

Armin Keßler
Manfred.Eichhorn

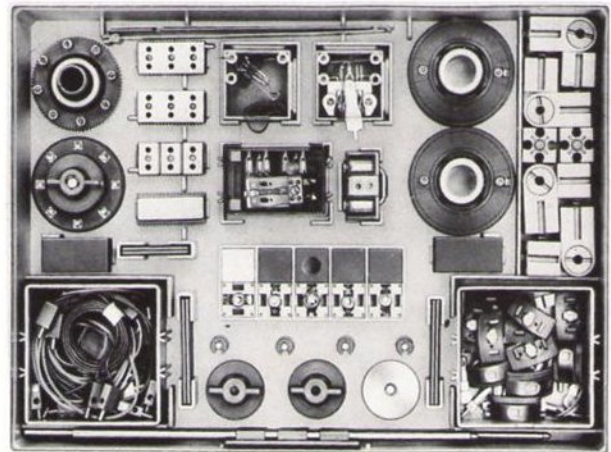
**Aufgabenreihe
zum Problemfeld
Schalten - Steuern
mit dem Lernbaukasten
»fischertechnik«**

SONDERDRUCK AUS WERKPÄDAGOGISCHE HEFTE
NR. 3/71 · OTTO MAIER VERLAG RAVENSBURG

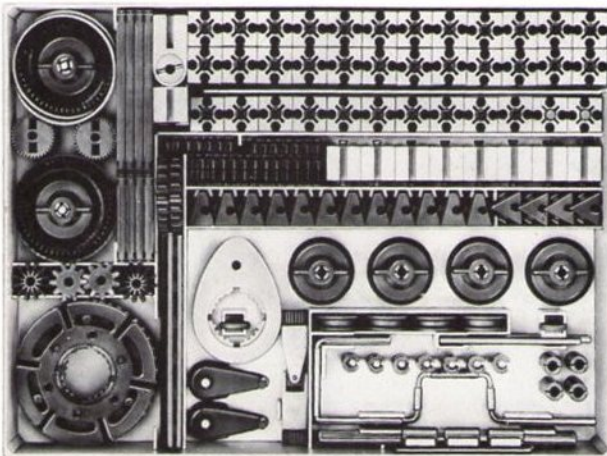
ÜBERREICHT DURCH
FISCHER - WERKE
ARTUR FISCHER [®]
7241 TUMLINGEN
KREIS FREUDENSTADT

Die Lernbaukästen des fischertechnik Schulprogramms

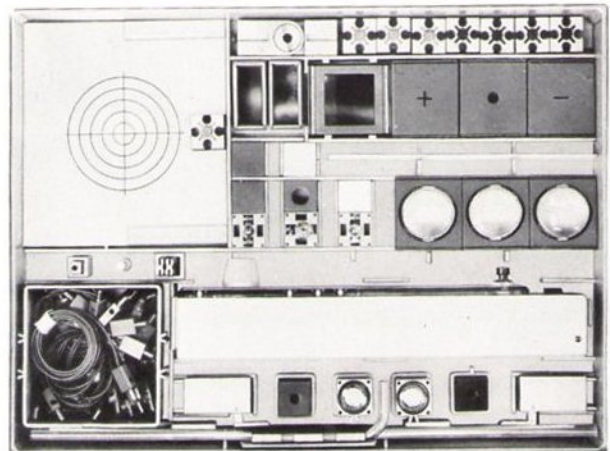
fischertechnik-Lernbaukästen ermöglichen die Darstellung von Funktionen aus dem weiten Bereich der modernen Technik: z. B. Hebezeuge und Förderanlagen, Fahrzeugtechnik, Getriebelehre, Funktionsprinzipien von Maschinen, Statik, Schalt-, Steuerungs- und Regeltechnik. Verschiedene Ergänzungskästen, Zusatzteile und Sammelkästen erweitern das Programm.



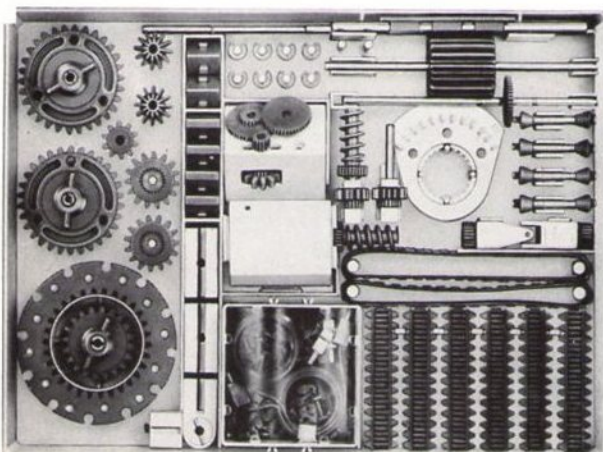
Lernbaukasten u-t 3 Schalten und Steuern Art.-Nr. 30608



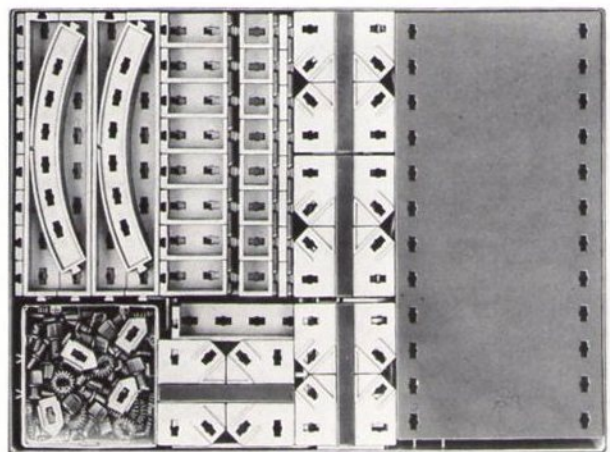
Lernbaukasten u-t 1 Grundkasten Art.-Nr. 30606



Lernbaukasten u-t 4 Steuern und Regeln Art.-Nr. 30609



Lernbaukasten u-t 2 Motor und Getriebe Art.-Nr. 30607



Lernbaukasten u-t S Statik Art.-Nr. 30610

In fast allen bisher zu diesem Problembereich erschienenen Beiträgen ¹⁾, ist die Verwendung herkömmlicher Materialien und Verfahren des Werkunterrichts vorgeschlagen.

Im folgenden wird der Versuch unternommen, eine Aufgabenreihe zu diesem Problemfeld darzustellen, in der der Lernbaukasten „fischer-technik“ eingesetzt wird. Diese Aufgabenreihe ist wie folgt gegliedert:

1. Elektromechanische Schaltungen mit dem f-t-Dreh-schalter
2. Programmschalter für eine Waschmaschine
3. Konstruktion und Steuerung einer Transferstraße.

Im Rahmen des Unterrichts beginnen wir mit einfachen Problemen elektromechanischer Schaltungen, wobei physikalische Kenntnisse und Kenntnisse technischer Lösungen auf den f-t-Dreh-schalter umzudenken sind. Dieser bietet auch die Möglichkeit, ein einfaches Schaltprogramm darzustellen.

Anschließend weiten wir den Bereich auf die Konstruktion eines Programmschalters aus, der symbolisch eine Waschmaschine steuert.

Bei der Behandlung von Problemen der Steuerungstechnik, hier im besonderen der Programmsteuerung, wird versucht, Grundlagen zu schaffen, die ein Verständnis der verschiedenen Programmsteuerungen in der technischen Wirklichkeit ermöglichen. Dabei wird innerhalb der Steuerungstechnik ein Teilproblem, nämlich die Steuereinrichtung, herausgegriffen und zum Gegenstand des Unterrichts gemacht. Es geht hier vorrangig um Koordinierung und Zusammenfassung mehrerer, zeitlich verschobener Funktionsabläufe in einem gemeinsamen Schaltprogramm.

Zunächst bleibt weitestgehend Raum für die eigene technische Entwicklung und Nacherfindung durch den Schüler; erst anschließend interessiert uns die Lösung des Problems in der technischen Wirklichkeit, die durch Demontage und Analyse erschlossen wird.

Denkt man diese Aufgabenreihe weiter, so bietet sich aus zwei Gründen die Werkaufgabe „Transferstraße“ an: Einmal ist bisher das eigentlich für automatisch gesteuerte Produktionssysteme grundlegende Weg-Zeit-Problem – völlig richtig – auf die Aufschlüsselung des Zeitfaktors reduziert worden, die gesteuerten Arbeitsvorgänge werden bei der Aufgabe „Programmschalter zur Waschmaschinensteuerung“ lediglich durch verschiedenfarbige Glühbirnen symbolisch dargestellt, während die Aufgabe „Transferstraße“ die Realisation mechanischer

Bewegungsabläufe und deren zeitliche und räumliche Koordinierung verlangt.

Zum ändern ermöglicht diese Aufgabe eine Blickwendung von den Gegenständen aus dem Erlebnisbereich der Schüler auf das wohl wesentlichste Anwendungsgebiet der automatischen Steuerung, auf die industrielle Produktion. Das Thema „Transferstraße“ wird dabei gewissermaßen zu einer Schaltstelle, bei der drei verschiedene Aufgabenreihen zusammentreffen:

- eine Aufgabenreihe zum Problembereich „Schalten-Steuern“,
- eine Aufgabenreihe zum Problembereich „Fortleiten und Umformen mechanischer Energie (Getriebe) und Werkzeugmaschinen“,
- eine Aufgabenreihe zum Problembereich „Arbeitsteilige Herstellungsverfahren – Rationalisierung – Automation“.

Bedenken wegen des großen Zeitaufwandes und des hohen Schwierigkeitsgrades dieser Aufgabe halten wir folgendes entgegen: Transferstraßen haben in der technischen Wirklichkeit einen hohen Stellenwert; ihr technisches Prinzip und ihre Bedeutung sollten einsichtig gemacht werden. Die Komplexität der technischen Wirklichkeit wird dabei im Unterricht auf ein prinzipielles Minimum reduziert, das Schüler erfassen und verwirklichen können. Durch die Art der Aufgabenformulierung kann zudem der Schwierigkeitsgrad dem Leistungsstand der Klasse und der zur Verfügung stehenden Zeit angepaßt werden. Voraussetzung für die Durchführbarkeit der Aufgabe ist die Vorbereitung der Schüler im Sinne der oben aufgeführten Aufgabenreihen.

Außerdem muß ein technischer Baukasten ²⁾ zur Verfügung stehen. Erst mit diesem erscheint uns die Aufgabe „Transferstraße“ sinnvoll und möglich, da dadurch der notwendige Zeitaufwand in vertretbaren Grenzen gehalten wird und außerdem die präzise Funktion der fertigen Arbeiten gewährleistet ist. „Technische Baukästen sollten da eingesetzt werden, wo das durch manuelles Tun hergestellte Werkstück relativ zurücktritt gegenüber grundlegenden technischen Erkenntnissen.“ ³⁾ Weiter müssen die Schüler gelernt haben, mit diesem Baukasten umzugehen, sie müssen seine besonderen Konstruktionsmöglichkeiten beherrschen.

Die Aufgabe „Transferstraße“ wurde in zwei Mannheimer Hauptschulklassen (9. Schuljahr) durchgearbeitet. Einmal in einer etwas aufwendigeren Version, auf die sich die entsprechenden Ausführungen hauptsächlich beziehen,

zum ändern in einer etwas vereinfachten Problemstellung, auf die wir im Abschnitt 3.7. eingehen.

Diese Aufgabe sehen wir im Zusammenhang mit der Notwendigkeit, Unterricht über Technik zu entwickeln, der die Auseinandersetzung mit elementaren, in der modernen Technik wichtigen Phänomenen ermöglicht, der technische Wirkungsprinzipien aufdeckt und somit das vortechnische Wissen der Schüler erweitert. Durch die Auseinandersetzung mit technischen Phänomenen schult er sein technisches Denkvermögen und lernt, auf neue Problemsituationen produktiv zu reagieren. Dabei kann es nur um Einsichten gehen, kaum um tatsächlich verwendbare Produkte. Das praktische Ergebnis ist nur insoweit wichtig, als es die für die angestrebten Einsichten notwendige Funktion erfüllt. Beim Vergleich mit der technischen Wirklichkeit ist der Schüler dann in der Lage, die eingesehenen technischen Funktionszusammenhänge wiederzuentdecken und in einen Gesamtzusammenhang einzuordnen.

1. Elektromechanische Schaltungen

1.1. Zielsetzung und Begründung

Für die erste Zielvorstellung, einen kontinuierlich sich drehenden Schalter für verschiedene Schaltprogramme zu entwickeln, ist es notwendig, die Schüler mit den grundlegenden Möglichkeiten elektromechanischer Schaltungen vertraut zu machen.

In fast allen bisherigen Veröffentlichungen ist dazu vorrangig Draht, Pappe und Holz verwendet worden. Mit den aus dem gegebenen Material entwickelten Schalterformen sind dann verschiedene Schaltprobleme (Wechselschaltung, Serienschaltung u.a.) zu lösen oder zu gegebenen Schaltaufgaben Schaltmöglichkeiten und Schalterformen zu konstruieren gewesen. Grundlage und Ausgangspunkt unserer Experimente ist der f-t-Drehschalter (Abb. 1). Er ist im Lernbaukasten „fischer-technik“ u-t 3 enthalten. Hierbei handelt es sich um ein vorgegebenes technisches Element, das je nach Verwendung unterschiedliche Schaltmöglichkeiten bietet. Diese müssen im Sinne der verschiedenen Aufgabenstellungen jeweils erkundet werden.

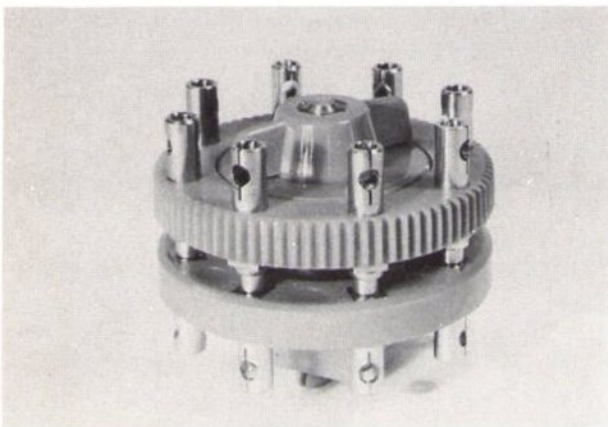


Abb. 1

Die Schüler können dabei nicht von evtl. bereits bekannten technischen Lösungen der häuslichen Umwelt ausgehen, sondern müssen sich mit dem Prinzip des Schaltens neu auseinandersetzen, wobei vorhandenes Wissen über das Schalten im elektrischen Stromkreis anzuwenden ist, bzw. Grundeinsichten in den elektrischen Energiefluß und die dazu notwendigen technisch-konstruktiven Elemente wie Stromquelle, Leitungen, Schalter, Verbraucher zu gewinnen sind.

Als Material verwenden wir neben dem f-t-Drehschalter verschiedene Leuchtwürfel und Kabel. Stromquelle ist für jeweils 2 - 3 Schüler ein f-t-Transformator. Es können für diesen Versuch auch einfache Klingeltransformatoren oder Batterien verwendet werden.

Der einfache Stromkreis, der durch einen Schalter zu unterbrechen ist, steht am Ausgangspunkt der Aufgabenreihe. Die Aufgaben Einschalten – Ausschalten, Umschalten führen zu jeweils für diesen Schalter spezifischen Lösungen. Danach ist zu prüfen, ob die gefundenen Möglichkeiten der entsprechenden Aufgabenstellung angemessen sind.

Zur Lösung des Problems bieten sich jeweils zwei Ansätze an. Einmal werden entsprechend der Problemstellung Drehschalter und Verbraucher in den Stromkreis geschaltet und die Funktion kontrolliert. Zum anderen kann die geforderte Funktion zunächst in einem Schaltbild geklärt werden, nach dem dann die Teile zu verdrahten sind.

1.2. Aufgabenstellungen und mögliche Lösungen

Zunächst werden die Aufgaben, die zur Klärung der mechanischen Funktion verschiedener Schalterformen führen, hier zusammengestellt:

1. Ausgangspunkt ist der einfache Stromkreis mit einem Verbraucher, der ein- bzw. ausgeschaltet werden soll.
2. Mehrere Verbraucher im Stromkreis erfordern Parallel- und Reihenschaltungen.
3. Ein Verbraucher soll von zwei an verschiedenen Orten sich befindenden Schaltern ein- bzw. ausgeschaltet werden können (Wechselschaltung).
4. Mit dem darauf folgenden Problem der Serienschaltung für zwei Lampen beginnt die eigentliche Konfrontation mit einem Schaltprogramm. Der Schalter ist so anzulegen, daß bei zwei Schalttakten jede Lampe für sich, bei einem anderen Schalttakt beide brennen.
5. Erweitert auf drei Lampen, bringt das die Möglichkeit einer „einfachen Ampelschaltung“; aber zugleich werden dabei im Vergleich mit der technischen Wirklichkeit die Unzulänglichkeiten dieser Lösung deutlich und regen zu neuen Überlegungen an.
6. Zur Bewältigung des Problems wird die Veränderung des Drehschalters insoweit notwendig, als er bei kontinuierlicher Drehung Leuchtzeiten zuläßt, die beliebig veränderbar sind.

Dieser Ansatz ermöglicht nun die Auseinandersetzung mit der nächsten Aufgabe: Programmschalter für eine Waschmaschine.

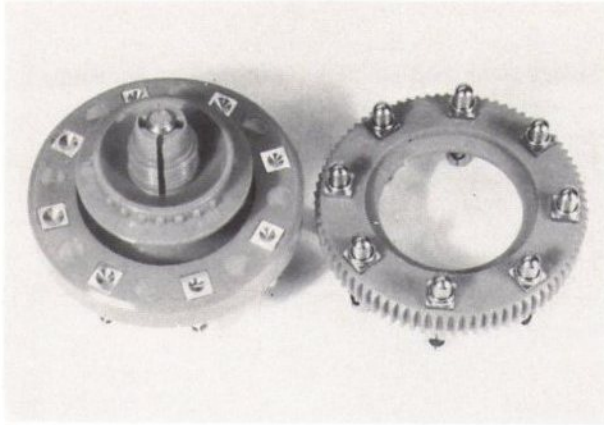
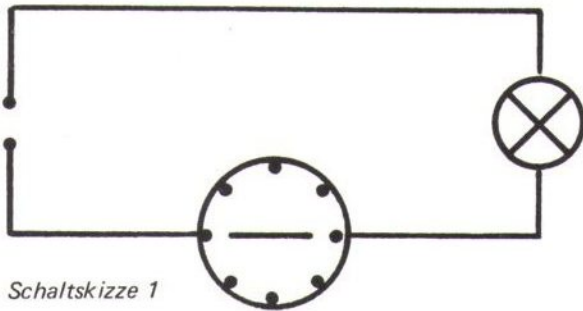


Abb. 2

1.2.1. Ein-Aus-Schalter

Der Drehschalter soll so in einen Stromkreis mit einer Lampe eingesetzt werden, daß ein Ein- bzw. Ausschalten möglich ist. Dabei wird verlangt, Zu- und Abgang an Kontakte der unteren Scheibe zu legen. (Abb. 2) Diese Einschränkung ist für die Weiterentwicklung des Schalters zum Serienschalter notwendig.

Im oberen, drehbaren Teil muß eine Brücke gesteckt werden, die die entsprechenden Anschlüsse verbindet. Durch einfaches Verdrehen der oberen Scheibe wird Ein- und Ausschalten ermöglicht.



Schaltskizze 1

1.2.2. Reihenschaltung – Parallelschaltung

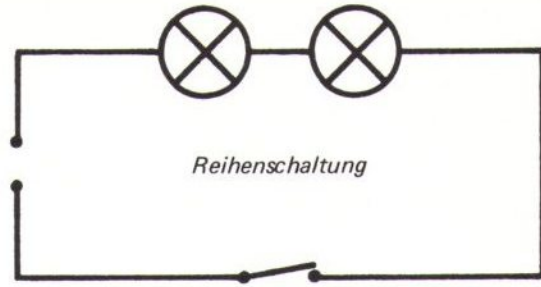
Zwei Lampen sind so in den Stromkreis zu schalten, daß sie mit der vorher gefundenen Schaltmöglichkeit ein- bzw. ausgeschaltet werden können.

Hier stellt sich das Problem Parallelschaltung oder Reihenschaltung.

Bei Reihenschaltung addieren sich die Widerstände der Lampen und die Spannung wird geteilt. Eine Lampe erhält statt z.B. 6 Volt nur noch 3 Volt. Beide brennen dunkler.

Die Parallelschaltung verzweigt den Strom. In den Verzweigungen herrscht dieselbe Spannung wie vor den Verzweigungsstellen. Alle Lampen brennen gleich hell. Liegt der Schalter vor der Verzweigung, so werden beide Lampen geschaltet; liegt er in einer Verzweigung, wird dagegen nur die eine oder die andere Lampe betätigt.

An Hand der gefundenen konstruktiven Lösungen werden anschließend von den Schülern noch die entsprechenden Schaltpläne gezeichnet und besprochen. Dabei werden die Begriffe Parallelschaltung und Reihenschaltung nochmals deutlich.



Schaltskizze 2



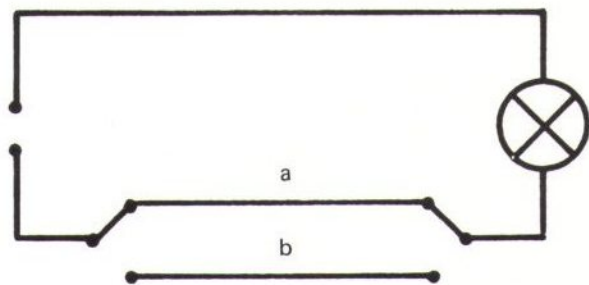
Schaltskizze 3

1.2.3. Wechselschaltung

(Diese Aufgabe ist für die Hinführung zum Programmschalter nicht unbedingt erforderlich, sie kann auch ausgelassen werden.)

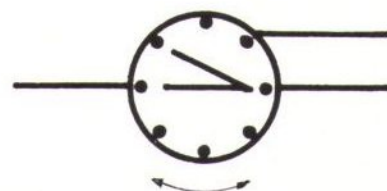
Eine Lampe soll von zwei unabhängigen, von einander entfernten Schaltern ein- und ausgeschaltet werden können.

Das Prinzip der Schaltung wird zunächst an Hand einer Schaltskizze erarbeitet. Die Leitungstücke a und b werden wechselnd benutzt, unabhängig davon, an welcher Stelle ein- bzw. ausgeschaltet wird. Bei nur einer Leitung zwischen den Schaltern kann nur dann die Lampe eingeschaltet werden, wenn bereits ein Schalter geschlossen ist.



Schaltskizze 4

Entsprechend der Skizze wird die Schaltung mit zwei Drehschaltern aufgebaut. Unentbehrlich für richtige Funktion sind die entsprechenden Brücken auf den oberen Drehteilen.



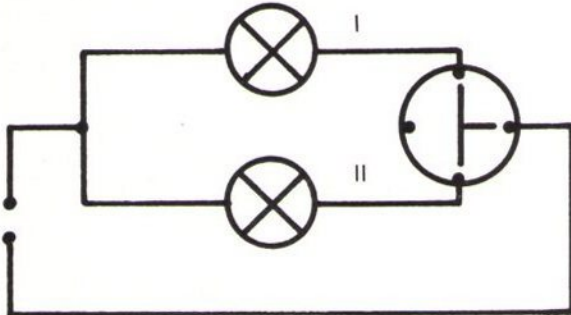
Skizze 5 Drehschalter

1.2.4. Serienschaltung

Zwei parallel geschaltete Lampen sollen von einem Schalter so bedient werden können, daß sie nacheinander oder zugleich aufleuchten.

Die gefundene Lösung soll in einer Schaltskizze festgehalten werden.

Nach einigen Versuchen gelangen die Schüler zu folgender Lösung:



Schaltskizze 6

Hier bietet sich die Möglichkeit, von einem Schaltprogramm zu sprechen. Der Schalter dient als Informationsspeicher, der einmal festgelegte Schaltschritte abrufbereit hält. Eine angefertigte graphische Darstellung des Schaltprogramms ergibt folgendes Bild. Die Zahlen beziehen sich dabei auf die Raststellungen des Drehschalters.

	Lampe I	Lampe II
1		—
3		
5	—	
7	—	—

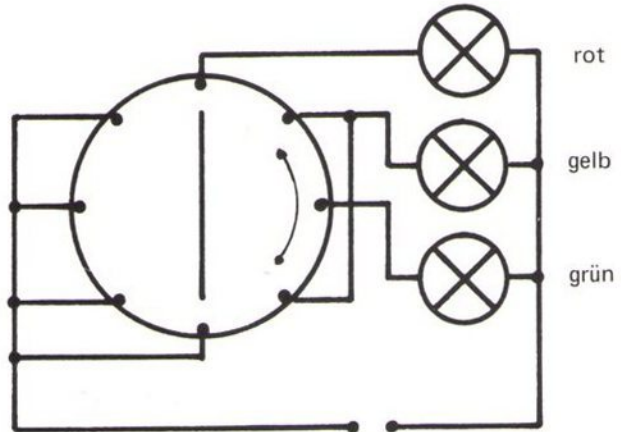
Skizze 7

1.2.5. „Einfache Ampelschaltung“

Aufgrund des vorhergehenden Versuches erkennen die Schüler, daß es bei Verwendung der übrigen Kontakte des Drehschalters möglich sein müsse, eine Verkehrsampel zu schalten. Daraus ergibt sich die folgende Aufgabe:

Die drei Lampen einer Verkehrsampel sollen nacheinander ein- und ausgeschaltet werden in der Reihenfolge: rot, gelb, grün, gelb, rot usw. Die Verdrahtung ist so anzulegen, daß das Oberteil kontinuierlich in eine Richtung gedreht werden kann.

Die Schaltung wird Schritt für Schritt nach der jeweils geforderten Farbe aufgebaut. Dabei liegen sich Zu- und Abgang in der unteren Scheibe jeweils gegenüber. Im Oberteil wird die entsprechende Brücke gesteckt. Der vierte Schaltschritt (gelb) erfordert im Unterteil eine zusätzliche Brücke.



Schaltskizze 8

Der Vergleich mit der technischen Wirklichkeit läßt zwei Probleme deutlich werden:

1. Anstelle der in der Verkehrsregelung üblichen Rot-Gelb-Phase ist hier nur eine Gelbphase möglich. Um dies zu ändern, müßte für jede Lampe ein eigener Schalter verwendet werden, mindestens aber zwei Schalter.
2. Unterschiedlich lange Leuchtzeiten der einzelnen Signallampen können nur mit Handbedienung erreicht werden. Verwendet man einen Elektromotor als Antrieb, so erhält man im Verhältnis zu kurzen Leuchtzeiten lange Auszeiten. Mechanische Schrittschaltung, um lange Auszeiten zu vermeiden, gekoppelt mit unterschiedlicher Leuchtzeit, bedürfte einer eigenen Programmsteuerung.

Diese Beobachtungen sind der Ausgangspunkt für die nächste Aufgabe.

1.2.6. Umkonstruktion des Drehschalters für kontinuierliche Leuchtzeiten

Um bei kontinuierlicher Drehung des Schalters lange Leuchtzeiten zu erhalten, werden die einzelnen Kontaktpunkte zu Schleifbahnen ausgebaut. (Abb. 3)

Das läßt sich mittels Metallfolie leicht bewerkstelligen. Die Abnahme des Kontaktes erfolgt jetzt über das drehbare Oberteil. Es hat sich gezeigt, daß es günstig ist, das ganze Unterteil des Drehschalters ringförmig zu bekleben und die notwendigen Auszeiten jeweils mit Klebefilm abzudecken.

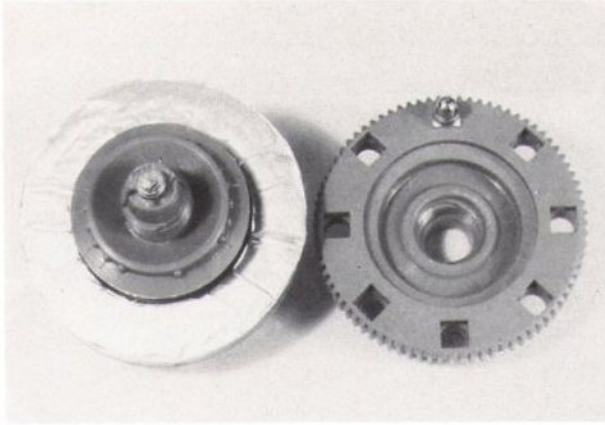
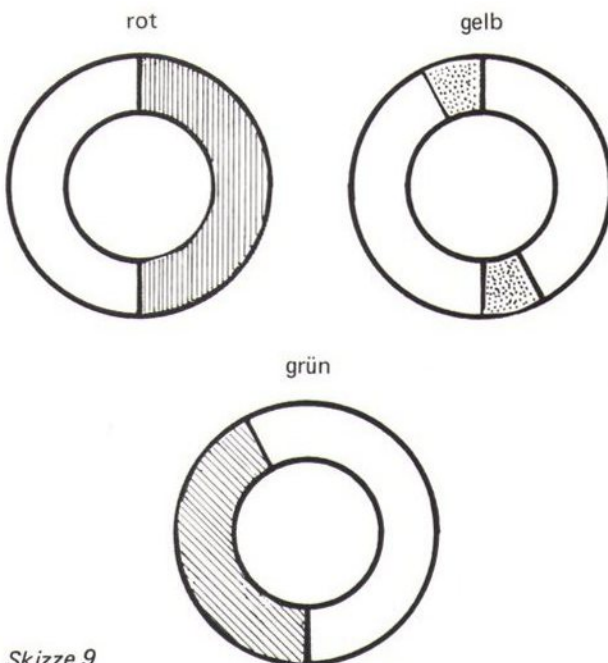


Abb. 3

Unter Verwendung von dreien dieser modifizierten Schalter, deren Oberteile sich allerdings synchron drehen müssen, ist es nun möglich, die Ampelschaltung ⁴⁾ so zu verbessern, daß auch die Rot-Gelb-Phase dargestellt werden kann. Dazu erscheint es zweckmäßig, zunächst an Hand einer Skizze die Ein- und Auszeiten jedes Schalters bzw. jeder Farbe festzulegen, um so ein leichteres Übertragen des Programms auf den Drehschalter zu ermöglichen, nachdem man sich über diese Zeiten aufgrund von Beobachtungen und Messungen (Stoppuhr) an Signalanlagen informiert hat.

Um ein exaktes Programm zu erhalten, kann die festgelegte Leuchtzeit der jeweiligen Farbe in Winkelgraden abgetragen werden.



Skizze 9

Für die Darstellung einer Straßenkreuzung mit mehreren Ampeln erscheint diese Konstruktion zu aufwendig; hier empfiehlt es sich, den im folgenden Kapitel beschriebenen Programmschalter zu verwenden.

2. Programmschalter für eine Waschmaschinensteuerung

2.1. Zielsetzung und Begründung

Die programmgesteuerte Waschmaschine als technisches Objekt ist fast allen Kindern bekannt. Ihre komplexe Funktion bedarf aber der Erhellung und Aufschlüsselung. Die Teilfunktionen wie Wassereinlauf, Trommelbewegung, Heizen, Abpumpen und Schleudern können vielleicht beobachtet werden, das Zusammenspiel im Ablauf, der Schaltprozeß, die Programmsteuerung aber bedürfen der Klärung.

Bei diesem Beispiel einer Programmsteuerung werden in noch überschaubarem Rahmen diese Einzelfunktionen nacheinander oder parallel abgerufen bzw. eingeschaltet. Dieses Zusammenwirken von Schalter und Funktion gilt es anschaulich darzustellen.

Von hier aus bietet sich dann die Möglichkeit, erworbenes Wissen und Verständnis auf komplexere Vorgänge in der industriellen Produktion zu übertragen. Die von der Industrie angewandte Steuerung von Maschinenabläufen und Taktstraßen wird so auf dem Hintergrund der Waschmaschinensteuerung einsehbar und verstehbar.

2.2. Aufgabenformulierung

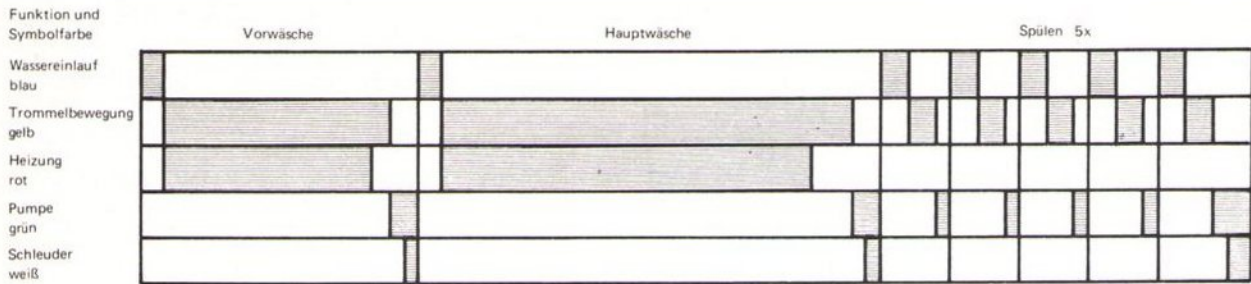
Bevor sich die Schüler mit dem eigentlichen Programmschalter beschäftigen können, müssen die Einzelfunktionen der Waschmaschine erklärt werden. In einem Unterrichtsgespräch werden diese Sachverhalte basierend auf Beobachtungsaufträgen, geklärt und in Skizzen festgehalten. Dabei erscheint es zweckmäßig, gleich den Faktor „Zeit“ in die Skizze mit einzubeziehen.

Wir beschränken uns in unserer Aufgabe nur auf die Herstellung des Programmschalters. Die Behandlung und Realisierung von Pumpe, Heizung, Waschmotor, Schleudermotor, Druckschalter usw. würde die Arbeit unzulässig ausweiten und die eigentliche Problemstellung verunklären. Die Einzelfunktionen der Waschmaschine werden deswegen durch Birnchen dargestellt. Ihre Farbe und ihre Leuchtzeit stehen symbolisch für die entsprechenden Arbeitsvorgänge und ihre Dauer. Nach Klärung der Einzelfunktionen lautet also die zusammenfassende Aufgabenstellung:

Es muß ein Programmschalter entwickelt werden, der es erlaubt, 5 Lampen gleichzeitig und mit unterschiedlich langer Leuchtzeit mechanisch zu steuern.

Diese Aufgabenstellung bringt für die Schüler 3 Teilprobleme:

1. Erstellung eines Schaltprogramms und Übertragung desselben auf einen Schalter.
2. Konstruktion eines geeigneten Programmschalters, der gegenüber dem Drehschalter bessere Möglichkeiten der Programmierung bietet.
3. Konstruktion eines Übersetzungsgetriebes, das eine möglichst lange Laufzeit des Programms ermöglicht, da der Programmschalter durch einen Elektromotor angetrieben werden soll.



Schaltprogramm 10

2.3. Fachpraktische Lösungen

2.3.1. Schaltprogramm

Nach einem Beobachtungsauftrag werden im Gespräch die einzelnen Funktionen der Waschmaschine zusammengestellt und die Zeitdauer dieser Funktionen und ihr Nacheinander oder Nebeneinander in einer Skizze festgehalten. Die Trommelbewegung wird zunächst ebenfalls durch ein leuchtendes Birnchen dargestellt. Dies kann später durch einen Gleichstrommotor ersetzt werden, der durch einen zusätzlichen Polwendeschalter gesteuert wird, um das Umschalten des Waschmaschinenmotors deutlich zu machen.

Das skizzierte Schaltprogramm muß anschließend so umgerechnet werden, daß es der Länge der Mantelfläche der Programmwalze entspricht.

2.3.2. Der Programmschalter

Die Überlegungen und Erfahrungen aus der Ampelschaltung mit ihren Problemen (drei synchron laufende Drehschalter) führen zu folgender Lösung:

Wir verwenden eine sich drehende Walze, von der mittels Schleifkontakten, die geforderten Funktionen auf 5 Schleifbahnen abgegriffen bzw. von diesen geschaltet werden können. Dabei hat es sich ja schon gezeigt, daß es technisch einfacher ist, auf einer leitenden Unterlage die „Auszeiten“ aufzutragen, statt umgekehrt.

Als Schaltkörper bieten sich deshalb Milchdosen an, die

auf einer Welle mittels f-t-Planscheiben oder Rädern zentrisch aufgebracht werden. Federkontakte aus dem f-t-Drehschalter, die in Grundsteinen befestigt werden, dienen zum Abtasten der Schleifbahnen und zur Stromzuführung an der Welle. Diese Federkontakte sind auch in der Lage, kleine Unebenheiten in den Dosen und geringfügige Ungenauigkeiten der Zentrierung auszugleichen. (Abb. 4)

Dieser Aufbau erlaubt, in der Programmgestaltung freier zu verfahren, als das bei Verwendung der f-t-Schleifringe und der Unterbrecher möglich wäre. Für diese Programmschalter sind inzwischen vom Fischer-Werk versuchsweise Metallwalzen hergestellt worden, mit denen noch experimentiert wird. (Abb. 5)

Das Aufbringen des Programms auf die Walzen hat sich nach einigen Überlegungen als recht einfach erwiesen. Die Mantelfläche wird zunächst mit Klebefilm überzogen. Darüber wird das auf Papier gezeichnete Programm befestigt, das in seiner Länge dem Umfang der Walze entsprechen muß. Mit einem scharfen Messer werden jetzt nur noch die „Ein-Zeiten“ nachgeschnitten und abgezogen.

Für unterschiedliche Waschprogramme sind also verschieden geschnittene Trommeln nötig.

2.3.3. Das Getriebe

Um eine möglichst langsame und damit wirklichkeitsnahe Umdrehung der Programmtrommel zu ermöglichen, muß ein zusätzliches Getriebe konstruiert werden.

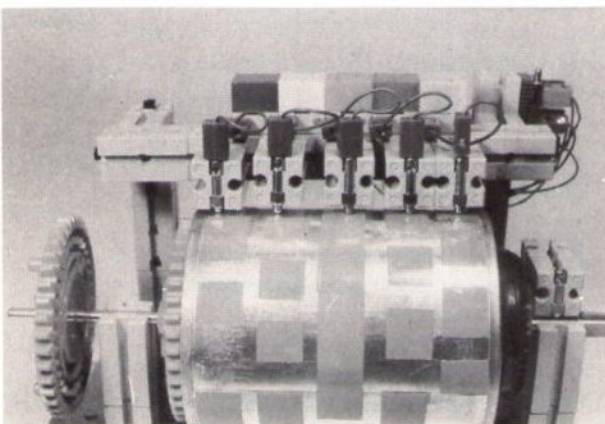


Abb. 4

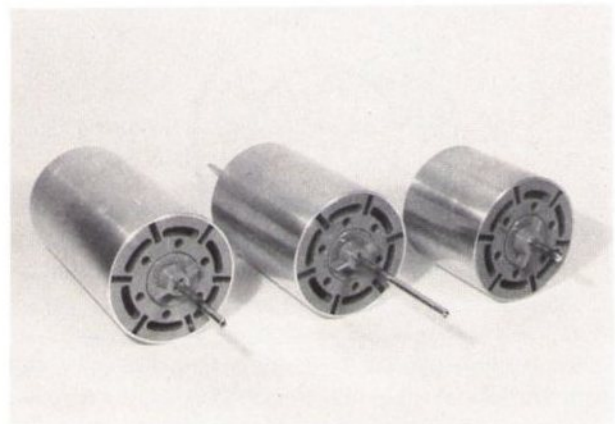


Abb. 5

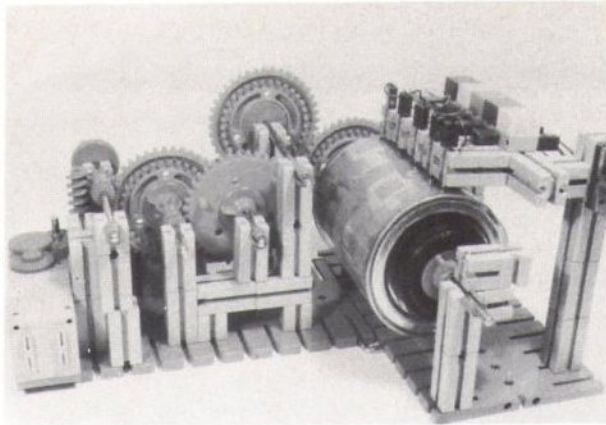


Abb. 6

Wir gehen vom f-t-Motor und vom f-t-Getriebe aus. Mit Schnecken und Stirnzahnrädern wird eine vielfache Übersetzung ins Langsame erreicht, die es ermöglicht, daß sich die Programmwalze in ca. 20 Minuten einmal um ihre eigene Achse dreht. (Abb. 6)

2.4. Betrachtung der technischen Wirklichkeit

Bei der Demontage von ausgedienten Programmschaltern bietet sich die Möglichkeit, die gefundene Lösung mit der technischen Wirklichkeit zu vergleichen. Die Schüler erkennen den Antriebsmotor (Synchronmotor) (Abb. 7 und 8), der über ein Getriebe und das Schrittschaltwerk für die Drehung der Programmwalze, die aus verschiedenen Nockenscheiben besteht (Abb. 8), oder der Programmscheibe (Abb. 9) sorgt. Bei dieser werden die Schüler an die Lösung der Aufgabe „Drehschalter“ in Kap. 1.2.6. erinnert.

Über Federkontakte (Abb. 10) werden die eingepprägten Segmente oder Erhebungen abgegriffen. Diese schalten die entsprechenden Funktionen wie Wasserzulauf, der durch Wasserstandsregler (sog. Druckdosen für viel oder wenig Wasser) überwacht wird, die Heizung, wobei die Einhaltung der entsprechend gewählten Temperatur durch Thermostaten überwacht wird, sowie Pumpe und Schleudermotor.

Außerdem wird über den Motor und das Getriebe der Reversierer, das Umsteuergerät für den Waschmotor, angetrieben.

In diesem Programmschaltwerk sind also sämtliche möglichen Funktionen der Waschmaschine zusammengefaßt. Nur die jeweils für ein spezielles Waschprogramm (Kochwäsche, Feinwäsche, Wollprogramm) notwendigen Funktionen werden von einem Programm-Wahlschalter oder der Programmkarte in diesem Programmschaltwerk eingeschaltet und ergeben in ihrem entsprechenden Ablauf das gewünschte Waschprogramm.

Abb. 10

Gehäuse zur Programmscheibe von Abb. 9. Links die Federkontakte, die die Schleifbahnen abtasten, rechts eine gedruckte Schaltung als Deckplatte, die von der Rückseite dieser Programmscheibe abgetastet wird.

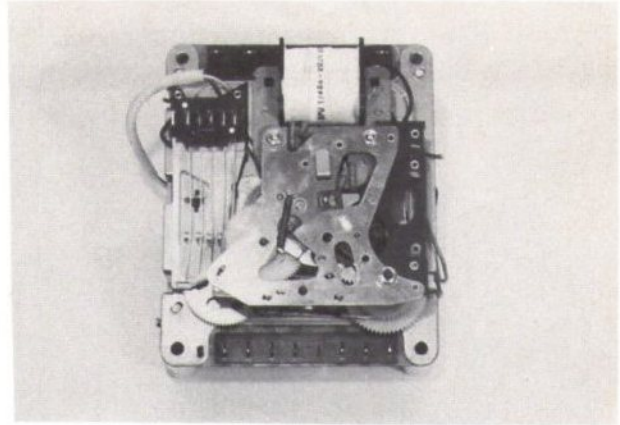


Abb. 7

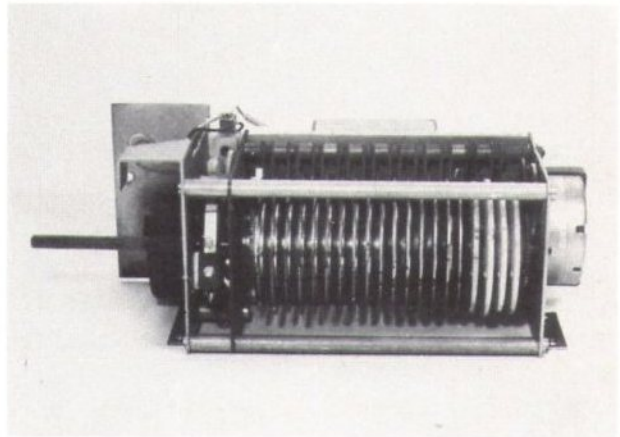
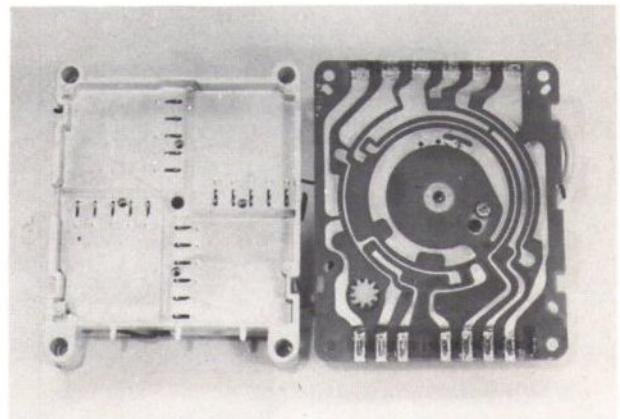


Abb. 8



Abb. 9



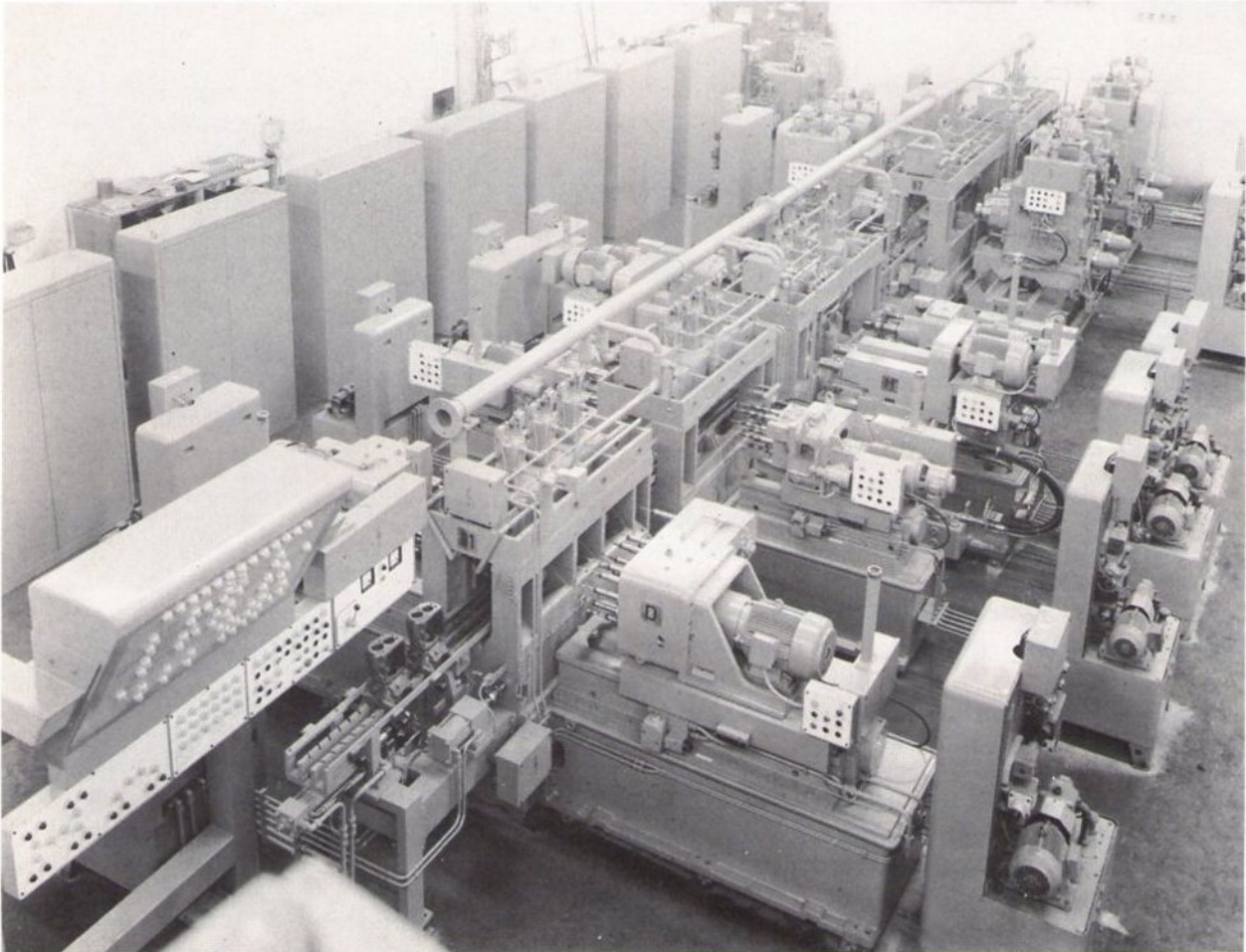


Abb. 11

3. Transferstraße

3.1. Sachinformation

Eine Transferstraße ist eine automatisch gesteuerte Produktionsanlage zur wirtschaftlichen Bearbeitung großer Werkstückserien.

Sie besteht aus einer Reihe selbsttätiger Bearbeitungseinheiten (vorwiegend Werkzeugmaschinen) und einer Vorrichtung, die die Weitergabe der Werkstücke von einer Bearbeitungseinheit zur nächsten besorgt (automatischer Werkstücktransfer). Alle Bearbeitungseinheiten und die Vorrichtung für den Werkstücktransfer stehen zueinander in zeitlicher Abhängigkeit und bilden ein geschlossenes System.

Für den Werkstücktransfer gibt es verschiedene Möglichkeiten, z.B. Wagen, in denen die Werkstücke fest eingespannt sind, Schaukelförderer, Hängeförderer, Bandförderer, Rollenbänder.

Eine solche Anlage arbeitet taktmäßig. Ein Takt setzt sich dabei zusammen aus Hauptzeit und Nebenzeiten. Die Hauptzeit ist die Zeit, die für die eigentliche Bearbeitung durch die Maschinen notwendig ist. Nebenzeiten sind Zeiten für die Zuführung, den Transfer, die Fixierung, die Spannung und die Entnahme der Werkstücke. Neben-

zeiten sind unproduktiv und müssen möglichst kurz gehalten werden.

Beispielsweise kann man die Taktzeit verkürzen, indem man wechselweise die Hälfte der gerade durchlaufenden Werkstücke transferiert, während die andere Hälfte bearbeitet wird.

Die Zeitspanne für die Bearbeitung der Werkstücke richtet sich nach der Station, die den zeitlich aufwendigsten Arbeitsvorgang auszuführen hat. Daraus ergeben sich für die Planung solcher Transferstraßen gewisse Schwierigkeiten, denn alle anderen Stationen sind mit ihrem Arbeitsgang früher fertig und stehen – unwirtschaftlich – bis zum Ende des Takts still. Man muß deshalb versuchen, den Arbeitsprozeß, den die Transferstraße zu vollziehen hat, so zu gliedern, daß sich für alle Stationen annähernd gleiche Bearbeitungszeiten ergeben.

Nach der Dauer eines Takts richtet sich der sogenannte Ausstoß, das ist die Zahl der bearbeiteten Werkstücke pro Zeiteinheit. Er kann den übergeordneten Fertigungsprozeß, in den die Transferstraße eingegliedert ist, beeinflussen, bzw. dieser kann einen bestimmten Ausstoß erfordern. Ist der Ausstoß dann zu gering, wird die gesamte Produktion gehemmt, ist er zu groß, entstehen am Ende der Transferstraße ständig wachsende Stapel halbfertiger Produkte.

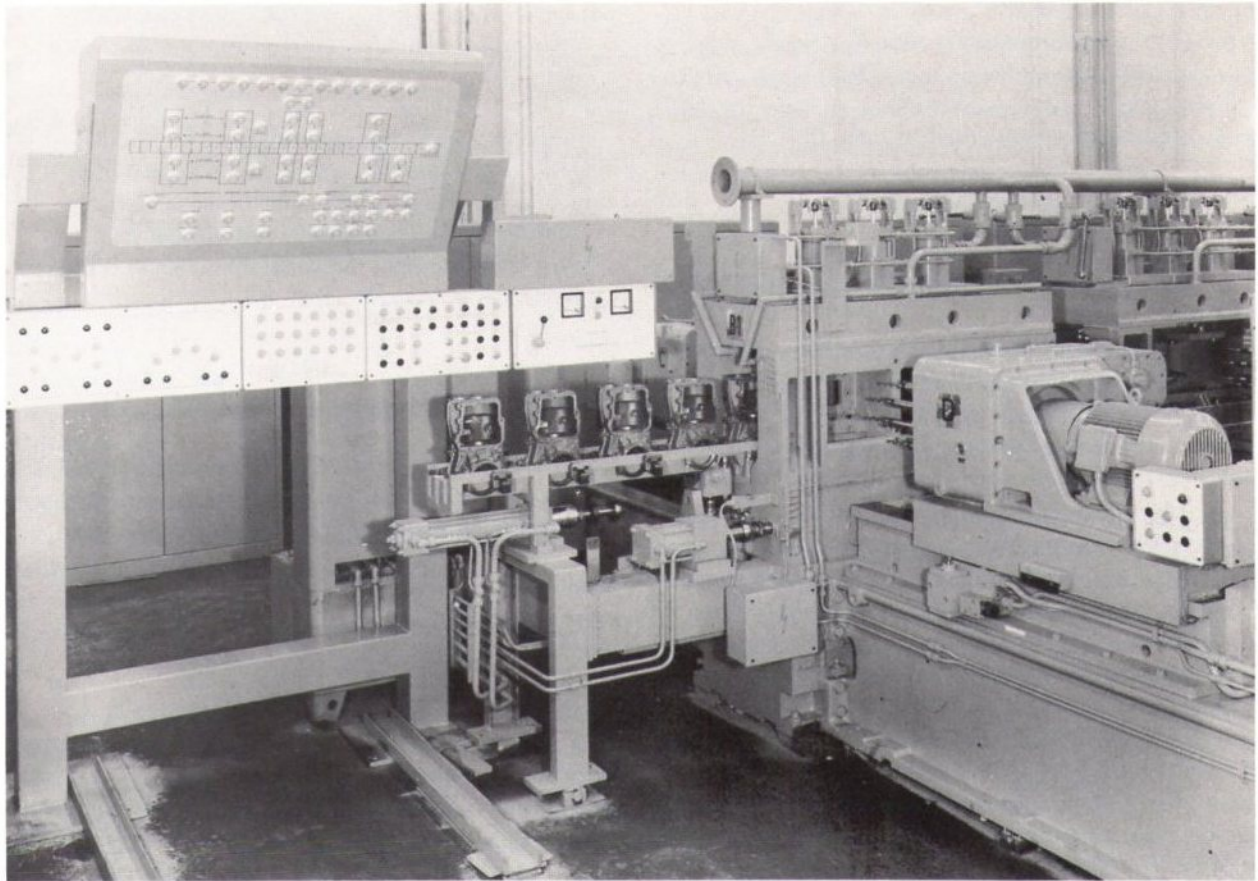


Abb. 12

Werksfotos der Firma Burr – Ludwigsburger Maschinenbau

Abb. 11-13: Transferstraße für die Bearbeitung von Getriebegehäusen

Abb. 11: Gesamtansicht: im Bild diagonal verlaufend die Transfervorrichtung, rechts und links davon die Bearbeitungsstationen

Abb. 12: Ladestation

Abb. 13: Blick auf einzelne Bearbeitungsstationen

Da Transportmechanismus und Maschinen in bestimmten Zeitintervallen wechselweise ein- und ausgeschaltet werden müssen, und sich zudem für die einzelnen Maschinen noch unterschiedliche Ausschaltzeitpunkte ergeben, ist die automatische Schaltung aller Antriebsaggregate durch eine zentrale Programmsteuerung notwendig. Dies kann elektromechanisch, elektronisch, pneumatisch oder hydraulisch geschehen.

Grundlage für die Erstellung einer Transferstraße ist die sogenannte Arbeitsablaufstudie, in der festgelegt ist, welche Bearbeitungsvorgänge in welcher Reihenfolge und in jeweils welcher Zeit notwendig sind, und welche räumlichen und zeitlichen Bedingungen für den Werkstücktransfer gegeben sind.

Bei der Anschaffung einer Transferstraße müssen ihre Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden. Vorteile sind: geringer Personalbedarf, geringer Flächenbedarf, gleichmäßigere, vom Bedienenden weitgehend



Abb. 13

unabhängige Qualität. Diesen stehen eine Reihe von Nachteilen gegenüber: höherer Investitionsaufwand, geringere Flexibilität für technische Änderungen, höhere Anforderungen in Bezug auf Wartung, größerer Produktionsausfall bei Störungen. ⁵⁾

3.2. Zielsetzung und Begründung

Die Komplexität der technischen Wirklichkeit wird im praktischen Unterricht auf folgende Problemstellung reduziert:

Eine Reihe symbolisch arbeitender Maschinenmodelle wird durch einen Transportmechanismus verbunden, der selbsttätig die Weitergabe der Werkstücke von einer Maschine zur anderen besorgt. Die Anlage wird durch einen elektromechanischen Programmschalter gesteuert.

Die Anzahl der Maschinenmodelle und die Kompliziertheit ihres Aufbaus können beliebig festgelegt sein, ebenso die Art des Werkstücktransfers. Wesentlich ist die Verwirklichung verschiedener Bewegungsabläufe bei den Maschinen und der Transfervorrichtung und deren räumliche und zeitliche Koordinierung durch die Art der Konstruktion, die Anlage der Getriebe und die Programmierung des Programmschalters. So erfahren die Schüler bei der praktischen Arbeit ein Grundproblem, das bei der Errichtung einer Transferstraße zu lösen ist. Bei der praktischen Arbeit ausgeklammerte Teilprobleme können dann bei der Besichtigung der technischen Wirklichkeit geklärt werden.

Der Bericht über die schulpraktische Durchführung der Aufgabe bleibt auf die Gesichtspunkte beschränkt, von denen wir glauben, daß sie am ehesten zur Anregung dienen können, und die es ermöglichen, den Unterrichtsgegenstand „Transferstraße“ fachpraktisch zu erschließen:

die Art der Aufgabenstellung, mit der die Schüler zunächst konfrontiert wurden (Kap. 3.3.),

das Ergebnis der Planung, die nach einer ersten Experimentierphase im Kreisgespräch durchgeführt wurde (Kap. 3.4.),

eine Aufschlüsselung der technischen Teilprobleme, die die Schüler in Partnerarbeit zu lösen hatten (Kap. 3.5.), eine Stellungnahme zum entstandenen Modell (Kap. 3.6.), eine Zusammenstellung dazu, nach welchen Gesichtspunkten bei einer anschließenden Betriebsbesichtigung die Werkarbeit mit der technischen Wirklichkeit verglichen werden soll (Kap. 3.8.).

3.3. Aufgabenstellung

Gleiche Werkstücke in großer Serie (kubische Holzklötze) müssen nacheinander in drei verschiedenen Arbeitsgängen von drei verschiedenen Maschinen bearbeitet werden,

einem Hammerwerk (H),
einer Bohrmaschine (B),
einer Kreissäge (K),

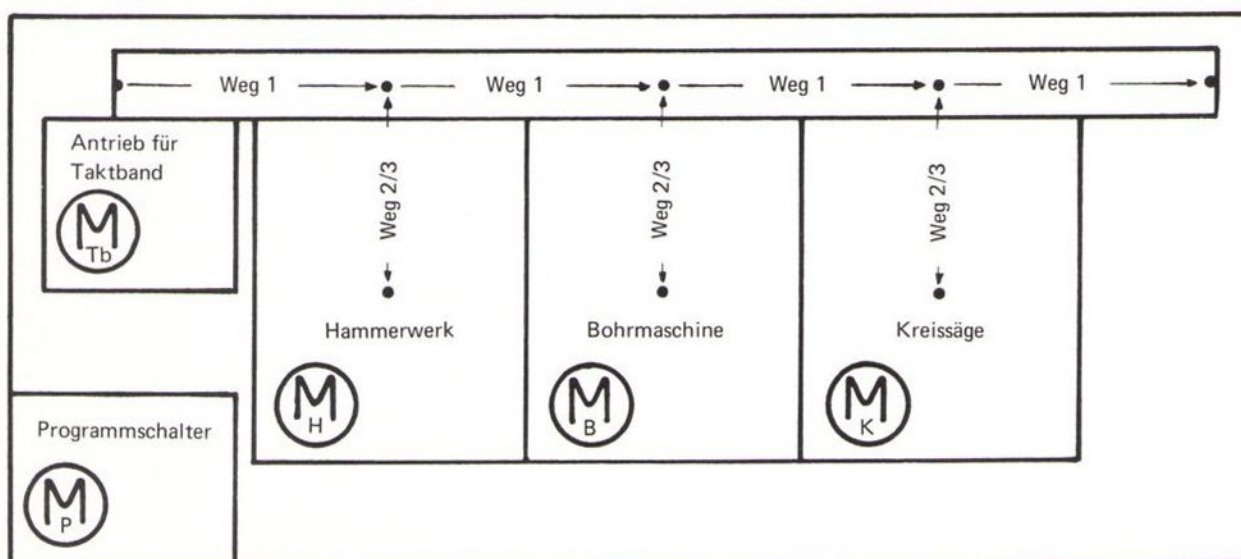
Die drei Maschinen sollen, hintereinandergestellt, zu einer automatisch gesteuerten Produktionsstraße zusammengefaßt werden.

Den Transport der Werkstücke von einer Maschine zur anderen (Weg 1) soll ein Taktband (Tb) besorgen, das automatisch abgeschaltet wird, wenn die Werkstücke sich jeweils vor den Maschinentischen befinden.

In diesem Moment werden die Maschinen eingeschaltet: Ein Schiebemechanismus transportiert jeweils das Werkstück vom Band auf den Maschinentisch (Weg 2), dort wird es (symbolisch) bearbeitet.

Dann bringt der Schiebemechanismus das Werkstück wieder auf das Band zurück (Weg 3), und die Maschinen schalten annähernd gleichzeitig ab.

Das Taktband setzt sich wieder in Bewegung.



Skizze 11 Schematische Gliederung der Anlage
Eine solche Zeichnung wurde zunächst bei der Einführung der Aufgabe an der Tafel entwickelt. Auf einen

großen Papierbogen übertragen, diente sie während des Arbeitens zum Eintrag der räumlichen und zeitlichen Maße und zur Klärung der notwendigen Verdrahtung.

3.4. „Arbeitsablaufstudie“

Die Aufgabenformulierung bildete die Grundlage für die weitergehende Planung, die vorwiegend von den Schülern selbst durchgeführt wurde.

Die Anlage sollte auf zwei f-t-Großbauplatten Platz finden. Die räumlichen und zeitlichen Bedingungen wurden meist experimentell, also nach ersten Lösungsversuchen, zum Teil aber auch rechnerisch ermittelt bzw. festgelegt:

Länge des Taktbandes 720 mm
 Weg 1 180 mm
 maximale Breite einer Maschine am Taktband . 180 mm
 Konstruktionshöhe des Taktbandes = Höhe der Maschinentische

Alle Maschinen sollten annähernd gleiche Zeit für einen Arbeitsgang benötigen (Herholen, Bearbeiten, Wegschieben). Diese wurde nach ersten Versuchen auf max. 27 sec. festgelegt.

Für den Transport der Werkstücke auf Weg 1 ergaben sich, ebenfalls nach ersten Versuchen, 7 sec.

Die Zeit eines Arbeitsgangs (Hauptzeit) 27 sec.
 und die Zeit für Weg 1 7 sec.
 und ein zeitlicher Spielraum 6 sec.

ergab die Zeit für einen Takt 40 sec.
 und damit die Zeit für eine Umdrehung der Programmwalze.

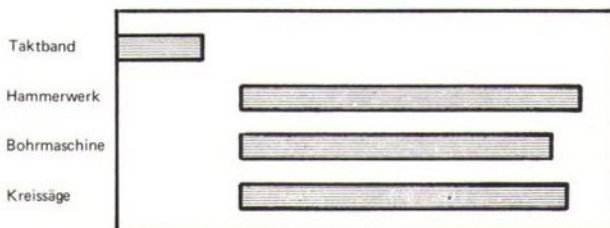
Damit waren alle Grundlagen für die Programmierung der Programmwalze und für die Erstellung der Anlage festgelegt.

3.5. Technische Teilprobleme

Im folgenden werden stichwortartig die technischen Teilprobleme aufgezählt, die die Schüler zu lösen hatten und die alle ausnahmslos gelöst wurden. Damit wird dem Leser die Möglichkeit geboten, bei eigenen schulpraktischen Versuchen durch Weglassen, Abändern oder Hinzufügen von Teilproblemen den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe der Klasse anzupassen (s. dazu auch Kap. 3.7.). Außerdem soll damit aufgezeigt werden, wie der ganze Komplex in Teilaufgaben für einzelne Schüler oder für kleinere Schülergruppen zerlegt werden kann.

1. Programmschalter:

Konstruktion eines Übersetzungsgetriebes, so daß ca. 40 sec. für eine Umdrehung der Programmwalze erreicht werden, genaue Ausregulierung später durch Einstellung



Skizze 12

Schema für die Programmierung der Programmwalze

von Trafo; Programmierung der Programmwalze nach den in der Arbeitsablaufstudie ermittelten Werten.

Die Kontaktstreifen für die drei Maschinen wurden zuerst für die angenommene Höchstzeit (27 sec.) berechnet, und notwendige unterschiedliche Ausschaltzeitpunkte sollten nachträglich durch Überkleben erreicht werden.

2. Taktband:

Suchen eines geeigneten Bandmaterials:

sichere Bandführung;

Übersetzungsgetriebe, so daß in (ca.) 7 sec. Weg 1 zurückgelegt wird, genaue Ausregulierung später durch Überkleben des Kontaktstreifens am Programmschalter.

3. Hammerwerk:

Umformen der Rotation des Elektromotors in eine winkelbegrenzte Drehbewegung des Hammers mit einer Kurvenscheibe; Konstruktion eines Schiebemechanismus für Weg 2 und 3 (Kurbelgetriebe), der Schiebemechanismus, der das Werkstück vom Band auf den Arbeitstisch und wieder zurück schiebt, muß vom gleichen Elektromotor angetrieben werden; dazu ist eine Übersetzung notwendig, so daß seine Kurbelwelle annähernd 27 sec. für eine Umdrehung benötigt.

4. Bohrmaschine:

Ableiten dreier verschiedener Bewegungen vom Elektromotor:

Drehung des Bohrers über dem Arbeitstisch,

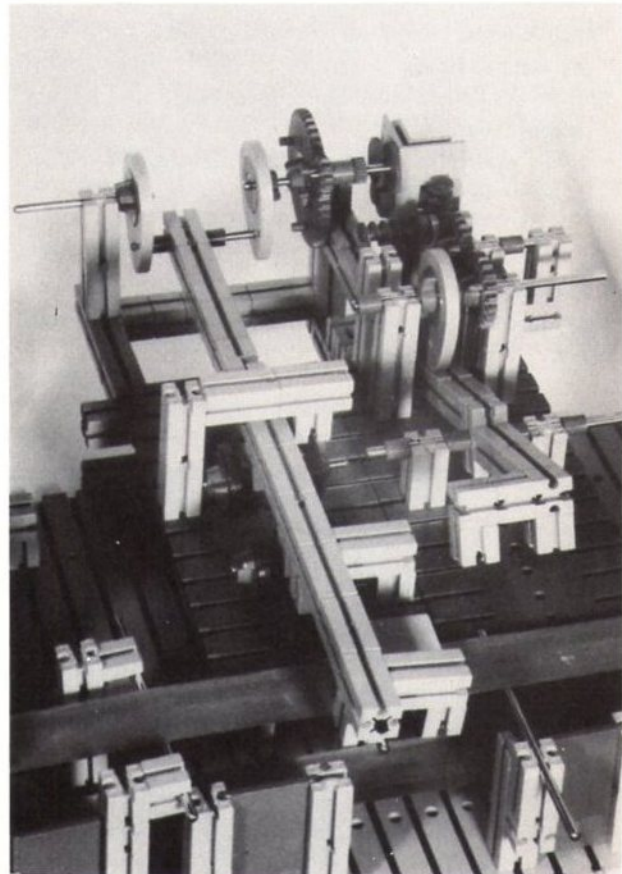


Abb. 14

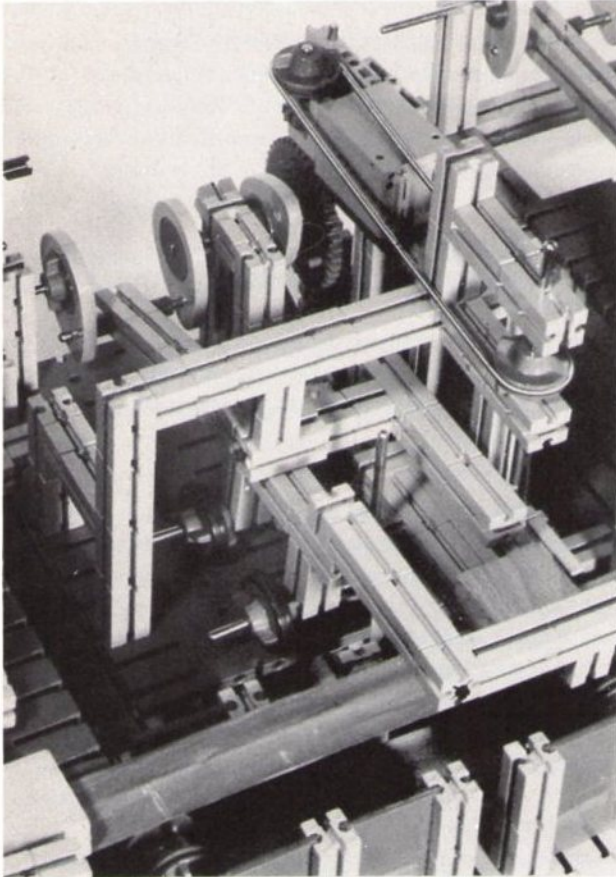


Abb. 15

allmähliches Anheben des Arbeitstisches mit Hilfe eines Kurvengetriebes,
Antrieb des Schiebemechanismus für Weg 2 und 3 (Kurbelgetriebe, s. oben),
zeitliche Koordinierung der beiden letztgenannten Vorgänge innerhalb max. 27 sec.

5. Kreissäge

Anbringen des Sägeblatts am Ende eines senkbaren Auslegers;

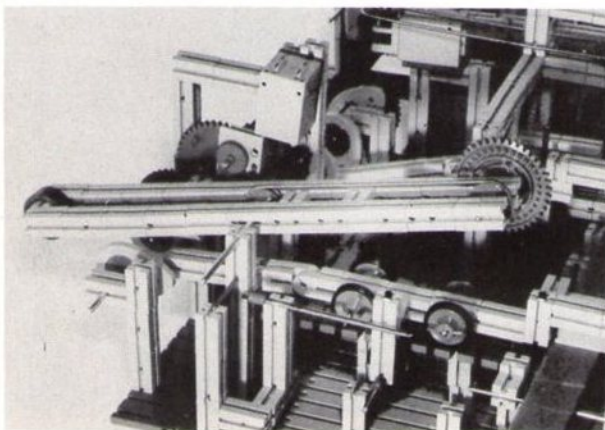


Abb. 16

Ableiten dreier verschiedener Bewegungsvorgänge vom Elektromotor:

möglichst schnelle Umdrehung des Kreissägeblatts,
allmähliches Senken des Auslegers über eine Kurvenscheibe, Antrieb eines Schiebemechanismus für Weg 2 und 3;

zeitliche Koordinierung der beiden letztgenannten Vorgänge innerhalb max. 27 sec.

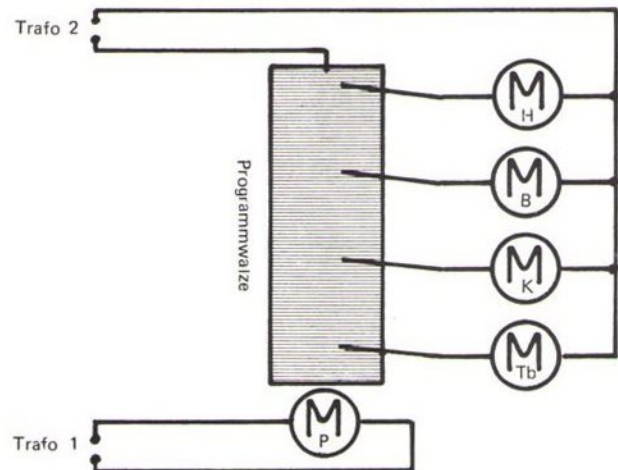
6. Verdrahten:

Zwei Transformatoren stehen zur Verfügung;

mit dem einen (Trafo 1) wird der Programmschalter angetrieben, der sich permanent dreht,

mit dem anderen (Trafo 2) werden alle anderen Elektromotoren angetrieben;

die Anlage wird nach folgendem Schema verdrahtet:



Skizze 13

3.6. Stellungnahme zum praktischen Ergebnis

Das entstandene Modell funktionierte zufriedenstellend, obgleich es nicht so betriebsicher war, daß eine größere Serie von Werkstücken hätte durchproduziert werden können.

Schuld daran waren wahrscheinlich durch die ständige Vibration hervorgerufene wechselnde Reibungskräfte, und die sich ändernden Lastverhältnisse konnten durch die Stromquelle nicht ausgeglichen werden. Das Problem, ohne Regler (Konstanthalter) größere Betriebsicherheit zu erzielen, muß also noch gelöst werden. Eventuell kann das gelingen, wenn die Schiebemechanismen für den Werkstücktransport Band – Maschinentisch – Band getrennt angetrieben und geschaltet werden. Trotzdem kann festgestellt werden, daß die Effektivität des Unterrichts durch diesen Mangel kaum beeinträchtigt wurde.

3.7. Lösungen mit geringen technischen Schwierigkeiten

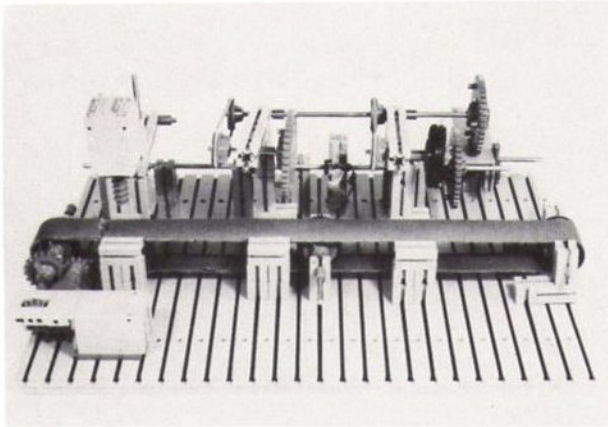


Abb. 17

1. Hier wurde das Band über die Arbeitstische geführt. Der mechanische Aufwand war also geringer, weil der Werkstücktransport Band – Arbeitstisch – Band entfiel. Das Heben und Senken der Werkzeuge wurde von Nockenscheiben besorgt, die auf einer durchgehenden Welle befestigt waren. Damit liefen die Maschinen synchron; die Werkzeuge selbst waren permanent in Bewegung. Geschaltet wurde lediglich das Taktband, und zwar mit einer folienbeklebten Nockenscheibe, die im Laufe einer Umdrehung für eine vorher festgesetzte Zeit einen Kontakt schloß und damit den Motor für das Taktband einschaltete.

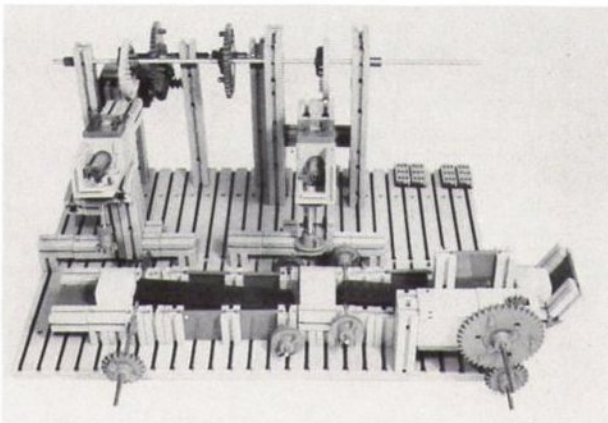


Abb. 18

2. Hier waren zwischen den Arbeitstischen einzelne, ständig laufende Räder angebracht. Jedes ankommende Werkstück schob das vorangehende, bereits bearbeitete Werkstück vom Maschinentisch auf das nächste Band. Das gerade angekommene Werkstück blieb stattdessen auf dem Maschinentisch liegen, konnte „bearbeitet“ werden und wurde dann seinerseits vom nachfolgenden Werkstück weitergeschoben. Das Senken und Heben wurde auch hier durch Nockenscheiben bewerkstelligt. Die Anlage brauchte nicht durch einen Programmschalter gesteuert zu werden.

3.8. Vergleich mit der Wirklichkeit

Das im Werkunterricht entstandene Modell und die bei der praktischen Arbeit unmittelbar gewonnenen Einsichten würden für sich allein von der Technik ein falsches Bild vermitteln. Ein Vergleich Werkarbeit – Wirklichkeit ist deshalb unerlässlich. Für einen solchen Vergleich soll die folgende Zusammenstellung einige sachliche Grundlagen geben. Genauer: Einige Gesichtspunkte werden aufgezählt und kommentiert, auf die die Betrachtung der technischen Wirklichkeit abzielen sollte. Sie sind auf den technischen Aspekt des Unterrichtsgegenstandes beschränkt, während die in diesem Zusammenhang an und für sich bedeutsamen wirtschaftlichen und soziologischen Probleme hier ausgeklammert bleiben müssen.

Grundfläche:

Beim Modell (im folgenden abgekürzt mit M): Sie steht in beliebiger Größe zur Verfügung.

In der Wirklichkeit (im folgenden abgekürzt mit W):

Grundfläche in Fabrikhallen ist teuer und knapp, sie muß produktiv genutzt werden. Dies beeinflußt maßgebend die Planung einer Transferstraße. Außerdem wird der zur Verfügung stehende Raum häufig durch übergeordnete Bedingungen des gesamten Fertigungsprogramms festgelegt.

Folge der Arbeitsgänge:

M: Willkürlich angenommen; die Reihenfolge Hämmern – Bohren – Sägen etwa (s. Kap. 3.3.) wäre in der technischen Wirklichkeit kaum denkbar.

W: Sie ergibt sich aus fertigungstechnischen Erfordernissen. Wenn hier ein gewisser Spielraum bleibt, dann muß er hauptsächlich dazu benutzt werden, den gesamten Komplex von Bearbeitungsoperationen so aufzugliedern, daß für alle Stationen annähernd gleiche Bearbeitungszeiten anfallen.

Planung und Konstruktionsvorgang:

M: Anlage entsteht allmählich durch Probieren und Umbauen.

W: Anlage wird vorher rechnerisch und zeichnerisch exakt und endgültig durchgeplant, sie funktioniert in der Regel mit dem ersten Probelauf einwandfrei.

Taktzeit:

M: Sie ist willkürlich angenommen, bzw. sie ergibt sich nach ersten Lösungsversuchen; ein zeitlicher Spielraum kann einkalkuliert werden.

W: Grundsätzlich arbeitet eine Transferstraße um so wirtschaftlicher, je größer der Ausstoß ist; die Taktzeit muß also möglichst klein gehalten werden. Das gilt vor allem für die unproduktiven Nebenzeiten. Der längste Bearbeitungsvorgang muß notfalls von zwei Maschinen übernommen werden, damit zu lange Stillstandzeiten der anderen Maschinen vermieden werden.

Andererseits kann der weitergehende Fertigungsprozeß einen ganz bestimmten Ausstoß erfordern (s. Kap. 3.1.),

eine Bedingung, die die Planung einer Transferstraße zusätzlich erschwert.

Antriebsmotoren:

M: Sie stehen nur in begrenzter Zahl zur Verfügung, deshalb sind komplizierte Mechanismen notwendig.

W: Sie können zur Vermeidung zu komplizierter Mechanismen in beliebiger Anzahl eingesetzt werden.

Exaktheit der Bewegungsabläufe:

M: Sie sind im Vergleich mit der Wirklichkeit zu ungenau, Spannung und Fixierung der Werkstücke entfallen.

W: Den jeweiligen fertigungstechnischen Anforderungen entsprechend, müssen die Bewegungen genügend exakt ablaufen; bei der Bearbeitung unterscheidet man Vorbearbeitung, Nachbearbeitung und Feinbearbeitung, wobei letztere an die Genauigkeit natürlich die höchsten Ansprüche stellt.

Gleichmäßiger Lauf von Bandförderern z.B. wird durch mechanische Spannung der Bänder erreicht.

Konstanthalter sorgen für gleichmäßigen Lauf der Elektromotoren auch bei wechselnder Belastung.

Kontrollen der Werkstückmaße und der Bearbeitungsoperationen:

M: Sie entfallen, da die Bearbeitung nur symbolisch erfolgt.

W: Die Werkstückmaße werden entweder vom Bedienungspersonal an bestimmten Meßstellen in Stichproben kontrolliert, oder es werden automatische Meßstationen zwischengeschaltet, die eine ebenfalls automatische Korrektur der Werkzeugeinstellung an den Bearbeitungsstationen bewirken.

Werkzeuge werden an und für sich routinemäßig ausgewechselt; zur Vermeidung unwirtschaftlicher Stillstandzeiten der gesamten Anlage versucht man, durch den Einsatz schwenkbarer Werkzeugträger einen automatischen Wechsel der Werkzeuge zu ermöglichen. Stumpfe Bohrer können z.B. durch Druckmeßdosen festgestellt werden, die in die Bohrwerke eingebaut sind und in eine Kontrollzentrale Warnsignale übermitteln, Werkzeugbruch kann mit elektrischen Kontrolltastern festgestellt werden.

Bei der Erkundung der Wirklichkeit empfiehlt es sich in diesem Zusammenhang, besonders nach Möglichkeiten der weitergehenden Automatisierung der Nebenfunktionen an Transferstraßen (Werkzeugwechsel, Werkzeugnachstellung, Störquellen-suche und -beseitigung) zu fragen, und ganz allgemein nach den zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten der Automation.

Anmerkungen

- 1) Mehrgardt, Otto: Die Werkaufgabe, Arbeitsblätter für den Werkunterricht, Nr. 59, 65, 92, 134, 135, Kallmeyer Verlag, Wolfenbüttel.
Biester, Wolfgang: Vom Schalter zum Programm. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1968, Heft 8.
Biester, Wolfgang: Technisches Werken und Betriebserkundung im Aufgabenfeld „Automation“. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1969, Heft 2.
Biester, Wolfgang: Elektrische Schaltvorgänge im Aufgabenfeld „Automation“. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1969, Heft 8.
Biester, Wolfgang: Technisches Denken im Werkunterricht. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1970, Heft 3.
Bickert, G.: Steuerungs- und Regelungstechnik als Lehrgang im Technischen Werken — Signalverarbeitung in Steuerketten. In: Dortmunder Hefte, Klett Verlag Stuttgart, 1970, Heft 2 und 3.
Rehrmann, Karl: Technische Grundbildung im Werkunterricht. In: werkpädagogische hefte, 1968, Heft 3 und 4.
Stührmann/Wessels: Lehrhandbuch für den Technischen Werkunterricht I Verlag Julius Beltz, Weinheim-Berlin-Basel, Band 1, S. 77 - 98.
Knopf/Selzer: Technisches Werken. Verlag Ludwig Auer, Donauwörth, S. 89 - 93.
- 2) s. zum Problem techn. Baukästen die Ausführungen von Mehrgardt in: Die Werkaufgabe, Nr. 145, Technische Baukästen im Werkunterricht.
Weiter:
Vollmers, Christian: Ein Lehrgang zur technischen Grundbildung. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1970, Heft 10.
Barfaut, W: Schulwerkstatt oder Lernbaukasten. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1970, Heft 11.
Ruckwied/Wiederrecht: Technische Baukästen als kreatives Arbeitsmittel. In: Westermanns Päd. Beiträge, 1970, Heft 12.
- 3) Bickert, G.: a.a.O., S. 11.
- 4) Zu weiteren Problemen der Verkehrssignalsteuerung sei hier auf die ausführlichen theoretischen Darlegungen in Stührmann/Wessels: a.a.O., S. 87 ff verwiesen.
- 5) nach Höhne/Dencker: Über den wirtschaftlichen Einsatz von Transferstraßen in der Automobilindustrie. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 1970, Heft 10.
Weitere Sachinformation über Transferstraßen in: Maynard, H.B.: Handbuch des Industrial Engineering, Beuth-Vertrieb, Berlin, 1956.