine Warnleuchte dann aufleuchten, wenn an bestimmten Kontrollpunkten ein Fehler vorliegt. Nach welchem Prinzip sind die Signale zu verknüpfen?
- ⑦ Nennen Sie Beispiele für die Anwendung von Signalverknüpfungen aus Ihrem Produktionsbetrieb!
- ⑧ Vergleichen Sie die Schaltbelegungstabellen der UND- und ODER-Verknüpfung, und formulieren Sie Ihre Erkenntnis!

lich. In modernen Steuerrechnern für die Steuerung von Industrierobotern muß aber eine Information mehrere Tausend Verarbeitungsstufen durchlaufen. Das würde bei Verwendung von Relais einige Minuten dauern. So aber kann die erforderliche Effektivität nicht erreicht werden.

Transistorschaltungen

30

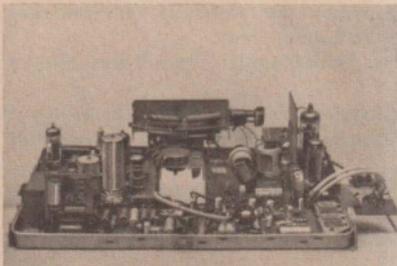
Vom elektromechanischen zum elektronischen Bauelement. Elektromechanische Bauelemente, die noch in den 50er Jahren in der Lage waren, die in einer Produktionsanlage zu erfassenden und zu verarbeitenden Informationen mit 10 bis 30 Schaltvorgängen in der Sekunde zu beherrschen, genügten den neuen Anforderungen an die Informationsübertragung bald nicht mehr. Es mußte nach neuen technischen Lösungen gesucht werden, die auf anderen Wirkprinzipien beruhten. Nicht nur die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Informationen spielte dabei eine Rolle. Es mußten auch Forderungen im Hinblick auf

- wesentlich geringere Masse,
- wesentlich geringeren Energieaufwand,
- wesentlich geringere Störanfälligkeit und
- höhere Lebensdauer gestellt werden.

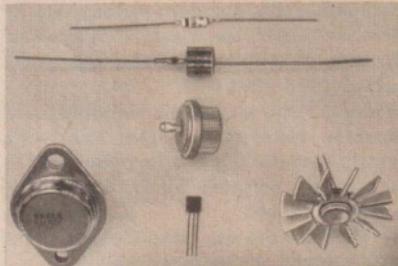
Das erforderte prinzipiell neue Lösungen, nachdem auch der Einsatz und die Weiterentwicklung der Vakuumröhren (Bild 74/1), die auch in Rundfunkempfängern eingesetzt wurden, ihre Grenzen erreicht hatten. Intensive Forschungsarbeit mit den Halbleitern Silizium und Germanium führten zur Halbleiterdiode und zum Transistor (1948). Die amerikanischen Physiker I. Bardeen und W. H. Brittain erhielten gemeinsam mit dem britischen Physiker W. Shockley dafür 1956 den Nobelpreis. Der Transistor, der ebenfalls ständig durch neue Herstellungstechnologien weiterentwickelt wurde, kann im Prozeß der Informationsübertragung vor allem zur Verstärkung der Signale, aber auch zur Erfüllung von Schaltfunktionen eingesetzt werden.

Der **Transistor** ist ein Halbleiterbauelement, mit dessen Hilfe elektrische Signale gesteuert werden.

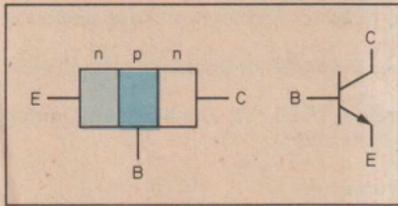
Die Transistoren leiteten eine neue Etappe in der Informationselektrik ein, denn dieses Halbleiterbauelement erfüllte die gestellten Anforderungen und ist somit dem elektromagnetischen Relais überlegen. Der Nachteil des Transistors besteht vor al-



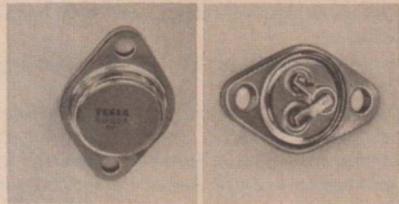
74/1 Vakuumröhren im Empfänger



74/2 Halbleiterdioden und Transistoren



75/1 Aufbau des Transistors, Schaltzeichen



75/2 Transistor (Draufsicht mit und ohne Gehäuse)

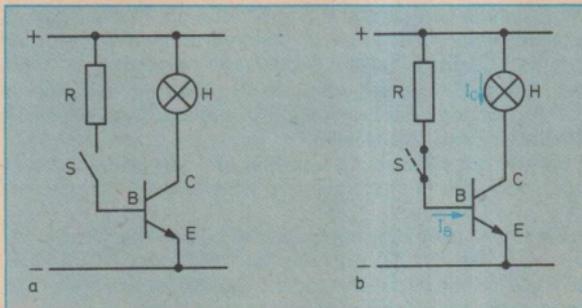
lem in seiner Empfindlichkeit gegenüber höheren Temperaturen. Bereits bei seinem Einbau in die Schaltung, aber auch während des Betriebes müssen Maßnahmen zur Wärmeableitung (bzw. Kühlung) getroffen werden.

Aufbau und Wirkungsweise des Transistors. Der Transistor (Bild 75/1) ist ein Halbleiterbauelement mit drei Anschlüssen (Elektroden). Er wird vorwiegend mit Silizium als Grundmaterial hergestellt. Die Bezeichnung npn-Transistor bedeutet, daß der Transistor aus einer Folge von drei Gebieten mit unterschiedlichen Leitungseigenschaften besteht (n – Überschuß an Elektronen, p – Mangel an Elektronen, n – Überschuß an Elektronen).

Transistor als Schalter. Mit elektromechanischen Schaltgeräten können elektrische Stromkreise geschlossen oder geöffnet werden. Sie dienen auch der Eingabe von Informationen, wie das bei einer Hausklingelanlage, einem Schalter an einer Werkzeugmaschine oder einer Haushaltswaschmaschine der Fall ist. Auch elektronische Bauelemente können die Funktion eines Schalters ausführen, also Stromkreise schließen oder öffnen.

Der Transistor kann als kontaktloser elektronischer Schalter verwendet werden.

In Bild 75/3 ist die Schaltung eines npn-Transistors dargestellt. Ein Strom ist nur in Pfeilrichtung des Transistors (Emitter) möglich. In der Schaltung Bild 75/3a leuchtet die Lampe H nicht, obwohl ein Stromfluß vom Pluspol über die Lampe und den Transistor (C nach E) möglich wäre. Erst wenn wie in Bild 75/3b ein Basisstrom I_B fließen kann bzw. die Basis B an den Pluspol angeschlossen ist, fließt ein Strom I_C über die Glühlampe, denn der Stromkreis ist jetzt geschlossen.



75/3 a, b Schaltpläne zur Wirkung des npn-Transistors als Schalter

Mit dem Basis-Emitterstromkreis kann der Kollektor-Emitterstromkreis gesteuert werden.

Schalter geöffnet: Es fließt kein Basisstrom I_B . Die Kollektor-Emitterstrecke ist nicht leitfähig ($R \rightarrow \infty$).

Schalter geschlossen: Es fließt ein Basisstrom I_B ($R < 0,1 \Omega$). Die Kollektor-Emitterstrecke ist leitfähig. Es fließt I_C , die Lampe H leuchtet.

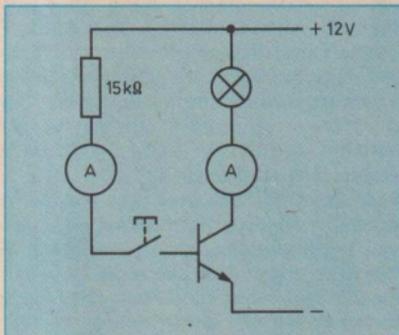
Steuerstromkreis: Basis-Emitterstromkreis

Gesteuerter Stromkreis: Kollektor-Emitterstromkreis

Im Transistor fließt nur dann ein Kollektorstrom I_C , wenn ein Basisstrom I_B fließt.

Transistor als Stromverstärker. Wird in einer Transistorschaltung der Basisstrom I_B (Steuerstromkreis) und der Kollektorstrom I_C (gesteuerter Stromkreis) gemessen, so zeigen sich erhebliche Unterschiede. Je nach Typ des Transistors ist dabei I_C 20- bis 1000mal größer als I_B (Bild 76/1).

Die Stromverstärkung B ist der Quotient $\frac{I_C}{I_B}$.



76/1 Transistorschaltung mit Meßgeräten

Meßwerte: $I_B = 0,8 \text{ mA}$
 $I_C = 400 \text{ mA}$

Stromverstärkung: $B = \frac{I_C}{I_B}$

Ergebnis: $B = \frac{400 \text{ mA}}{0,8 \text{ mA}} = 500$

Die Stromverstärkung beträgt 500, d. h., der Kollektorstrom I_C ist 500mal größer als der Basisstrom I_B .

In vielen Bereichen der Technik wird die hohe Stromverstärkung des Transistors ausgenutzt. Transistoren, die Leistungen von 1...3 kW schalten können und dabei nur wenige mA Basisstrom benötigen, werden vor allem in Konsumgütern eingesetzt.

Diese Transistoren sind für Spannungen bis 400 V und Ströme bis 10 A ausgelegt. Die Stromverstärkung beträgt etwa 1000. Auch in der Fahrzeugelektrik werden Transistoren zur Steuerung der Zündung und der Blinkanlage eingesetzt. In Rundfunk- und Fernsehgeräten haben die verschiedensten Transistoren die Röhren schon vor Jahren abgelöst. Am Eingang der Empfänger verstärken Transistoren die sehr schwachen hochfrequenten Eingangssignale.

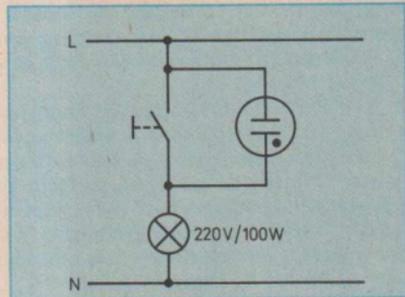
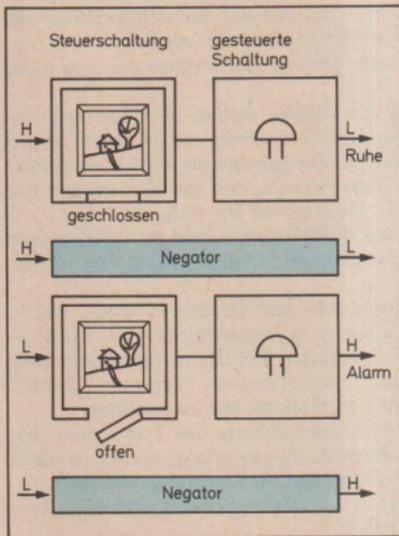
Die Verarbeitung dieser Signale zur Gewinnung von Bild und Ton und zur Erzeugung der Ausgangsleistung von 5...50 W und mehr wird ebenfalls von Transistoren ausgeführt.

Negation eines Signals. Signale können übertragen und in bestimmter Weise miteinander verknüpft werden, z. B. bei der Realisierung der UND- oder ODER-Funktion. In bestimmten Fällen ist es jedoch auch erforderlich, Signale zu negieren, d. h., ihren Wert umzukehren, um einen gewünschten Vorgang auszulösen.

Negation eines Signals:

H-Signal wird L-Signal, L-Signal wird H-Signal.

Die Negation eines Signals erfolgt zum Beispiel bei Sicherungs- oder Alarmanlagen, die dem Schutz eines Raumes oder eines Objektes (z. B. Kunstgegenstandes) dienen. Diese Alarmanlagen bestehen im allgemeinen aus einer Relaischaltung mit zwei Stromkreisen. Ist die dem Schutz des Objektes dienende Schaltung (Steuerschaltung) eingeschaltet (H-Signal), so ist die Schaltung für die Alarmauslösung (gesteuerte Schaltung) ausgeschaltet (L-Signal). Wird aber der Stromkreis der Steuerschaltung unterbrochen, so wird das H-Signal negiert. Das bedeutet Negation des L-Signals des gesteuerten Stromkreises, also eingeschalteter Zustand (H-Signal). Der Alarm wird ausgelöst (Bild 77/1). ④



77/2 Schalter mit Glimmlampe

77/1 Alarmanlage und Negation

- ① Ein Transistor hat eine Signalverarbeitungszeit von 10^{-6} s. Ein Signal hat 50 Transistorstufen zu durchlaufen. Errechnen Sie die Verarbeitungszeit! Vergleichen Sie diese mit der Verarbeitungszeit bei Relaisstufen!
- ② Berechnen Sie für den Transistor SF 126 die Strom- und Schaltleistungsverstärkung, wenn $I_B = 5$ mA bei $0,7$ V und $I_C = 500$ mA bei $U_B = 20$ V betragen!
- ③ Bereits sehr geringe Ströme im Basisstromkreis ($I_B < 1$ mA) reichen aus, um den Kollektorstromkreis durchzusteuern. Überlegen Sie, welche Anwendungsmöglichkeiten sich daraus für den Einsatz des Transistors als Schalter in der Steuer- und Regelungstechnik ergeben!
- ④ Nennen Sie Beispiele für die Negation eines Signals aus der Produktion und Ihrem Erfahrungsbereich!

Negator: Schaltung, bei der der Ausgangszustand des Signals die Umkehrung des Eingangszustandes ist.

Die Negation eines Signals ist auch mit einem Transistor möglich.

Bauen Sie die Schaltung nach Bild 78/1 auf! Beobachten Sie den Spannungsmesser bei geöffnetem und geschlossenem Tastschalter!

Der Spannungsmesser zeigt folgende Reaktion:

1. Vollausschlag (H) bei geöffnetem Tastschalter, d. h. bei offener Basis (L).
2. Kein Ausschlag (L) bei geschlossenem Tastschalter, d. h. bei angeschlossener Basis (H).

In dieser Schaltung wirkt der Transistor als Negator. Die Arbeitsweise dieser Schaltung, bei der der Transistor als Negator wirkt, kann aus der Schalterfunktion des Transistors und der Reihenschaltung von Widerständen erklärt werden.

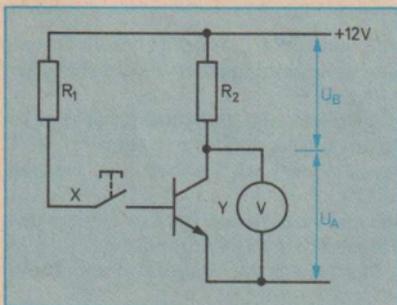
1. Die Kollektor-Emitterstrecke stellt einen sehr großen Widerstand dar, wenn die Basis offen ist bzw. $I_B = 0$.
2. Der Widerstand R_2 und die Kollektor-Emitterstrecke stellen eine Reihenschaltung von Widerständen in einem unverzweigten Stromkreis dar. In einem unverzweigten Stromkreis verhalten sich die Teilspannungen wie die Teilwiderstände.

Ist der Tastschalter geöffnet, so fließt kein Basisstrom I_B und der Widerstand der Kollektor-Emitterstrecke ist viel größer als R_2 . Deshalb ist $U_A \approx U_B$.

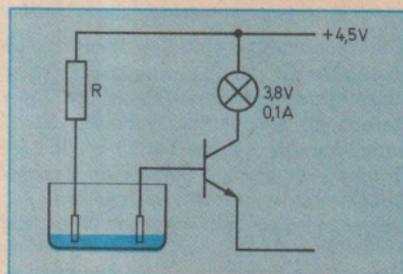
Ist der Tastschalter geschlossen, so fließt der Basisstrom I_B und der Widerstand der Kollektor-Emitterstrecke, die einem geschlossenen Schalter entspricht, ist nun viel kleiner als R_2 . Deshalb ist $U_A \approx 0$ V.

Anwendung der Stromverstärkung des Transistors bei der Sensortaste. Der in Bild 79/1 dargestellte Rundfunkempfänger weist eine Besonderheit auf. Die Programmwahl erfolgt nicht mit mechanischen Kontakten. Bei Überbrücken von zwei kleinen Metallflächen mit dem Finger wird auf elektronischem Wege eine Schaltfunktion ausgelöst. Dieses Schaltelement wird als Sensortaste bezeichnet.

Ein solches Schaltelement nutzt die große Stromverstärkung des Transistors. Bei der Überbrückung mit dem Finger wird ein Stromkreis geschlossen, und es fließt durch den Finger ein Strom ($I < 1$ mA). Der nachfolgende Transistor verstärkt diesen Strom auf das 100- bis 1000fache. Mit diesem verstärkten Strom wird dann eine Schaltfunktion im Rundfunkempfänger ausgelöst.

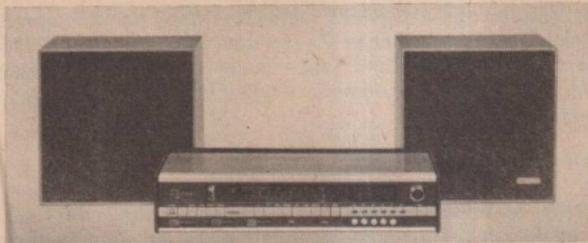


78/1 Transistorschaltung mit Meßgerät



78/2 Meldeschaltung

①



79/1 Rundfunkempfänger mit Sensortasten

▶ **Sensortaste:** Kontaktloser elektronischer Schalter, bei dem durch Berührung mit dem Finger eine elektronische Schaltfunktion ausgelöst wird.



Schaltzeichen

Ein Sensor ist im naturwissenschaftlichen und technischen Sinne mehr als ein Schalter. Er ist ein Fühler zum Aufnehmen und Verarbeiten optischer, akustischer oder mechanischer Signale und wandelt diese in elektrische Signale um. Solche Sensoren können Funktionen menschlicher Sinnesorgane übernehmen. In der Umgangssprache wird im allgemeinen ein auf Berührung ansprechender Schalter als Sensortaste bezeichnet. Das Bedienteil eines Rundfunkempfängers (Bild 79/1) löst beim Berühren (Überbrücken) der beiden Kontaktflächen einer Sensortaste einen Schaltvorgang zur Herstellung eines bestimmten Schaltzustandes aus, der erst durch Berühren einer anderen Sensortaste verändert wird. Dazu ist eine komplizierte elektronische Schaltung erforderlich.

Mit einer Sensorschaltung ist auch eine Negation von Signalen möglich.

▼ *Bauen Sie den Taster aus der Schaltung nach Bild 78/1 aus! Nehmen Sie die Leitung vom Widerstand R_1 in die linke Hand und die Basisleitung in die rechte Hand! Beobachten Sie, unter welchen Bedingungen der Zeiger des Meßgerätes gegen Null geht! Vervollständigen Sie die Tabelle, indem sie L oder H eintragen!*

x	y
Sensortaste nicht berührt	Meßgerät
Sensortaste berührt	Meßgerät

- ① In einem Betrieb wird der Wasserstand in einem Vorratsbehälter durch eine einfache Meldeschaltung unter Verwendung eines Transistors überwacht (Bild 78/2). Der Strom in der Flüssigkeit ist sehr gering.
Wann leuchtet die Lampe auf? Begründen Sie Ihre Antwort!
- ② Entwerfen Sie eine Meldeschaltung für den Flüssigkeitsstand, bei der eine Signallampe aufleuchtet, wenn ein Füllstandsminimum unterschritten wird!

Vor- und Nachteile. Die Vorteile des Transistors gegenüber dem elektromagnetischen Relais und der Elektronenröhre bestehen im geringen Raumbedarf und Materialaufwand, der hohen Schaltfrequenz und Lebensdauer sowie dem geringen Energiebedarf. Nachteilig ist die Temperaturempfindlichkeit des Transistors.

Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen

31

Vom Bauelement zum integrierten Schaltkreis. In der Produktion und in der Technik hat sich seit Beginn der 80er Jahre der Grad der Automatisierung sprunghaft erhöht. Es ist gelungen, komplizierte Bewegungsabläufe automatisch zu steuern sowie routinemäßige Verwaltungsarbeiten zu automatisieren. Zur Lösung dieser Aufgaben war es erforderlich, komplizierte und umfangreiche Steuerungsanlagen zu entwickeln und zu bauen. Zwei Anwendungen dieser modernen Steuerungsanlagen sind in den Bildern 80/1 und 80/2 dargestellt.

Diese automatischen Steuerungsanlagen stellen hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitung. Solche Forderungen sind z. B.

- hohe Zuverlässigkeit,
- niedriger Energiebedarf,
- geringe Masse und geringes Volumen.

Das Problem ist also, auf geringstem Raum viele Bauelemente bei Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit der Schaltung unterzubringen. Dem Einlöten einzelner Bauelemente auf Leiterplatten sind hier technologische und ökonomische Grenzen gesetzt.

Die in Bild 81/1 dargestellte Signalverknüpfungsschaltung mit Transistoren, Diode und Widerständen würde auf einer Leiterplatte von einigen cm² Platz finden. Über 20 Lötstellen wären zur Realisierung dieser Schaltung nötig. Jede Lötstelle stellt jedoch auch zugleich eine mögliche Defektstelle dar.

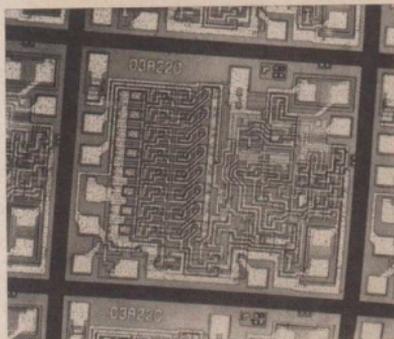
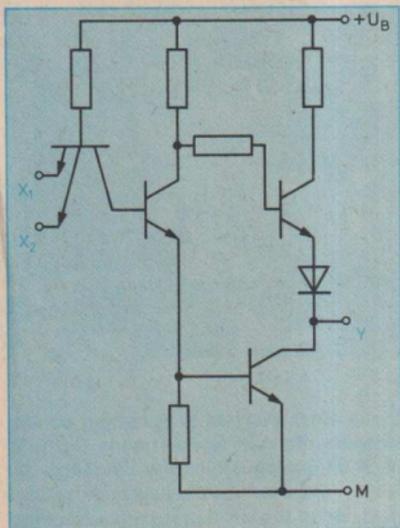
In der automatisierten Produktion werden zur Lösung der Steuerungsaufgaben ei-



80/1 Fahrkartenautomat



80/2 Numerisch gesteuerter Bonder für die Herstellung integrierter Schaltkreise



81/2 Siliziumchip

81/1 Signalverknüpfungsschaltung

nige hundert, ja sogar einige tausend solcher Signalverknüpfungsschaltungen, wie in Bild 81/1 dargestellt, benötigt. Das würde einige zehntausend Lötstellen und einen riesigen Platzbedarf bedeuten. Die Zuverlässigkeit einer solchen Schaltung würde nicht sehr hoch sein.

Es galt also, nach neuen technischen Lösungen zu suchen.

Aufbau und Einteilung integrierter Schaltkreise. Es ist gelungen, auf einem Siliziumplättchen (Chip) von wenigen mm² komplette elektronische Schaltungen unterzubringen. Die Entwicklung der integrierten Schaltkreise führte zur Herausbildung einer qualitativ neuen Entwicklungsstufe der Elektronik, der Mikroelektronik.

▶ Unter dem Begriff **Mikroelektronik** verstehen wir die Anwendung integrierter Schaltkreise in Technik und Produktion sowie die Technik und Technologie ihrer Herstellung.

▶ Ein **integrierter Schaltkreis** ist eine in einem Bauelement verwirklichte umfangreiche elektronische Schaltung auf einem Siliziumplättchen von wenigen mm².

Die integrierten Schaltkreise lassen sich hinsichtlich ihrer Signalverarbeitung in zwei große Gruppen einteilen. Analoge integrierte Schaltkreise verarbeiten analoge Signale, digitale integrierte Schaltkreise verarbeiten digitale Signale. Analoge integrierte Schaltkreise werden vielseitig eingesetzt:

- in Rundfunk- und Fernsehgeräten,
- in Kameras sowie
- in Anlagen der Nachrichtentechnik und der Militärtechnik.

In der automatischen Steuerungstechnik werden fast ausschließlich digitale integrierte Schaltkreise verwendet.



82/1 Kontrolle der produzierten Schaltkreise

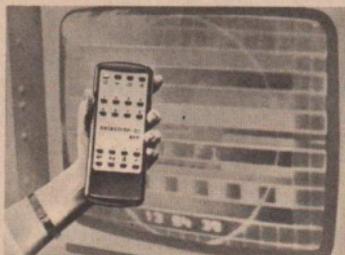
Digitale integrierte Schaltkreise bestehen aus einer Vielzahl unabhängig voneinander funktionierender logischer Grundfunktionen, die man *Gatter* nennt. Der prinzipielle Aufbau solcher Schaltkreise ist in Bild 82/3 dargestellt. Die Eingänge der Gatter werden mit dem Großbuchstaben A bzw. B gekennzeichnet, die Ausgänge mit dem Großbuchstaben Y. Bild 82/3 zeigt, daß für alle im Schaltkreis vorhandenen Gatter nur eine einzige Stromversorgung notwendig ist.

► **Gatter** sind mikroelektronische Funktionseinheiten mit bestimmter Logikstruktur und bilden Grundbausteine digitaler integrierter Schaltkreise.

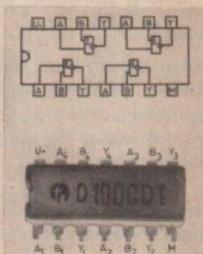
Digitale integrierte Schaltkreise können nur die Informationswerte Spannung vorhanden = H-Signal und keine Spannung vorhanden = L-Signal unterscheiden.

In der DDR und international werden häufig TTL-Schaltkreise verwendet (TTL: Transistor-Transistor-Logik).

► **TTL-Schaltkreise** sind digitale integrierte Schaltkreise, in denen die logischen Grundfunktionen fast ausschließlich durch das Zusammenwirken von Transistorfunktionen realisiert werden.



82/2 Fernsehgerät mit Fernbedienung



82/3 Aufbau eines digitalen integrierten Schaltkreises

Wichtige technische Daten von TTL-Schaltkreisen sind:

Betriebsspannung (U_B): 4,75 ... 5,25 V

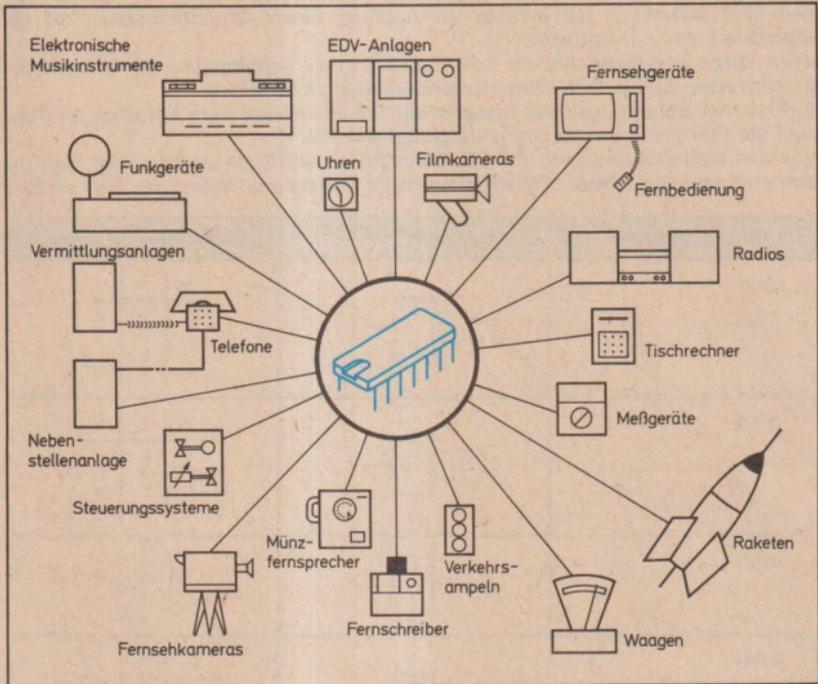
Massepotential: 0 V

L-Signal: 0 ... 0,4 V

H-Signal: 2,4 ... 5 V

verbotener Bereich: 0,5 ... 2,3 V

Die bisherige Entwicklung der Mikroelektronik führte zu immer höheren Leistungsgrößen, sinkenden Kosten und durch neue Gebrauchswerteigenschaften zu immer weiteren Einsatzbereichen. Durch den Einsatz von integrierten Schaltkreisen mit einigen zehntausend Transistorfunktionen pro Schaltkreis können 80 % der Entwicklungszeit elektronischer Geräte eingespart und der Fertigungsaufwand bis zu 70 % gesenkt werden. ^①



83/1 Anwendungsbereiche integrierter Schaltkreise

- ① Die Betriebsspannung für TTL-Schaltkreise wird in den Toleranzen von 4,75 V bis 5,25 V angegeben. Begründen Sie, warum diese Werte eingehalten werden müssen!
- ② Begründen Sie, warum der Einsatz der Mikroelektronik in allen Bereichen der Volkswirtschaft ein entscheidender Faktor für die Steigerung der Arbeitsproduktivität ist!

Die Entwicklung in der Fertigung elektronischer Bauelemente geht eindeutig zum integrierten Schaltkreis. Parallel dazu verläuft die Entwicklung des Einsatzes integrierter Schaltkreise. Es gibt heute bereits kaum noch einen Bereich der Volkswirtschaft, in dem die Mikroelektronik keinen Einzug gehalten hat (Bild 83/1).

Schaltungen zur Signalverknüpfung. In der Automatisierungstechnik, der Steuerungs- und Regelungstechnik müssen eine Vielzahl von Signalen miteinander verknüpft werden, um das gewünschte Schaltverhalten einer Maschine bzw. Anlage zu erreichen. Diese Signalverknüpfung geschieht mit Signalverknüpfungsschaltungen. Grundelemente dieser Signalverknüpfungsschaltungen sind die logischen Grundfunktionen (Bild 84/1).

In der modernen Produktion und Technik werden die Aufgaben der Signalverknüpfung immer häufiger mit integrierten Schaltkreisen gelöst. Diese haben den Vorteil, daß in einem einzigen Bauelement bereits mehrere logische Grundfunktionen realisiert sind und durch die externe Verknüpfung dieser Grundfunktionen die gewünschte Logik erreicht wird.

Beim Lesen von Schaltplänen und Aufbauen von Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen sind jedoch einige Besonderheiten zu beachten.

Aufbau von Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen. Dem Schaltungsaufbau wird die Informationskette zugrunde gelegt (Bild 85/1).

Aus den technischen Daten der TTL-Schaltkreise auf S. 83 erkennt man, daß die Betriebsspannung dieser Schaltkreise einen konstanten Wert von $5\text{ V} \pm 0,25\text{ V}$

Logische Grundfunktionen	Schaltsymbol	Schaltbelegungstabelle															
UND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X₁</th> <th>X₂</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	X ₁	X ₂	Y	L	L	L	L	H	L	H	L	L	H	H	H
X ₁	X ₂	Y															
L	L	L															
L	H	L															
H	L	L															
H	H	H															
ODER		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X₁</th> <th>X₂</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	X ₁	X ₂	Y	L	L	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H
X ₁	X ₂	Y															
L	L	L															
L	H	H															
H	L	H															
H	H	H															
NICHT		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	L	H	H	L									
X	Y																
L	H																
H	L																
NAND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X₁</th> <th>X₂</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> </tbody> </table>	X ₁	X ₂	Y	L	L	H	L	H	H	H	L	H	H	H	L
X ₁	X ₂	Y															
L	L	H															
L	H	H															
H	L	H															
H	H	L															
NOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X₁</th> <th>X₂</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> </tbody> </table>	X ₁	X ₂	Y	L	L	H	L	H	L	H	L	L	H	H	L
X ₁	X ₂	Y															
L	L	H															
L	H	L															
H	L	L															
H	H	L															

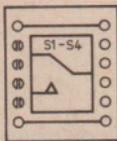
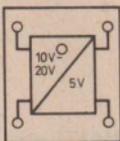
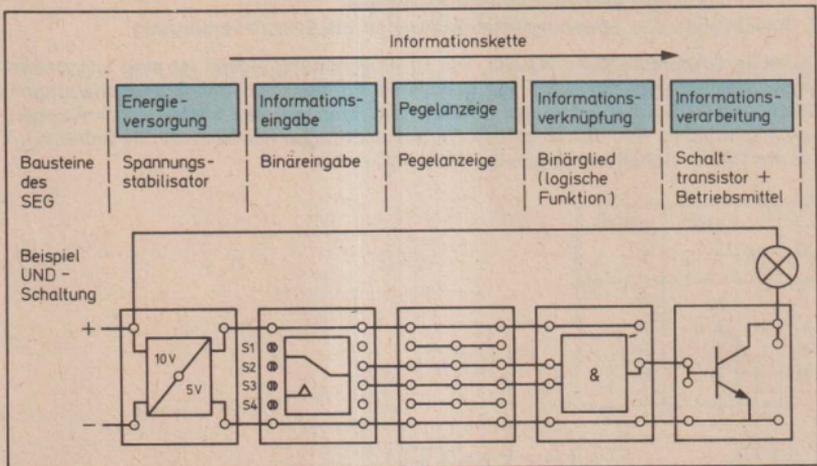
84/1 Logische Grundfunktionen

Gleichspannung aufweisen muß. In der Technik sind hierfür besondere Netzteile entwickelt worden.

Im Schülerexperimentiergerät garantiert der Spannungsstabilisatorbaustein (Bild 85/2) bei einer Eingangsspannung von 10 bis 20 Volt Gleichspannung bzw. 10 bis 16 V Wechselspannung immer eine Ausgangsspannung von 5 V Gleichspannung. In den bisher behandelten elektrotechnischen Schaltungen wurden zum Öffnen und Schließen von Stromkreisen Stellschalter bzw. Taster verwendet. Diese Schaltergeräte genügen den Anforderungen der Mikroelektronik nicht immer, deshalb übernehmen in der Mikroelektronik oft Sensortasten deren Aufgabe (Bild 85/3).

Der in Bild 85/3 dargestellte Binäreingabebaustein mit Sensortasten liefert bei Berührung der beiden Kontaktflächen ein H-Signal und bei Nichtberührung ein L-Signal.

Sensortaste	Ausgangssignal
berührt	H
nicht berührt	L



85/1 UND-Schaltung mit integrierem Schaltkreis

85/2 Spannungsstabilisator

85/3 Binäreingabe mit Sensortasten

- Erklären Sie, was passieren würde, wenn bei Verwendung einer nicht stabilisierten Spannungsquelle der Signalpegel H auf einen Spannungswert von 2 V absinken würde!
- Nennen Sie zwei Anwendungsbeispiele für die logische Grundschiung UND!

Die dargestellte UND-Schaltung in Bild 85/1 zeigt den prinzipiellen Aufbau von Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen. In Bild 84/1 ist erkennbar, daß nicht der gesamte integrierte Schaltkreis dargestellt wird, sondern nur die entsprechende logische Grundfunktion. Diese logischen Grundfunktionen können nur die Signalwerte L und H unterscheiden und verarbeiten und wurden deshalb auch Binärglieder genannt.

Vergleichen wir die in Bild 85/1 dargestellte Schaltung mit den bereits bekannten Relais- und Transistorschaltungen, so stellen wir fest, daß wir bei dieser Schaltung zwischen der Energieversorgung der Bausteine und dem Signalfluß unterscheiden müssen. Bei der Darstellung dieses Schaltungsaufbaus im Schaltplan wird lediglich der Signalfluß dargestellt.

Schrittfolge zum Aufbau von Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen

1. Anordnen der Bausteine im Arbeitsgestell
2. Herstellen der Energieversorgung aller Bausteine durch Anschluß an den Spannungstabilisatorbaustein
3. Herstellen des Signalflusses
4. Anschließen des elektrischen Betriebsmittels
5. Anschließen des Spannungstabilisators an die Energieversorgung

Logische Grundschaltung NAND. Die Grundschaltung NAND ist eine universelle Signalverknüpfungsschaltung. Sie stellt eine Kombination der Grundschaltungen NICHT und UND dar, die von den Relaischaltungen und den Transistorschaltungen her bekannt sind. Aus diesen beiden Grundschaltungen wurde auch das Schaltsymbol der NAND-Schaltung abgeleitet (Bild 86/1).

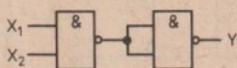
x_1	x_2	UND y	NAND y
L	L	L	H
L	H	L	H
H	L	L	H
H	H	H	L



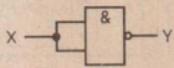
86/1 Schaltsymbole UND, NICHT und NAND und Schaltbelegungstabelle

Aus dem Schaltsymbol geht hervor, daß die logische Grundschaltung NAND eine UND-Schaltung mit negiertem Ausgang ist. Ein Vergleich der Schaltbelegungstabellen der UND-Schaltung und der NAND-Schaltung bestätigt diese Feststellung. Durch Verknüpfung mehrerer dieser logischen Grundschaltungen lassen sich alle anderen logischen Grundschaltungen realisieren. Das bringt für die Fertigung integrierter Schaltkreise hohe ökonomische Vorteile, da somit nicht für jeden Anwendungszweck ein spezieller Schaltkreis produziert werden muß und Schaltkreise mit universeller Anwendbarkeit in großen Stückzahlen produziert werden können.

Beachte: Bei TTL-Schaltkreisen wirken offene Eingänge wie mit dem Eingangssignal H belegt, deshalb müssen nicht benötigte Eingänge überbrückt werden (Bilder 87/1 und 87/2).



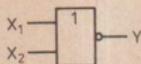
87/1 UND-Schaltung
mit zwei
NAND-Gliedern



87/2 NICHT-
Schaltung
mit NAND-Glied

Logische Grundschtaltung NOR. Diese Grundschtaltung findet vielfältige Anwendung für Kontroll- und Überwachungsaufgaben im Produktionsprozeß. Die logische Grundschtaltung NOR stellt analog der NAND-Schaltung eine Negierung der Ausgangsschtaltung ODER dar. Das ist aus der Schaltbelegungstabelle zu erkennen.

x_1	x_2	ODER y	NOR Y
L	L	L	H
L	H	H	L
H	L	H	L
H	H	H	L

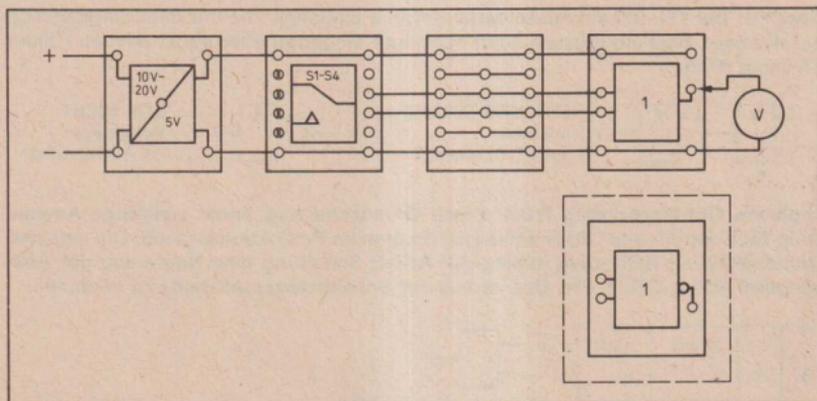


87/3 Schaltsymbol NOR und
Schaltbelegungstabelle

- ▼ **Bauen Sie die Schaltung nach Bild 88/1 auf! Messen Sie die Ausgangsspannungen und ordnen Sie diese den logischen Pegeln L und H zu! Wiederholen Sie diese Messung für die NOR-Schaltung und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit der Schaltbelegungstabelle!**

Schrittfolge zum Lesen von Schaltplänen mit Binärgliedern

Teilschritte	Beispiel																	
1. Funktion der binären Glieder der Schaltung ermitteln																		
2. Eingabesignale (x_1, x_2) festlegen																		
3. Signalfluß untersuchen, Signal am Ausgang ermitteln																		
4. Schaltbelegungstabelle anfertigen und mit logischen Grundschtaltungen (↗ Bild 84/1) vergleichen	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> <td rowspan="4">ODER- Schaltung</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y		L	L	L	ODER- Schaltung	L	H	H	H	L	H	H	H	H
x_1	x_2	y																
L	L	L	ODER- Schaltung															
L	H	H																
H	L	H																
H	H	H																



88/1 Schaltungsaufbau der ODER- und NOR-Schaltung



88/2 Lichtschranken der Prager Metro ⑤



88/3 Hoteltür mit Lichtschranke

Lichtschranke mit integriertem Schaltkreis. Eine wesentliche Voraussetzung für die Erhöhung des Automatisierungsgrades der Produktion sowie der Verbesserung technischer Geräte und Anlagen ist die Automatisierung der Überwachungs- und Kontrolleinrichtungen. Dadurch werden gleichzeitig Störungen im Produktionsprozeß, Unfälle u. ä. durch menschliches Versagen ausgeschlossen.

Eine sehr oft für Kontroll- und Überwachungseinrichtungen eingesetzte elektronische Steuerung ist die Lichtschranke.

- Das Bild 88/2 zeigt Lichtschranken der Prager Metro. Passiert ein Fahrgast die Lichtschranke, ohne vorher das Fahrgeld eingeworfen zu haben, wird der Durchgang automatisch durch ein Gitter verriegelt.
- Das Bild 88/3 zeigt eine Hoteltür mit Lichtschranke. Passiert ein Gast diese Lichtschranke, wird die Tür automatisch geöffnet.

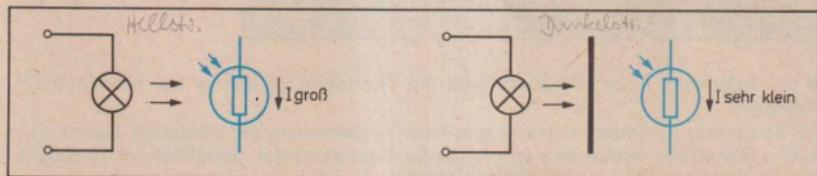
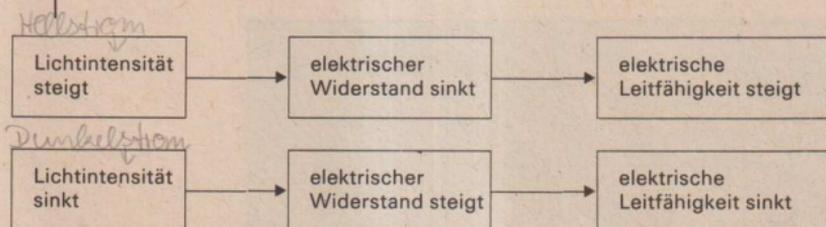
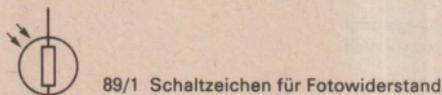
Die **Lichtschranke** ist eine elektronische Steuerung, die bei Veränderung der auftretenden Lichtintensität eine Schaltfunktion ausführt.

Anwendungsgebiete der Lichtschranke:

- numerische Steuerung
- von Werkzeugmaschinen
- Rauch- und Feuermelder
- Zählvorrichtungen für Werkstücke
- Aufzugsteuerungen
- Einbruchsicherungen
- Dämmerungsschalter
- automatische Türöffner
- Geschwindigkeitsmeßeinrichtungen

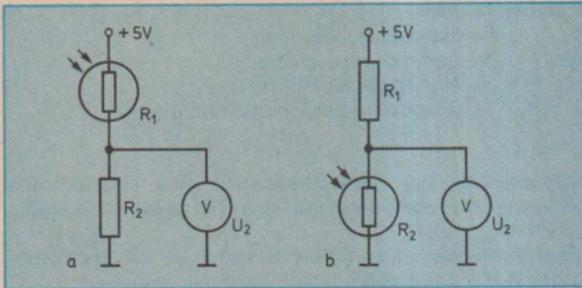
Wirkungsweise der Lichtschranke. Die Lichtschranke ist eine elektronische Steuerung, die in der Regel aus einem Fotowiderstand, einer Lichtquelle und einem Schaltleistungsverstärker besteht.

Wirkungsweise des Fotowiderstandes. Der Fotowiderstand ist ein Halbleiterbauelement, bei dem sich der Widerstand durch Lichteinwirkung verändert.



89/2 Wirkungsweise des Fotowiderstandes

- 1 Lesen Sie den Schaltplan der UND-Schaltung in Bild 85/11
- 2 Entwerfen Sie den Schaltplan einer ODER-Schaltung durch Verknüpfung von logischen Grundschaltungen NAND!
- 3 Überprüfen Sie die Möglichkeit, mit NOR-Gliedern die logischen Grundfunktionen UND und NAND zu realisieren!
- 4 Erkundigen Sie sich in Ihrem Betrieb, wo Lichtschranken für Kontroll- bzw. Überwachungsfunktionen eingesetzt werden!
- 5 Ermitteln Sie, um welche logische Verknüpfung es sich bei der in Bild 88/2 dargestellten Lichtschrankensteuerung handelt!
Eingangsgrößen sind
a) Geldeinwurf und
b) Lichtschranke.
Die Ausgangsgröße ist die Gitterverriegelung.



90/1a Spannungsteiler
für R_1 veränderlich

b Spannungsteiler
für R_2 veränderlich

① ②

Helligkeit steigt $\rightarrow R_1$ wird kleiner (Bild 90/1a).

Aus $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ folgt:

$\frac{R_1}{R_2}$ wird kleiner $\rightarrow \frac{U_1}{U_2}$ wird kleiner.

Ergebnis:

Helligkeit steigt $\rightarrow U_2$ steigt.

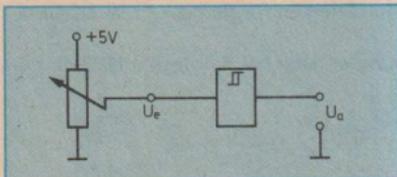
In der Schaltung nach Bild 90/1b wird die Spannung U_2 kleiner bei zunehmender Helligkeit.

Die Spannung U_2 ändert sich stetig mit der Veränderung der Helligkeit. Durch eine solche Schaltung würde das zu steuernde Betriebsmittel allmählich in Abhängigkeit von der Helligkeit zu- oder abgeschaltet.

Für die meisten Anwendungsfälle wird gefordert, daß bei Erreichen einer bestimmten Spannung das Betriebsmittel plötzlich zu- bzw. abgeschaltet wird.

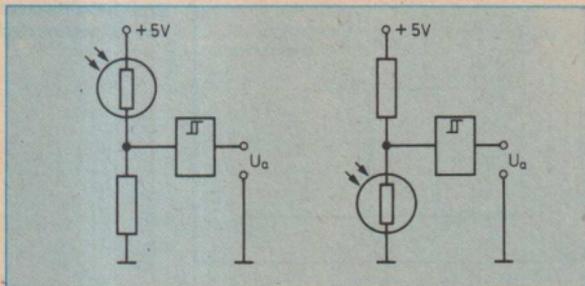
Diese Bedingung erfüllt ein spezieller Schaltkreis, der Schwellwertschalter.

Lichtschranke mit Fotowiderstand und Schwellwertschalter. Häufig bestehen Lichtschranken aus der Kombination von Fotowiderstand und Schwellwertschalter. Fotowiderstände werden stets in Spannungsteilerschaltungen eingebaut, um nachfolgende Verstärkerbauelemente ansteuern zu können (Bild 91/1).

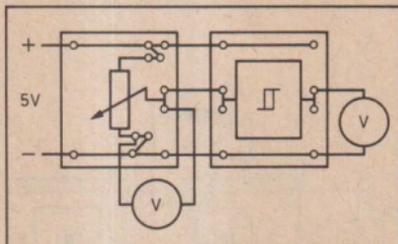


90/2 Ansteuerung des Schwellwertschalters
über ein Potentiometer

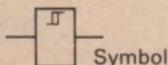
91/1 Ansteuerung
des Schwellwert-
schalters über
veränderlichen
Widerstand



91/2 Meßschaltung



Der **Schwellwertschalter** ist ein elektronischer Schalter, der bei Über- bzw. Unterschreiten einer bestimmten Höhe der anliegenden Spannung schaltet.

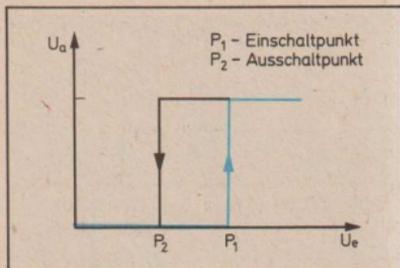


Schaltverhalten des Schwellwertschalters. Der Schwellwertschalter ist ein elektronischer Schalter, der in Abhängigkeit von der Höhe der Eingangsspannung schaltet. Dazu wird er über einen Spannungsteiler (Bilder 90/2 und 91/1) angesteuert.

Bauen Sie die Meßschaltung nach Bild 91/2 auf und ermitteln Sie den Ein- bzw. Ausschaltpunkt des Schwellwertschalters (P_1 und P_2)!

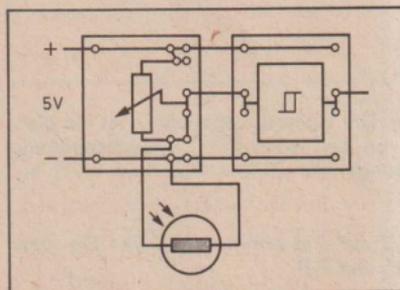
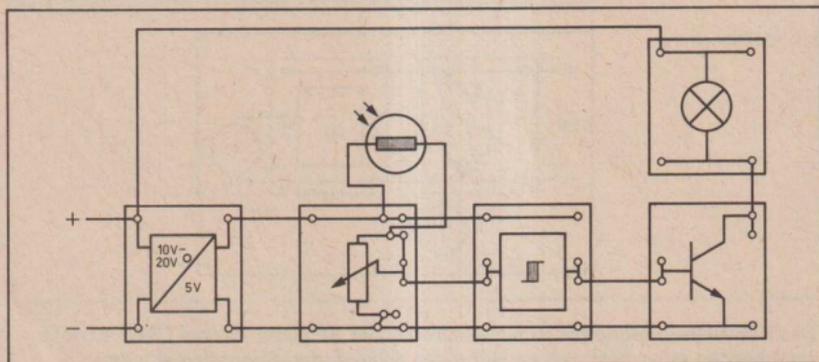
Hell- und Dunkelschaltung der Lichtschranke. Entsprechend der Schaltung nach Bild 91/1 lassen sich Lichtschranken aufbauen, die bei Beleuchtung des Fotowi-

- ① Erläutern Sie die Meßgrößenwandlung der Schaltung nach Bild 90/1b nach dem Beispiel der Schaltung Bild 90/1a!
- ② In die Schaltung nach Bild 90/1a bzw. 90/1b lassen sich an Stelle des Fotowiderstandes andere, von physikalischen Größen abhängige, veränderliche Widerstände einbauen, wie z. B. Thermistoren, Tauchsonden und Kondensatoren. Überlegen Sie, welche technischen Prozesse man damit steuern könnte!



92/1 Schalthysterese
des Schwellwertschalters

①



92/2 Hellschaltung

92/3 Dunkelschaltung

② ③

derstandes ein Betriebsmittel einschalten. Diese nennt man Hellschaltung. Es lassen sich aber auch Lichtschranken aufbauen, wie aus diesem Bild zu ersehen ist, die bei Verdunklung des Fotowiderstandes das Betriebsmittel zuschalten.

▼ *Bauen Sie die Hellschaltung einer Lichtschranke nach Bild 92/2 auf und erproben Sie diese!*

Verändern Sie danach die Schaltung entsprechend der Darstellung in Bild 92/3 und untersuchen Sie das Schaltverhalten dieser Schaltung!

Entwicklung einer Alarmanlage. Technisches Problem: In der Scheune einer LPG ist in jeder der zwei Luftschächte je eine Lichtschranke installiert. Die Lichtschranken sind nach Bild 92/3 aufgebaut, also wird schon bei einer geringen Rauchent-

wicklung der Fotowiderstand verdunkelt, und der Schwellwertschalter schaltet auf H. Dadurch wird ein Alarm ausgelöst.

Schrittfolge zur Entwicklung einer Alarmanlage

Teilschritte	Lösung																		
1. Feststellen, welche Eingangssignale zu verknüpfen sind	1. Jeder der beiden Schwellwertschalter liefert bei Rauchentwicklung H-Signal.																		
2. Aufstellen einer Wahrheitstabelle	2. Sirene muß eingeschaltet werden, wenn nur in einem oder in beiden Luftschächten Rauch auftritt. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Rauchentwicklung</th> <th>Sirene</th> </tr> <tr> <th>bei Lichtschranke 1</th> <th>bei Lichtschranke 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>nein</td> <td>nein</td> <td>nein</td> </tr> <tr> <td>ja</td> <td>nein</td> <td>ja</td> </tr> <tr> <td>nein</td> <td>ja</td> <td>ja</td> </tr> <tr> <td>ja</td> <td>ja</td> <td>ja</td> </tr> </tbody> </table>	Rauchentwicklung		Sirene	bei Lichtschranke 1	bei Lichtschranke 2		nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Rauchentwicklung		Sirene																	
bei Lichtschranke 1	bei Lichtschranke 2																		
nein	nein	nein																	
ja	nein	ja																	
nein	ja	ja																	
ja	ja	ja																	

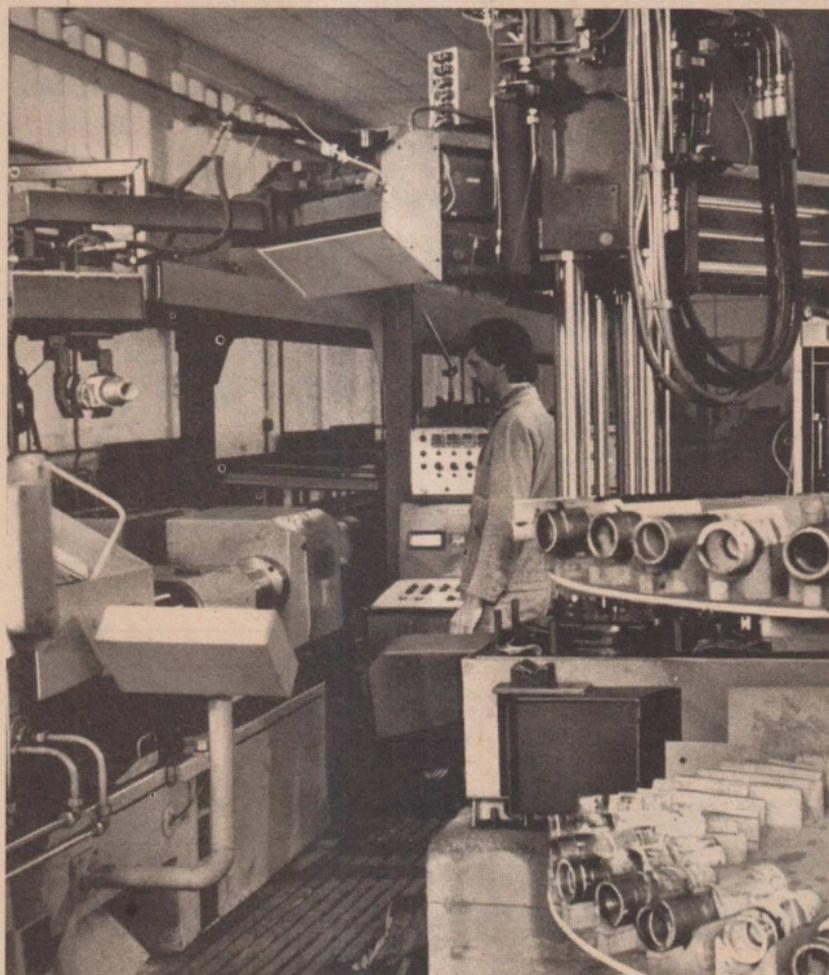
Fortsetzung auf S. 94

- ① Überlegen Sie, warum der Einschaltpunkt des Schwellwertschalters nicht gleich dem Ausschaltpunkt sein darf!
- ② Erläutern Sie den Signalfluß der Hellschaltung nach Bild 92/2!
- ③ Überlegen Sie, unter Nutzung Ihrer Kenntnisse über logische Grundschaltungen, wie sich aus der Hellschaltung eine Dunkelschaltung realisieren läßt, ohne die Beschaltung des Potentiometers zu verändern!
- ④ Bei einer Hauswasserversorgung darf die Pumpe nur dann eingeschaltet werden, wenn genügend Wasser im Brunnen und der Kesseldruck nicht zu hoch ist. Die Wasserstandssonde liefert H, wenn genügend Wasser im Brunnen ist. Der Druckschalter liefert H, wenn der Kesseldruck die untere Grenze erreicht hat. Ermitteln Sie die erforderliche Verknüpfungsschaltung!
- ⑤ Bei einem PKW soll der Öldruck im Motor und der Flüssigkeitsstand im Reservebehälter der hydraulischen Bremsanlage von einer gemeinsamen Kontrollampe überwacht werden. Die Lampe soll leuchten, wenn der Öldruck zu gering oder zuwenig Flüssigkeit in der Bremsanlage vorhanden ist oder beide Ereignisse eintreten. Die beiden Meßeinrichtungen geben bei normalem Betriebszustand H-Signal. Welche Verknüpfung müssen Sie wählen? *ODER*
- ⑥ Erkunden Sie, wo in Ihrem Produktionsbetrieb integrierte Schaltkreise bzw. Maschinen und Anlagen mit integrierten Schaltkreisen eingesetzt werden!
- ⑦ Tragen Sie aus Veröffentlichungen in der Tagespresse aktuelle Anwendungsbeispiele für den Einsatz integrierter Schaltkreise zusammen!

H/H/A

Teilschritte	Lösung															
<p>3. Vergleichen der Wahrheitstabelle mit den Schaltbelegungstabellen der vier logischen Grundfunktionen (↗ Bild 84/1) Einsetzen der erkannten Grundfunktion</p>	<p>3. Schaltbelegungstabelle ODER-Verknüpfung</p> <table border="1" data-bbox="522 211 653 387"> <thead> <tr> <th>x_1</th> <th>x_2</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	x_1	x_2	y	L	L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H
x_1	x_2	y														
L	L	L														
H	L	H														
L	H	H														
H	H	H														

Automatisierung der Produktion



Analoge Steuerungen in der Produktion

Zur Entwicklung der Steuerungstechnik

32

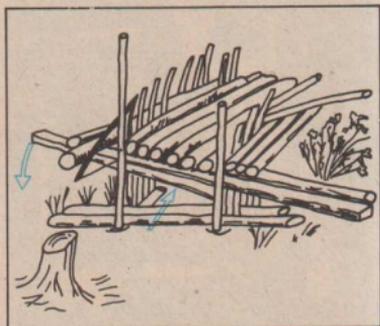
Betrachtet man rückblickend die Entwicklung der Steuerungstechnik, so stellt man erstaunt fest, daß ihre Anfänge weit in die Geschichte der menschlichen Gesellschaft zurückreichen. Die ersten Steuerungsanlagen gab es bereits 4000 v. u. Z. Ein Beispiel hierfür sind die ersten *selbsttätigen* (automatischen) Tierfallen (Bild 96/1). Die ersten Regelungsanlagen waren schon in der Antike anzutreffen. Noch heute bekannt ist die Nachfülllampe (Bild 96/2) des Philon aus Byzanz (200 v. u. Z.). 1786 entwickelte James Watt eine Dampfmaschine, deren Drehzahl durch einen *Fliehkraftregler* konstant gehalten wurde (Bilder 96/3 und 96/4). Die Nutzung dieser Dampfmaschine als Antriebsorgan im Produktionsprozeß leitete die industrielle Revolution ein.

Seit dem 19. Jahrhundert wurde eine Vielzahl von Steuerungs- und Regelungsanlagen entwickelt.

1848: Geregelter Kohlelichtbogen von Foucault

1873: Erster Drehautomat von Spencer

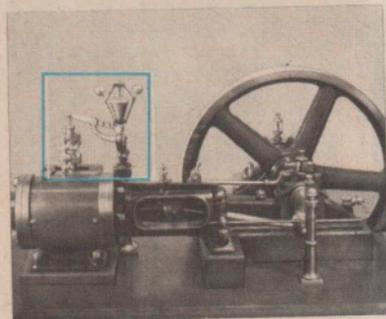
1925: Kurvengesteuerte Rundtischglühlampenmaschine



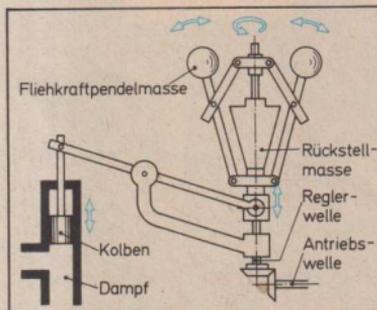
96/1 Tierfalle



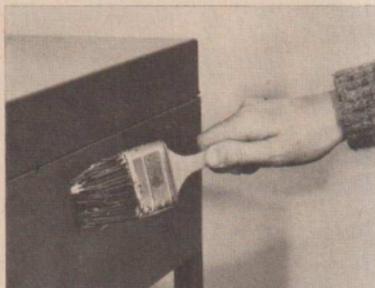
96/2 Nachfülllampe



96/3 Dampfmaschine



96/4 Fliehkraftregler



97/1 Beschichten von Hand mit Pinsel



97/2 Beschichten mit Spritzpistole



97/3 Beschichten mit Spritzroboter

Heute ist die Steuerungs- und Regelungstechnik wesentlicher Bestandteil aller modernen Produktionsprozesse. Jedoch werden unter Beachtung des Verhältnisses zwischen Aufwand und Nutzen neben den automatisierten Anlagen (Bild 97/3) nach wie vor auch einfachere Arbeitsmittel eingesetzt (Bilder 97/1 und 97/2).

Steuerorgane und deren Aufgaben bei der analog-mechanischen Steuerung

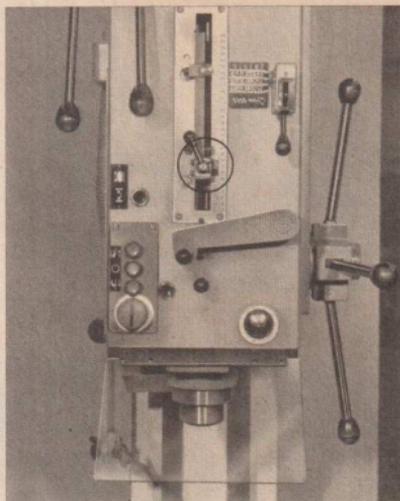
Die Steuerungen an Maschinen haben die Aufgabe, Bewegungen einzuleiten und zu beenden sowie Geschwindigkeiten und Kräfte zu verändern. Bei Steuerungen von Hand werden die Arbeitsinformationen über Hebel, Schalter usw. an die Maschine geleitet. Bei *automatischen Steuerungen* werden die Arbeitsinformationen durch Anschläge, Nocken, Kurvenscheiben, Lochkarten, Lochbänder, Magnetbänder gespeichert und an die Maschine weitergegeben. Die Informationsübertragung in der Maschine erfolgt durch Hebel, Gestänge, Kupplungen, Ventile und Relais.

33

► **Steuerorgane** sind alle Bauelemente, die zielgerichtet die Steuerung einer Maschine ausführen.

Für die vielfältigen Bearbeitungsaufgaben in der Produktion werden sowohl sehr einfache als auch komplizierteste Steuerorgane eingesetzt (Bilder 98/1 und 98/2).

Anschlagsteuerung. Die in Bild 98/1 dargestellte Ständerbohrmaschine ist mit einem Anschlag für die automatische Begrenzung der Bohrtiefe ausgerüstet. Dadurch wird eine Steigerung der Arbeitsproduktivität erreicht, da die ständige Kontrolle der Bohrtiefe durch den Werk tätigen entfällt.

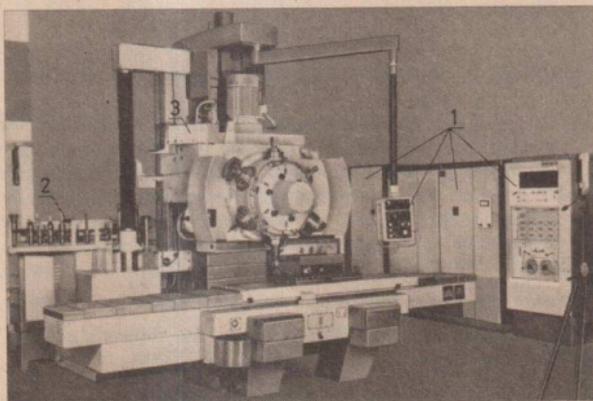


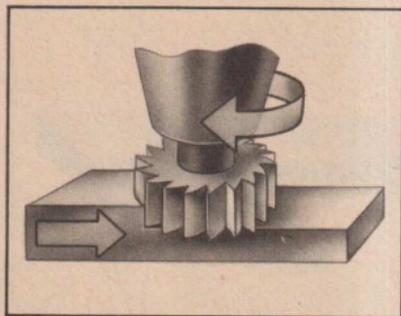
98/1 Ständerbohrmaschine mit Anschlag

Wirkungsablauf: Mit dem Anschlag wird die Bohrtiefe l eingestellt und die Information für den Steuervorgang gespeichert. Bei Erreichen der Bohrtiefe l bewegt der Anschlag den Hebel nach unten und überträgt die Information auf die Kupplung. Die Kupplung wird ausgerückt. Dann ist der Energiefluß für den Vorschub unterbrochen und somit der Bohrvorgang beendet (Bild 99/2).

Bauglieder	Funktion
Anschlag	speichert Informationen
Hebel	überträgt Informationen
Kupplung	greift in den Energiefluß ein

98/2 Numerisch gesteuertes Bearbeitungszentrum; Steuerorgane (1), Werkzeugspeicher (2) und automatische Werkzeugwechseleinrichtung (3)





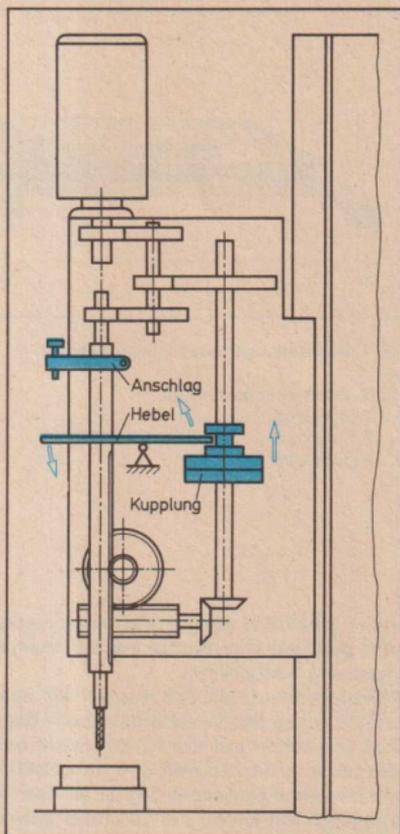
99/1 Wirkstelle beim Fräsen

99/2 Anschlagsteuerung einer Ständerbohrmaschine ①

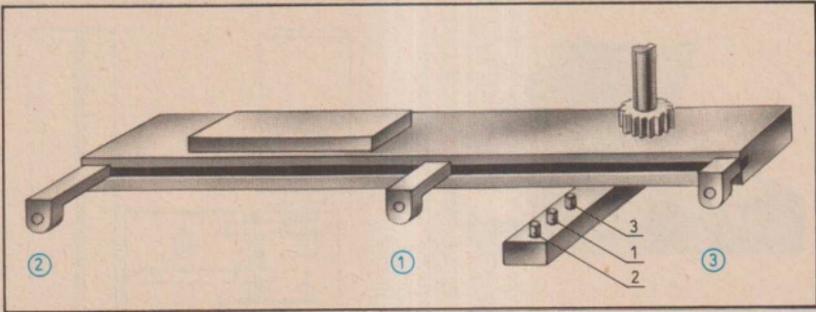
Anschlagsteuerungen können auch an anderen Maschinen zur Begrenzung von Wegen eingesetzt werden. Sie eignen sich jedoch nur zum Endabschalten von Bewegungen. Der neue Arbeitsschritt muß vom Werk tätigen von Hand ausgelöst werden. Wegen der geringen Störanfälligkeit und dem einfachen Aufbau wird die Anschlagsteuerung vielfach eingesetzt.

Nockensteuerung. Häufig wird die Oberfläche von prismatischen Werkstücken durch Fräsen bearbeitet (Bild 99/1).

Um das in Bild 100/1 dargestellte Werkstück zu fräsen, sind folgende Bearbeitungsschritte notwendig. Der Tisch mit dem elektromagnetisch aufgespannten Werkstück muß an den Fräser herangefahren werden. Dazu wird der Eilvorlauf eingeschaltet. Kurz bevor das Werkstück den Fräser erreicht, muß der Eilvorlauf aus- und der Vorschub eingeschaltet werden. Hat der Fräser die Oberfläche bearbeitet, muß der Vorschub ausgeschaltet und der Tisch im Eilrücklauf in die Ausgangsstellung zurückgeführt werden (Bild 100/2).



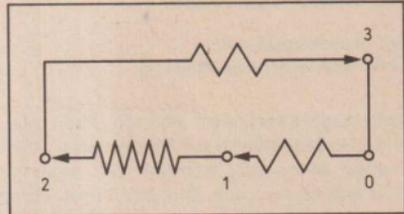
- ① Beschreiben Sie den Energiefluß an der Ständerbohrmaschine (→Bild 99/2)!
- ② Welche Informationen werden durch den Anschlag der Drehmaschine, der Schreibmaschine, des Plattenspielers und der Spulvorrichtung an der Nähmaschine gespeichert?
- ③ Bei der beschriebenen Anschlagsteuerung der Bohrmaschine erfolgt die Signalübertragung mechanisch. Nennen Sie nichtmechanische Übertragungsmöglichkeiten! Wie können Wege berührungsfrei begrenzt werden (→ Tech i Üb S. 206)?



100/1 Bearbeitungsbeispiel für das Fräsen

100/2 Bearbeitungsschritte:

- 0 ... 1 Eilvorlauf,
- 1 ... 2 Vorschub,
- 2 ... 3 Eilrücklauf

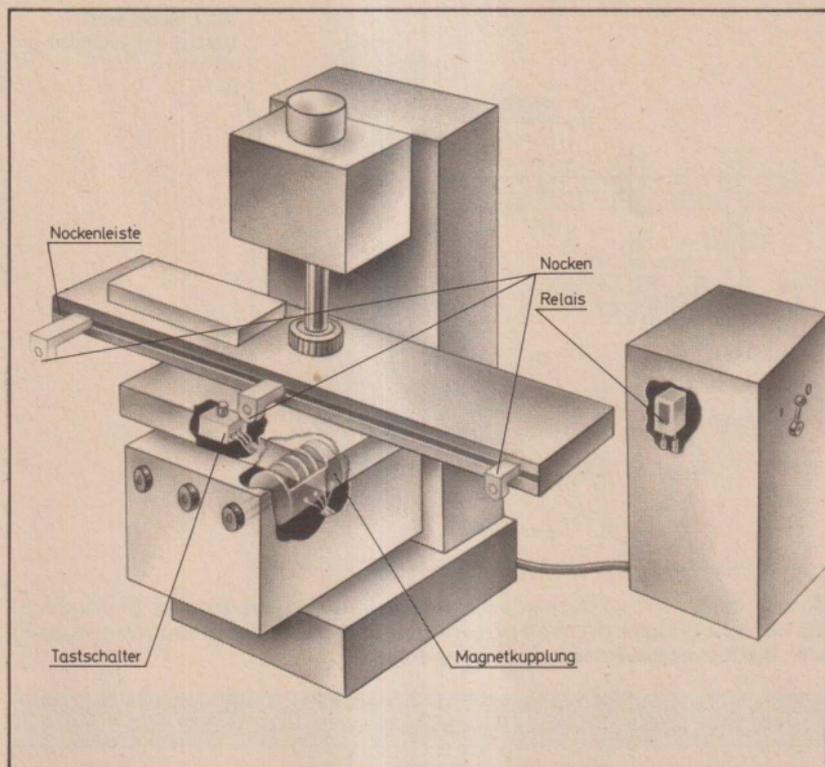


Die in Bild 101/1 dargestellte Fräsmaschine ermöglicht den automatischen Ablauf *aller* Bearbeitungsschritte beim Fräsen des Werkstücks. Sie ist mit einer *Nockensteuerung* ausgerüstet.

Wirkungsablauf: Mit den Nocken können Bearbeitungswege und Informationen zum Schalten des Vorschubes sowie der Drehzahl gespeichert werden. Die Nocken sind verstellbar auf der Nockenleiste befestigt. Beim Überfahren eines Tastschalters betätigt der Nocken den Schaltstift. Der Schaltstift wird nach unten gedrückt und löst ein elektrisches Signal für das Relais aus. Das Relais schaltet eine Magnetkupplung. Mit ihr wird in den mechanischen Energiefluß eingegriffen. Ist *ein* Bearbeitungsschritt beendet, wird durch einen Nocken der nachfolgende gestartet. So wird zum Beispiel durch den mittleren Nocken der Eilvorlauf aus- und der Vorschub eingeschaltet. Die Anzahl der Nocken richtet sich nach den notwendigen Bearbeitungsschritten. Der letzte Nocken beendet den gesamten Bearbeitungsablauf. Der Werkträger führt den Werkstückwechsel aus und startet den neuen Bearbeitungsablauf.

Bauglieder	Funktion
Nocken Tastschalter, Relais Magnetkupplung	speichert Informationen überträgt Informationen greift in den Energiefluß ein

Das Prinzip der Nockensteuerung wird auch für Drehmaschinen und Baueinheiten von Spezialmaschinen sowie für Taktstraßen angewendet.



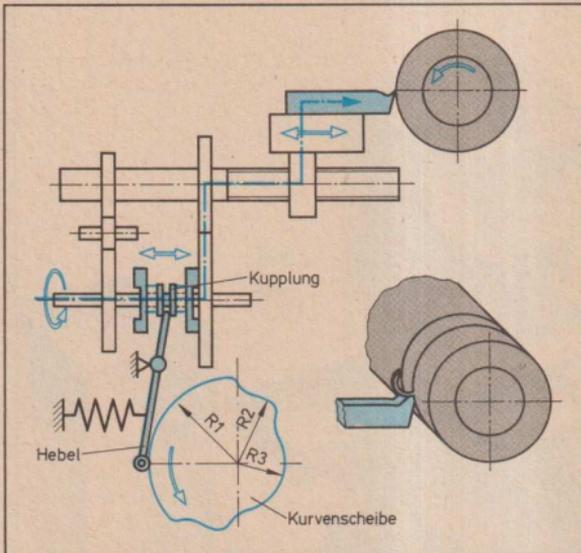
101/1 Schematische Darstellung einer Fräsmaschine mit Nockensteuerung

Kurvensteuerung. Auf Drehautomaten wird das zu bearbeitende Werkstück häufig vom Stangenmaterial abgetrennt. Diesen Arbeitsschritt führt ein Stechmeißel aus (Bild 102/1). Der Bewegungsablauf des Meißels kann durch eine *Kurvensteuerung* automatisiert werden.

Wirkungsablauf: In der geometrischen Form der Kurvenscheibe ist der Bearbeitungsweg des Stechmeißels gespeichert. Durch die Drehung der Kurvenscheibe wird über den Hebel die Kupplung geschaltet. Diese greift programmgemäß in den Energiefluß für den Vorschub ein.

- ① Fertigen Sie eine Skizze der Wirkstelle des Fräsens an, und tragen Sie die Arbeitsbewegungen ein!
- ② Begründen Sie, warum für jeden Bearbeitungsschritt ein Nocken notwendig ist (→ Bilder 100/1 und 100/2)!
- ③ Erklären Sie den Unterschied zwischen Anschlag- und Nockensteuerung hinsichtlich des Arbeitsablaufes!

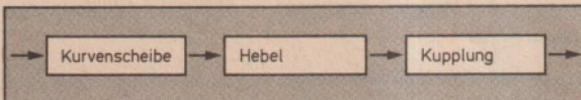
102/1 Schematische Darstellung einer Kurvensteuerung
① ②



Wie das Abstechen, so können auch andere Bewegungsabläufe an Drehautomaten, wie zum Beispiel der Werkzeugwechsel und das Spannen des Werkstückes, durch die Kurvensteuerung realisiert werden.

Bauglieder	Funktion
Kurvenscheibe	speichert Informationen
Hebel	überträgt Informationen
Kupplung	greift in den Energiefluß ein

Der Wirkungsweg von Steuerungen wird zur Veranschaulichung als Signalflußbild dargestellt. Die Bauglieder mit gleicher Funktion sind in einem Block zusammengefaßt. Der Signalflußweg wird durch Pfeile gekennzeichnet (Bild 102/2).



102/2 Signalflußbild der Kurvensteuerung

Die Kurvensteuerung wird aufgrund ihres einfachen, robusten Aufbaus und ihres zuverlässigen Betriebes in vielen Bereichen der Technik eingesetzt. Voraussetzung für ihren Einsatz ist die Steuerung sich ständig wiederholender Bewegungsabläufe, wie zum Beispiel bei Nähmaschinen, Verpackungsmaschinen und Abfüllautomaten.

Bei einer analog-mechanischen Steuerung werden die Weginformationen durch Anschläge, Nocken und Kurven gespeichert. Die zu speichernden Wege können innerhalb von Grenzen jeden beliebigen Wert annehmen. Die Weginformationen werden somit als *analoge Größen* durch die Speicher vorgegeben (Bild 103/1).

- ▶ Bei analogen Steuerungen kann die zu steuernde Größe innerhalb eines Bereiches jeden beliebigen Wert annehmen.

Bei mechanischen Steuerungen erfolgt die Signalverarbeitung überwiegend mechanisch, zum Beispiel durch Wellen, Gestänge, Hebel und Kupplungen.

- ▶ Steuerungen mit analogen Speichern und überwiegend mechanischer Signalverarbeitung bezeichnet man als **analog-mechanische Steuerungen**.

103/1 Analoge Speicher mit Bearbeitungsbeispiel

Die Weginformation ist als Abstand zwischen Anschlag und Schalthebel gespeichert.	Die Weginformation ist als Abstand zwischen zwei Nocken gespeichert.	Die Weginformation ist als Drehwinkel zwischen Anfang und Ende eines Kurvensegmentes gespeichert.

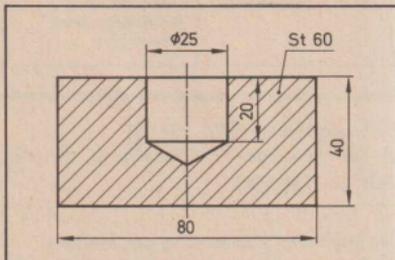
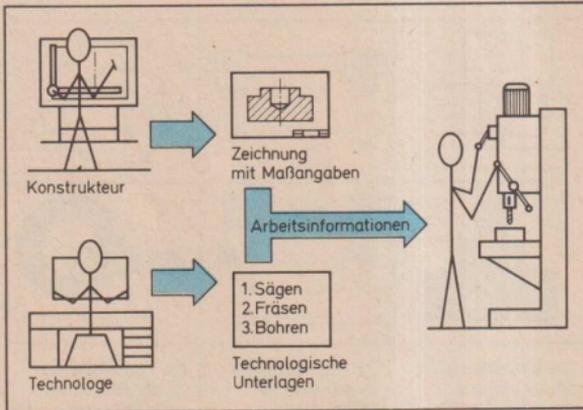
- 1 Beschreiben Sie den Energiefluß der Vorschubbewegung (Bild 102/1)!
- 2 Ordnen Sie den Radien der Kurvenscheibe die jeweilige Schaltstellung und die sich daraus ergebende Bewegung des Meißels zu (Tabelle)!

Radius der Kurvenscheibe	Schaltstellung der Kupplung	Bewegung des Meißels

- 3 Stellen Sie die Signalfußbilder auf, a) für die Anschlagsteuerung der Bohrmaschine, b) für die Nockensteuerung der Fräsmaschine!

Vorbereitung für die automatische Bearbeitung von Werkstücken. Zur Herstellung eines Werkstückes werden geometrische Formangaben und technologische Daten benötigt. Geometrische Formangaben sind Maße der technischen Zeichnung (zum Beispiel Bohrtiefe, Bohrungsdurchmesser). Unter technologischen Daten versteht man Angaben zur Reihenfolge der Arbeitsgänge, zur Maschinenauswahl, zur Drehzahl, zum Vorschub, zur Werkzeugauswahl, zur Fertigungszeit usw. Beim Bedienen einer Maschine durch Steuerung von Hand muß der Werkträger aus der technischen Zeichnung und den technologischen Unterlagen Arbeitsinformationen entnehmen und an die Steuerorgane der Maschine weiterleiten (Bild 104/1). Der Werkträger wählt an der Maschine die Drehzahl und den Vorschub und schaltet die Schnittbewegung und den Vorschub ein. Hat das Werkzeug (Bohrer) den in der Zeichnung festgelegten Weg zurückgelegt, muß der Vorschub ausgeschaltet werden (Bild 104/2).

Durch automatische Steuerungen werden Bearbeitungsschritte von Maschinen selbsttätig ausgeführt. Die dazu benötigten Weg- und Schaltinformationen entnimmt die Maschine einem Speicher (Nocken, Kurvenscheibe). Im Speicher müs-

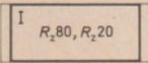
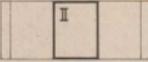


Arbeitsinformationen zum Bohren	
Weginformationen	Schaltinformationen für Spiralbohrer $\phi 25\text{mm}$
Bohrtiefe l : 20 mm	Drehzahl n : 355 U/min Vorschub s : 0,32 mm/U

104/2 Weg- und Schaltinformationen zum Bohren (Beispiel);

Weginformationen sind Angaben über die zurückzulegenden Wege des Werkzeuges bzw. Werkstückes, Angaben zum Eingriff in den Energiefluß nennt man *Schaltinformationen*, beide stellen die *Arbeitsinformationen* dar, die zur Bearbeitung eines Werkstückes benötigt werden

sen alle Arbeitsinformationen in festgelegter Reihenfolge enthalten sein. Es ist deshalb notwendig, die Schrittfolge vor der Bearbeitung in einem Programmablaufplan genau festzulegen.

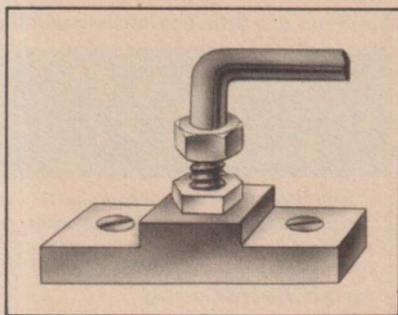
Maschine C 500 m. s.		PROGRAMM- Programm-Nr. Blatt-Nr.: 1 ABLAUFPLAN B 01 Blattanzahl: 2						WMK „Fritz Heckert“		
Benennung Bearbeitungsbeispiel		Werkstoff GGL-20								
Arbeitsgang Nr.	Bearbeitungsflächen-Nr. bzw. Bezeichnung	WZ-Kurzbezeichnung	Bezeichnung der Werkzeuge	LE in mm	Bezeichnung der Werkzeugaufnahme	Dreh- s in U/min	Vors- f in mm/min	Rev.-Nr.		Maga- zin- platz- Nr.
								WZ fest	Wech- sel- spin- del	
1		A	Fräskopf A 250 × 50 SS HG 20	72	Frässpindel (Maschinen- spindel) ∅ 128,57	56	200	2	–	–
1a						71	125	–	–	–
2		B	Walzenstirnräher 80 Nre	165	Aufsteckfräsdorn Vfd 159 (NC)	140	355	–	1	1
3		C	Mehrfasestufenbohrer WHK-M 16 m × 22...1	193	Zwischenhülse Vfd 167 (NC)	180	50	–	4	2

105/1 Programmablaufplan (Originalausschnitt)

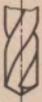
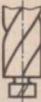
Der Programmablaufplan ist die festgelegte Schrittfolge für die Bearbeitung eines Werkstückes.

Beispiel für das Aufstellen eines vereinfachten Programmablaufplanes. Werden Rohrleitungen an Deckeln oder anderen Maschinenteilen befestigt, verwendet man häufig Verschraubungen. Damit läßt sich die Rohrleitung schnell und unkompliziert an- und abschrauben (Bild 107/1).

Aus diesen Unterlagen werden Form, Größe und Beschaffenheit des Werkstückes, die notwendigen Werkzeuge, die Drehzahlen, die Vorschübe sowie die Arbeitswege für jeden Bearbeitungsschritt ermittelt. Es ist sinnvoll, diese umfangreichen Vorbereitungsarbeiten in Teilschritten mit festgelegter Reihenfolge durchzuführen. In der Tabelle auf Seite 108 sind die Tätigkeiten für den Lösungsprozeß anhand eines Beispiels dargestellt. Bei dem Beispiel handelt es sich um die Bohrung für die Befestigungsschraube des Deckels (Bild 106/1).



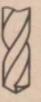
107/1 Funktion des Deckels

					
Spiralbohrer Herstellen von Bohrungen	Stufenbohrer Herstellen von Bohrung und Senkung in einem Arbeitsgang	Kopfsenker Senken von zylindrischen Aussparungen Zapfen dient zur Führung	Spitzsenker Herstellen von kegigen Senkungen	Gewindebohrer Herstellen von Innengewinde	Reibahle Verbesserung der Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität von Bohrungen

107/2 Werkzeugkatalog (Auszug)

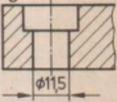
5.1.1. Richtwerttabelle

$n = \text{O/min}$
 $s = \text{mm/O}$

Loch ϕ	Stahl σ_B 600...700 N/mm ²					Gußeisen HB 1800... 2000 N/mm ²				
										
	n	s	n	s	n	n	s	n	s	n
6	1000	0,11	355	0,11	500	1000	0,16	355	0,32	500
8	1000	0,16	355	0,16	355	710	0,16	355	0,32	500
10	1000	0,16	250	0,16	355	710	0,22	250	0,32	355
13	710	0,22	180	0,22	250	500	0,22	180	0,45	355
16	500	0,22	125	0,22	180	500	0,32	125	0,45	355
20	500	0,22	125	0,32	180	355	0,32	125	0,63	250
25	355	0,32	90	0,32	125	250	0,45	90	0,63	180

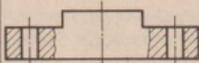
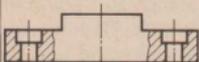
107/3 Richtwerttabelle der BS 32 (Auszug)

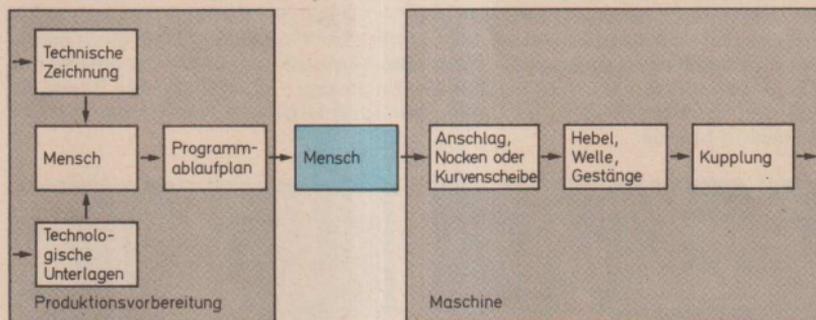
Ermitteln der Arbeitsinformationen für den Programmablaufplan:

Tätigkeiten	■ Beispiel: Bild 106/1	
	Skizzen zur grafischen Kontrolle	Arbeitsinformationen
1. Ermitteln der Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit des Werkstückes aus der technischen Zeichnung zum Bestimmen der notwendigen Werkzeuge aus dem Werkzeugkatalog	Bohrung 	Spiralbohrer $\varnothing 11,5$
	zylindrische Senkung $\varnothing 17,5$ 	Kopfsenker $\varnothing 17,5$
2. Festlegen der Reihenfolge des Einsatzes der Werkzeuge und der sich daraus ergebenden Bearbeitungsschritte		1. Bohren mit Spiralbohrer $\varnothing 11,5$
		2. Senken mit Kopfsenker $\varnothing 17,5$
3. Ermitteln der für den zu bearbeitenden Werkstoff und die Oberflächenbeschaffenheit vorteilhaften Drehzahlen und Vorschübe aus der maschinengebundenen Richtwerttabelle	St 60 	$\varnothing 11,5$ $n = 710 \text{ U/min}$ $s = 0,22 \text{ mm/U}$
		$\varnothing 17,5$ $n = 500 \text{ U/min}$ $s = 0,22 \text{ mm/U}$
4. Festlegen der zurückzulegenden Arbeitswege für die Arbeitsbewegungen (z. B. Vorschub- und Zustellbewegung) aus den Maßangaben der technischen Zeichnung		$\varnothing 11,5$ $l = 20 \text{ mm}$
		$\varnothing 17,5$ $l = 8 \text{ mm}$

②

Die ermittelten Arbeitsinformationen werden in das nachfolgende Formblatt eines vereinfachten Programmablaufplanes eingetragen. ③

Maschine: BS 32	PROGRAMMABLAUFPLAN		Arbeitsgang: Bohren		
Benennung: Deckel	Werkstoff: St 60	WMK „Fritz Heckert“			
Arbeits- schritt	Bearbeitungs- skizze	Schaltinformationen			Weginfor- mationen
		Nr.	Werk- zeug- auswahl	Drehzahl n U/min	Vorschub s mm/U
1		Spiral- bohrer $\varnothing 11,5$	710	0,22	20
2		Zapfen- senker $\varnothing 17,5$	500	0,22	8



109/1 Schematische Darstellung der Verarbeitung von Informationen bei analog-mechanisch gesteuerten Maschinen

- ① Beschreiben Sie die Grund- und Teilformen des in der technischen Zeichnung abgebildeten Werkstückes (→Bild 106/1)!
- ② Ermitteln Sie nach der vorgegebenen Schrittfolge die Arbeitsinformationen für die Mittelbohrung des Deckels!
- ③ Übernehmen Sie das vorgedruckte Formblatt eines Programmablaufplanes, und tragen Sie die in Aufgabe 2 ermittelten Arbeitsinformationen ein!
- ④ Geben Sie die Arbeitsschritte zum Herstellen der Mittelbohrung (Bild 106/1) an, bei denen die Anschlagsteuerung einsetzbar ist!

Damit Bearbeitungsschritte selbsttätig ablaufen können, müssen die im Programmablaufplan enthaltenen Arbeitsinformationen der Maschine eingegeben werden. Der Werkträger entnimmt aus dem Programmablaufplan die Weg- und Schalthinformatoren und stellt danach den Speicher ein (Bild 109/1).

Bei dem im Programmablaufplan aufgeführten Beispiel wird für den Bearbeitungsschritt 2 (Senken) die Anschlagsteuerung eingesetzt. Für das Einstellen des Anschlages ist nur die Weginformation $l = 8 \text{ mm}$ (Senktiefe) erforderlich. Sie wird als Abstand zwischen Anschlag und Schalthebel gespeichert.

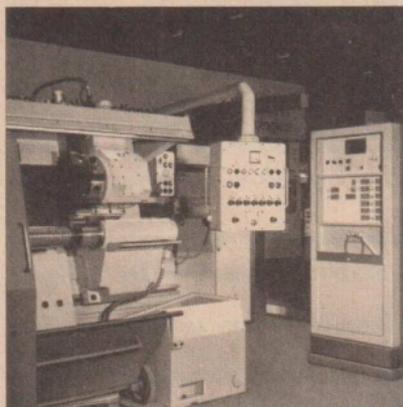
Digitale Steuerungen in der Produktion

Aufgaben digitaler Steuerungen

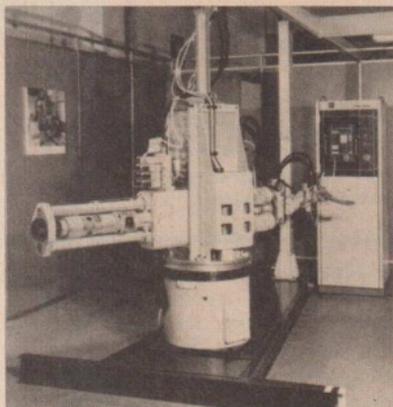
In der Produktion werden häufig Werkstücke mit komplizierten Formen und großer Genauigkeit gefertigt. Solchen Anforderungen werden analoge Steuerungen nicht immer gerecht. Außerdem müssten die Maschinen immer dann umgerüstet werden, wenn unterschiedliche Werkstücke zu bearbeiten sind. Hier kommen *digitale Steuerungen* zum Einsatz. Derartige Steuerungen waren zu Beginn ihrer Entwicklung teuer in der Herstellung, oft durch die verwendeten Bauelemente (zum Beispiel Relais, Röhren) störanfällig, platz- und energieaufwendig und kompliziert im Aufbau.

Erst der Einsatz *mikroelektronischer Bauelemente* hat einen grundsätzlichen Wandel geschaffen. Digitale Steuerungen (digit = Finger; im übertragenen Sinne = Ziffer) setzen sich in allen Bereichen, besonders in der Produktion immer mehr durch. Solche Steuerungen sind beispielsweise bei Spritzrobotern in der Lackiererei des VEB Automobilwerk Sachsenring Zwickau im Einsatz (→ Bild 97/3). Alle Bewegungen der Spritzpistole und die Dauer des Spritzvorganges werden durch diese Steuerung bewirkt.

36

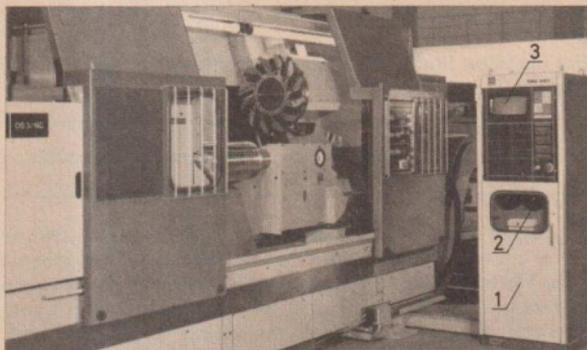


110/1 Digitale Steuerung einer Drehmaschine (1968)



110/2 Digitale Steuerung eines Roboters mit mikroelektronischen Bauelementen (1982)

111/1 Digital ge-
steuerter Drehautomat
(1982)



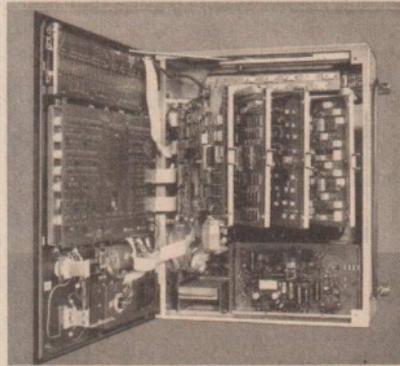
Ein weiteres Beispiel ist der Drehautomat (Bild 111/1). Die Programme werden im Steuerschrank (1) durch Lochbänder (2) in den Speicher der Steuerung als elektrische Signale eingegeben. Über einen Kontrollbildschirm (3) kann das gespeicherte Programm geprüft werden. Die gespeicherten digitalen Signale steuern die Elektromotoren für den Vorschub, die Schnitt-, Zustell-, Nachstell- und Rückbewegung sowie die entsprechenden Geschwindigkeiten und die Auswahl der Werkzeuge. Diese Vorgänge laufen automatisch ab.

Bei digitalen Steuerungen werden ziffernmäßig verschlüsselte Größen abgearbeitet.

Heute werden hochproduktive Maschinen von Mikrorechnern digital gesteuert (Bild 111/2). In diesen Mikrorechnersteuerungen ist eine Vielzahl von Programmen in mikroelektronischen Bauelementen in Form digitaler Signale gespeichert. Die Programme können über ein Tastenfeld abgerufen werden. Im Steuerteil erfolgen die Speicherung, die Rechen- und Steueroperationen der Maschine mittels mikroelektronischer Bauelemente.



111/2 Mikrorenergesteuerter Drehautomat

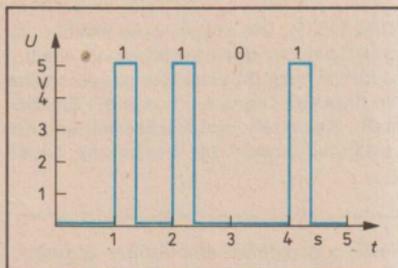


111/3 Innenansicht des Steuerteils

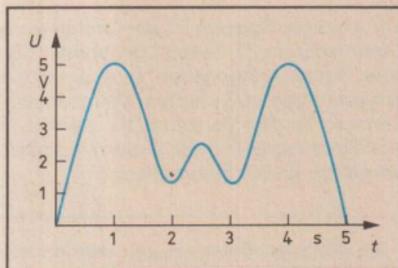
Die digitalen Steuerungen unterscheiden sich von den analogen durch die Art der Signale.

Bei digitalen Steuerungen sind die Signale ziffernmäßig verschlüsselt.

Ein Signal kann beispielsweise eine Spannung sein, die nur die Werte 0 Volt oder 5 Volt annehmen kann. Wird den Spannungswerten eine vereinbarte Bedeutung (0 oder 1 bzw. L oder H) zugeordnet (Kodierung), so ist es ein digitales Signal. Dagegen kann ein analoges Signal jeden beliebigen Wert zum Beispiel innerhalb der Grenzen von 0 Volt und 5 Volt annehmen (Bilder 112/1 und 112/2).



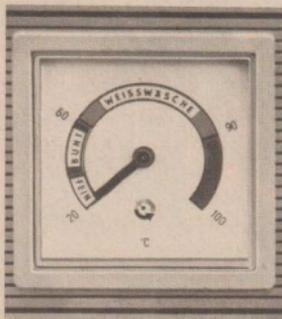
112/1 Digitales Signal



112/2 Analoges Signal

Ein **analoges Signal** kann innerhalb eines bestimmten Bereiches jeden beliebigen Wert annehmen. Ein **digitales Signal** kann nur bestimmte Werte einer endlichen Menge annehmen, denen eine Bedeutung zugeordnet ist.

Die Temperaturanzeige einer Waschmaschine (Bild 112/3) gibt analoge Signale ab, da der Zeiger zwischen 20 °C und 100 °C jeden beliebigen Wert anzeigen kann. Dagegen ist der angezeigte Kilometerstand des Kilometerzählers eines Mokicks (Bild 112/4) ein digitales Signal. Er setzt sich aus den Ziffern 0 bis 9 zusammen.



112/3 Temperaturanzeige einer Waschmaschine

112/4 Kilometerzähler eines Mokicks

113/1 Uhr mit digitaler Anzeige

113/2 Uhren mit analoger Anzeige



Bei Uhren wird heute die Zeit sowohl analog als auch digital angezeigt (Bilder 113/1 und 113/2). Die Winkelstellung der Zeiger stellt dabei die analoge Größe dar. Sie kann zwischen 0° und 360° jeden möglichen Wert annehmen. Bei der Digitaluhr werden zur Zeitangabe die Ziffern 0 bis 9 verwendet.

Die Verwendung digitaler Signale in Steuerungen erfordert eine Kodierung (Verschlüsselung) nach einem festgelegten System. Als zweckmäßig hat sich dabei das *duale Zahlensystem* erwiesen.

Nutzung des dualen Zahlensystems bei Steuerungsvorgängen

38

Seit vielen Jahrhunderten benutzen die Menschen die Dezimalzahlen. Zur Darstellung der Zahlen im Dezimalsystem benötigt man die *Grundziffern* 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und ein festgelegtes *Positionssystem* mit den Potenzen der Zahl 10 (\rightarrow Mathe, Kl. 9).

- Die Zahl 1983 setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 = 1983$$

$$1000 + 900 + 80 + 3 = 1983$$

Durch dieses Positionssystem lassen sich Zahlen übersichtlich darstellen. Was für den Menschen einfach ist, kann bei der Verarbeitung in technischen Einrichtungen kompliziert sein, da zum Beispiel zur Darstellung der Ziffern 0 bis 9 solche Bauelemente nötig sind, die zehn unterschiedliche Zustände einnehmen können. Es liegt also nahe, ein Zahlensystem zu verwenden, welches mit einem Minimum an Ziffern auskommt und den technischen Anforderungen gleichzeitig gerecht wird. Günstig ist ein Zahlensystem, bei dem für jede Ziffer nur zwei Schaltzustände benötigt werden. Für die technische Umsetzung eignet sich eine Vielzahl von Bauelementen (\rightarrow Bild 114/1).

-
- ① Entscheiden Sie, ob es sich bei folgenden Beispielen um analoge oder digitale Signale handelt! Zeigerstellung des Kfz-Tachometers, Farbsignale einer Lichtsignalanlage, Blinksignale eines Leuchtturmes, Morsezeichen, Höhe der Quecksilbersäule eines Thermometers.
 - ② Schreiben Sie die Zahlen 249 und 5832 ausführlich im Positionssystem der Potenzen der Zahl 10!
 - ③ Nennen Sie Bauelemente, die zwei Zustände einnehmen können!
-

Bauelement	Zustand
Schalter	ein – aus
Transistor	leitend – gesperrt
Relaiskontakt	geschlossen – geöffnet
Magnetband	magnetisiert – unmagnetisiert
Lampe	leuchtend – nichtleuchtend

114/1 Schaltzustände von Bauelementen

Index	Positionssystem
D	Dezimalsystem
B	Binärsystem = Dualsystem

114/2 Indizes

Schon 1679 beschrieb der deutsche Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz ein Zahlensystem, das nur die Ziffern 0 und 1 besitzt und allen mathematischen Anforderungen genügt. Das *Dualsystem*, oder Binärsystem genannt, ist ein Positionssystem mit den Grundziffern 0 und 1.

Zur Darstellung von Zahlen im **Dualsystem** benötigt man das Positionssystem der Potenzen der Zahl 2 und die Grundziffern 0 und 1.

Somit setzt sich die Zahl 27_D aus folgenden Zweierpotenzen zusammen:

$$1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11011_B = 27_D$$

$$16 + 8 + 0 + 2 + 1 = 11011_B = 27_D$$

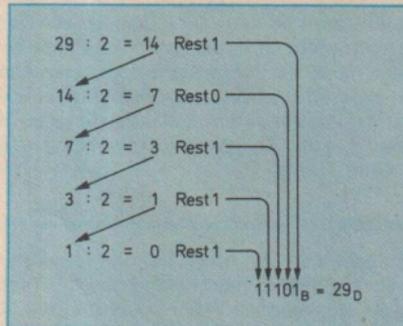
Werden die Zahlen des Dezimalsystems und Dualsystems gleichzeitig verwendet, so sind Verwechslungen möglich. Deshalb wird ein Index verwendet (Bild 114/2).

Umwandlung von Dezimalzahlen in das Dualsystem

Für die Umwandlung beliebiger Dezimalzahlen in das Dualsystem gibt es ein einfaches Verfahren, das auf der Division durch 2 beruht (Bild 114/3).

Rationeller ist die Umwandlung mit Hilfe einer Tabelle (Bild 115/1).

In der Praxis hat sich jedoch ein Kompromiß aus dem Dual- und Dezimalsystem durchgesetzt. Jede der Grundziffern einer beliebigen Dezimalzahl wird für sich in eine Dualzahl umgewandelt, wobei der entsprechende Stellenwert aus dem Dezimalsystem erhalten bleibt. Zur Umwandlung der größten Grundziffer 9 einer Dezimalzahl werden 4 Dualstellen (1001) benötigt. Diese vierstellige Darstellung wird für alle Grundziffern beibehalten (Bild 115/2). Dieses Zahlensystem wird BCD-Kodierung (bi-



114/3 Schema zur Umwandlung von Dezimalzahlen in das Dualsystem

när-codierte Dezimalzahlen genannt. Die Kodierung der 4 Dualstellen (Tetrade) kann unterschiedlich sein. Ein Beispiel ist die 8-4-2-1-Kodierung, bei der den 4 Stellen der Tetrade die Stellenwerte $2^3 \cdot 2^2 \cdot 2^1 \cdot 2^0$ zugeordnet sind (Bild 115/2). Die Dezimalzahl 1985 ergibt dann folgende BCD-Darstellung:

$$1985 = 0001 \ 1001 \ 1000 \ 0101$$

Die BCD-Kodierung ist wesentlich übersichtlicher als die rein duale Darstellung, wie der folgende Vergleich zeigt:

- **Rein duale Darstellung:** $521_D = 1000001001_B / 1985_D = 11111000001_B$
- BCD-Darstellung:** $521_D = 0101 \ 0010 \ 0001$

Potenzen von 2	Wert	Dualzahl
2^0	1	1
2^1	2	10
2^2	4	100
2^3	8	1 000
2^4	16	10 000
2^5	32	100 000
2^6	64	1 000 000
2^7	128	10 000 000
2^8	256	100 000 000
2^9	512	1 000 000 000

Grundziffer	Dualzahl	BCD
0	0	0000
1	1	0001
2	10	0010
3	11	0011
4	100	0100
5	101	0101
6	110	0110
7	111	0111
8	1 000	1000
9	1 001	1001

115/1 Potenzen der Basis 2

115/2 Dualzahlen

① ② ③ ④

Zur optischen Wiedergabe der in der Steuerung verarbeiteten Dualzahlen wird die 7-Segment-Anzeige benutzt. Auf dieser Grundlage ist es möglich, die Ziffern 0 bis 9 darzustellen. Die Ansteuerung erfolgt über eine komplizierte elektronische Schaltung (→ Elektrotechnik, Kl. 10).



Speichern und Lesen digitaler Signale

Bei der Eingabe von Informationen in digitale Steuerungen macht sich eine Kodierung erforderlich. Sollen auf einer Maschine Werkstücke automatisch gefertigt werden, so muß die Steuerung alle notwendigen Angaben, wie zum Beispiel Abmessungen, Drehzahlen und Vorschübe, in Form dual-kodierter digitaler Signale er-

40

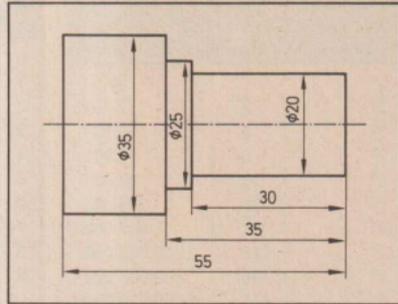
-
- ① Entschlüsseln Sie die dual-kodierte Dezimalzahl 0011 1001!
 - ② Schreiben Sie die Zahlen 41, 115, 242 ausführlich im Positionssystem der Potenzen von 2!
 - ③ Geben Sie die Dualzahlen 1110110, 100011, 1011001 als Dezimalzahlen an!
 - ④ Wandeln Sie die Dezimalzahlen 76, 111, 255 in BCD-Darstellung um!
-

halten. Die Abmessungen des in Bild 116/1 dargestellten Stufenbolzens sehen dual verschlüsselt folgendermaßen aus:

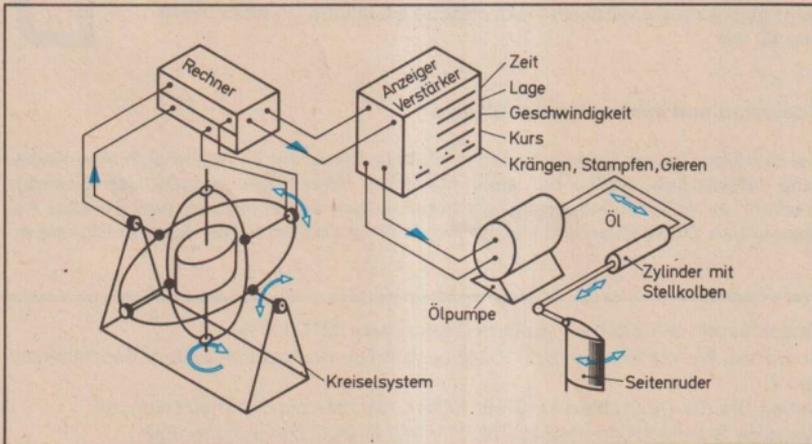
Durchmesser		Länge	
dezimal	BCD	dezimal	BCD
20	0010 0000	30	0011 0000
25	0010 0101	5	0101
35	0011 0101	20	0010 0000

In modernen Anlagen erfolgt die BCD-Kodierung zur weiteren Verarbeitung im Steuersystem automatisch. Die Abmessungen können über eine Tastatur dezimal eingegeben werden. Der Mensch muß die Kodierung jedoch beherrschen, um eventuell auftretende Fehler zu erkennen und zu beseitigen.

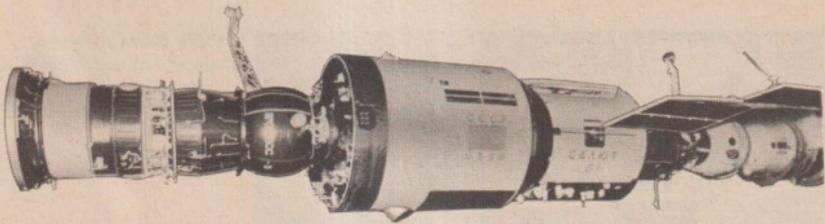
Die digitalen Steuerungen werden zunehmend zur Steuerung von Maschinen und Anlagen eingesetzt. Besonders die Mikroelektronik hat diese Entwicklungsrichtung beschleunigt. Die mit der herkömmlichen Elektronik ausgestatteten digitalen Steuerungen fanden nur in beschränktem Maße Anwendung. Sie konnten die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen, weil ihr Beitrag zur Steigerung der Effektivität der Produktion zu



116/1 Stufenbolzen



116/2 Automatische Steuerung eines Verkehrsflugzeuges



117/1 Raumstation mit gekoppelten Raumschiffen

gering blieb. In den sechziger Jahren beanspruchte zum Beispiel der Steuerungsteil einer digital gesteuerten Werkzeugmaschine (NC-Maschine) über 50 % der Gesamtkosten. Die Mikroelektronik senkte diesen Kostenanteil auf 30 %. In der Produktion existieren vielfältige Beispiele für digitale Steuerungen. Eines davon ist der numerisch gesteuerte Drehautomat (Bild 111/2). Das Programm für die Fertigung eines Werkstückes wird entsprechend den zu steuernden Größen (Bearbeitungsbe-
 wegungen) erstellt.

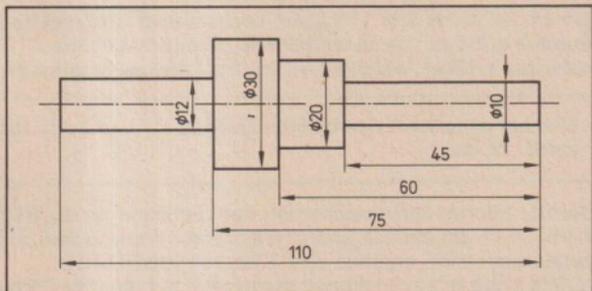
- Weitere Beispiele für den Einsatz digitaler Steuerungen sind die elektronische Datenverarbeitung (EDV), die Überwachung und Kontrolle von automatischen Prozessen in der chemischen und metallurgischen Industrie sowie in der Energiewirtschaft (→ Elektrotechnik, Kl. 10).

Die in Bild 116/2 schematisch dargestellte automatische Steuerung eines Verkehrsflugzeuges (Autopilot) ist eines der vielen Beispiele aus der Umwelt des Menschen. Ein digitaler Bordrechner vergleicht die vom Kreiselssystem gemessenen Werte mit dem Programm im Speicher (Kurs und Lage) und ermittelt die Lageabweichungen. Bei Differenzen (Abweichungen, seitliche und horizontale Neigung, plötzliche Höhenänderungen, „Durchsacken“) werden die Höhen- und Seitenruder betätigt, bis der vorprogrammierte Kurs wieder eingenommen ist.

Beim Ankopplungsmanöver von Raumschiffen übernimmt ebenfalls ein digitaler Bordrechner die Steuerung. Dabei sind solche Werte wie die Höhen- und Seitenabweichung, seitliche, horizontale und vertikale Neigung, Entfernungen und die Relativgeschwindigkeit zu verarbeiten und die entsprechenden Signale für die Zündung der Triebwerke abzugeben, bis die Bahnkorrektur vorgenommen ist (Bild 117/1).

- 1 Verschlüsseln Sie die Maße des Werkstückes (Bild 117/2) im BCD-Kode und tragen Sie dies in eine Tabelle ein!

117/2 Welle

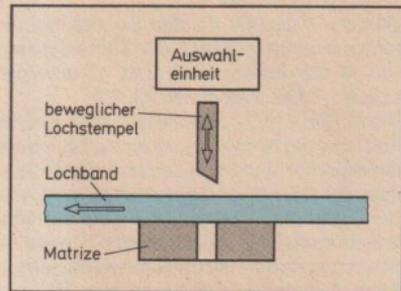




118/1 Schreibeinheit, bestehend aus Schreibmaschine (Mitte), Lochbandstanzer (rechts) und Lochbandleser (links)

Bevor die automatische Fertigung auf einer Werkzeugmaschine beginnen kann, muß das Programm für die Steuerung des Bearbeitungsvorganges eingegeben werden. Dies geschieht zum Beispiel durch ein Lochband, das einen Speicher für das Programm darstellt.

Ein **Speicher** ist eine technische Einrichtung zum Aufbewahren von Informationen.



118/2 Lochbandstanzerprinzip

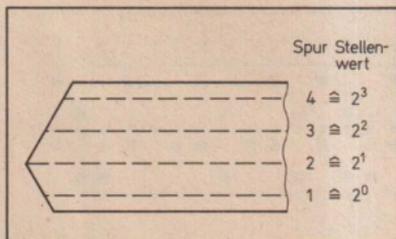
Lochbänder sind preiswert, relativ unempfindlich und unkompliziert zu handhaben. Die Fertigungsangaben des Programmblattes werden auf dem Lochband in einer der Maschine verständlichen Form verschlüsselt. Dafür wird eine Schreibeinheit benutzt, die aus einer Schreibmaschine mit gekoppeltem Lochbandstanzer und Lochbandleser besteht (Bild 118/1).

Die auf einem Programmblatt eingetragenen Informationen werden mit der Schreibmaschine geschrieben. Gleichzeitig mit dem Entstehen eines Kontrollschriftbildes werden diese Informationen auf das Lochband gestanzt. Ein Stanzprinzip zeigt das Bild 118/2. Ein Lochstempel wird elektromagnetisch bewegt und durchdringt das von einer Matrize gestützte Lochband. Die Auswahl-einheit entscheidet darüber, welcher Lochstempel jeweils betätigt wird.

Eine Lochung stellt den binären Zustand „1“ und keine Lochung den binären Zustand „0“ dar.

Bei der Informationsspeicherung auf Lochband ist die BCD-Kodierung im 8-4-2-1-Kode (↗ LE 39) einfach und übersichtlich. Wenn jedem Stellenwert eine Lochspur zugeordnet wird, ergeben sich 4 Spuren (Bild 119/1).

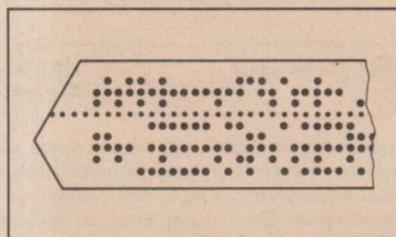
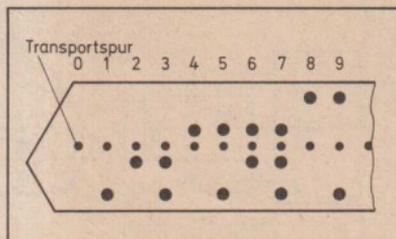
In Bild 119/2 ist ein Lochband dargestellt, auf dem die Ziffern 0 bis 9 dual verschlüsselt sind. Diese Lochkombinationen entsprechen dem BCD-Kode in Bild 115/2. Für



119/1 Lochband mit 4 Spuren

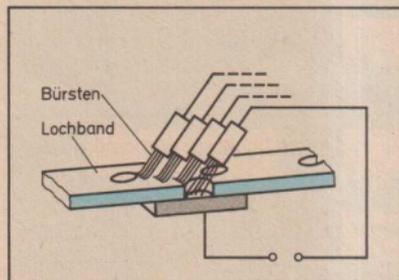
119/2 Lochband mit den Grundziffern 0 bis 9 in BCD-Kodierung

119/3 8-Spur-Lochband

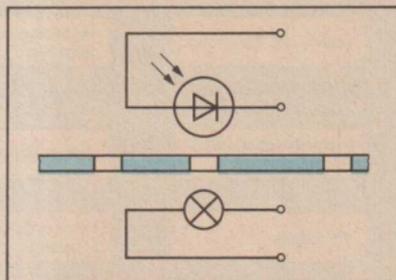


die automatische Steuerung des gesamten Fertigungsablaufs benötigt man neben den Werkstückabmessungen noch zusätzliche Schaltbefehle. Deshalb reicht in der Praxis ein 4-Spur-Lochband nicht aus, da Ziffern, Buchstaben und andere Zeichen in lesbare Lochkombinationen verschlüsselt werden müssen. Man verwendet weitere Spuren, so daß 8-Spur-Lochbänder zur Anwendung kommen (Bild 119/3).

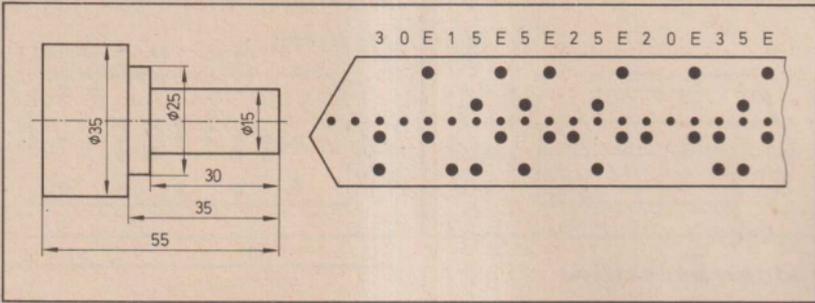
Vor der Bearbeitung eines Werkstückes müssen die Informationen auf dem Lochband vom Lochbandleser abgetastet und in den internen Speicher der Maschine transportiert werden. Das Lesen geschieht entweder elektromechanisch oder fotoelektronisch (Bilder 119/4 und 119/5). Treffen die mechanischen Fühler (Bürsten) beim Durchlauf des Lochbandes auf ein Loch, so wird der Kontakt hergestellt und ein elektrisches Signal erzeugt. In der Baueinheit sind mehrere Bürsten nebeneinander angeordnet. Ihre Anzahl entspricht den Spuren auf dem Lochband. Beim fotoelektronischen Prinzip (Lichtschranke) trifft beim Vorbeilauf eines Loches vor der Lampe das Lichtbündel auf eine Fotodiode. Über eine Verstärkerschaltung wird die Lichtstärkeänderung als elektrisches Signal der Steuerung zugeführt. Die elektro-



119/4 Elektromechanisches Prinzip der Lochbandabtastung



119/5 Fotoelektronisches Prinzip der Lochbandabtastung



120/1 Stufenbolzen

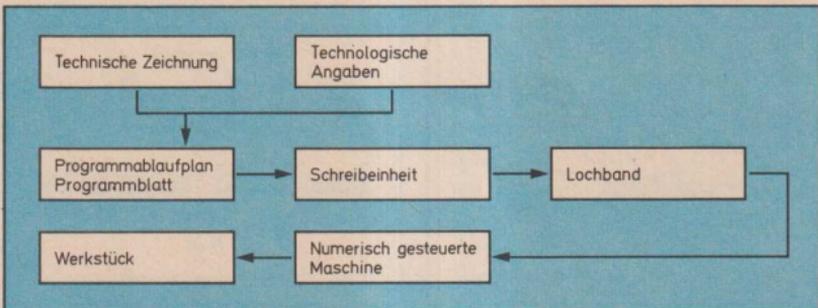
120/2 Kodierte Längenmaße und Durchmesser des Drehteils

mechanische Abtastung erlaubt keine sehr hohen Lesegeschwindigkeiten. Deshalb werden heute vorrangig fotoelektronische Leseeinrichtungen eingesetzt, da ihre Lesegeschwindigkeit (15 000 Zeichen je Minute) das Hundertfache der elektromechanischen Einrichtung beträgt. Außerdem unterliegt bei der fotoelektronischen Abtastung das Lochband kaum einer Abnutzung.

Soll beispielsweise das in Bild 120/1 abgebildete Werkstück automatisch auf einer lochbandgesteuerten Maschine gefertigt werden, so muß das Steuerlochband unter anderem alle Maßangaben aus der technischen Zeichnung im BCD-Kode enthalten.

Bild 120/2 zeigt das Lochband mit den kodierten Maßen. Um die einzelnen Maßzahlen voneinander unterscheiden zu können, wurde die Lochkombination 1010 (E) als Endezeichen eingefügt. In diesem Beispiel sind die Schaltinformationen jedoch nicht enthalten, da ein 4-Spur-Lochband hierfür nicht ausreichend Lochspuren aufweist.

Die Bearbeitung eines Werkstückes auf einer automatischen Maschine erfordert in den meisten Fällen die gleiche Vorbereitung. Ausgehend von der technischen Zeichnung und den technologischen Angaben, werden ein Programmablaufplan und ein Programmblatt erarbeitet. Das Programm wird dann zur Maschinensteuerung auf den Informationsspeicher (Lochband) übertragen. Bild 120/3 zeigt den Ablauf schematisch.



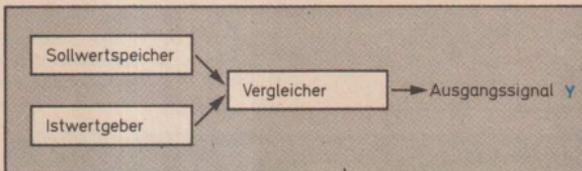
120/3 Schematische Darstellung der Verarbeitung der Information von der technischen Zeichnung bis zum Werkstück

Bei den Steuerungen in der Produktion müssen sehr oft Werte miteinander verglichen werden. Die Anschläge der analog-mechanischen Steuerung speichern den Sollwert eines Werkstückmaßes (↗ LE 33). Wird dieser erreicht (das bedeutet, der Istwert stimmt mit dem Sollwert überein), erfolgt die Abschaltung des Vorschubes. Dieser Soll-/Istwertvergleich wird bei digital gesteuerten Maschinen ebenfalls vorgenommen.

Der **Vergleicher** hat die Aufgabe, Sollwerte und Istwerte miteinander zu vergleichen und bei Übereinstimmung ein Signal 1 (H) abzugeben.

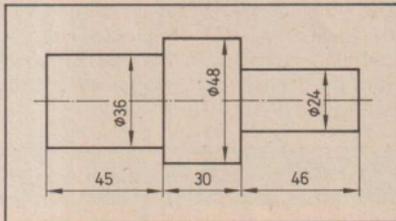
Als Sollwerte liegen die in die Steuerung eingelesenen Informationen vor. Die Istwerte werden meist von einer Meßeinrichtung erfaßt und dem Vergleichler zugeführt. Bei der automatischen digitalen Steuerung erfolgen bei Übereinstimmung der Soll- und Istwerte Schaltungen der Maschine, die vom Vergleichler ausgelöst werden (Bild 121/1).

121/1 Schema des Soll-/Istwertvergleichs

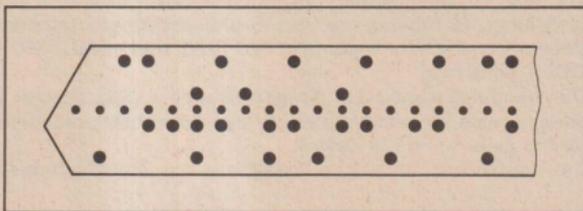


① Skizzieren Sie ein Lochband mit den kodierten Maßen aus Bild 121/2!

② Entschlüsseln Sie die im Lochband (Bild 121/3) enthaltenen Maße, und fertigen Sie die technische Zeichnung an! Längenmaße und zugehörige Durchmesser sind unmittelbar nacheinander gespeichert.



121/2 Drehteil



121/3 Lochband mit Kodierung

Die Sollwerte und Istwerte in digitalen Steuerungen sind digitale Signale, d. h., sie enthalten nur die Werte 0 oder 1. Ein Vergleich muß also nur diese beiden Werte miteinander vergleichen. Man benutzt zu diesem Zweck eine elektronische Schaltung.

Sollwert 0 – Istwert 0 : Übereinstimmung
 Sollwert 1 – Istwert 0 : keine Übereinstimmung
 Sollwert 0 – Istwert 1 : keine Übereinstimmung
 Sollwert 1 – Istwert 1 : Übereinstimmung

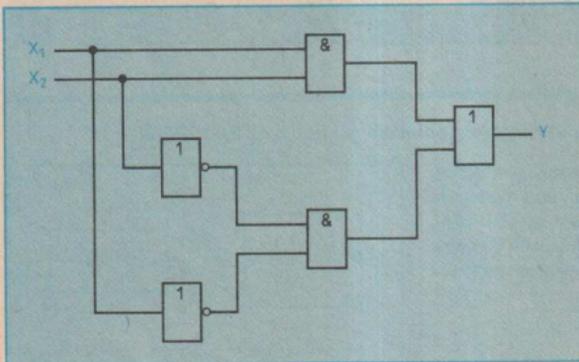
Bezogen auf die Signalpegel (\rightarrow Elektrotechnik, Kl. 9, LE 27) entspricht der logische Wert 0 dem Zustand L und der logische Wert 1 dem Zustand H. Wenn die beiden Eingangssignale des Vergleichers mit x_1 und x_2 sowie das Ausgangssignal mit y bezeichnet werden, ergibt sich die Schaltbelegungstabelle (Bild 122/1).

Zeile	x_1	x_2	y
1	0	0	1
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

Zeile	x_1	x_2	y
1	L	L	H
2	L	H	L
3	H	L	L
4	H	H	H



122/1 Schaltbelegungstabellen mit logischen Werten und Signalpegeln und Symbol des Vergleichers



122/2 Vergleicherschaltung für zwei binäre Signale

Mit einer Grundschialtung der Informationselektrik läßt sich der Vergleich nicht realisieren. Es müssen mehrere Grundschialtungen miteinander verknüpft werden. Bei der Vergleicherschaltung in Bild 122/2 sind es zwei NICHT-, zwei UND- und eine ODER-Schaltung.

Der Vergleichergibt das Ausgangssignal 1 (Signalpegel H) ab, wenn beide Eingangssignale übereinstimmen. In der Schaltbelegungstabelle (Bild 122/1) gilt das für die Zeile 1 und die Zeile 4.

Der Vergleichergesteht im Prinzip aus drei Teilschaltungen:

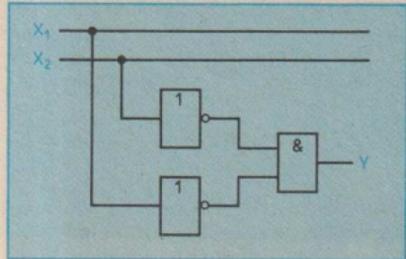
1. Teilschaltung. Die erste Teilschaltung stellt die Verknüpfung für die 1. Zeile der Schaltbelegungstabelle (Bild 122/1) dar.

Wie die Tabelle aussagt, soll das Ausgangssignal den Wert 1 (Signalpegel H) besitzen, wenn die Eingangsgrößen x_1 und x_2 jeweils den Wert 0 (Signalpegel L) haben. Dazu werden beide Signale negiert (\neg Elektrotechnik, Kl. 9, LE 30) und danach durch die UND-Schaltung miteinander verknüpft (Bild 123/1).

123/1 1. Teilschaltung mit Schaltbelegungstabelle

x_1	x_2	y
0	0	1

x_1	x_2	y
L	L	H



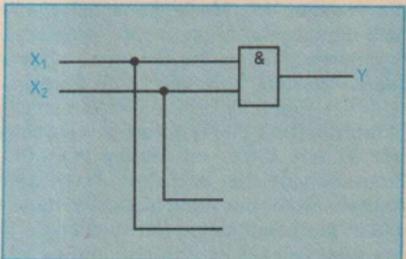
2. Teilschaltung. Diese Teilschaltung stellt die Verknüpfung für die 4. Zeile der Schaltbelegungstabelle (Bild 122/1) dar.

Diese Teilschaltung realisiert die Forderung, daß das Ausgangssignal den Wert 1 (Signalpegel H) hat, wenn beide Eingangssignale x_1 und x_2 den Wert 1 (Signalpegel H) besitzen. Hierzu wird die UND-Schaltung eingesetzt (Bild 123/2).

123/2 2. Teilschaltung mit Schaltbelegungstabelle

x_1	x_2	y
1	1	1

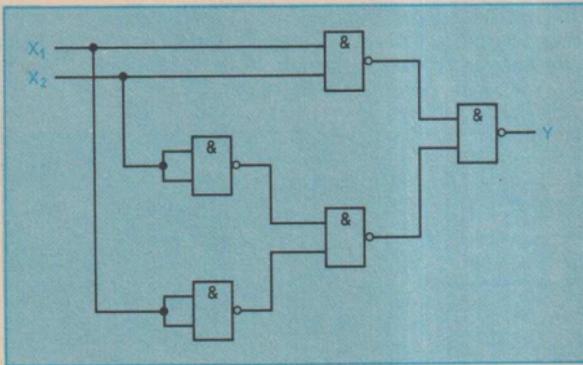
x_1	x_2	y
H	H	H



3. Teilschaltung. Der Vergleicher gibt das Ausgangssignal mit dem Wert 1 (H) ab, wenn die Bedingungen der 1. Zeile *oder* der 4. Zeile der Schaltbelegungstabelle vorliegen. Die Signale werden also durch eine ODER-Grundschialtung verknüpft. Der in Bild 122/2 dargestellte Vergleicher kann jeweils zwei Dualziffern miteinander vergleichen. Werden in einer automatischen Maschine die Sollwerte über ein Lochband im BCD-Code eingegeben, so entspricht die Anzahl der Spuren auf dem Lochband der Anzahl der notwendigen Vergleicher.

Da meist mit 8-Spur-Lochbändern, der sogenannten 8-Kanal-Informationsverarbeitung, gearbeitet wird, müssen bei einer solchen Steuerung als Vergleicher 8 dergartige Schaltungen vorhanden sein. Die Signale werden durch UND-Schaltungen verknüpft. Durch mikroelektronische Bauelemente läßt sich eine solche vollständige Vergleicherschaltung für beliebig viele Kanäle aufbauen.

① Begründen Sie, warum die UND-Schaltung als Vergleicher nicht ausreicht!



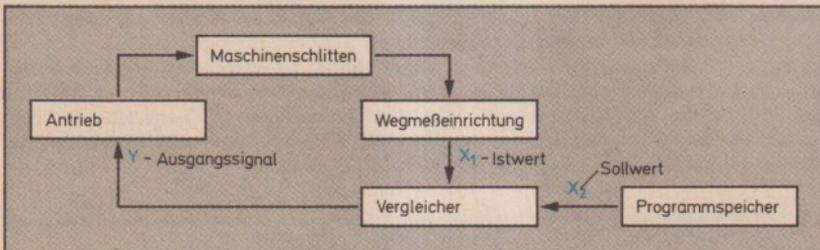
124/1 Vergleicherschaltung mit NAND-Gliedern

In der Praxis verwendet man möglichst gleiche mikroelektronische Grundschaltungen. Bild 124/1 zeigt einen Vergleicherschaltung, der nur aus *NAND-Gliedern* besteht und die gleiche Funktion wie die Vergleicherschaltung in Bild 122/2 erfüllt.

Der Einsatz des Vergleichers erfolgt überall dort, wo digitale Sollwerte und digitale Istwerte (Meßwerte) verglichen werden. Dies trifft zum Beispiel für numerisch gesteuerte Maschinen zu. Das Bild 124/2 zeigt den Signalfluß in einer derartigen Maschine.

Die Position des Maschinenschlittens (Istwert) wird durch eine Wegmeßeinrichtung digital erfaßt und an den Vergleicherschaltung weitergeleitet. Gleichzeitig werden vom Programmspeicher die Sollwerte abgerufen. Nun erfolgt der Vergleich zwischen beiden Werten. Stimmen beide überein, so erhält der Antrieb das Signal zum Abschalten. Wenn beispielsweise auf einer digital gesteuerten Drehmaschine der Stufenbolzen (Bild 116/1) gefertigt werden soll, beträgt der Sollwert für den ersten Absatz 30 mm. Digital ist das der Wert 0011 0000. Diese Dualzahl ist als Sollwert im Programmspeicher enthalten. Nach dem Einschalten des Arbeitsganges läuft der Antriebsmotor des Maschinenschlittens so lange, bis vom Wegmeßsystem die gleiche Ziffernkombination (Istwert) an den Vergleicherschaltung abgegeben wird. Das Sollmaß des Werkstückes ist erreicht, und es erfolgt die Abschaltung.

Die digitalen Steuerungen finden nicht nur bei numerisch gesteuerten Maschinen, sondern in vielen anderen Bereichen der Produktion und Gesellschaft Anwendung. Ihr Einsatz reicht von der Steuerung einzelner Maschinen und Roboter (→ Bild 110/2) über die Steuerung von Taktstraßen bis zur Realisierung des vollautomatischen Ablaufs gesamter Produktionsprozesse.



124/2 Signalflußbild einer numerisch gesteuerten Maschine

Register

A

Abwärme 13 f.
Agronomische Disziplin 32
Alarmanlage 92
Analoge Steuerung 103
Anfallenergie 13 f., 25
Anschlag 98
Anschlagsteuerung 98
Arbeitsgegenstände 6
Arbeitsinformationen 104, 108
Arbeitskräfte 6
Arbeitsmittel 6
Arbeitsstromkreis 71
Arbeitszeit 15 f.
Aufnahmen von Schaltplänen 57 f.
Ausgangssignal 122 f.

B

Basis-Emitterstromkreis 76
Baumaterial, spezifischer Einsatz 18
Bauzeiten 20
BCD-Kode 114 ff., 120
Beton 18
Betonstähle, höherfeste 19
Bewässerung 29
Binäreingabebaustein 85
Bodenbearbeitung 27
Bodenfruchtbarkeit 27
-, Verbesserung der 30

C

Chip 81

D

Dekodierung 69
Digitale Steuerung 110 ff., 116
Digitaluhr 113
Drehautomat 111
Duales Zahlensystem 113 ff.
Düngung 29
Dunkelschaltung 91
Durchgangsprüfung 54 f.

E

Effektiver Einsatz der Landtechnik 30 ff.
Effektiver Einsatz von Energie 12 ff.
Effektiver Einsatz von Material
-, konstruktive Maßnahmen 10 f.
-, technologische Maßnahmen 8
Effektive technologische Lösungen 15
Eingangssignal 122 f.
Einsatz von Baumaterial 18
Einsparung von Kraftstoff 32

Elektrischer Telegraph 67
Elektrisches Messen nicht-elektrischer Größen 60
Energieeinsparung 12
Energieökonomisches Bauen 18, 24
Energie- und Informationsfluß 39
Entwässerung 29
Entwicklung der Elektrotechnik 36
Erregerstromkreis 71
Erste Hilfe bei Unfällen durch elektrischen Strom 50

F

Fehlerarten 55 f.
Fehlersuche 55 ff.
Fertigung nach Takten 20
Fliehkraftregler 96
Fotowiderstand 89 f.
Fruchtfolge 27 ff.

G

Gatter 82
Gebrauchseigenschaften 6 f.
Gebrauchswert 6, 8
Geometrische Formangaben 104
Gesteuerter Stromkreis 71, 76

H

Halbleiterbauelement 74, 89
 Hellschaltung 91
 Heizungsanlagen, regelbare 25

I

Industrialisierung der Bau-
 maßnahmen 18
 Industrieroboter 97, 110
 Information 66, 68
 Informationselektrik 38, 66 ff.
 Informationskette 68, 84
 Informationsübertragung 68
 Integrierter Schaltkreis 81 ff.

K

Kennzeichen auf Meßgeräten 62
 Kilometerzähler 112
 Kodebuchstaben 47
 Kodierung 69, 112
 Kollektor-Emitterstromkreis 76
 Kompaktierung der Gebäude 24
 Komplexer Einsatz der Landtechnik 33
 Komplextechnologie 21
 Kontrollbildschirm 111
 Kooperative Zusammenarbeit 30
 Körperschluß 56
 Kurvenscheibe 101
 Kurvensteuerung 101 f.
 Kurzschluß 56

L

Leichtbau 11
 Leistungselektrik 38
 Lichtschranke 88 ff., 119
 Lochband 118 ff.
 Lochbandabtastung
 –, elektromechanisch 119
 –, fotoelektronisch 119
 Lochbandleser 118 f.
 Lochbandstanzer 118
 Lochkombination 120 f.
 Logische Grundfunktionen 84
 Logische Grundsaltungen
 – NAND 86, 124
 – NICHT 122
 – NOR 87
 – ODER 72 f., 122 f.
 – UND 72, 122 f.

M

Magnetkupplung 100
 Materialsparende Baukonstruktionen 19
 Materialsparendes Konstruieren 10
 Materialsparende Verfahren 9
 Melioration 29
 Meßeinrichtung 59
 Messen 59 ff.
 Meßfehler 64
 Meßfühler 60
 Meßgeräte 59
 Meßwert 62
 Mikroelektronik 81
 Mikrorechner 111
 Montagebauweise 22

N

Nachfülllampe 96
 Nachrichten 66
 NAND-Schaltung ↗ Logische Grundsaltung
 NAND
 Negation 76 ff.
 Negator 78
 Nichtelektrische Größen 60
 NICHT-Schaltung ↗ Logische Grundsaltung
 NICHT
 Nocken 100
 Nockenleiste 100
 Nockensteuerung 99

O

ODER-Schaltung ↗ Logische Grundsaltung
 ODER
 Optimieren des Werkstück- und Werkzeugflusses 15 f.

P

Pflege der Landtechnik 34
 Pilsucher 53
 Positionssystem 113
 Produktionsaufwand 6 ff., 18
 Produktionsmittel 6, 8
 Programmablaufplan 104 ff.
 Programmblatt 118
 Prüfen 52
 Prüfgeräte 53 f.
 Prüfobjekt 54
 Prüfverfahren 53 f.

R

Relais 70
 Relaisgrundschialtung 71
 Reproduktionsprozeß der
 Landwirtschaft 30
 Richtwerttabelle 106

S

Schaltinformation 104
 Schaltplan 42 ff.
 Schaltplangruppen 46
 Schaltsymbol 86
 Schaltungskurzzeichen 45
 Schaltzeichen 43 ff.
 –, ausführliche 45
 –, vereinfachte 45
 Schaltzeichengestaltung
 44
 Schreibeinheit 118
 Schutzisolierung 50
 Schutzkleinspannung 50
 Schutzmaßnahmen 50
 Schutztransformator 50
 Schwellwertschalter 90
 Sensor 79
 Sensortaste 70, 78 f.
 Signale 68, 111 f.
 –, analoge 81, 112
 –, binäre 69
 –, digitale 81, 111 f.
 Signalfluß 86
 Signalflußbild 102, 124
 Signalpegel 69, 122
 Signalverknüpfung 71

Soll-/Istwertvergleich 121
 Spannungsprüfer 53
 Spannungsstabilisatorbau-
 stein 85
 Spannungsteilerschaltung
 90
 Speicher 104, 110, 118
 Spritzroboter 110
 Stahlleichtbau 19
 Ständerbohrmaschine 98
 Steuerorgan 97
 Steuerschrank 111
 Steuerstromkreis 71, 76
 Stromverstärkung 76

T

Technologische Daten 104
 Technologische Einheit 15
 Technologische Linien 21
 Telegraf 66 f.
 Temperaturanzeige 112
 Textangaben und Bezeich-
 nungen in Schaltplänen
 47
 Tierfalle 96
 Transistor 74 ff.
 –, als Stromverstärker 76
 Transportwege 22
 TTL-Schaltkreise 82 f.

U

Umweltenergie 25
 UND-Schaltung ↗ Logi-
 sche Grundschialtung
 UND
 Unfall durch elektrischen
 Strom 49

V

Vielfachmeßgerät 60 f.
 Verfahrensgerechte Aus-
 wahl der Landtechnik 31
 Vergleicher 121 f., 124

W

Wärmedämmung 24 f.
 Wärmerückgewinnung 25
 Wärmeverluste 24 f.
 Weginformation 103 f.,
 110
 Wegmeßeinrichtung 124
 Werkzeugkatalog 106
 Widerstandsmessung 65
 Wirtschaftliche Fahrweise
 32

Z

Zuschnittverluste 10
 Zweihandbedienung 40 f.

Quellennachweis der Bilder

ADN-ZB, Berlin: 5/1, 26/1, 30/1, 30/2, 34/1, 35/1, 38/1, 38/2, 59/1, 59/2, 66/1, 66/2, 67/1, 80/1, 81/2, 82/1, 95/1, 97/2, 2. und 3. Umschlagseite; Archiv VVV, Berlin: 36/2, 96/3, 117/1; Bauakademie der DDR, Berlin: 22/2; Bergner, Gera: 97/1; Brückner, Karl-Marx-Stadt: 111/1; Brüggemann, Karl-Marx-Stadt: 98/2; DEWAG Werbung, Berlin: 110/2, 111/2; Edelberg, Lüssow: 32/1; Grund, Leipzig: 98/1; Jugend und Technik, Berlin: 25/1, 79/1; Lorber, Pädagogische Hochschule Erfurt: 110/1, 112/3, 112/4, 113/1, 113/2, 118/1; Seidel, Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt: 43/2, 49/1, 49/2, 52/1, 60/2, 61/1, 61/2, 61/3, 67/2, 69/2, 70/1, 70/2, 73/1, 73/2, 74/1, 74/2, 75/2, 82/2, 82/3, 88/2, 88/3; Seifert, VVV, Berlin: 53/1, 53/2; VEB Automobilwerke Sachsenring, Zwickau: 97/3; VEB Elektromat, Dresden: 80/2; VEB Numerik, Karl-Marx-Stadt: 111/3; Zimmer, Leipzig: 60/1;

2. Umschlagseite: Ausbildung an einer digital gesteuerten Werkzeugmaschine

3. Umschlagseite: Blick durch ein Mikroskop auf den Chip eines integrierten Schaltkreises, im Vergleich dazu ein Haar

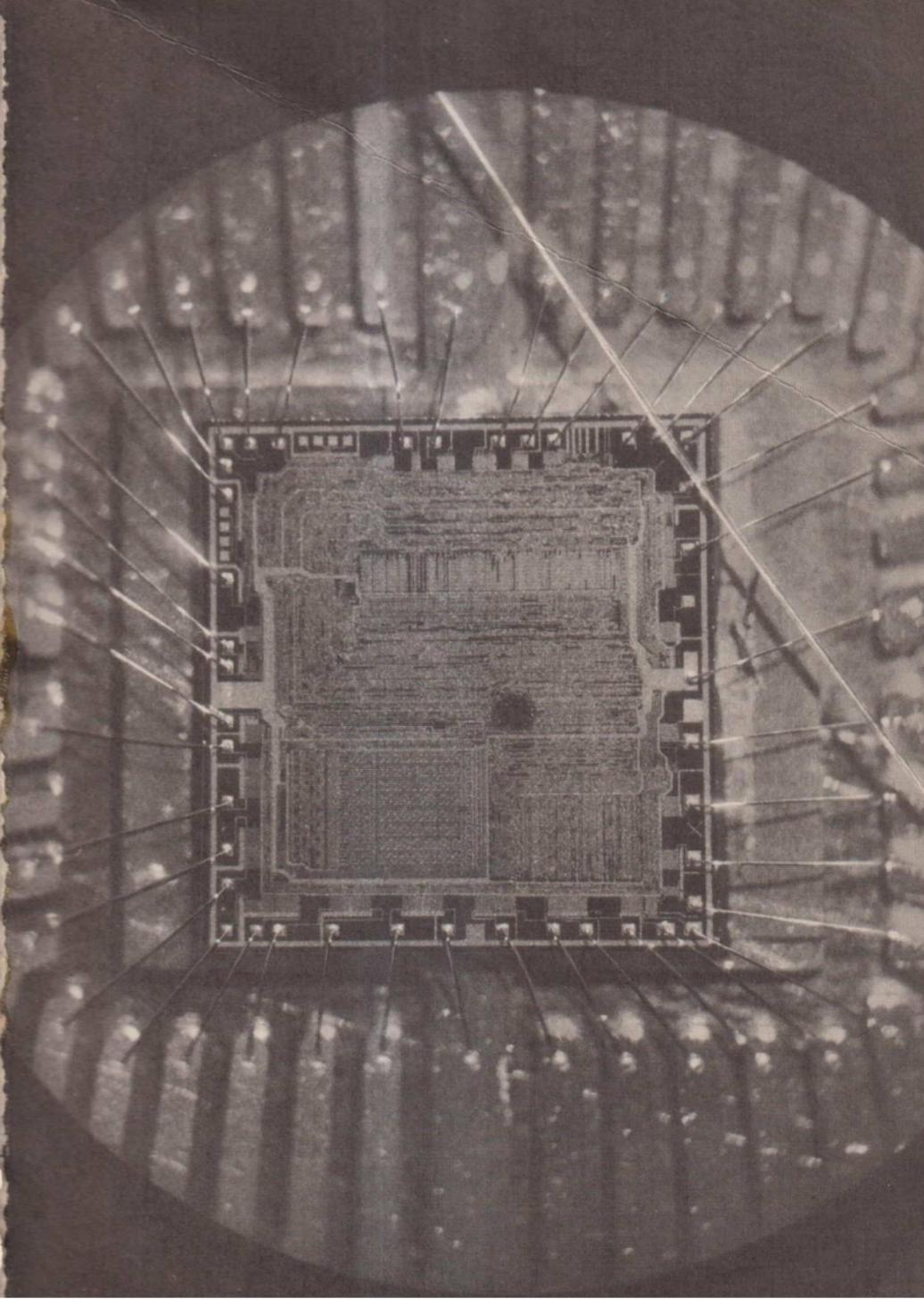
Im Lehrbuch verwendete Symbole und Abkürzungen

- ▶ Merksätze
- Beispiele
- ▼ Experimente
- ① Aufgaben
- ↗ siehe

Tech i Üb Technik und Produktion in Übersichten

Ph i Üb Physik in Übersichten

LE Lerneinheit



Kurzwort: 06 09 17 Lehrb.ESP KI9
Schulpreis DDR: 1,50
ISBN 3-06-060917-9