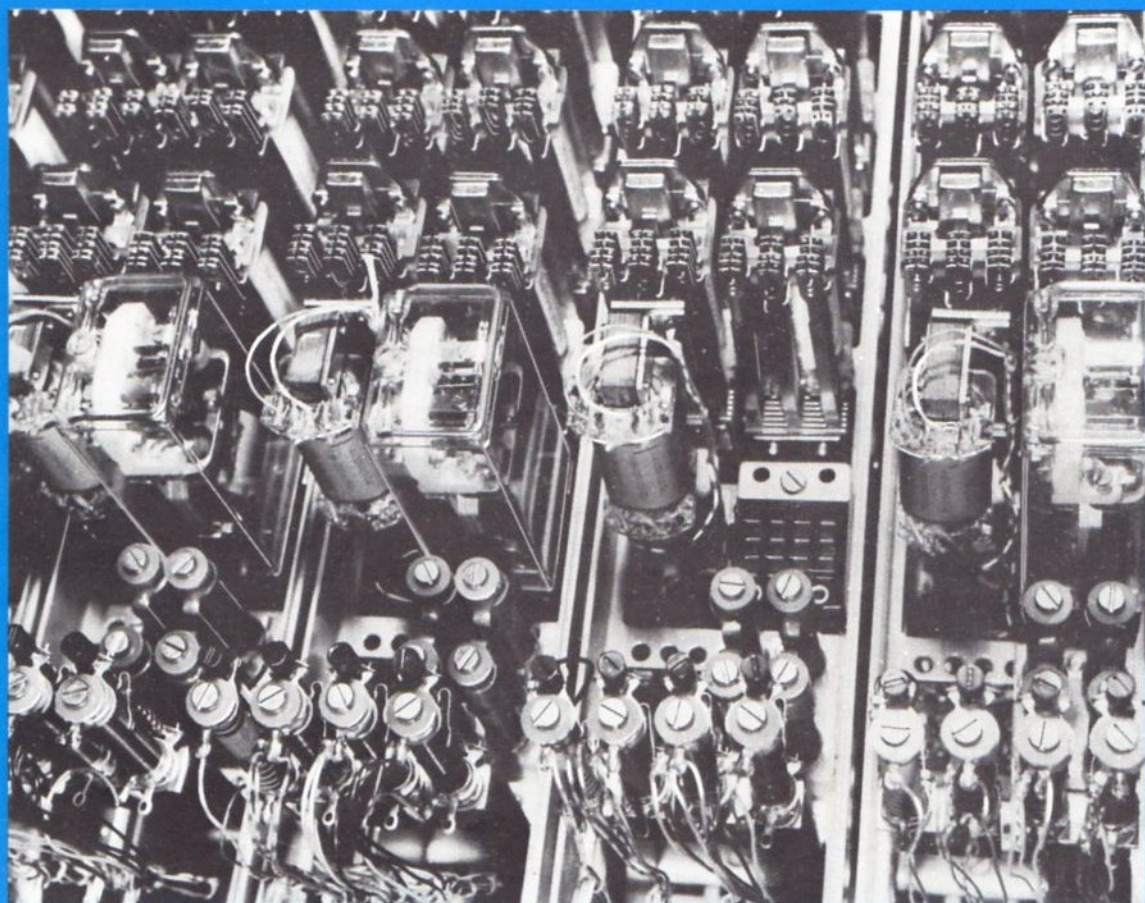


Forum

technische Bildung



**Beispiele-Informationen-Diskussion
zum Unterricht mit dem
fischertechnik-Schulprogramm**

1/77

Herausgeber:

FISCHER-WERKE Artur Fischer GmbH & Co KG
7244 Tumlingen-Waldachtal 3
Telefon (074 43) 121 Telex 7 64 224

Redaktion:

Ludwig Luber, Fischer-Werke, 7244 Tumlingen-Waldachtal 3
Fachschulrat Helmut Wiederrecht
Torgartenstraße 34, 6921 Lobbach-Lobenfeld

Zuschriften und Beiträge erbeten an Fischer-Werke Artur Fischer, 7244 Tumlingen-Waldachtal 3. Beiträge können bei Quellenangabe und gegen Übersendung eines Belegexemplares nachgedruckt werden.

Erscheinungsweise und Bezugsmöglichkeiten:

Forum Technische Bildung, ein Informationsdienst der Fischer-Werke für Schulen, erscheint drei- bis viermal im Jahr. Die Informationsschrift kann direkt bei den Fischer-Werken für kostenlosen Bezug bestellt werden.

Mitarbeiter dieses Heftes

Alfred Bizenberger, Lehrer, Hohenbergschule, 7407 Rottenburg

Dr. Horst Egen o. Prof., Samlandweg 117, 4802 Halle (Westf.)

Willi Frühling, Akad. Oberrat, Dominikanerweg 18, 2848 Vechta

Gerhard Ruckwied, Lehrer, Lindenweg 5, 6908 Wiesloch-Baiertal

Ständige Beratung:

Horst Dinter
Professor für Arbeitslehre – Technik und Wirtschaft, Pädagogische Hochschule des Saarlandes, Saarbrücken.

Dr. Horst Egen
o. Professor für Technik und ihre Didaktik, Pädagogische Hochschule Westfalen-Lippe, Abt. Bielefeld.

Dr. Ulrich Freyhoff
o. Professor für Allgemeine Didaktik und Schulpädagogik, Päd. Hochschule Ruhr, Abt. Dortmund.

Herbert Frommberger
Professor für Schulpädagogik, Päd. Hochschule Ruhr, Abt. Dortmund.

Dipl.-Vw. Erich-Albert Grunert
Stadtschulrat, Lehrbeauftragter für Didaktik der Wirtschaftswissenschaften, Pädagogische Hochschulen Ruhr, Abt. Dortmund.

Fritz Kaufmann
Fachschulrat für Werkerziehung, Pädagogische Hochschule Heidelberg.

Dr. Heribert Keh
Direktor der Staatlichen Realschule Ebern/Unterfranken.

Dr. Hans Maier
Professor für Schulpädagogik, Pädagogische Hochschule Heidelberg.

Dr. Carl Schietzel
Professor i. R. für Didaktik (Sachkunde) im Fachbereich Erziehungswissenschaften, Universität Hamburg.

Druck: Langenstein Druck, Ludwigsburg
Printed in Germany

Titelbild:

Zählimpulsgeber in der Knotenvermittlungsstelle Heidelberg der Deutschen Bundespost (von unten nach oben: Flachrelais, Telegrafengeräte mit Staubschutzkappe, Drossel, Widerstände).

Das Foto wurde mit freundlicher Unterstützung der Deutschen Bundespost – Referat für Öffentlichkeitsberatung – im Fernmeldeamt Heidelberg aufgenommen.

Forum

technische Bildung

Beispiele – Informationen – Diskussion
zum Unterricht mit dem fischertechnik-Schulprogramm

Inhaltsverzeichnis

Heft 1/77

1. Horst Egen
Untersuchungen über das Zusammenwirken
von Kräften an Tragflächen Seite 4
2. Gerhard Ruckwied
Unterrichtsbeispiel: Elektromagnetische Schalter
Sekundarstufe I Seite 10
3. Alfred Bizenberger
Unterrichtsbeispiel: Oberfläche und Volumen
der Trapezsäule
Sekundarstufe I Seite 20
4. Willi Frühling
Funktionsmodell eines Titrierautomaten
Bericht aus der Pädagogischen Hochschule Seite 23
5. Produktinformationen
Neue Baukästen und Bauteile aus dem
fischertechnik-Programm
 - 5.1 Adapter für fischertechnik-Motor Seite 26
 - 5.2 Getriebehälter mit Welle 80 Seite 26
 - 5.3 fischertechnik – Werkstattbox hobbywelt 1 Seite 27

Untersuchungen über das Zusammenwirken der Kräfte an Tragflächen

Anregungen für Schülerexperimente im Technikunterricht mit einer einfachen Zweikomponentenwaage

O. Einleitung

In den meisten Richtlinien, Lehrplänen, Curricula und dergleichen, die für den Technikunterricht entwickelt wurden, blieb die Flugtechnik ausgeklammert. Weil aber dieses Bezugfeld durch didaktische Reduktion gut zu erschließen ist,¹ wird in der Schulpraxis dennoch dem Rechnung getragen, werden flugfähige Modelle entworfen und gebaut, eingeflogen und verbessert. Dabei ist es kein Hindernis, daß im Physikunterricht in der Regel nicht auf die Grundlagen des Fliegens eingegangen wird. Damit aber Konstruktion und Bau von Flugmodellen durch Einsicht in flugphysikalische Gesetzmäßigkeiten fundiert sind, muß den Schülern Gelegenheit zur experimentellen Untersuchung gegeben werden. Nur wer die Grundlagen von Aerodynamik und Flugmechanik beherrscht, kann ein Flugmodell „bewußt“ entwerfen und wird beim Bau desselben die nötige Sorgfalt walten lassen, etwa um schädlichen Widerstand so gut wie möglich zu vermeiden. Zu wissen, wie die Kräfte an der Tragfläche zusammenwirken, ist Voraussetzung für eine optimale Profilgestaltung, selbst bei den einfachsten Funktionsmodellen.

Nun gibt es in der physikalischen Sammlung der Schulen allenfalls Gerät für einen Versuchsaufbau, allein schon aus Kostengründen. Gebläse, Zweikomponentenwaage, oder die Einzelteile hierfür sowie Modellprofile sind überaus teuer. Für einigermaßen exakte Messungen sind diese Geräte unentbehrlich, denn Genauigkeit ist in den Naturwissenschaften und in der Technik unverzichtbar. Aber wem es in erster Linie darum geht, dem Schüler selbst die grundlegenden Versuche zu ermöglichen, wird in vertretbaren Grenzen auch die Meßfehler als vernachlässigbar akzeptieren, wie sie ein sehr einfacher Versuchsaufbau mit sich bringt, wenn die qualitativen Zusammenhänge zwischen den physikalischen Faktoren erkannt werden.

Im folgenden beschreibe ich zunächst eine Möglichkeit, wie diese Zweikomponentenwaage gebaut werden kann und worauf hierbei besonders zu achten ist. Es folgen Hinweise zum Anfertigen von Profilen für Vergleichsuntersuchungen. Alsdann wird über Messungen berichtet, und es werden Wege zur Darstellung und Auswertung derselben aufgezeigt. Abschließend gebe ich kurze Anregungen für weitere Experimente.

1. Die „fischertechnik“-Zweikomponentenwaage
Grundsätzlich muß eine Meßvorrichtung wie diese folgende Bedingungen erfüllen:

Anblasen eines in verschiedenen Anstellwinkeln einstellbaren Tragflächenprofils mit einem konstanten Luftstrom, wobei das Profil ausbalanciert so gelagert sein muß, daß es sowohl nach oben (Auftrieb) und unten (Abtrieb), als auch nach hinten (Widerstand bzw. Rücktrieb) ausweichen kann;

Ablesbarkeit des Auftriebsbeiwerts (in gewissem Umfang auch des möglichen Abtriebsbeiwerts) und des Widerstandsbeiwerts an Meßskalen.

Ferner Austauschbarkeit der Profile für Vergleichsmessungen. Leichtes Justieren zum Ausgleich der verschiedenen Gewichte der zu untersuchenden Profile.

Die Bedingungen können mit „fischertechnik“ erfüllt werden. Ein minimot mit aufgesteckter Luftschraube erzeugt einen ausreichenden Luftstrom, aber nur bei Betrieb als Zugschraube. Will man, wegen der Wirbelbildung am Motorgehäuse, lieber mit einer Druckschraube arbeiten, muß der Spinner des Propellers abgenommen und die Luftschraube umgedreht werden. Der Motor sollte mit der höchstzulässigen Spannung betrieben werden. Um den größtmöglichen Wirkungsgrad zu erzielen, müssen in Nulllage die Mitte des Profils (in Höhe und Breite) und die Mitte der Luftschraube in der selben Ebene liegen. Dies ist beim Bau der Vorrichtung zu berücksichtigen.

Die Lagerung des Profils (auf eine Achse 110 mm aufgesteckt) erfolgt kardanisch. Hierbei ist darauf zu achten, daß sich die Bewegungsachsen in einem Punkt kreuzen. Durch entsprechendes Verschieben der Bausteine läßt sich diese Bedingung erfüllen. Die „Dreh-scheibe“ am Ende des Hebelarms gegenüber dem Hebelarm mit dem Profil, dient nur als Gegengewicht. Zum Variieren werden zusätzlich

(verschiebbare) Bausteine angebracht (vgl. Abb. 1). Auf einen Umstand muß besonders hingewiesen werden. Die beiden serienmäßigen Zugfedern der „fischertechnik“-Kraftmesser sind für diese Versuche zu stark. Es müssen Federn mit maximal 10 p (bzw. rund 0,1 N) Zugkraft in die Kraftmesser eingesetzt werden. Wer derartige Federn nicht selbst wickeln kann oder Beschaffungsprobleme hat, kann selbstverständlich die entsprechenden Kraftmesser verwenden, wie sie für den Physikunterricht hergestellt werden.

Was auf dem Foto (Abb. 1) nicht zu sehen ist: Ich habe rechts an die Kraftmesser schmale Streifen aus Millimeterpapier geklebt und die Kraftmesser praktisch neu geeicht. Oben an die Kraftmesser kamen Aufkleber mit den Bezeichnungen c_o und c_w .

An dem Baustein 15, in dem die Achse mit dem Profil steckt, wurde ein Viertelkreis mit 90° Skala angebracht und auf die genannte Achse ein Uhrzeiger aufgeschoben. So wurde es möglich, den Anstellwinkel ziemlich leicht und genau einzustellen.

Der besseren Übersicht halber wurde diese Vorrichtung vor dem Fotografieren abgenommen. Wenn man einen Winkelmesser bzw. ein „Geo-Dreieck“ anhält, kann man ebenfalls den Anstellwinkel einstellen.

2. Hinweise zum Anfertigen von Versuchsprofilen

Die benötigten Profile lassen sich leicht aus Styropor schneiden, wenn man über die er-

forderlichen Geräte und das geeignete Material verfügt. Des weiteren braucht man ein wenig know how. Hier das Wichtigste in Kürze.

Ein Styroporschneider ist unbedingt nötig. Das Gerät aus „fischertechnik“ hobbywelt 1 ist für das Anfertigen von Profilen von 5 cm Tiefe, wie sie hier völlig ausreicht, gut geeignet. Wer längere Profile wünscht, vielleicht sogar einmal ganze Tragflächen herstellen will, kann diese durch Aneinanderkleben erhalten. Das in der ft-Packung hobbywelt 1a enthaltene Styropor hat die richtige Festigkeit. Bau-Styropor ist im allgemeinen zu weich; Verpackungs-Styropor kann man ebenfalls verwenden, nur weiß man nicht, ob es, wie das ft-Material, besonderen Sicherheitsvorschriften hinsichtlich der Entflammbarkeit entspricht.

Aus Karton werden jeweils zwei Profile geschnitten und mit für Styropor geeignetem Kleber auf die Stirnseiten eines Styroporblocks (z. B. mit den Maßen 50 x 30 x 110 mm) geklebt. Haltbar und vor allem schnell, ohne lästige Zeit für langes Auslüften, wie es bei einer älteren Sorte von Spezialklebern der Fall ist, verbinden ein neuer Typ von Alleskleber und eine sogenannte Alles-Klebe-Creme.

Hierbei dürfen vor allem die 50 mm der Tragflächentiefe nicht überschritten werden, weil der Schneidedraht des ft-Geräts nicht länger ist. Man zieht dann den heißen Draht so durch das Material, daß er an den Pappschablonen entlang geführt wird. Eventuell entstehende Unebenheiten, infolge ungleichmäßigen Ziehens, lassen sich mit feinem Sandpapier glätten.

Profil 1 Koordinaten zu Profil 1 $x = \% t$

X	0	1,25	2,5	5	7,5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y_o	9	11	12	14	15	15,5	17,5	18	19	18,5	17	15	12	8,5	5	2,5	0
Y_u	5	2,5	2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Profil 2 Koordinaten zu Profil 2 $x = \% t$

X	0	1,25	2,5	5	7,5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y_o	9	11	12	14	15	15,5	17,5	18	19	18,5	17	15	12	8,5	5	2,5	0
Y_u	5	2,5	2	0,5	0	0,2	1	1,5	2	2,5	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0

Nachstehend zwei Profile mit tabellarischer Angabe der Koordinaten. Es sind die beiden Profile, mit denen ich die Messungen durchgeführt habe, über die nachfolgend berichtet wird (Abb. 2).

Obige Profile unterscheiden sich lediglich darin, daß die Unterseite des einen gerade, die des anderen gewölbt ist. Es sind dies keine Profile, die für den Flugmodellbau gedacht sind. Sie sollen lediglich dazu dienen, deutlich sich unterscheidende Meßwerte zu erhalten. Selbstverständlich können beliebige Profile untersucht und verglichen werden. Jedoch sind die Ergebnisse zweier geometrisch ähnlicher, aber verschieden großer Körper nur vergleichbar, wenn in beiden Fällen die Reynolds'sche Zahl gleich groß ist.

Die Reynolds'sche Zahl bezeichnet das Verhältnis des Produktes einer Bezugslänge, hier der Tiefe des Profils und der Geschwindigkeit, mit der ein Körper angeströmt wird oder mit der er sich bewegt, zum Koeffizienten der kinematischen Zähigkeit einer Flüssigkeit oder eines Gases. Die Reynolds'sche Zahl ist eine dimensionslose Größe, durch die in dem hier gegebenen Fall der Strömungszustand der das Profil umströmenden Luft gekennzeichnet werden kann. Bei der kritischen Reynolds'schen Zahl schlägt die laminare Strömung in eine turbulente Strömung um.²

3. Messungen mit der ft-Zweikomponentenwaage und die Darstellung der Kräfte

Voraus sei bemerkt, daß mit dem extrem einfachen Versuchsaufbau keine genauen Werte zu ermitteln waren. Dies lag vor allem daran, daß die untersuchten Profile verhältnismäßig groß waren und der Luftstrom nur in Ruhelage die Tragflächen einigermaßen vollständig umstrich. Aber selbst bei kleineren Profilmodellen wäre es kaum anders.

Wem handelsübliche Kraftmesser (max. 10 p bzw. rund 0,1 N) zur Verfügung stehen, kann damit die Meßgenauigkeit verbessern. Die hier beschriebenen Versuche wurden mit den veränderten ft-Kraftmessern durchgeführt. Als Maßeinheit galt der Abstand zweier Skalenstriche. Es ergaben sich durchaus brauchbare Daten, wie aus der Tabelle und den Diagrammen ersichtlich ist. Da hier Verhältniswerte gemessen werden, ist es belanglos, ob sie in Pond oder Newton angegeben sind. In Anbetracht der schon erwähnten Ungenauigkeit verzichte ich auf Angaben im Internationalen Einheitensystem.

Im Gegensatz zu dem im Physikunterricht gern verwendeten Ausdruck „Rücktrieb“ wird die horizontale Kraft hier „Widerstand“ genannt, wie in der Flugtechnik üblich. Aus technischer Sicht ist die Bezeichnung „Widerstand“ deutlicher; der Ingenieur ist bemüht, denselben möglichst klein zu halten. Die vertikale Kraft

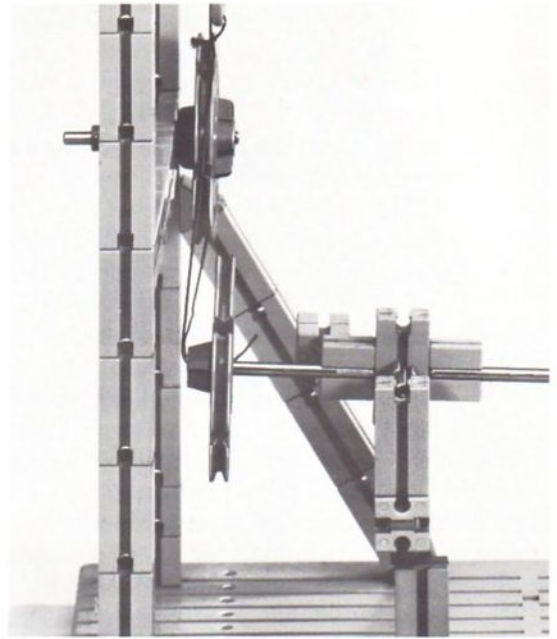


Abb. 1 b Ausschnitt aus Abb. 1

heißt „Auftrieb“. Durch die Zweikomponentenwaage wird die in Gestalt des Luftstroms auf die Tragfläche wirkende Kraft in diese beiden Komponenten zerlegt. Die Messungen müssen bei konstantem Luftstrom und verschiedenen Anstellwinkeln erfolgen. Wichtig ist, die Zweikomponentenwaage vor jedem Versuch wieder in Gleichgewichtslage zu bringen. Bei verschiedenen Profilen, die gewöhnlich auch unterschiedlich schwer sind, muß, wie oben bereits beschrieben, entsprechend austariert werden. Für die beiden von mir verwendeten Profile wurden folgende Werte ermittelt (vgl. Seite 9). Index 1 bezieht sich auf Profil 1, Index 2 auf Profil 2.

Zusätzlich wurden Messungen bei $\alpha = 15^\circ$ durchgeführt, weil bei diesem Anstellwinkel das günstigste Verhältnis von $c_a : c_w$ erwartet wurde. Dies traf jedoch nicht zu.

Es ist zu überlegen, ob die Einstellung jeweils um 15° vergrößert werden sollte. Hierbei darf das Gesamtergebnis sich nicht ändern. Vielleicht ist es für Schüler verständlicher, wenn die Schritte jeweils 10° betragen, zudem ist es auch ein wenig einfacher, die Werte in ein Koordinatensystem einzutragen.

Die grafischen Darstellungen der Meßwerte zeigen die Abbildungen 3 und 4.

Im Unterricht wird man vereinfacht von Auftriebs- und Widerstandszahl sprechen.

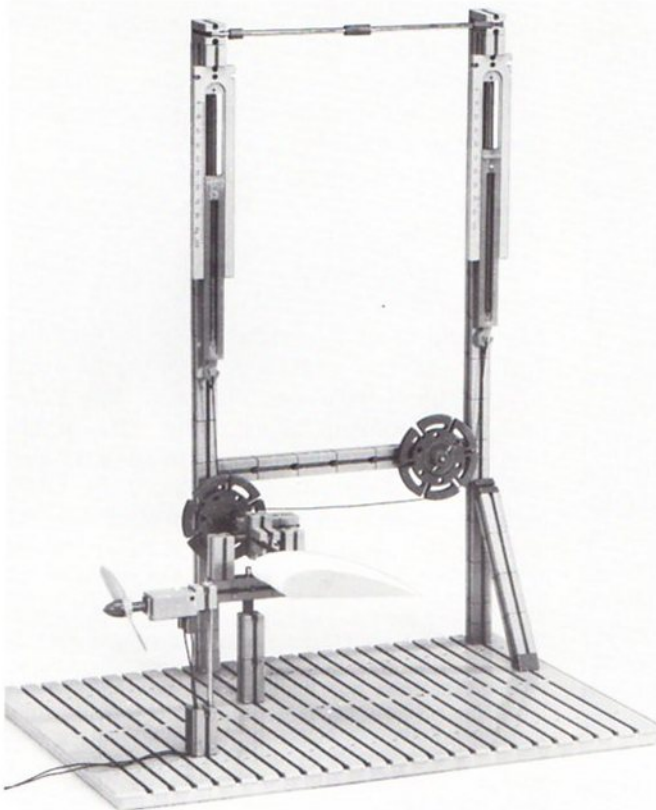
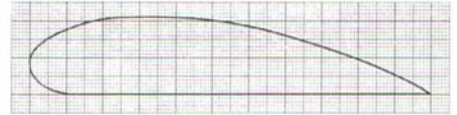


Abb. 1 Zweikomponentenwaage

Profil 1



Profil 2

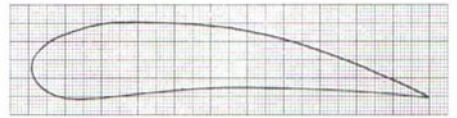


Abb. 2
Versuchsprofile und deren
Koordinaten

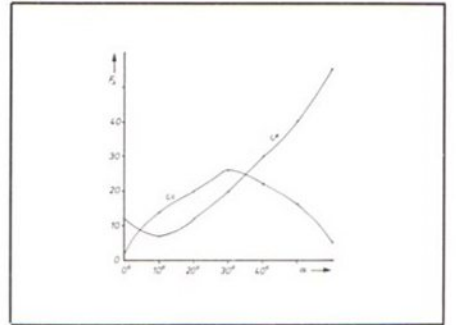


Abb. 3 Profil 1
Auftriebsbeiwert c_a und Wider-
standsbeiwert c_w als Funktion
des Anstellwinkels α

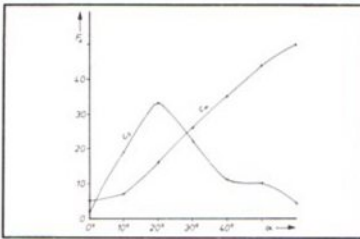


Abb. 4 Profil 2
Auftriebsbeiwert c_a und Wider-
standsbeiwert c_w als Funktion
des Anstellwinkels α

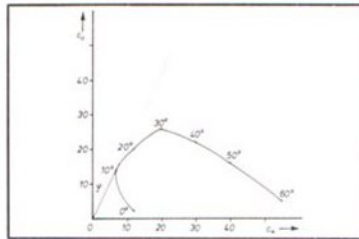


Abb. 5 Profil 1 Polare

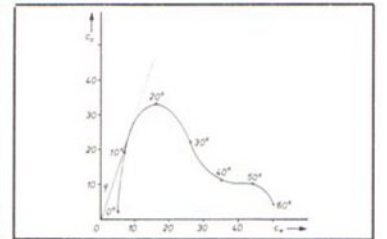


Abb. 6 Profil 2 Polare

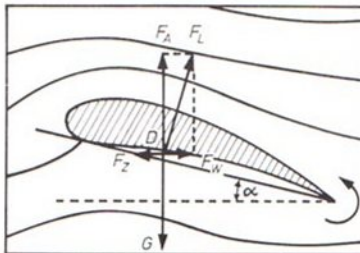


Abb. 7 Tragfläche (Profil) in
gesunder Strömung bei Gerade-
ausflug mit eingezeichnetem
Kräfteparallelogramm

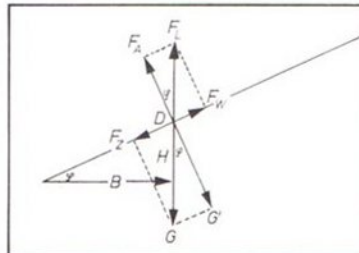


Abb. 8 Kräftezerlegung bei
Gleitflug

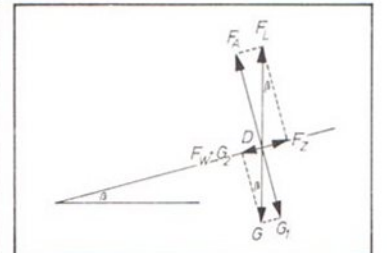


Abb. 9 Kräftezerlegung bei
Steigflug

Tabelle und Diagramme zeigen, daß das Maximum des Auftriebs und das Minimum des Widerstands nicht zum gleichen Anstellwinkel gehören. Ein Tragflächenprofil mit guten Flugeigenschaften besitzt einen Auftrieb, der erheblich größer ist als der Widerstand. In der Flugtechnik bilden genaue Messungen von c_w - und c_o -Werten wichtige Grundlagen zur Beurteilung der Flugeigenschaften. Zweckmäßiger, für Schüler aber komplizierter zu berechnen als Tabellen und zwei Kurven sind Polardiagramme. Hier werden zusammengehörige Werte von c_w und c_o in dem für Flugzeuge in Frage kommenden Bereich des Anstellwinkels in einer einzigen Kurve dargestellt. In dem Achsenkreuz gibt die Abszisse den c_w -Wert und die Ordinate den c_o -Wert an. Auf diese Weise erhält man für jeden Anstellwinkel einen Punkt. Werden alle Punkte verbunden, hat man die Polare der untersuchten Tragflächen, beziehungsweise des Profils derselben, gefunden. Otto Lilienthal (1848–1896) hat als erster eine solche Darstellung verwendet. Den Schülern wird man zum Zeichnen der Diagramme Millimeterpapier zur Verfügung stellen.

Um Übertragungsfehler zu vermeiden, sollte im Technikunterricht in der Regel hiervon abgesehen werden. Dies ist auch bei den folgenden Polardiagrammen der Fall; sie sind auch so anschaulich genug (Abb. 5 und Abb. 6).

Im allgemeinen wird für die c_w -Werte ein größerer Maßstab als für die c_o -Werte gewählt. Der wirtschaftlich günstigste Anstellwinkel – bei dem ein Motorflugzeug am wenigsten Zugkraft benötigt und ein Segelflugzeug mit dem kleinsten Gleitwinkel fliegen kann – ist jener Anstellwinkel, bei dem der Auftrieb das größtmögliche Vielfache des Widerstandes ist, also das Verhältnis $W:A$ am kleinsten ist. Das Verhältnis $c_w:c_o$ wird als Gleitzahl ε bezeichnet.

Die Gleitzahl wird zeichnerisch gefunden, indem man vom Nullpunkt aus an die Polare eine Tangente legt: Die kleinste Gleitzahl entspricht dem Berührungspunkt (vgl. Abb. 5 und 6).

Der Winkel φ entspricht dem Gleitwinkel der untersuchten Tragfläche.

Bei übermäßigem Anstellwinkel setzt an der Oberseite der Tragflächen Wirbelbildung ein, was schließlich zum Abreißen der Strömung führt. Durch die Wirbelbildung nimmt der Auftrieb ab, der Widerstand hingegen zu. Durch die plötzlich verminderte Geschwindigkeit wird ein Flugzeug in diesem überzogenen Flugzustand nicht mehr steuerbar. Meist reißt die Strömung nicht gleichzeitig auf

beiden Seiten der Tragfläche ab, sondern nur auf einer. Hierdurch kippt das Flugzeug seitlich ab und kommt, falls der Pilot nicht richtig reagiert, ins Trudeln.

Das Überwiegen des Widerstandes gegenüber dem Auftrieb kann leicht nachgewiesen werden. Bei waagrechttem Flug, also dem Geradeausflug, ist der dynamische Auftrieb F_A gleich dem Gewicht G , der Vortrieb F_z gleich dem Widerstand F_w also:

$$F_A = G \quad \text{und} \quad F_z = F_w$$

Beim Geradeausflug muß also der Auftrieb F_A das Gewicht G genau ausgleichen und der Vortrieb F_z den Widerstand F_w genau überwinden, dann fliegt das Flugzeug dem Trägheitsgesetz folgend gleichförmig, also in unveränderter Geschwindigkeit geradeaus, weiter. In eine Formel gefaßt: $F_w:F_A = F_z:G$

Da aber $F_w:F_A = c_w:c_o = \varepsilon$ ist, folgt $Z = \varepsilon \cdot G$

Z ist hier die Zugkraft, die nötig ist um die Last G horizontal zu bewegen. Je kleiner ε ist, also je kleiner die Gleitzahl des Flugzeuges ist, desto wirtschaftlicher ist der Flug, es wird nicht so viel Zugkraft gebraucht. Beim Gleitflug wirken auf das Flugzeug sein Gewicht und die Luftkraft ein. Hier wird die Vortriebskraft zur Überwindung des Widerstandes aus dem Gewicht gewonnen. Abb. 8 gibt seine Kräftezerlegung wieder. Hier ist D der Angriffspunkt der Kräfte am Flugzeug, der Widerstand F_w wird durch die Komponente F_z des Gewichtes überwunden. G wird durch den Auftrieb F_A aufgehoben. Der Winkel, den die Flugbahn mit der Horizontalen bildet, ist der Gleitwinkel. Dieser Winkel ist zugleich auch ein Winkel zwischen F_A und F_L . Es heißt also:

$$F_w = F_z = G \cdot \sin \varphi \quad F_A = G' = G \cdot \cos \varphi$$

$$F_w:F_A = \varepsilon = \tan \varphi$$

Aus dieser Formel ergibt sich, daß ein Flugzeug um so langsamer sinkt, je kleiner der Gleitwinkel ist. Die Strecke, die es zurücklegen kann, wird größer. Aus dem Polardiagramm kann man den Anstellwinkel für den günstigsten Gleitwinkel entnehmen. Wird das Flugzeug in eine flachere Bahn gezwungen, so übersteigt der Widerstand F_w den Gewichtsanteil F_z , das Flugzeug verliert Fahrt und damit Auftrieb. Es sackt durch. Als Maß für den Gleitwinkel wird oft auch die Gleitverhältniszahl angegeben. Sie gibt das Verhältnis zwischen Abflughöhe H und der über dem Erdboden zurückgelegten Strecke B wieder. Ist z. B. die Abflughöhe 50 m und wird eine Strecke von 1500 m zurückgelegt, so ist die Gleitverhältniszahl $50:1500 = 1:30$.

Beim Steigflug (Abb. 9) fliegt das Flugzeug unter dem Steigwinkel in Richtung seiner Längsachse schräg aufwärts. Zu seinem Flugwiderstand F_w kommt hier noch die Teilkraft G_2 des Flugzeuggewichts hinzu; diese Kräfte können nur durch ein Triebwerk oder, wie z. B. beim

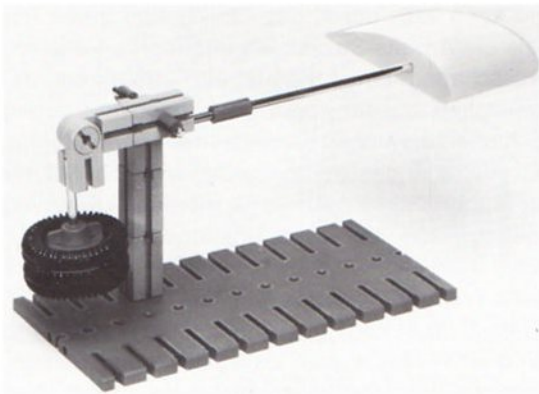


Abb. 10 Versuchsaufbau zum Auftrieb

Hochstart von Modellen, durch Seilzug überwinden werden. In der Rechnung sieht das so aus:

$$F_z = F_w + G_z \cdot \sin \beta$$

für den Auftrieb heißt es jetzt:

$$F_A = G \cdot \cos \beta$$

Beim Kurvenflug wirken außer Gewicht, Auftrieb, Widerstand und Luftkraft auch noch Fliehkräfte auf das Flugzeug ein. Da im technischen Werken bzw. dem Technikunterricht kaum Gelegenheit ist, diese Teilkräfte im einzelnen darzustellen und zu berechnen, wird hier nicht weiter darauf eingegangen.

Wie aus den wiedergegebenen Diagrammen und bereits aus der Tabelle ersichtlich, weichen die Meßdaten nicht unbedeutend von solchen ab, wie sie mit exakt funktionierenden Versuchsaufbauten ermittelt werden. So ist z. B. der sogenannte kritische Anstellwinkel, der in der Regel bei 15° liegt, hier um einiges größer.

Die Abweichung der Meßdaten bewegt sich durchaus innerhalb der bei Schülerversuchen tolerierbaren Grenzen. Das insgesamt angestrebte Lernziel, Einsicht in flugphysikalische Zusammenhänge gewonnen zu haben, läßt die Ungenauigkeiten als vernachlässigbar erscheinen. Dies ist eine Entscheidung aus einer Perspektive, die gewiß vertretbar ist, denn das naturwissenschaftliche Verfahren des Experimentierens bleibt gewahrt und die Grundprinzipien des angesprochenen Teilbereichs der Aerodynamik kommen unverfälscht zur Geltung.

4. Vorversuche

Zur Einstellung auf das physikalische Problem und die Experimentiersituation empfiehlt es sich, einige Vorversuche anzustellen.



Abb. 11 Versuchsaufbau zum Widerstand (Rücktrieb)

Ein sehr einfacher Versuchsaufbau, der zur Veranschaulichung des Auftriebs an Tragflächen dient, beruht auf dem Prinzip der Balkenwaage (Abb. 10). Es genügt bereits, das Profil mit dem Mund anzublase, um die Aufwärtsbewegung beobachten zu können.

Der Widerstand, den Profile oder andere Widerstandskörper dem Luftstrom entgegensetzen, kann in gleicher Weise mit einer ebenfalls sehr einfachen Vorrichtung deutlich gemacht werden (Abb. 11).

Es scheint zweckmäßig, vor Messungen mit der Zweikomponentenwaage diese einfachen Experimente von den Schülern durchführen zu lassen.

5. Verzeichnis der Abkürzungen

α = Anstellwinkel	F_w = Gesamtwiderstand
B = Strecke über Grund	F_z = Zug oder Schub
β = Steigwinkel	G = Gewicht
c_a = Auftriebsbeiwert	H = Abflughöhe
c_w = Widerstandsbeiwert	N = Newton
D = Druckmittelpunkt	π = Gleitwinkel
ϵ = Gleitzahl	p = Pond
F_A = dynamischer Auftrieb	t = Tiefe des Tragflächenprofils
F_L = Luftkraft	

	α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$c_a 1$		2	14	20	26	22	16	5
$c_w 1$		12	7	12	20	30	40	55
$c_a 2$		2	19	33	22	11	10	4
$c_w 2$		5	7	16	26	35	44	50

Anmerkungen

¹ Vgl. meinen Aufsatz „Die Steuerung des Flugzeuges als Gegenstand des technischen Werkens. Ein Beispiel für didaktische Reduktion.“ – In: Technik und Wirtschaft im Unterricht, 3. Jahrgang (1975), Heft 1, S. 20–26.

² Näheres hierzu u. a. bei Prandtl, L./Oswatitsch/Wieghardt: Führer durch die Strömungslehre, Braunschweig 1969 (7. Aufl.).

Elektromagnetische Schalter

1. Technisches Problem

Es soll ein Schalter konstruiert werden, dessen Schaltmechanik durch die Kraft eines Elektromagneten betätigt wird. Die Schaltzustände dieses elektromagnetischen Schalters sollen durch einen Steuerschalter aus der Ferne geändert werden können, indem die magnetische Stellkraft ein- oder ausgeschaltet wird.

2. Information über technische Sachverhalte

2.1. Bauformen und Funktion elektromagnetischer Schalter in der Technik

Ein elektromagnetischer Schalter oder ein Relais ist eine Schaltvorrichtung, die durch elektromagnetische Kräfte betätigt wird. Seine Arbeitsweise beruht auf der Kraftwirkung einer stromdurchflossenen Spule auf bewegliche Eisenteile.

Die Relais arbeiten nach folgendem Prinzip: Der Anker, der durch die Wirkung des Elektromagnetismus an die Spule gezogen wird, ist als Hebel ausgebildet und mit Bauteilen gekoppelt, die Kontakte tragen. Durch seine Bewegung kann er einen Kontaktsatz öffnen und schließen (Abb. 1a und 17). Relais werden durch Steuerschalter in Betrieb gesetzt und können dabei selbst als Schalter andere Stromkreise öffnen oder schließen. Man bezeichnet sie daher auch als elektrisch fernsteuerbare Schalter.

Bei Relaisschaltungen unterscheidet man Steuerstromkreise und Arbeitsstromkreise. Durch einen Steuerstromkreis wird die Relaispule mit Energie versorgt. Der Kontaktsatz des Relais öffnet und schließt einen Arbeitsstromkreis oder Arbeitsstromkreise, durch die die zu steuernden Verbraucher mit Strom versorgt werden.

Relais haben in der Technik zweierlei Funktion: sie können über einen Steuerstromkreis mit niedriger Spannung einen Arbeitsstromkreis mit hoher Spannung schalten. Dabei können auch unterschiedliche Spannungsarten, also z. B. Gleichspannung im Steuerstromkreis und Wechselspannung im Arbeitsstromkreis vorliegen (Abb. 2). In dieser Funktion werden Relais häufig in der Steuerungs- und Regelungstechnik zum Schalten von Motoren, Heizungs- und Beleuchtungsanlagen verwendet.

In vielen Fällen hat das Relais die Aufgabe, Schaltimpulse umzusetzen oder zu vervielfachen.

So kann z. B. durch das Einschalten eines Relais ein Arbeits-Stromkreis geöffnet, oder durch Ausschalten eines Relais ein Stromkreis geschlossen werden, oder es können mit einem Schaltimpuls mehrere voneinander unabhängige Stromkreise geschaltet werden (Abb. 3). Mit der Betätigung des Schalters (S) werden gleichzeitig vier verschiedene Schaltfunktionen ausgeführt.

Es gibt in der Technik zahlreiche unterschiedliche Ausführungen von Relais.

Einfach im Aufbau und robust in der Ausführung sind PKW-Relais zum Einschalten von Scheinwerfern, Signalhörnern und dgl. Bei diesen Bauformen ist der Anker Teil des Arbeitsstromkreises, wie aus der Abbildung 4 ersichtlich ist.

Die Abbildung 5 zeigt ein PKW-Relais, das beim Einschalten einen Arbeitsstromkreis schließen kann.

Bei den Relais in den folgenden Abbildungen fließt kein Strom über den Anker. Er dient hier nur als Hebel zur Betätigung von Kontaktfedern. Das *Rundrelais* hat seinen Namen vom runden Querschnitt des Eisenkerns. Das Bauprinzip ist in der Abbildung 6 veranschaulicht.

Das Joch (10), das als Befestigungselement für alle Bauteile dient, hat die Form eines Winkels. Der bewegliche Anker (4) ist entweder auf einer Schneide (2) oder mit einer Achse gelagert.

Um zu vermeiden, daß infolge der Remanenz, d. h. infolge des nach dem Abschalten des Spulenstroms noch kurzzeitig bestehenden Magnetismus, der Anker am Eisenkern (6) hängenbleibt, ist am Anker ein Trennstift (5) aus Messing oder Bronze angebracht, wodurch beim Anzug des Magneten zwischen Kern und Anker ein schmaler Luftspalt gebildet wird, der nach dem Abschalten ein sicheres Abfallen des Ankers gewährleistet.

Das *Kartenrelais* in der Abbildung stellt die kleinste Ausführung von Relais dar. Es hat eine Länge von 25 mm. Der Name leitet sich ab vom Verwendungszweck: Kartenrelais sind speziell für den Einbau zwischen Steckkarten, Pertinaxplatten mit gedruckten Schaltungen, konstruiert. Die Abbildung 8 verdeutlicht das Bauprinzip. Der flache bügelförmige Anker (A) wird beim Einschalten auf den Eisenkern (E) gezogen. Ein isolierter Stift (S) bewegt dabei den Mittelkontakt (M).

Die Abbildung 9 zeigt ein sog. Edelschnellschaltkontakt-Relais mit fünf Spulen, wie es in der Fernmeldetechnik eingesetzt wird.

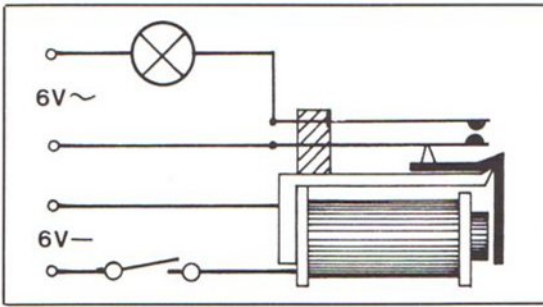


Abb. 1 a

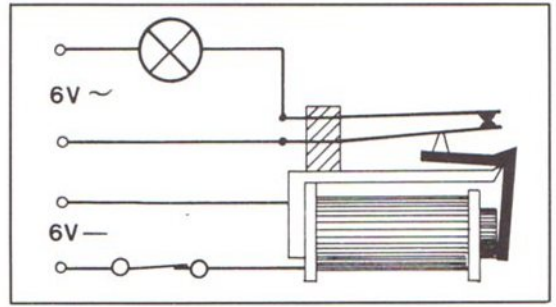


Abb. 1 b

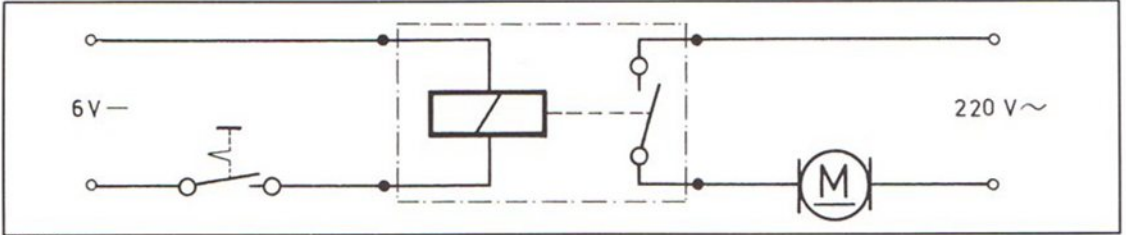


Abb. 2

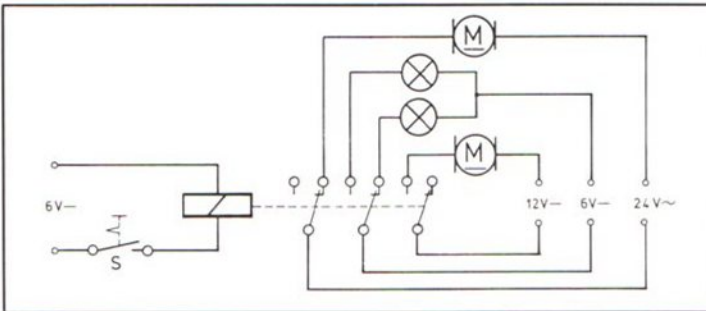


Abb. 3

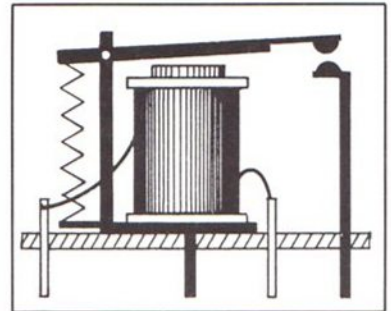


Abb. 4

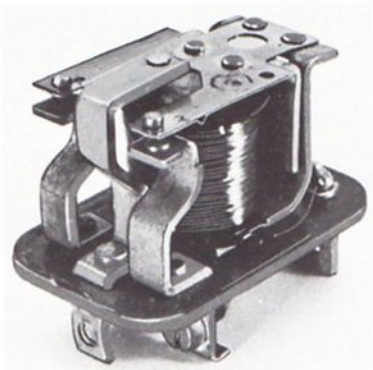


Abb. 5

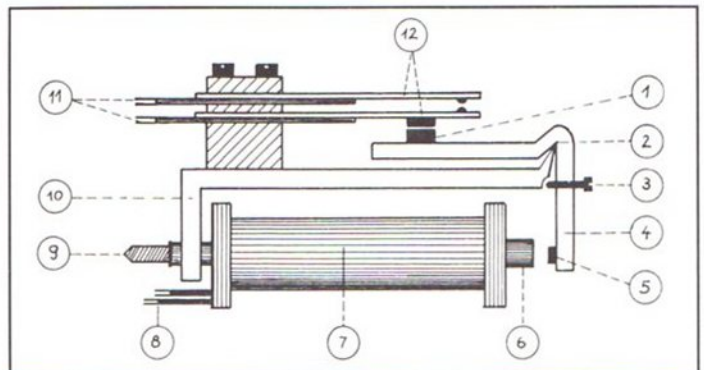


Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8

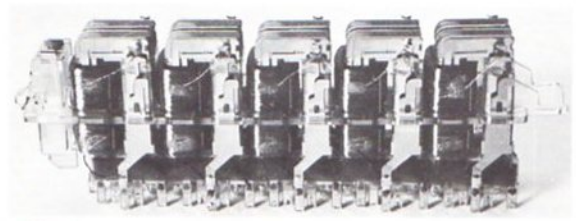


Abb. 9

Die bisher beschriebenen Relais werden mit Schwachstrom gesteuert und schalten Schwachstromkreise. Das Relais in den Abbildungen 10 und 11 dient zum Schalten von Stromkreisen mit 220 Volt Wechselspannung. Es hat drei Umschalt-Kontaktsätze und kann sechs Stromkreise steuern.

Das *Stromstoßrelais* schaltet Wechselstromkreise. Bei diesem Relais betätigt der Anker (A) eine Stoßklinke (ST), die in eine Segment-scheibe (S) eingreift (Abb. 12). Wird die Magnetspule durch einen Taster eingeschaltet, so dreht die Stoßklinge diese Scheibe nach der einen Seite (Abb. 13a). Läßt man den Taster los, so geht die Stoßklinge zurück, die Scheibe bleibt jedoch in ihrer Stellung stehen (Abb. 13b).

Wird der Taster erneut betätigt, so dreht die Stoßklinke die Scheibe nach der andern Seite (Abb. 13c). Die Scheibe bewegt mit Hilfe einer Nocke oder eines Mitnehmers eine Schaltung, durch die ein Stromkreis beim ersten Stromstoß geöffnet, beim nächsten geschlossen wird.

Solche Relais sind zum Schalten von Treppenhauseleuchtungen oder Korridorleuchtungen mit vielen Schaltstellen gut geeignet und ersparen aufwendige Kreuzschaltungen mit Schaltern.

Der Schaltplan in der Abbildung 14 zeigt eine Anlage mit zwei Lampen und vier Schaltstellen. Drückt man irgendeinen Taster, so schaltet das Relais die Lampen ein. Drückt man erneut denselben oder irgendeinen anderen Taster, dann schaltet das Relais die Lampen wieder aus.

Zur Steuerung von Maschinen, die mit 380 Volt Drehstrom betrieben werden, werden elektromagnetische Schalter, sog. *Schalt-schütze*, eingesetzt, die gleichzeitig vier Leiter trennen oder zusammenschließen. (Abb. 15–17). Der Eisenkern (E) der Magnetspule (M) hat die Form eines doppelten U, ebenso der Anker (A). Dieser wird durch Druckfedern in einem gewissen Abstand vom Eisenkern gehalten. Er trägt die Kontaktbrücken (K) für die Phasen und den Mittelpunktleiter. Wird die Spule eingeschaltet, so zieht sie den Anker an, wodurch die Hauptkontakte (H) überbrückt werden.

2.2 Konstruktion von Modellen

Die einfachsten Lösungen mit dem vorhandenen Material der Lernbaukästen sind solche wie die in den Abbildungen 18, 19 und 20.

Bei dem Modell in der Abbildung 19 ist eine

Achse 110 in einem Gelenkstein befestigt, bei dem die Verschraubung gelockert wurde. Der Magnet hebt die Achse an und drückt sie gegen die Winkelachse.

Die Abbildung 19 zeigt eine Lösung, bei der eine Achse, die in einem Federgelenkstein befestigt ist, beim Einschalten des Elektromagneten gegen den Kontakt oberhalb des Magneten gedrückt wird.

Das Modell in der Abbildung 20 arbeitet als Umschalter. Im Ruhezustand liegt die Schwingfeder auf dem unteren Kontakt, beim Einschalten wird sie an den oberen Kontakt gehoben.

Bei den folgenden Modellen ist der Anker nicht gleichzeitig Teil des Arbeitsstromkreises. Er ist jeweils aus Bauelementen konstruiert und als Winkelhebel ausgebildet. Da er eine Rückschlußplatte trägt, kann er durch die magnetische Kraft bewegt werden. Das freie Ende des Winkelhebels betätigt eine Kontaktfeder, mit der die jeweiligen Stromkreise geschaltet werden können.

Die Abbildung 21 zeigt ein einfaches Einschaltrelais. Der Baustein 30 am unteren Ende des Gelenksteins dient als Gegengewicht.

In der Abbildung 22 ist eine andere Lösung dargestellt. Der Winkelhebel ist besonders leicht gebaut. Das Modell in der Abbildung 23 hat zwei Umschaltkontaktsätze, kann also vier Stromkreise schalten. Wie es aufgebaut wird, zeigt die Abbildung 24. Der Winkelbaustein auf der Magnethalterung dient als Anschlag, damit sich die Rückschlußplatte beim Abschalten des Relais nicht zu weit von den Magnetpolen entfernt.

3. Lernziele der Unterrichtseinheit

3.1. Lernzielgruppe I

Die Schüler sollen

- entdecken, daß die magnetische Kraft eines Elektromagneten dazu genutzt werden kann, mechanische Bewegungen auszuführen.
- erkennen, daß mit Hilfe eines Elektromagneten die aus Eisenteilen bestehende Mechanik eines Schalters betätigt werden kann.
- mit Bauelementen einen einfachen elektromagnetischen Schalter konstruieren können.
- feststellen, daß durch einen Magnetschalter eine Lampe ein- und ausgeschaltet werden kann, die von einer anderen Spannungsquelle versorgt wird als der Elektromagnet.
- einen Schaltplan anfertigen können, der diesen Sachverhalt deutlich macht.
- anhand dieses Schaltplans die Begriffe



Abb. 10



Abb. 11

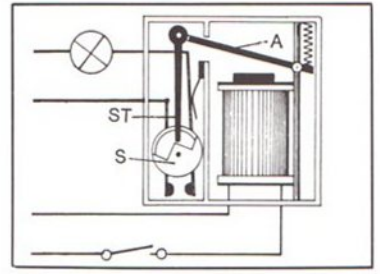


Abb. 12

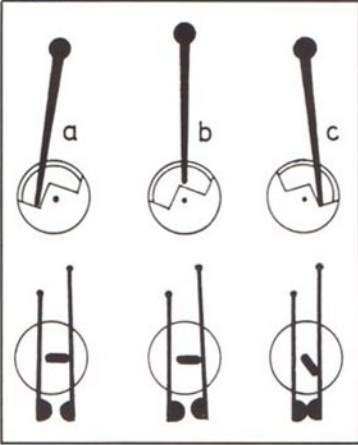


Abb. 13a

13b

13c

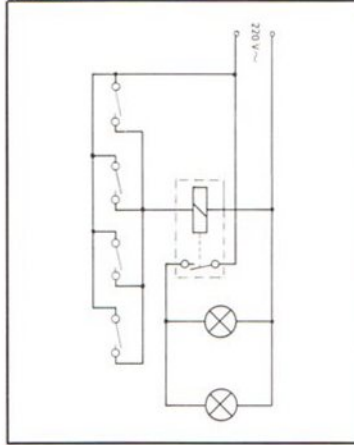


Abb. 14

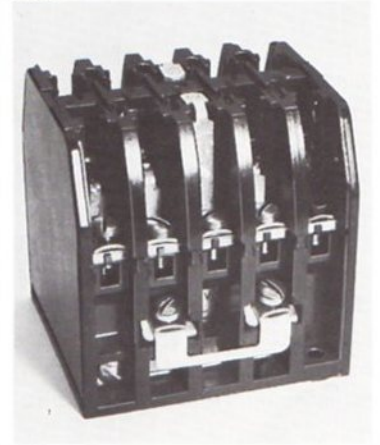


Abb. 15

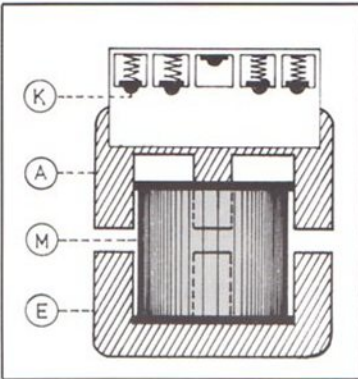


Abb. 16

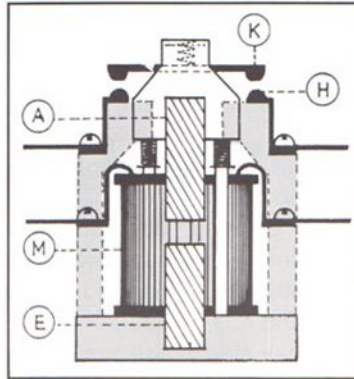


Abb. 17

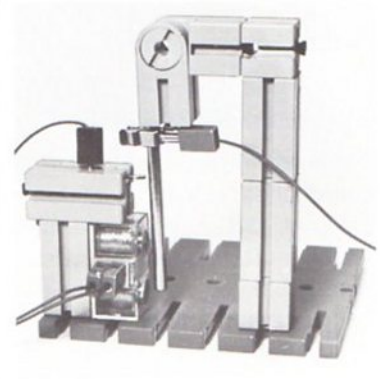


Abb. 19

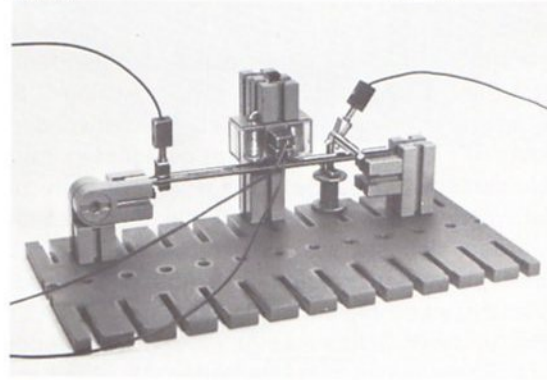


Abb. 18

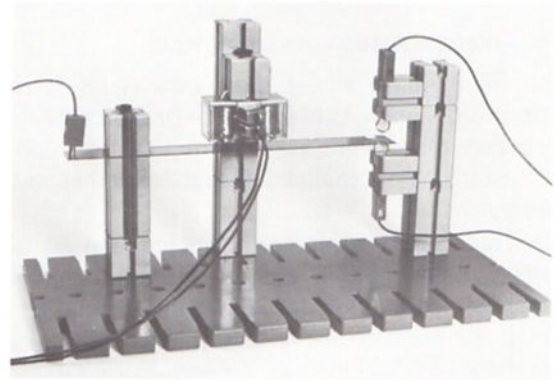


Abb. 20

„Steuerstromkreis“ und „Arbeitsstromkreis“ kennenlernen.

3.2. Lernzielgruppe II

Die Schüler sollen

– an ihrem Modell einen weiteren Kontaktsatz einbauen können, so daß der Magnetschalter als Umschalter arbeitet.

– einen Schaltplan für diese Umschaltung zeichnen und die Funktion der Schaltung beschreiben können: Wenn der Elektromagnet eingeschaltet wird, so öffnet er den Stromkreis der einen Lampe und schließt gleichzeitig den der anderen.

– verschiedene Bauformen von elektromagnetischen Schaltern kennenlernen, untersuchen und ihre Funktion beschreiben können.

– die Begriffe „elektromagnetisches Relais“, „Relaispule“, „Spulenkern“, „Anker“, „Kontaktfedersatz“, „Öffner“ und „Schließer“ kennenlernen und die entsprechenden Teile an den verschiedenen Relais finden und benennen können.

– wissen, wo Relais in der technischen Wirklichkeit eingesetzt werden, und die Bereiche nennen können.

4. Vorwissen der Schüler dieser Klasse

Die Funktion des Elektromagneten als ein- und ausschaltbarer Magnet ist den meisten Schülern bekannt. Sie haben gelernt, einfache Stromkreise aufzubauen, und wissen überdies, wie eine Schaltung mit Umschalter aufgebaut wird, bei der zwei Lampen im Wechsel ein- und ausgeschaltet werden. Weitere Vorkenntnisse sind nicht erforderlich.

5. Anfangssituation des Unterrichts

„Ihr kennt alle Schalter, die mit der Hand durch Drücken, Kippen, Schieben oder Drehen betätigt werden. Man nennt sie Drücker, Taster, Kipp-schalter, Wippschalter, Schiebeschalter und Drehschalter.“

Bei manchen technischen Einrichtungen ist es nötig, daß man mit einem einzigen Schalter mehrere Vorgänge oder Signale gleichzeitig ein- oder ausschalten kann. Oder manchmal ist es erforderlich, Geräte aus großen Entfernungen ein- oder auszuschalten.

Dazu verwendet man Schaltvorrichtungen, die nicht mit Hilfe von mechanischen Kräften, sondern durch die Anziehungskraft von Elektromagneten betätigt werden. Solche elektromagnetischen Schalter können aus der Ferne mit einem Steuerschalter ein- und ausgeschaltet werden und einzelne oder mehrere Stromkreise gleichzeitig öffnen und schließen.“

6. Arbeitsauftrag

„Baut einen Schalter, dessen Kontakte durch die Anziehungskraft eines Elektromagneten geöffnet und geschlossen werden. Er muß aus einer gewissen Entfernung, also ohne daß man ihn anfaßt, betätigt werden können. Er soll zunächst den Stromkreis einer Lampe öffnen und schließen.“

Später soll er als Umschalter für zwei Lampen eingesetzt werden, so daß er den Stromkreis der einen Lampe öffnen und gleichzeitig den der anderen schließen kann und umgekehrt.“

7. Beobachtungen und Erfahrungen während des Unterrichts

Nachdem die zunächst entstandene Diskussion über mögliche Lösungen ohne befriedigendes Ergebnis geblieben ist, gibt der Lehrer den Anstoß, sich klar zu machen, in welcher Weise die einfachsten Schalter im Prinzip arbeiten.

Ein Schüler zeichnet eine Skizze wie in der Abbildung 25 an die Tafel und erläutert, daß bei den Schaltern, die im Physikunterricht verwendet werden, eine Art Brücke geöffnet oder geschlossen wird.

Anhand dieser Zeichnung findet ein Schüler spontan eine Lösung für die Aufgabe: Die Brücke soll aus Eisen sein und mit einem Elektromagneten angehoben werden. Wird der Magnet abgeschaltet, dann fällt sie wieder herunter. So kann beim Einschalten des Magneten ein Stromkreis geöffnet, beim Abschalten geschlossen werden.

Die Schüler akzeptieren diesen Vorschlag. Die Frage ist nur, was man als „Brücke“ verwenden kann. Die Schüler suchen nach geeigneten Bauelementen. Ein Junge schlägt vor, Achsen zu verwenden, die an einem Ende so befestigt werden, daß sie wie die Brücke im Tafelbild bewegt werden können (vgl. Abb. 18). Dieser Lösungsvorschlag findet Zustimmung.

Ein anderer Schüler zeigt eine Schwingfeder vor. Er verspricht sich davon deshalb eine bessere Lösung, weil sie leichter ist als eine Achse

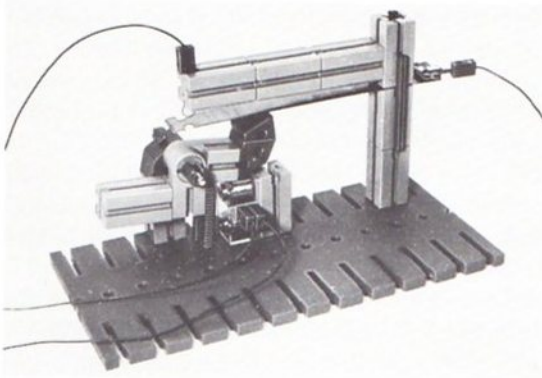


Abb. 21

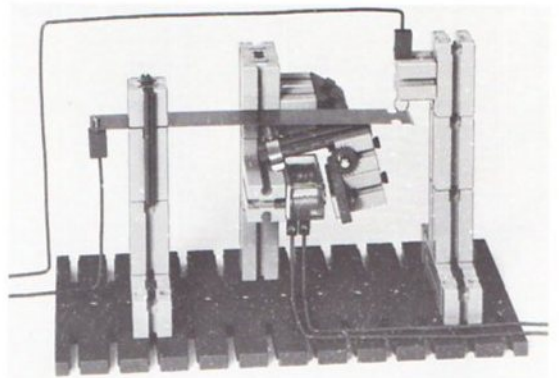


Abb. 22

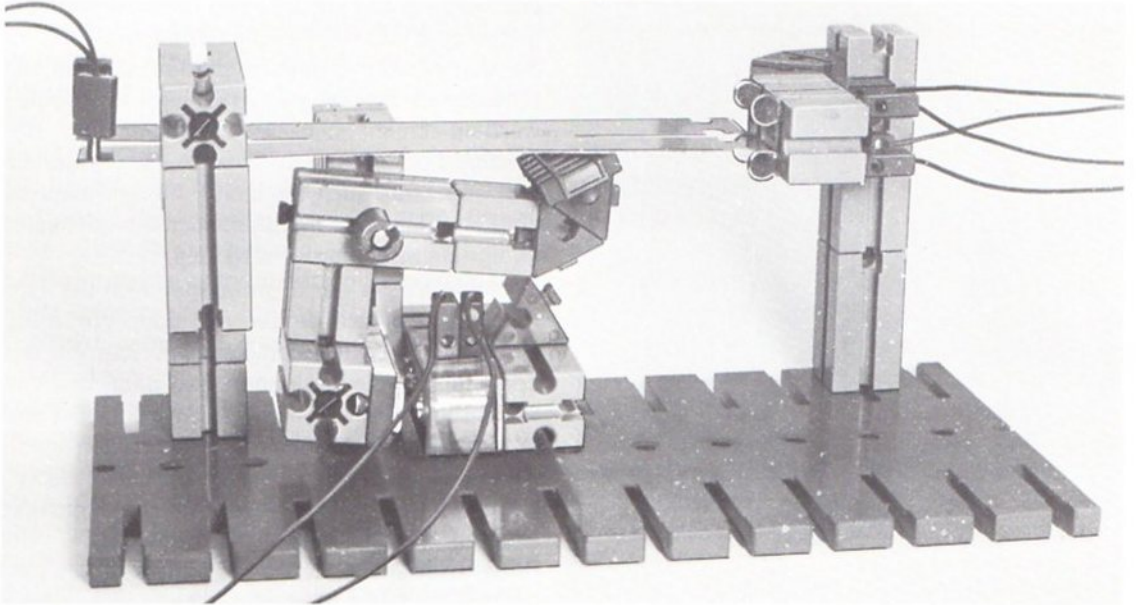


Abb. 23

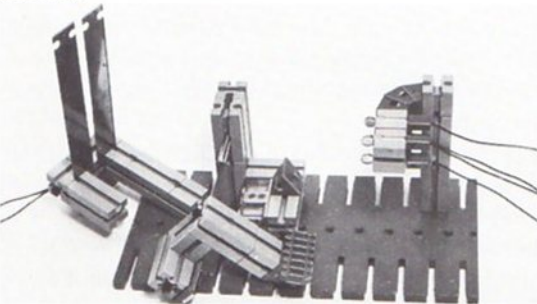


Abb. 24

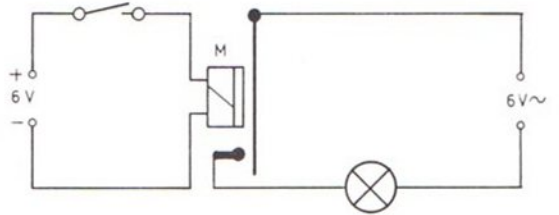


Abb. 26

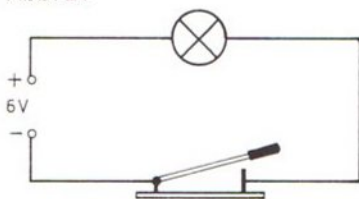


Abb. 25

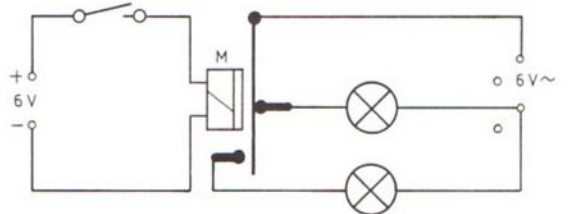


Abb. 27

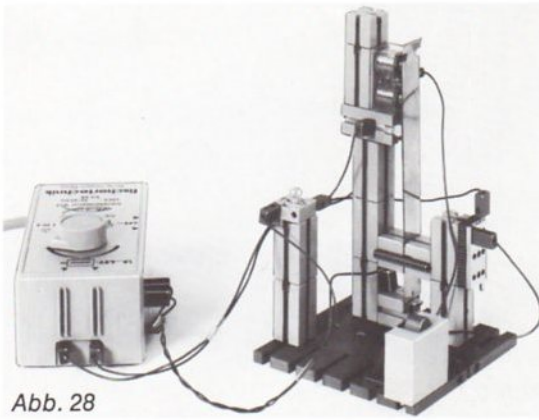


Abb. 28

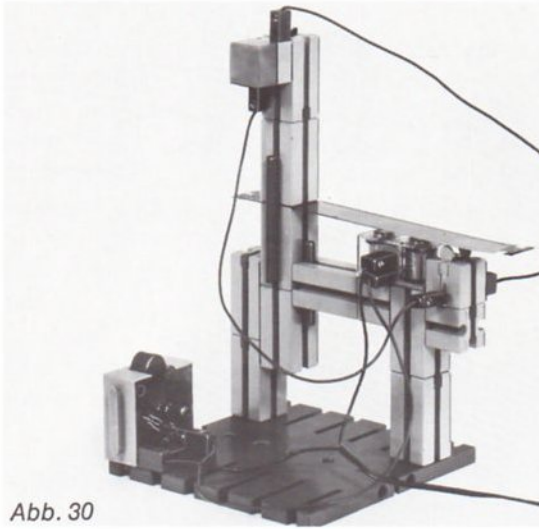


Abb. 30

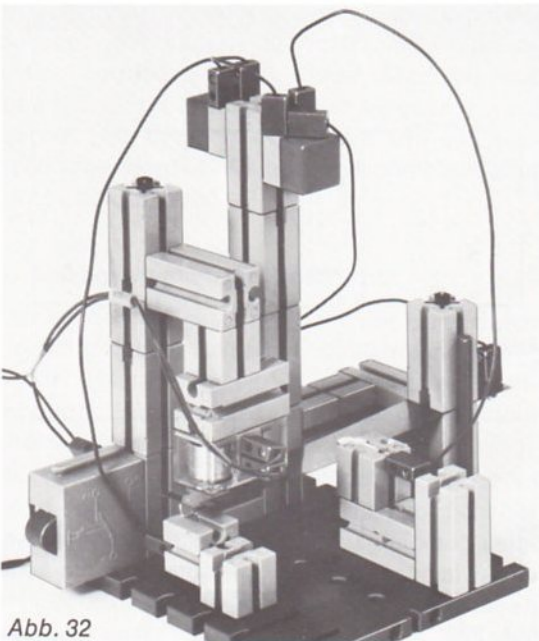


Abb. 32

und daher kräftiger vom Magneten angezogen werden kann. Das erscheint einleuchtend. Zuvor muß aber überprüft werden, ob der Metallstreifen vom Magneten überhaupt angezogen wird.

Die Elektromagnete werden an den Gleichspannungsausgang der Netzgeräte angeschlossen, eingeschaltet und an die Schwingfedern gehalten.

Bei dieser Überprüfung wird die Remanenz des Magneten wirksam. Die Metallstreifen trennen sich nach dem Abschalten nicht mehr von selbst vom Magneten. Einige Schüler ziehen daraus voreilig den Schluß, daß die Schwingfeder ungeeignet ist.

Bei den schweren Bimetallstreifen, die von verschiedenen Schülern anschließend ausprobiert werden, taucht dasselbe Problem auf. Nun scheinen die schweren Achsen, die bei der Erprobung zwar auch kurzzeitig hängen bleiben, aber etwas leichter abfallen, doch die am besten geeigneten Bauelemente zu sein.

In dieser Phase der Erprobungen hilft der Lehrer den Schülern weiter mit dem Vorschlag, einen schmalen Streifen Tesafilm über die beiden Magnetpole zu kleben und dann die Versuche zu wiederholen. Wie sich zeigt, löst sich jetzt der Metallstreifen beim Abschalten sofort vom Magneten. Die Anzugskraft ist keineswegs beeinträchtigt. Danach entscheiden sich die meisten Schüler für die Verwendung der Schwingfeder. Der Lehrer demonstriert, wie man sie mit anderen Elementen verbindet. Einige Schüler bestehen nach wie vor auf der Verwendung von Achsen, tauschen sie aber schon nach kurzer Zeit gegen die Schwingfedern aus, weil sie sehen, daß die anderen damit schneller zum Ziel kommen.

Die Schüler können nun den Auftrag ausführen, einen Magnetschalter zu bauen, mit dem man eine Lampe ein- und ausschalten kann. Der Lehrer empfiehlt, den Magneten am Gleichspannungsausgang des Netzgeräts, die Lampe am Wechselspannungsausgang anzuschließen. Der Aufbau eines einfachen Magnetschaltermodells und die erforderliche Schaltung bereiten den Schülern keinerlei Schwierigkeiten. Nachdem der größte Teil der Klasse funktionsfähige Modelle hergestellt hat, soll jeder seinen Schaltplan auf ein Blatt Papier zeichnen. Das Symbol für den Elektromagneten wird vorgegeben. Außerdem wird an die Symbole für

Gleichspannung und Wechselspannung erinnert. Die fertigen Entwürfe werden am Ende der Stunde eingesammelt.

Zu Beginn der nächsten Doppelstunde zeichnet ein Schüler seinen Schaltplan wie in der Abbildung 26 an die Tafel. Daran werden die Begriffe „Steuerstromkreis“ und „Arbeitsstromkreis“ geklärt. Mit Hilfe dieser Zeichnung soll nun festgelegt werden, wo und wie eine zweite Lampe einzubauen ist, die dann aufleuchten soll, wenn die erste ausgeht, und die umgekehrt dann wieder erlöschen soll, wenn die erste eingeschaltet wird.

Die Schüler entwickeln rasch die Lösung: Die Lampe muß an einen zweiten Kontakt angeschlossen werden, der die Schwingfeder berührt, wenn sie sich in der Ruhestellung befindet.

Das Tafelbild wird entsprechend erweitert (Abb. 27). Ein Schüler beschreibt die Schaltvorgänge und zeigt den jeweils geschlossenen Stromkreis. Danach werden die Modelle mit einer zweiten Lampe ausgerüstet und die Schaltung wird vervollständig.

8. Abbildungen und Beschreibungen einzelner Lösungen

Bei dem Modell in der Abbildung 28 wird – wie bei allen folgenden Modellen – der Magnet mit Gleichstrom, die Lampe mit Wechselstrom versorgt. Die Schwingfeder dient als Anker und Strombrücke zugleich. Die Abbildung 29 zeigt, wie die Schaltung funktioniert. Beim Einschalten des Elektromagneten wird die Schwingfeder an den Kontakt (K) gepreßt, wodurch der Stromkreis der Lampe geschlossen wird.

Die Abbildung 30 zeigt ein Modell, bei dem die Schwingfeder eine Verbindung zwischen zwei Kontakten herstellt.

Aus der Abbildung 31 ist ersichtlich, wie die Lampe geschaltet wird. Im Ruhezustand des Relais wird die Schwingfeder knapp über den Kontakten K1 und K2 gehalten. Beim Einschalten des Elektromagneten wird sie auf die Kontakte heruntergezogen und überbrückt dadurch den bisher offenen Stromkreis.

Die folgenden Modelle funktionieren wie Umschalt-Relais und schalten zwei Lampenstromkreise im Wechsel ein und aus.

Die beiden Modelle in den Abbildungen 32 und 33 sind ähnlich aufgebaut und arbeiten mit einer Schaltung, wie sie in der Abbildung 34 dargestellt ist.

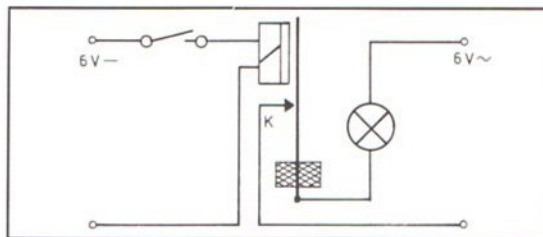


Abb. 29

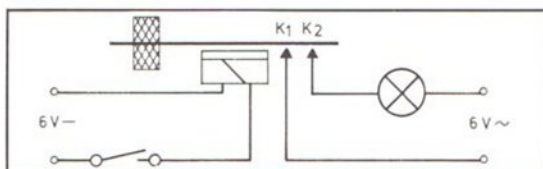


Abb. 31

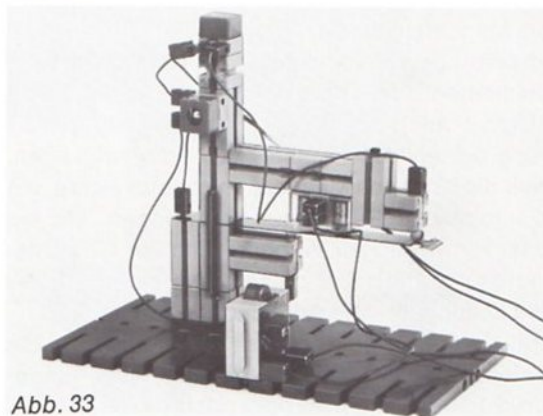


Abb. 33

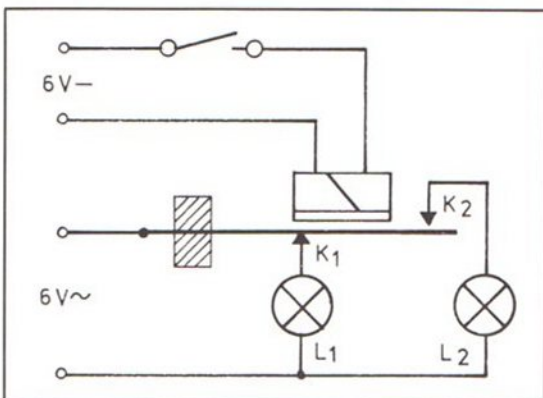


Abb. 34

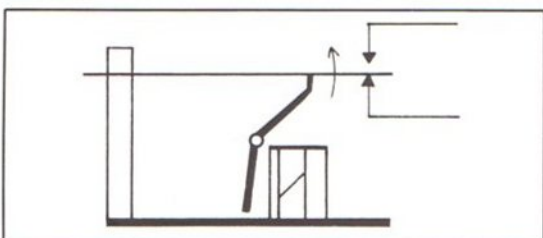


Abb. 36

Im Ruhezustand liegt die Schwingfeder auf dem unteren Kontakt (K1). Beim Einschalten des Elektromagneten wird sie vom Kontakt (K1) abgehoben und an den Kontakt (K2) gedrückt. Auf diese Weise können die beiden Lampen im Wechsel ein- und ausgeschaltet werden.

Auch bei dem Modell in Abbildung 35 dient die Schwingfeder als Umschaltkontakt. Im Ruhezustand liegt sie auf der unteren Verteilerplatte, so daß der Stromkreis der einen Lampe (im Bild links) geschlossen ist. Wird der Magnet eingeschaltet, so wird die Schwingfeder an die obere Verteilerplatte gedrückt, wodurch der Stromkreis der anderen Lampe geschlossen wird, während gleichzeitig die erste Lampe erlischt.

Die meisten Schüler setzten die Schwingfeder als Magnetanker ein. Zwei Schüler wollten eine andere Lösung versuchen: Ein Hebel aus Bauelementen, der Kontakte trägt, sollte durch Magnetkraft bewegt werden. Bei der Ausführung dieser Idee ergaben sich Schwierigkeiten, weil die Kraft des Magneten nicht ausreichte, um die relativ großen Hebel zu bewegen. Mit ein paar Hinweisen zur Verbesserung der Gewichtsverteilung am Hebel gelang dem einen Schüler die Lösung, die die Abbildung 37 zeigt.

Bei diesem Modell werden zwei Kontakte, die an einem senkrecht aufgehängten Hebel angebracht sind, durch Magnetkraft bewegt. Die Abbildung 38 zeigt, wie die Schaltung funktioniert. In der Ruhestellung richtet sich der Hebel so aus, daß er mit dem unteren Kontakt (K1) an der Verteilerplatte (P1) liegt. Dadurch ist der Stromkreis der Lampe (L1) geschlossen. Wird der Elektromagnet eingeschaltet, schwingt der Hebel gegen den Magneten. Gleichzeitig legt sich der Kontakt (K2) an der Platte (P2) an, wodurch der Stromkreis der Lampe (L2) geschlossen wird.

Der andere Schüler hatte bei seinen Bemühungen um die Herstellung eines leicht zu bewegendem Hebels eine stark abgewinkelte Hebelform gefunden, die für eine völlig andere und bessere Konstruktion geeignet war als die, die bisher von den übrigen Schülern verwirklicht wurde.

Allerdings konnte der Schüler auf Grund seines geringen Vorwissens nicht erkennen, welche Möglichkeiten mit dieser Konstruktion zu verbinden waren. Aus diesem Grund zeichnete der Lehrer eine Skizze wie in der Abbildung 36 auf ein Blatt Papier und übergab sie dem Schüler

mit einer kurzen Erläuterung. Damit gelang ihm die Lösung, die in der Abbildung 39 dargestellt ist.

Das Modell zeigt eine Lösung, die im Aufbau einem Relais der technischen Wirklichkeit sehr ähnlich ist. Durch Ein- und Ausschalten des Elektromagneten wird ein Winkelhebel bewegt, der mit seinem oberen Teil eine Kontaktfeder anhebt oder senkt. Der Anker ist also nicht Teil eines Stromkreises wie bei den anderen Modellen.

Die Abbildung 40 zeigt die Schaltung dieses Modells. In Ruhestellung liegt die Schwingfeder auf dem Kontakt (K1), so daß die Lampe (L1) brennt. Beim Einschalten des Magneten wird die Schwingfeder angehoben, legt sich an den Kontakt (K2) an und bringt damit die Lampe (L2) zum Leuchten. Gleichzeitig erlischt die Lampe (L1).

9. Zusammenfassung und Bezug zur technischen Wirklichkeit

Nachdem die fertigen Modelle auf ihre Funktionstüchtigkeit hin überprüft worden sind, erhalten die Schüler ein hektografiertes Blatt, auf dem der Arbeitsauftrag zum Bau des elektromagnetischen Schalters abgedruckt ist. Unmittelbar darunter ist eine Relaisschaltung wie in der Abbildung 41 gezeichnet.

Das hier verwendete Relaissymbol wird vom Lehrer erläutert. Dann beschreibt ein Schüler die Funktion dieser Schaltung.

Die untere Hälfte des Blattes ist frei gelassen für den Schaltplan, der zu Beginn der Doppelstunde an die Tafel gezeichnet wurde (Abb. 27). Diesen Plan zeichnen die Schüler jetzt auf das Blatt. Nachdem der Lehrer die Zeichnungen überprüft hat, heften die Schüler die Arbeitsblätter in ihren Ordner ein.

Für die anschließende Zusammenfassung und Demonstration von Relais und elektromagnetischen Schaltvorrichtungen der technischen Wirklichkeit wird eine weitere Unterrichtsstunde benötigt.

Zunächst erhalten die Schüler ein weiteres Arbeitsblatt mit folgender technischer Informationen zum Relais und einer Zeichnung wie in Abb. 2:

„Elektromagnetische Schalter nennt man Relais. Sie werden durch Steuerschalter in Betrieb gesetzt und können dabei selbst als Schalter andere Stromkreise öffnen oder schließen. Man

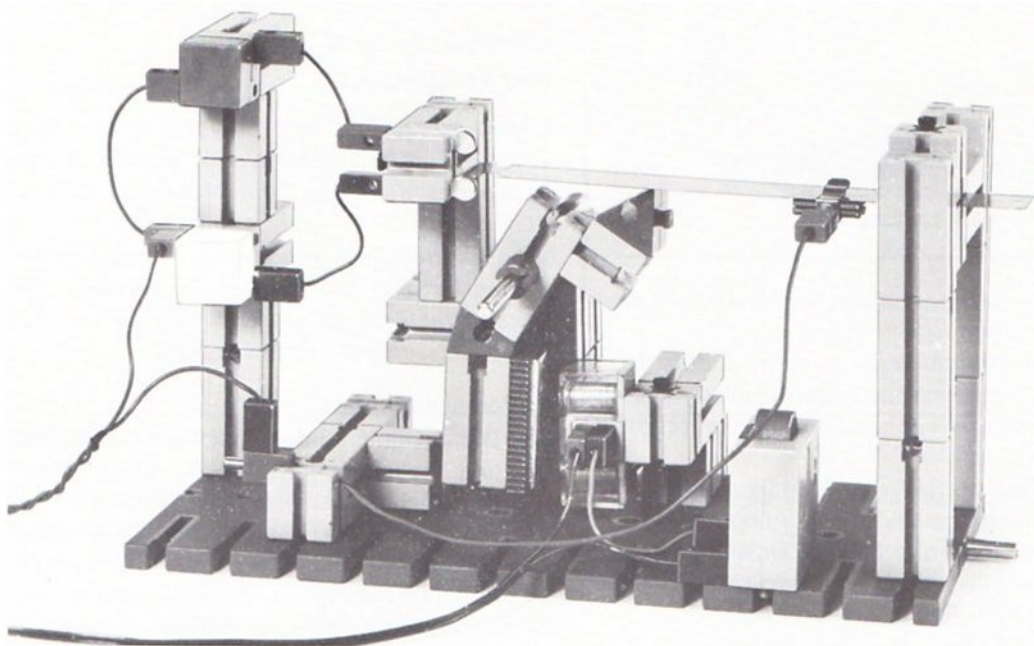


Abb. 39

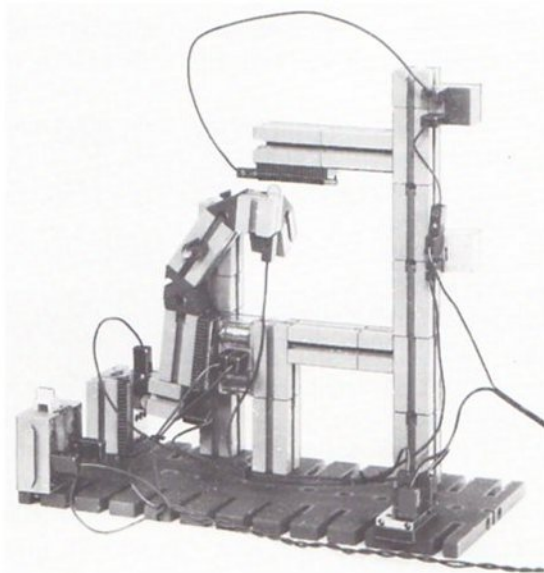


Abb. 37

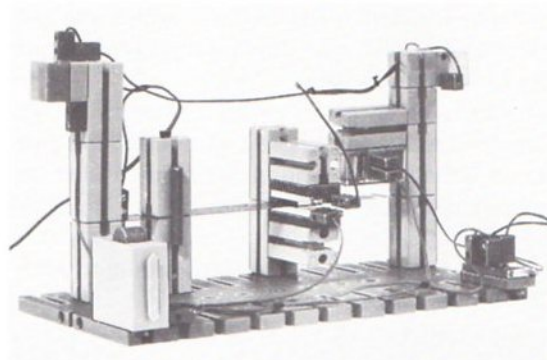


Abb. 35

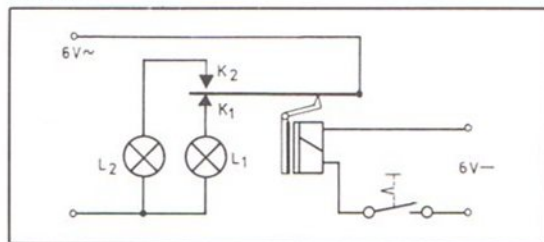


Abb. 40

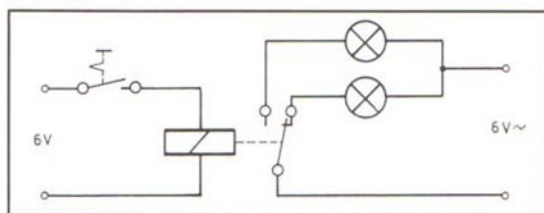


Abb. 41

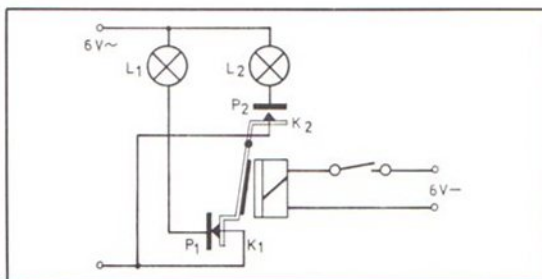


Abb. 38

Oberfläche und Volumen der Trapezsäule

Unterrichtsbeispiel aus der Sekundarstufe I, durchgeführt im 8. Schuljahr (41 Schüler) an der Nachbarschaftsschule (Grund- und Hauptschule) Zimmern o. R.

Arbeitsmittel: fischergeometrie 1 und 2, je ein Kasten für eine Gruppe von vier Schülern, Arbeitsblätter, Zeichengeräte.

Unterrichtszeit: eine Doppelstunde.

1. Voraussetzungen

- 1.1 Die Schüler können bereits Oberflächen- und Volumenberechnungen an Quadrat- und Rechtecksäulen ausführen.
- 1.2 Sie haben die Formeln zur Berechnung der Grund- und Deckfläche, des Mantels, der Oberfläche und des Volumens von Quadern als „verfügbares Wissen“ parat.
- 1.3 Die Schüler (vor allem die Jungen, denn sie erhalten zur Zeit zusätzliche Unterrichtsstunde im Geometrischen Zeichnen) haben Übung im Skizzieren von einfachen Körpern.
- 1.4 Sie sind im Umgang mit den Elementen aus den geometric-Baukästen geübt (Kenntnis der Abmessungen, Zusammenstecken der Teile usw.).
- 1.5 Die Schüler können den Satz von Pythagoras anwenden.
- 1.6 Sie können mit den genormten räumlichen Darstellungen Isometrie und Dimetrie arbeiten.

2. Lernziele

- 2.1 Die Schüler sollen eine Trapezsäule bauen, skizzieren und die Maße in die Skizze eintragen können.
- 2.3 Die Schüler sollen eine Trapezsäule (gebaut aus fischergeometrie) in einen Quader verwandeln können.
- 2.4 Die Schüler sollen das Volumen des erhaltenen Quaders und der ursprünglichen Trapezsäule berechnen und vergleichen können.

3. Unterrichtsverlauf

Jede Gruppe (vier Schüler) erhält je einen fischergeometric-Baukasten 1 und 2, ein Arbeitsblatt mit der isometrischen Darstellung einer Trapezsäule mit Bemaßung (Abb. 1).

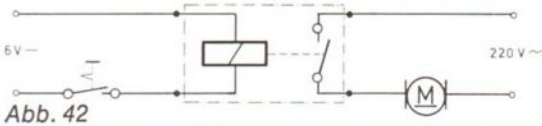


Abb. 42

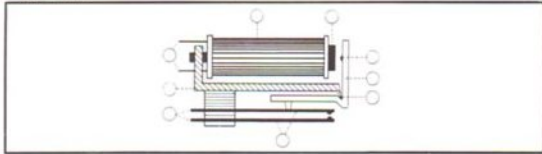


Abb. 43

unterscheidet bei Relaisschaltungen Steuerstromkreis und Arbeitsstromkreis.

Beim Steuerstromkreis kann eine andere Spannungsart vorliegen als beim Arbeitsstromkreis. Die Spannungen können dabei auch unterschiedlich hoch sein.“

Auf dem hektrografierte Blatt ist außerdem ein Rundrelais dargestellt wie in Abbildung 42. Die technischen Begriffe für die einzelnen Bauteile sind angefügt, jedoch noch nicht den Kennziffern in der Zeichnung zugeordnet.

Die Schüler lesen den Text der technischen Information. Der Schaltplan und die Zeichnung werden erläutert. Anschließend sollen die genannten Begriffe den Bauteilen des Relais zugeordnet werden.

Im Anschluß an diese Arbeit demonstriert der Lehrer verschiedene Relais und elektromagnetische Schaltvorrichtungen (es handelt sich dabei um die gleichen Modelle, die in Abschnitt 2.1. abgebildet sind) und gibt kurze Informationen über den jeweiligen Verwendungszweck. Die Schüler werden aufgefordert, die wichtigen Bauteile an den unterschiedlichen Modellen zu zeigen und zu benennen.

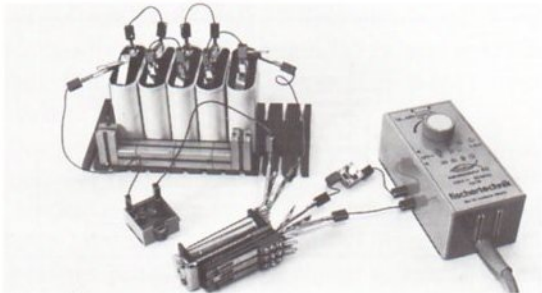


Abb. 44

Einzelne Relais werden angeschlossen und zum Schalten von Lampenstromkreisen eingesetzt. Die Kleinrelais und PKW-Relais lassen sich mit dem fischertechnik-Netzgerät in Betrieb setzen. Die Fernmelderelais werden wegen der höheren Betriebsspannung mit Batterien versorgt, die in Reihe geschaltet sind (Abb. 44). ■

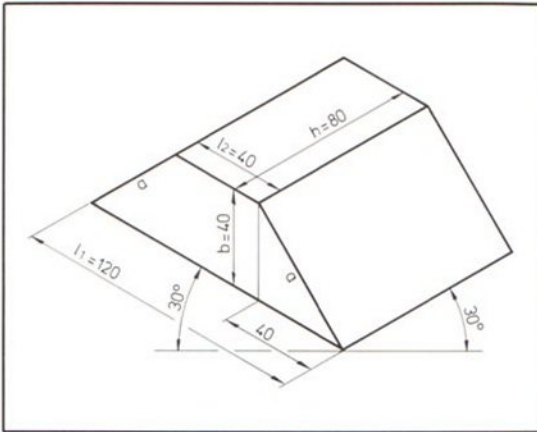


Abb. 1

3.1 Arbeitsauftrag 1 (Lernziel 1)

a) Baue den auf der Zeichnung dargestellten Körper aus den vorhandenen Bauelementen nach. (Hinweis: Wegen der späteren Umwandlung der Trapezsäule in einen Quader sollten hier für die Schrägen nur Dreiecke 2 x 2 cm verwendet werden, Abb. 3.)

b) Zeichne die vor dir stehende Trapezsäule in dimetrischer Projektion auf die Rückseite des Blattes (Abb. 2).

3.2 Arbeitsauftrag 2 (Lernziel 2)

Wir berechnen verschiedene Flächen der Trapezsäule. Mit den Schülern wurde zuvor besprochen, welche Flächen als Grund- und Deckfläche angenommen werden. Die Schüler merkten schnell, daß einfacher und schneller gerechnet werden kann, wenn der Körper „senkrecht“ gestellt wird (stehende Trapezsäule), so daß man als Grund- und Deckfläche die Trapezform erhält (Abb. 3).

3.3 Arbeitsauftrag 3 (Lernziel 2)

Mantelberechnung

Aus dem vorangegangenen Unterricht wissen die Schüler, daß sie bei Mantelberechnungen den Umfang u mit der Höhe h der Säule zu multiplizieren haben.

$$\begin{aligned} \text{a) Umfang } u &= l_1 + l_2 + 2a \\ u &= 12 \text{ cm} + 4 \text{ cm} + 2 \cdot \sqrt{32} \text{)} \\ u &= 27,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

1) Der Wert der $\sqrt{32}$ wurde in der Tabelle nachgeschlagen, man erhält natürlich nur einen Näherungswert.

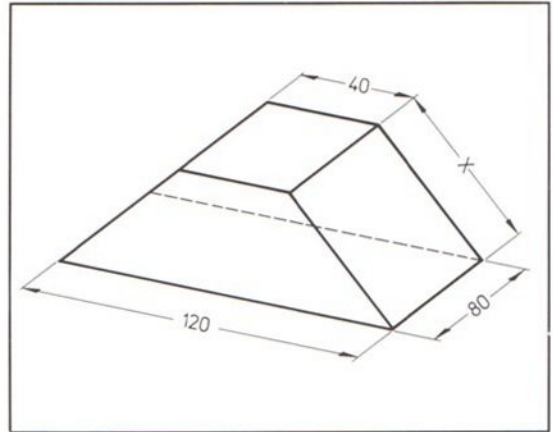


Abb. 2

a) Berechnung der Grundfläche

$$A = l_m \cdot b \quad \text{wobei } l_m = \frac{l_1 + l_2}{2} \text{ ist}$$

$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b \quad \text{daraus ergibt sich}$$

$$A = \frac{12 + 4}{2} \cdot 4 [\text{cm} \cdot \text{cm}]$$

$$A = 32 \text{ cm}^2$$

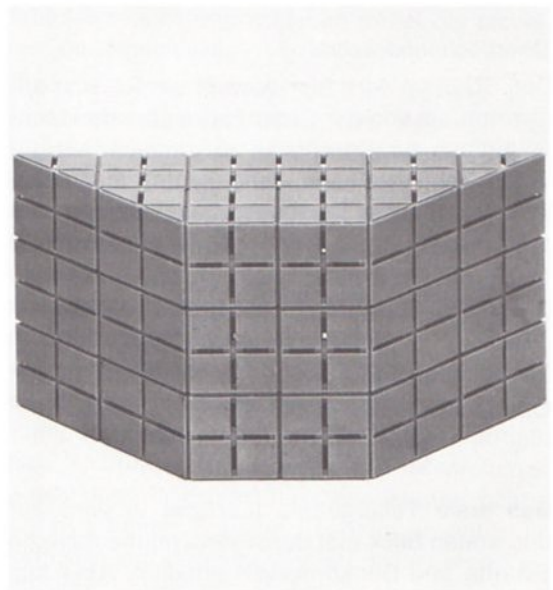


Abb. 3

b) Da die Deckfläche die gleichen Maße aufweist, ist auch ihre Fläche gleich 32 cm^2 .

3.5 Arbeitsauftrag 5 (Lernziele 3 und 4)

Volumenberechnung

a) Versuche, die vor dir stehende Trapezsäule durch Umstecken von Bauelementen in einen dir schon bekannten Körper zu verwandeln.

Schon nach kurzer Zeit entdeckten die Schüler die Möglichkeit, die Trapezsäule durch einfaches Umstecken von Bauelementen in einen Quader zu verwandeln (Abb. 4).

b) Den Schülern ist bekannt, wie das Volumen einer Quadrat- und einer Rechtecksäule berechnet wird.

$$V = A \cdot h \quad \text{oder} \quad V = l_m \cdot b \cdot h$$

$$V = 32 \text{ cm} \cdot 8 \text{ cm}$$

$$V = 256 \text{ cm}^3$$

c) Die Schüler sollen nun Vermutungen über die Größe des Volumens der Trapezsäule und des Quaders äußern und das Ergebnis deuten.



Abb. 4 a

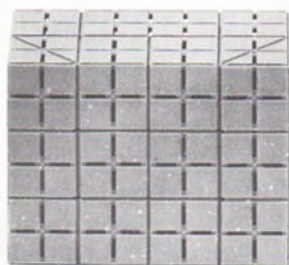


Abb. 4 b

b) Mantel $M = u \cdot h$

$$M = 27,32 \text{ cm} \cdot 8 \text{ cm}$$

$$M = 220 \text{ cm}^2 \text{ (Überschlag)}$$

$$M = 218,56 \text{ cm}^2$$

Oberflächenberechnung

Den Schülern wird hier bewußt ein Schema angeboten, um von der Grundfläche über den Mantel einfach zur Oberfläche zu kommen. Mit geübten Schülern kann dann später auch eine komplexe Formel herausgearbeitet werden, wie z. B.

$$O = u \cdot h + 2 \cdot \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$$

Formel allgemein:

$$\text{Oberfläche } O = M + 2A$$

$$O = 218,56 \text{ cm}^2 + 2 \cdot 32 \text{ cm}^2$$

$$O = 282,56 \text{ cm}^2$$

Das erste Teilergebnis (Lernziel 2) wird auf den ersten Blick erst durch viele mathematische Schritte und Denkprozesse erhalten. Aber aus eigener Erfahrung kann ich berichten, daß selbst auch schwache Schüler diesen Gedanken- und Rechengang ohne weiteres nach einiger Übung mit der Quadrat- und Rechtecksäule auch auf andere Körper anwenden können.

4. Beobachtungen während des Unterrichts

Die Schüler waren gleich zu Beginn der Unterrichtsstunde gut motiviert, als sie merkten, daß sie etwas bauen durften. Durch den Wechsel der Tätigkeiten im Unterricht (Bauen, Zeichnen, Berechnen, Bauen) wurde es den Schülern nie langweilig. Bei den Berechnungen wie hier mußten die Schüler allerdings stark geführt werden. Wichtig war dabei, daß die Schüler nicht verwirrt wurden, daß sie sowohl bei der „liegenden“ als auch bei der „stehenden“ Trapezsäule die Größen l_1 , l_2 , b , h und a immer gleich zuordneten und nicht anders lokalisierten. Sehr stark mußte auch auf die richtigen Größenbezeichnungen cm , cm^2 und cm^3 geachtet werden.

Dadurch, daß den Schülern innerhalb ihrer Gruppe immer wieder etwas Zeit gelassen wurde, die auftauchenden Schwierigkeiten zuerst innerhalb der Gruppe zu diskutieren und sie anschließend in der ganzen Klasse zu besprechen, konnte ich feststellen, daß alle Schüler die Ziele erreichten. Durch die Hausaufgabe wurde dies dann noch bestätigt.

5. Hausaufgabe

Ist die Oberfläche der in einen Quader verwandelten Trapezsäule $=$, $>$ oder $<$ als die der ursprünglichen Trapezsäule?

a) Vermutung mit Begründung.

b) Berechnung und Deutung. ■

Funktionsmodell eines Titrierautomaten

Im Rahmen des chemischen Praktikums der Lehrerausbildung an der Universität Osnabrück, Abt. Vechta, wurde von W. Delwisch, W. Frühling, H. Graf, M. Grehl und D. Klemm das im folgenden vorgestellte Funktionsmodell eines Titrierautomaten entwickelt.

Mit der Entwicklung des Funktionsmodells sollten folgende Ziele erreicht werden:

Die technischen Probleme, die Funktionen und die chemischen Prinzipien eines in der chemischen Praxis häufig benutzten Gerätes sollten deutlich werden.

Das Gerät sollte so ausgewählt werden, daß einzelne Funktionseinheiten ausgegliedert, unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten erdacht und ausprobiert werden konnten.

Die Herstellung und Entwicklung sollte nicht zu viel Zeit und handwerkliches Geschick erfordern.

Die Entwicklung des Gerätes sollte über den üblichen Rahmen des Faches Chemie hinausgreifen und so auch eine gewisse „Erholung“ von der Chemie bewirken.

1. Definition (Sachinformation)

Titration nennt man ein oft benutztes Verfahren der quantitativen chemischen Analyse: Beim Titrieren läßt man eine Lösung mit bekannter Konzentration (Maßflüssigkeit, Titrierlösung) langsam zu einem genau abgemessenen Volumen der zu untersuchenden Flüssigkeit mit unbekannter Konzentration fließen, bis die Reaktion beendet ist. Das Ende der Reaktion kann man meist an einem Farbumschlag des beigefügten Indikators feststellen.

Unter Titrierautomat wird demgemäß eine Vorrichtung verstanden, die eine Titration selbsttätig ausführt, d. h. eine Apparatur, die eine Lösung dosiert zu einer anderen dazugibt und nach dem Eintreten der anzeigenden Reaktion (z. B. Farbänderung des Indikators) diese Zugabe stoppt.

2. Technische Probleme

Bei der Konstruktion des Titrierautomaten sind folgende Probleme zu lösen:

- 2.1 Die Titrierlösung muß in feststellbaren Mengen der Untersuchungsflüssigkeit zugesetzt werden.
- 2.2 Die Zugabe muß gestoppt werden, wenn die erforderliche Menge Titrierlösung der Untersuchungsflüssigkeit zugesetzt wurde.
- 2.3 Die beiden Flüssigkeiten müssen gut durchgemischt werden.

3. Erprobte Lösungen der technischen Probleme

Zu 2.1

Es wurden zwei verschiedene Lösungen gebaut und erprobt.

a) An einer Bürette wurde die abgeflossene Menge der Titrierlösung abgelesen. An die Bürette wurde ein passender Silikonschlauch angesetzt. Der Durchfluß der Titrierlösung konnte durch ein Magnetventil gesteuert werden: Schlauch abgequetscht – Durchfluß unterbrochen (Ventil geschlossen); Schlauch nicht abgequetscht – Durchfluß möglich (Ventil offen) (Abb. 7).

b) Aus einem Vorratsbehälter wurde die Titrierlösung mit Hilfe einer Pumpe (Schlauchpumpe vgl. weiter unten) der Untersuchungsflüssigkeit zugesetzt. Die Pumpe bestand aus einem dünnen Silikonschlauch, sechs Andruckrollen, die auf einer angetriebenen Drehscheibe sitzen, und einem massiven gewölbten Block aus Kunststoff (Abb. 1). Während des Betriebs drücken die Rollen den Schlauch gegen den Kunststoffblock und unterteilen ihn dabei in kleine, untereinander gleiche Einheiten, die nur wenig Flüssigkeit enthalten. Beim Drehen der Scheibe wandern die Andruckrollen über den festgehaltenen Schlauch und schieben dabei die einzelnen Portionen weiter.

Die zugesetzte Menge der Titrierlösung wird durch ein Zählwerk registriert, das von der Pumpe betätigt wird. Jede Andruckrolle schließt bei einem Durchgang kurz einen Taster, der einen Impuls an das Zählwerk liefert. Durch das Weiterdrehen wird der Taster sofort wieder geöffnet, und erst die nächste Andruckrolle schließt ihn wieder. So werden die abgegebenen kleinsten Flüssigkeitsmengen gezählt. Die Zahl wird auf dem Zählwerk abgelesen. Mißt man mit einer Waage die Flüssigkeitsmenge, die die Pumpe z. B. bei zehn Impulsen fördert, so läßt sich leicht ausrechnen, welches Fördervolumen einem Impuls entspricht. Diese Menge hängt, bei gegebenem Rollenabstand, im wesentlichen vom Schlauchdurchmesser ab. In unseren Versuchen entsprach einem Impuls 0,040 ml (Abb. 2).

Zu 2.2

Zur Feststellung des Endpunkts der Reaktion diente eine Lichtschranke zusammen mit einem

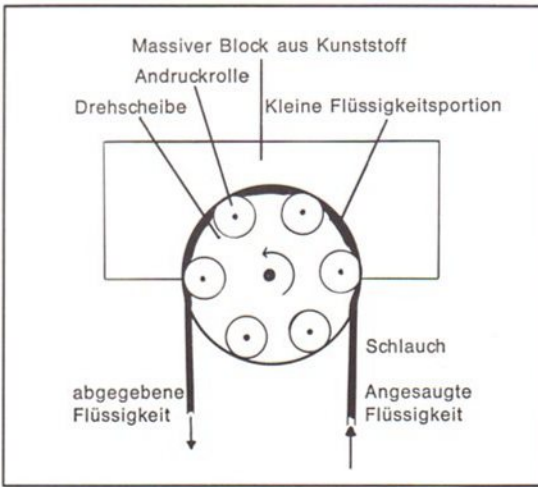


Abb. 1 Zeichnung der Schlauchpumpe

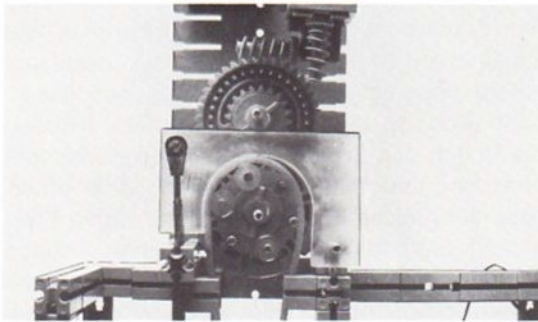


Abb. 2: Detailfoto: Schlauchpumpe

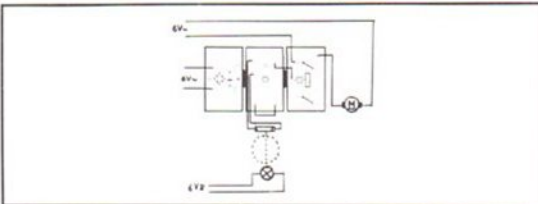


Abb.3 Verdrahtungsplan zum Titrierautomat mit Schlauchpumpe. Der Motor für den Antrieb des Magnetrührers ist nicht in diesem Plan enthalten

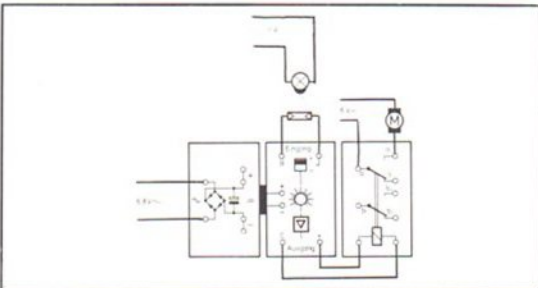


Abb.4 Alternative zur Abb. 3, der Verdrahtungsplan enthält Bauelemente aus u-t-4

Indikator, der das Ende der Titration durch einen Farbumschlag anzeigt.

Folgende Versuchsanordnung wurde gewählt: In einem Becherglas befand sich eine Lösung unbekannter Konzentration, die den Indikator (Phenolphthalein) farblos erscheinen läßt (Säure). Eine Lichtquelle durchstrahlt die Flüssigkeit und beleuchtet einen Fotowiderstand. Der schwache Gleichstrom fließt über einen nachgeschalteten Verstärker, der das Relais betätigt. Dieses betätigt den Motor der Schlauchpumpe bzw. das Magnetventil. So kann die Titrationsflüssigkeit aus der Bürette über einen Schlauch, an dem eine feine Glasspitze sitzt, in das Becherglas tropfen. Dieser Zustand bleibt solange erhalten, bis der beigefügte Indikator umschlägt. Das hat zur Folge, daß das von der Lichtquelle ausgehende Licht den Fotowiderstand nicht mehr ausreichend beleuchtet. Das Relais fällt ab, das Ventil wird geschlossen. Die Erprobung hat gezeigt, daß es günstig ist, die Lichtquelle mit einem Grünfiltervorsatz zu versehen (Komplementärfarbe zum roten Indikator), um störende Fremdlichteinflüsse abzuschwächen (Abb. 3 und Abb. 4).

Zu 2.3

Die Durchmischung der beiden Flüssigkeiten wurde durch einen Magnetrührer erreicht.

Beim Magnetrührer erfolgt die Kraftübertragung zwischen Motor und dem eigentlichen Rührer auf magnetischem Wege durch den Gefäßboden hindurch, so daß es keinerlei Dichtungsprobleme gibt (Abb. 5).

Zwei Stabmagnete werden an einer Achse befestigt, die durch einen Motor in Rotation versetzt werden kann. Über der Achse mit den Magneten befindet sich das Gestell, auf dem während der Reaktion das Becherglas steht. In diesem Gefäß liegt auf dem Boden ein kleiner Stabmagnet, der durch die rotierenden Magneten ebenfalls in eine Drehbewegung versetzt wird. Der kleine Stabmagnet ist durch eine Kunststoffumhüllung gegen aggressive Substanzen geschützt.

4. Erfahrungen bei der Erprobung der Funktionsmodelle

Vergleicht man die beiden Modelle, so ist zunächst festzustellen, daß beide funktionstüchtig sind. Es ist ein Vorteil von beiden, daß aggressive

Flüssigkeiten nur mit dem beständigen Silikon-schlauch in Berührung kommen.

Der Aufbau mit Bürette und Magnetventil erfordert den geringsten Aufwand: Die Volumensmessung erfolgt mit der üblichen Bürette, das Magnetventil kann leicht aus den Bauteilen aufgebaut werden (Abb. 7).

Das Arbeiten mit der Pumpe ist dagegen aufwendiger: Die Anzeige des Zählwerks muß zunächst in ml geeicht werden; es müssen eine Andruckplatte und -rollen angefertigt werden.

Der Aufbau ist kompakter; es wird keine Bürette benötigt; die Ablesung der zugesetzten Flüssigkeitsmenge ist sicherer. Das Gerät ist universeller, da man es auch als Dosierautomat verwenden kann (Abb. 6).

Die Genauigkeit der beiden Automaten hängt von verschiedenen Faktoren ab:

Die Feststellung des Endes der Titration ist sicherlich das schwächste Glied in der Kette. Die Schaltung der Lichtschranke ist empfindlich gegen Fremdlicht und Lichtbrechung am Glas und an der Flüssigkeit („Rührtrichter“). Deshalb muß der Indikator kräftig rot sein, wenn die Lichtschranke ansprechen soll, d. h. die Lösung ist übertitriert. Eine weitere Ungenauigkeit kommt daher, daß es trotz Rühren eine gewisse Zeit dauert, bis die Lösung gleichmäßig durchmischt und gleichmäßig gefärbt ist. Sieht man von diesen Fehlern ab, die sich durch eine aufwendigere Endpunkterkennung reduzieren lassen, so liefert die Titration mit dem Magnetventil etwa die gleiche Genauigkeit, die auch von Hand erreicht werden kann. Sie ist eher besser, da Ermüdung und Ablenkung entfallen, und das Magnetventil praktisch sofort schließt, wenn der Fotowiderstand verdunkelt ist. Auch die Pumpe stoppt praktisch sofort. Durch die „digitale“ Anzeige, durch das Impulzzählgerät muß man allerdings mit einem Fehler von ± 1 Impuls rechnen. Da aber ein Impuls nur einer Menge von 0,040 ml entspricht und die oben beschriebenen Fehler sicher größer sind, ist dieser Fehler tragbar. Die hohe Reproduzierbarkeit der Fördermenge der Pumpe zeigt folgende Meßreihe: die Pumpe wurde nach jeweils zehn Impulsen gestoppt, sie hatte dabei jeweils folgende Wassermengen gefördert (in mg): 402, 402, 403, 405, 403, 404, 400, 555, 333. mg): 333, 777, 403, 405, 403, 404, 400, 400, 405. Die Streuung betrug also nur 5 Mikroliter. ■

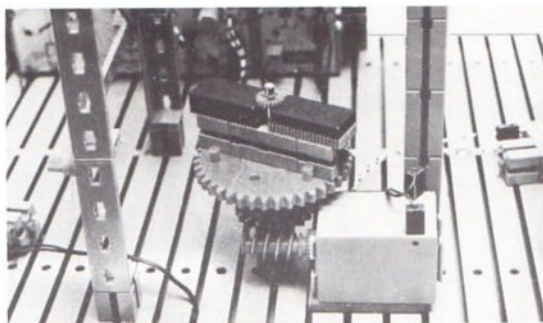


Abb. 5 Detailaufnahme des Magnetrührers

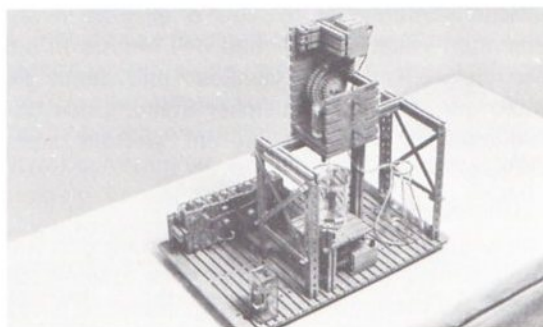


Abb. 6 Modell des Titrierautomaten mit Schlauchpumpe

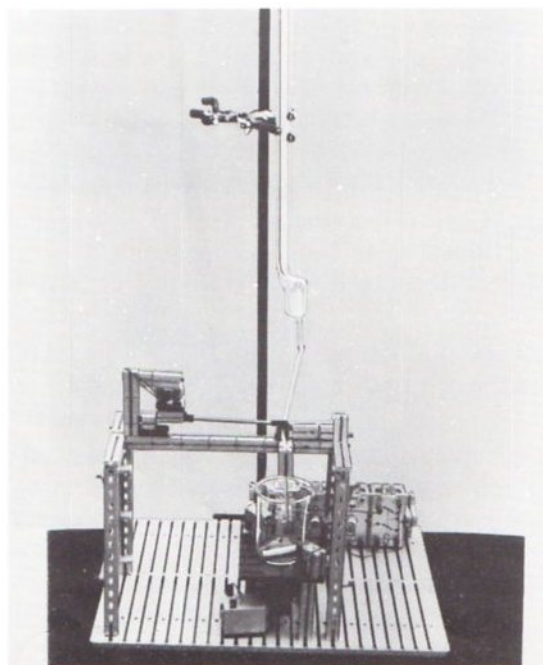


Abb. 7 Titrierautomat mit Bürette und Magnetventil

Produktinformation

Neue Baukästen und Bauteile aus dem fischertechnik-Programm

1. Adapter für fischertechnik-Motor

Der u-förmige Adapter mit 2 Nuten und einem langen Zapfen (Abb. 1) bietet neue Möglichkeiten bei der Verbindung des Motors mit Getriebeelementen. Bislang konnte der Getriebehälter mit Schnecke nur in einer Richtung – vertikal zur Motor-Grundplatte – angebaut werden (Abb. 2). Mit dem Adapter kann der Getriebehälter auch um 90 Grad versetzt angebracht werden (Abb. 3). Das erleichtert in bestimmten Fällen den Einbau des Motors in ein Modell, weil nun das Gehäuse und damit die Motorgrundplatte bei gleicher Stellung des Getriebehalters beliebig gedreht werden kann (Abb. 4).

2. Getriebehälter mit Welle 80

Gegenüber der bisherigen Ausführung des Getriebehalters (Abb. 5) ist das neue Bauteil mit einer 8 cm langen Welle ausgestattet, die das Antriebsritzel in der Mitte trägt (Abb. 6). An den beiden etwa 3 cm langen freien Wellenenden

Abb. 3



Abb. 4

können Räder und Zahnräder mit verschiedenen langen Spannanzgen (Zahnrad Z 10, Normalnabe, Flachnabe) stabil befestigt werden, was bei der kürzeren Welle des bisherigen Getriebehalters nur beschränkt möglich war (Abb. 7).

In Verbindung mit dem Adapter kann man diesen Getriebehälter ebenso wie den Getriebehälter mit Schnecke an allen vier Kanten des Motorgehäuses an die Antriebsschnecke anbauen.

Adapter, Art.-Nr. 4 38203 1
Getriebehälter mit Welle 80, Art.-Nr. 3 38201 1

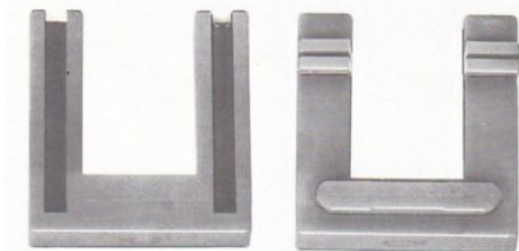


Abb. 1



Abb. 2

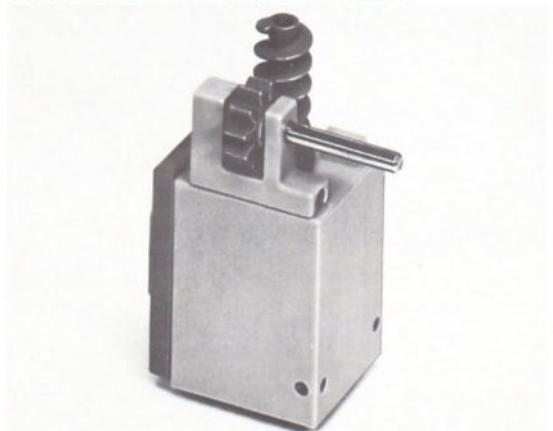


Abb. 5

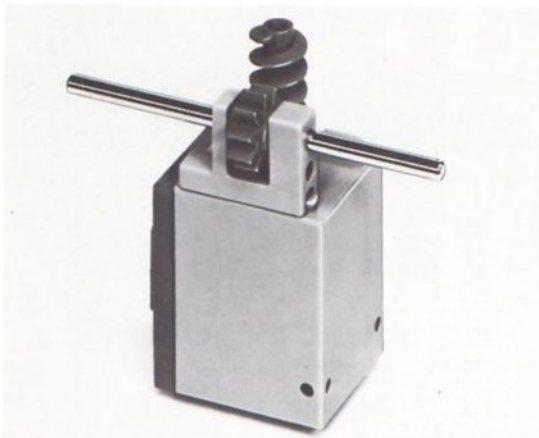


Abb. 6

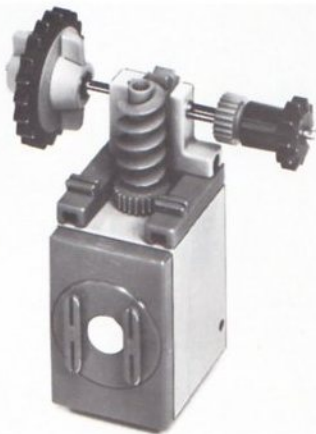


Abb. 7

3. fischertechnik-Werkstattbox hobbywelt 1

Styropor kann im Werkunterricht bei den verschiedensten Aufgaben als Arbeitsmaterial verwendet werden. Die Autoren H. Ullrich und D. Klante z. B. haben in ihrem Buch „Technik im Unterricht der Primarstufe“ eine ganze Reihe von Arbeiten vorgestellt, bei denen bestimmte Elemente aus Styropor hergestellt wurden: Seilbahnen (S. 34), Hebelspiele (S. 57), Signale (S. 64), Fahrzeuge (S. 68), Schwimmkörper (S. 91), Flugkörper (S. 95) u. a.

Auf der Didacta 1975 haben die Fischer-Werke eine Werkstattbox mit der Bezeichnung „hobbywelt 1“ vorgestellt, die für die Bearbeitung von Styropor eingesetzt werden kann (Abb. 1).

Der Kasten enthält u. a. ein großes Schneidegerät, das an eine Flachbatterie oder an ein fischertechnik-Netzgerät angeschlossen werden kann (Abb. 2) Mit Hilfe einer Arbeitsplatte mit verstellbarem Anschlag können damit exakte Parallel-, Winkel- und Kreisschnitte ausgeführt

werden. Das Gerät kann jedoch auch frei – wie etwa eine Laubsäge – geführt werden.

Ein kleines Schneidegerät (Abb. 3) eignet sich zur Herstellung von Einschnitten, Vertiefungen und Aushöhlungen (Abb. 4).

Der Kasten enthält ferner Steckelemente, die es ermöglichen, Styroporteile ohne Klebstoff aneinanderzusetzen, und Verbindungselemente, mit deren Hilfe fischertechnik-Bauelemente auf Styroporplatten befestigt werden können.

Abb. 5 zeigt, wie ein Baustein 30 auf einer Styroporplatte fixiert wird: Mit dem Vorstecher wird ein Schlitzloch in die Platte eingestochen; ein Verbinder, der einen breiten Zapfen zur Aufnahme von Bausteinen trägt, wird in die vorbereitete Vertiefung eingesetzt. Durch einen seitlich oder schräg von oben in die Platte eingeschobenen Keilriegel wird der Verbinder im Styropor verankert. An dem Verbindungszapfen können Bausteine, Winkelsteine und Grundplatten befestigt werden.

Durch die Kombination von fischertechnik-Bauelementen mit Teilen aus Styropor werden einerseits die Verwendungsmöglichkeiten der Lernbaukästen in einigen Fällen verbessert, und die Modelle können z. T. wirklichkeitsnäher aufgebaut werden.

So besteht die Möglichkeit, bei der Konstruktion von festen Brücken, beweglichen Brücken, Seilbahnen u. a. Sockel, Fundamente, Rampen und Profile des Baugrunds aus Styropor herzustellen und die technischen Vorrichtungen darauf aufzubauen.

Andererseits können zusätzlich neue Aufgaben angegangen werden, die bisher mit herkömmlichen Materialien wie Holz und Metall bearbeitet wurden, was einen relativ hohen Zeitaufwand bedingte.

Ein solches Thema ist z. B. der Bau von Booten mit Gummimotor (Vorschläge dazu erscheinen in einem der nächsten Hefte).

Verschiedene Versuche haben gezeigt, daß die fischertechnik-Bauelemente und Achsen gegen Wasser völlig unempfindlich sind. Auch wenn nasse Bauteile nach dem Experimentieren nicht getrocknet und abgerieben werden können, sind keinerlei Schäden zu befürchten.

Verbinder und Keilriegel sind auch in der Zusatzpackung 031 oder einzeln im fischertechnik-Service-Programm erhältlich.

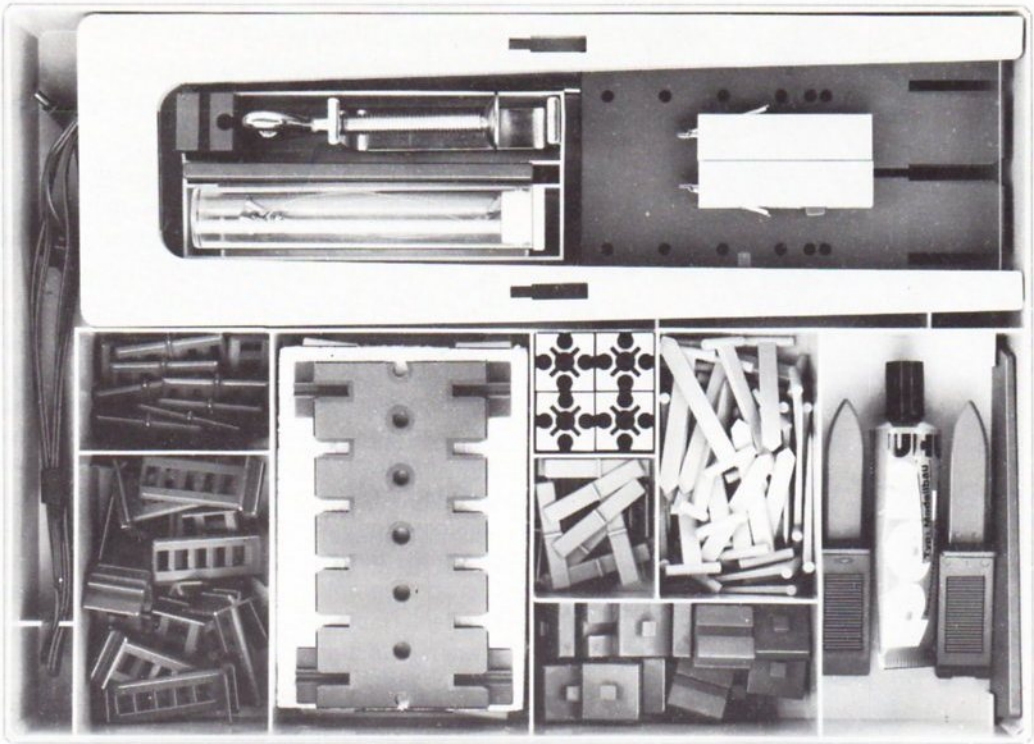


Abb. 1 Werkstattbox „hobbywelt 1“

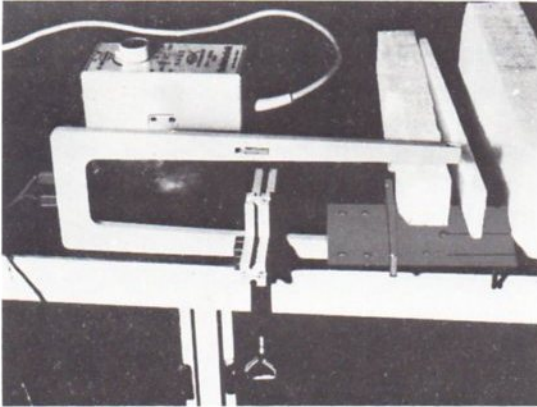


Abb. 2 Großes Schneidegerät für Styropor

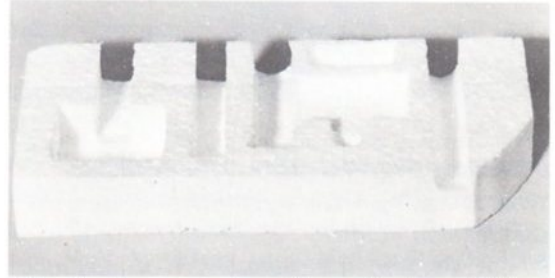


Abb. 4 Formen, die sich mit dem kleinen Schneidegerät herstellen lassen

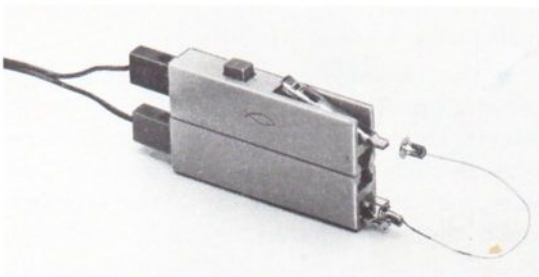


Abb. 3 Kleines Schneidegerät für Styropor

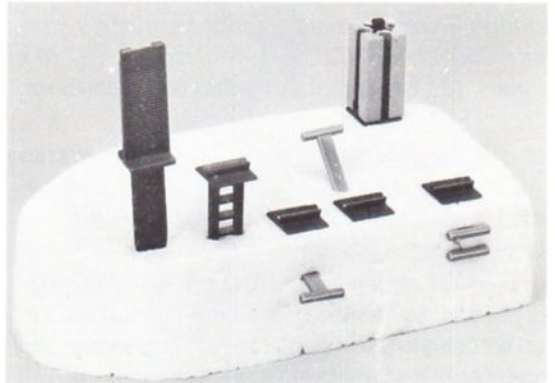


Abb. 5 Verbindungsmöglichkeit zwischen Styropor und Baustein 30