

Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Sekundarstufe I



Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Sekundarstufe I

Ein Erfahrungsbericht mit 210 Abbildungen

Herausgeber: Christian Vollmers

Die einzelnen Kapitel verfaßten:
Werner Pfeiffer, Jan Rolff, Winfried Schmayl
und Christian Vollmers

Fischer-Werke Artur Fischer, Tümlingen
Neckar-Verlag, Villingen

© by Fischer-Werke Artur Fischer, Tümlingen 1979

ISBN-Nr. 3-7883-0151-1

Art.Nr. **6 39270 1**

Gesamtherstellung: C. F. Müller, Großdruckerei und Verlag GmbH, Karlsruhe

INHALT

Vorwort	
Einleitung	1
Technische Zeichnungen und Symbole	
1 Grundlagen des technischen Zeichnens	5
Maschinentechnik	
2 Stufenrädergetriebe	13
3 Stufenlos verstellbares Getriebe	19
4 Schrittgetriebe	27
5 Scheibenwischer	35
6 Aufwickelmaschine	44
7 Windräder	51
8 Speziallenkungen – Beispiel Kamerawagen	64
9 Türschloß	76
10 Signal und Schranke	84
Steuerungsvorgänge	
11 Kugelsortieranlage	95
12 Ventilsteuerung bei Pumpen	101
13 Ventilsteuerung – Viertaktmotor	113
14 Fliehkraftkupplung	121
Statik	
15 Querverstrebungen	127
Hinweise zur Unterrichtsorganisation	134
Kontrolle des Lernerfolgs	
Aufgaben für die Unterrichtsbeispiele	135

Vorwort

Mit diesem Buch setzen wir unsere Berichterstattung über Unterrichtsbeispiele fort, die wir 1972 begonnen haben. Ihren Ausgang nahm diese Versuchsarbeit in der Grundschule¹⁾; inzwischen ist sie über das 5. und 6. Schuljahr²⁾ mit diesem Erfahrungsbericht bis in die Sekundarstufe I vorgestoßen. Damit haben wir 65 Unterrichtsthemen praktisch erprobt, die bei weitem größte Zahl davon in mehreren Durchgängen. Daß es so viele werden konnten, hat seinen Grund hauptsächlich darin, daß wir die theoretischen Ansprüche nicht zu hoch angesetzt und stattdessen den Schwerpunkt unserer Anstrengungen in die Praxis gelegt haben.

Unterstützung wurde uns von vielen Seiten zuteil. So sind wir besonders Herrn Professor Dr. Carl Schietzel zu großem Dank für seine Anregungen und kritischen Hinweise verpflichtet. Frau Christa Herbig war so entgegenkommend,

¹⁾ Raabe, Schietzel, Vollmers: Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule, Tümlingen und Braunschweig 1972

²⁾ Pfeiffer, W. u. a.: Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr, Tümlingen und Braunschweig 1974

eine Reihe von Beispielen in ihrem Unterricht zu erproben; Herr Henning Zeuch half uns mit wertvollen Hinweisen.

Den Firmen R. Bosch GmbH, Stuttgart, Daimler-Benz AG, Stuttgart-Untertürkheim, H. Desch KG, Neheim-Hüsten, Metalluk, Bauscher GmbH + Co. KG, Bamberg und R. Stahl, Stuttgart, sind wir verpflichtet, weil sie uns mit Bildmaterial, Konstruktionsunterlagen und Prospekten bereitwillig geholfen haben.

Die Unterrichtsbeispiele sind eine Vorbereitungshilfe für einen Lernbereich, der in der ersten Entwicklung ist. Technik-Unterricht muß sich noch durchsetzen. Neue Freunde, deren er sehr bedarf, wird er auf die Dauer nur dadurch gewinnen, daß eigene Unterrichtserfahrungen in diesem neuen Lehrgebiet von seiner Bedeutung, von seiner Anregungskraft und didaktischen Qualität überzeugen. *Der Durchgang durch die Praxis*, den wir in den vergangenen fünf Jahren vollzogen haben, *beweist es zwingender*, als alle Argumente es vermöchten: *Technisches Werken ist Unterricht des höchsten kognitiven Niveaus, von den darüber hinausgehenden Qualitäten zu schweigen.*

Juli 1979

Die Verfasser

Einleitung

Die hier veröffentlichten Unterrichtsbeispiele zum *Lernbereich Technik für Schüler der Sekundarstufe 1* sind von den Verfassern angesichts ihres Unterrichts entworfen und mit ihren Schülern im Unterricht erprobt worden. Ihre Unterrichtsbeispiele wollen wie Beispiele verstanden werden – als *Anregungen und Hilfen für Unterricht*, zu dem sie den Leser animieren wollen.

Guter Unterricht, ob man ihn direkt oder durch Bericht und Lektüre miterlebt und nachvollzieht, ist immer beispielgebend. Er regt zur Nachahmung an. Solche Nachahmung ist nicht Kopie. Sie bedeutet *Anlehnung an ein Beispiel dem Sinne nach*. Beispiele werden *benutzt*, und das heißt, nach den jeweiligen persönlichen und sachlichen Gegebenheiten variiert und angepaßt. Beispiele regen zu eigenen Entschlüssen an und sind das Gegenteil eines Rezepts.

Beispiele zeigen Unterrichtswege auf, die dem Leser bisher verborgen geblieben sind oder die er bisher gemieden hat. Sie können dabei auch Hinweise auf *Unterrichtsmaterial* enthalten, das dem Leser bisher fremd geblieben ist. Dies letztere ist möglicherweise für manchen Leser der Fall, soweit es sich um *technische Baukästen* handelt. Die Beispiele dieses Buches sind allesamt mit technischen Baukästen durchgeführt worden, einem didaktischen Hilfsmittel, das vor zehn Jahren in den Schulen noch völlig unbekannt gewesen ist. Bei der Wahl eines technischen Baukastens haben die Autoren sich für die fischertechnik entschieden, ein didaktisch besonders hochqualifiziertes, zudem in seinen Materialeigenschaften bisher unübertroffenes Lernmaterial.

Technische Baukästen sind im Schulsektor ein den bekanntesten Lehrmitteln des Physik- und Chemieunterrichts analo-

ges Unterrichtsmaterial. Unter technischem Aspekt werden sie durch drei Hauptmerkmale charakterisiert – durch Vorfertigung, durch Normierung und durch Präzision. Als *vorgefertigte Bauteile* stehen die Baukastenelemente hinsichtlich ihres Fertigungsgrades zwischen den Fertigteilen der Industrie – Auto; Fertighaus –, die nur noch an ihren Platz zu bringen sind (Montage), und dem Halbzeug – Bretter; Bleche; Gewebe –, das vom Handwerker weiterverarbeitet wird. Dieser Platz zwischen in der Verwendung festgelegtem Montagematerial und handwerklicher Bearbeitung bedürftigem Halbzeug verschafft den Baukastenelementen eine *optimale didaktische Qualität*. Sie haben *Freiheitsgrade* der kreativen Verwendung in einer Zahl, wie sie keinem anderen Medium zukommt.

Diese didaktische Auszeichnung gewinnen die Baukastenelemente im Zusammenhang mit ihrer *Normierung*. Schon die Klötze des kulturgeschichtlich alten Holzbaukastens sind normiert, aber erst das Kind etwa vom zweiten Schuljahr an, das *technische Baukästen* benutzt, macht von dieser Eigenschaft sinngemäßen Gebrauch. Die Maß- und Formbeschränkung durch Normung beschränkt die Verwendungsmöglichkeiten nicht, wie vordergründig vermutet werden könnte, sondern vermehrt sie. Erst durch die Normierung erhält das Material seine große *Einsatzvariabilität*.

Normierung wiederum setzt *Präzision* voraus. Moderne technische Baukästen sind Präzisionsprodukte von einem Anspruch, der mit demjenigen technischer Geräte und Maschinen gleicher Größenordnung Schritt hält. Der Umgang mit einem solchen Material im Spiel oder im Unterricht beeinflusst schon als solcher den mit dem technischen Baukasten beschäftigten Benutzer: *die in das Spiel- und Lernmaterial eingegebenen technologischen Eigenschaften übertragen sich im Gebrauch*. Der Unterricht, der auf klare Erkenntnis und Bewußtheit abzielt, hat dadurch einen unvergleichlich fruchtbaren Boden für das Lernen. Konstruierendes, kombinierendes, logisch verknüpfendes und schöpferisches Denken und Hervorbringen werden durch den technischen Bau-

kasten provoziert. Der Schüler wird durch dieses Medium vom geistigen Ansatz her in die Nähe zum planenden und erfindenden Ingenieur, zum produktiven homo faber gebracht.

Diese didaktische Chance wurde von den Autoren genutzt. Ihnen geht es letztlich darum, *die Schüler dahin zu bringen, technische Probleme selbständig zu lösen, schöpferische Erkenntniskräfte zu mobilisieren und dabei exemplarisch Grundlagen einer technischen Bildung zu vermitteln.*

In der Mitte des Unterrichts steht deshalb in allen Beispielen folgerichtig das erfinderische Konstruieren – das Bauen von technischen Modellen mittels Baukästen. Dieses Konstruieren ist ein in sich sehr verschränkter Hantierungs- und Denkprozeß, dessen Phasen kaum zu isolieren und bewußt-zumachen sind. (Dem Unterricht erwächst daraus kein Nachteil.) Geistiger Entwurf und manuelle Konstruktion folgen nicht aufeinander, wie es einfacher logischer Ordnung gemäß wäre. Der Entwurf wird vielmehr weitgehend erst während des Konstruktionsprozesses klar. Das hat zur Folge, daß voraufgehende Unterrichtsgespräche zwar physikalische Grundlagen des gestellten Konstruktionsproblems klären und allgemeine Konstruktionsgrundsätze festlegen können; aber *das konkrete Modell ist jeweils eine persönliche Schöpfung*, dessen Herstellungsgang individuell und entsprechend unzugänglich ist. Den größten allgemeinen Aufschluß bringt wahrscheinlich die *Kritik* der fertigen Produkte. Diese Kritik sollte deshalb ein unerläßlicher Bestandteil des Unterrichtes sein. Kritik wird – so liegt es der Mentalität unserer Gesellschaft zugrunde – im allgemeinen als ein herabsetzendes Vergleichen, als eine durch Neid mitbestimmte Nörgelei, als eine Zensurierung empfunden und gehandhabt. Kritik hat aber einen ganz anderen Kern: sie ist das Mittel, die allem großen oder kleinen Menschenwerk gegenüber *notwendige Prüfung und Kontrolle* vorzunehmen und die sich daraus ergebenden *Korrekturen* durchzuführen. *Lernen* (und arbeiten) *ist Prozeß in einem Regelkreis: Entwurf und Realisa-*

tion – Kritik (Kontrolle und Prüfung) – Revision (Korrektur und Weiterentwicklung) sind dessen wichtigste Stationen.

Technisches Konstruieren und Bauen ist als solches ein Erkenntnisprozeß. Dieser Prozeß wird mit fortschreitender geistiger Reife immer strenger logisch und immer abstrakter; er wird dabei mathematisch-geometrischem, funktionalem Denken immer ähnlicher. Gleichzeitig werden für diese Arbeit die Anforderungen an Sach- und Fachkenntnisse, insbesondere auch physikalische, immer größer. Die Techniklehre gerät dadurch in Nähe und Abhängigkeit vom Physik- und Mathematikunterricht. Diese Beziehung, hier nur zu erwähnen, methodisch einmal fruchtbar zu machen, ist ein pädagogisches Zukunftsziel.

Trotz dieser Angewiesenheit, die, fruchtbar gemacht, den Technikunterricht auf die Höhe seiner Leistung bringen würde, gibt es eine Grunderfahrung im Fall des Versagens auf der Gegenseite, die von außerordentlicher allgemeinpädagogischer Bedeutung ist: Wo die Rechenfähigkeiten schlecht sind und das mathematische Verständnis gering ist, wo die physikalischen Kenntnisse verworren und mangelhaft sind, dort lassen sich immer noch *selbständige gute Leistungen im erfindenden, kombinierenden Konstruieren mit Baukastenmaterial erzielen*. In diesem didaktischen Phänomen liegt eine der *Chancen zur geistigen Reaktivierung der Hauptschule, der Förderklassen, ungelerner jugendlicher Arbeitsloser*. Hier sind zeitgemäße Wiederentdeckungen des „Denkens der Hand“ mit weitreichenden erzieherischen Folgen möglich.

Fachsprache

Anspruchsvollere Konstruktionen lassen sich nur hervorbringen, wenn *Grundelemente der Fachsprache* vermittelt worden sind. Entsprechende Bezeichnungen und Begriffe sind am Ende der Unterrichtsbeispiele zusammengestellt worden. Besondere Beachtung verdienen die *Funktionsele-*

mente der Sprache wie z. B. etwas verstreben, umlenken, ausbalancieren, verteilen, umleiten; parallel lagern, führen, schalten; etwas verstärken (Stütze, Strom); etwas isolieren, unterbrechen, weiterleiten. Solche Sprachelemente werden am sichersten dadurch *gelernt*, daß der Lehrer sie mit den Schülern im Unterrichtsgespräch *anwendet*, wobei Erklärungen und Definitionen an geeigneter Stelle eingefügt werden.

Zeichnen

Für das Verstehen technischer Zusammenhänge kommt auch dem *Zeichnen* große Bedeutung zu. Vielleicht schon im 6. Schuljahr, auf alle Fälle im 7. oder 8. Schuljahr ist der Zeitpunkt gekommen, über die Stufen des freien abbildenden Zeichnens (Grundschule) und der Werkskizze hinaus den letzten Schritt zu tun und in das fachgerechte *Technische Zeichnen* einzuführen. Unser Buch beginnt mit einer solchen Einführung in diese Zeichenfachsprache. Mit dieser Hervorhebung soll die zentrale Rolle dieses Informationsmittels betont werden. Zugleich wird den Schülern damit das Rüstzeug in die Hand gegeben, auch komplizierte technische Konstruktionen, wie z. B. ein Stufenrädergetriebe (Kap. 2) oder eine Fliehkraftkupplung (Kap. 14), in ihrer Funktionsweise zu verstehen. Beim Technischen Zeichnen geht es um mehr als nur um den Umgang mit den Zeichengeräten und das Einüben bestimmter Zeichennormen. Im Mittelpunkt hat das Lesen und Verstehen technischer Zeichnungen zu stehen.

Materialbearbeitung

Beim Bau der Modelle sind die Schüler *von der Bearbeitung widerständigen Materials* befreit. Dadurch entgehen ihnen zwar handwerkliche Werkerfahrungen; aber auf der anderen Seite ist nun ihre ganze Arbeitskraft frei für technische Konstruktions- und Funktionsprobleme. Wo Schüler durch längeren Umgang mit Baukastenmaterial vertraut geworden sind, werden Konstruktionen mit hohem Originalitätswert

und technischem Niveau möglich. Viele der abgebildeten Modelle weisen darauf hin, wobei zu bemerken ist, daß solche Eigenschaften sich nicht auf den ersten Blick verraten. Ihm drängt sich vielmehr eine gewisse Uniformität der Objekte auf, die durch die wiederkehrenden Elemente des Baumaterials suggeriert wird. Der Betrachter muß sich bemühen, gleichsam hinter die Abbildungen zu schauen und den Konstruktionsprozeß nachzuvollziehen.

Unterrichtsbeschreibung

Um dem Leser die Orientierung zu erleichtern, sind die *Unterrichtsbeschreibungen* alle nach *demselben Schema* gefertigt worden. Das Darstellungsschema untergliedert sich folgendermaßen:

1. Sachinformation
2. Didaktische Gesichtspunkte
3. Lernziele
4. Aufgabenstellung
5. Unterrichtsdurchführung
6. Realbezug

Angeschlossen ist die Lernkontrolle (vgl. S. 135 ff.).

Sachinformation

Für die *Sachinformationen* besteht folgende Problematik: Ist es für die Grundschule und auch die Mittelstufe (Orientierungsstufe) nicht allzu schwierig, stufengemäße Sachinformationen zu geben, so stehen die Dinge für die Sekundarstufe I anders. Jedenfalls nicht mehr in allen Fällen können die Informationen unter der Annahme völligen Nichtwissens des Lehrers gegeben werden. Innerhalb der Unterrichtsbeschreibungen kann in diesen Fällen nur mit *Literaturangaben* weitergeholfen werden. Ohne *physikalische Grundkenntnisse* gerät der Lehrer auf dünnes Eis. Die *didaktischen Gesichtspunkte* weisen auf die zentrale *Lernpointe* des Themas hin, die der Lehrer auch bei Abschweifungen und Sonderaufgaben nicht aus dem Auge verlieren darf. Weil die Konstruktionsaufgaben meistens in unterschiedlichem Tempo

gelöst werden, empfiehlt es sich, für die schneller arbeitenden Schüler *Zusatzaufgaben* bereits bei der Unterrichtsvorbereitung einzuplanen.

Partnerarbeit

Partnerarbeit zu zweien hat sich als eine besonders fruchtbare Lernkonstellation erwiesen. Oft ist diese Arbeitsform durch den Bestand an Baukästen zwangsläufig vorgeschrieben; wo diese Beschränkung fortfällt, sollte der Lehrer den Schülern trotzdem die Möglichkeit solcher Zusammenarbeit einräumen.

Lernziele

In den Lernzielen sind die Leistungserwartungen zusammengefaßt. Sie vermögen jedoch nur die kontrollierbaren Lernschichten zu erfassen. Weder ist der Gang des Unterrichts durch sie angedeutet, noch auch lassen sie sich „durchnehmen“. Der Lehrer soll sie zwar immer vor Augen haben, aber gleichzeitig muß er wissen, daß seine Unterrichtsinitiativen hauptsächlich darauf gerichtet sein sollen, die einzelnen Schüler in ihren kreativen Prozessen zu unterstützen, Blockaden zu brechen, durch Hinweise Denkfortschritte einzuleiten, Irrwege aufzudecken.

Aufgabenstellung

Der Erfolg des Unterrichts, seine „Linie“ hängt entscheidend von der klaren und methodisch richtig kalkulierten Aufgabenstellung ab. Ist die Aufgabe zu weit und zu verschwommen gefaßt, dann gibt es für das Planen und Konstruieren keine deutlichen Zielpunkte. Die Unterrichtszeit wird dann oft mit Herumprobieren oder mit der Herstellung von Modellen vertan, die hinter dem Leistungsniveau der Schüler zurückbleiben. Wird die Aufgabe andererseits zu eng gefaßt, dann fehlt der nötige geistige Spielraum für selbständige Lösungen. Es ist die richtige Mitte zwischen diesen unfruchtbaren Positionen zu finden.

Unterrichtsdurchführung

Die Unterrichtsdurchführung ist das Rückgrat der Beschreibung. Hier wird konkreter Unterricht nacherzählt und im Bilde erläutert – alles knapp, aber für den verständigen Lehrer deutlich. Anregung und Ermutigung, aber auch Zweifel nehmen an diesen Beschreibungen ihren Ausgang. Was die Sache wert ist, kann nur beurteilen, wer sich selber ähnlich an entsprechende Aufgaben herangemacht hat. Dafür wollen die Beschreibungen Impulse geben.

Realbezug

Der Realbezug, ob direkt oder vermittelt durch Bild und Text hergestellt, will die Modelle mit der Wirklichkeit der technischen Welt verknüpfen. Durch diese Bezugsetzung wird der Modellbau davor bewahrt, Selbstzweck zu werden. Wenn die Welt der Technik nur noch durch das Medium „Technischer Baukasten“ wahrgenommen wird, ist dessen didaktischer Nutzen verfallen.

Kontrolle des Lernerfolgs

Die Kontrolle des Lernerfolgs soll das Überprüfen des Unterrichts erleichtern. Zu diesem Zweck sind am Schluß des Buches Aufgaben zusammengestellt worden, aus denen sich der Lehrer die für seine Schüler geeigneten herausuchen kann.

Die Beispiele sollen dem Lehrer die Vorbereitung seines Unterrichts erleichtern, mögen sie auch dazu beitragen, den Technikunterricht voranzubringen. Die Autoren hoffen, daß das vorgelegte Anregungsmaterial guter Boden ist. Umgraben müssen ihn nun andere.

Schietzel

1 Grundlagen des technischen Zeichnens

Sachinformation

Der Weg von einer technischen Idee bis zum Fertigerzeugnis ist in unserer arbeitsteiligen Wirtschaft in zahlreiche Zwischenstufen zerlegt. Die technische Zeichnung dient dabei als ein Verständigungsmittel zwischen allen, die an der Fertigung beteiligt sind. Dazu muß die Zeichnung maßgenau sein und die Lage jeder Einzelheit am herzustellenden Gegenstand eindeutig festhalten: Ein Werkstück muß sich nur nach der Zeichnung, ohne weitere Arbeitsanweisung herstellen lassen. Eine technische Zeichnung wird unter Benutzung von Lineal, Zeichendreiecken, Zirkel, eines Zeichenbrettes, meist auch einer Zeichenmaschine nach in Normen festgelegten Regeln ausgeführt.

Eine technische Zeichnung muß klar und eindeutig zu lesen und rationell zu erstellen sein. Dafür reichen die richtige Darstellung eines Körpers in verschiedenen Ansichten und Schnitten sowie die Angabe seiner Maße allein nicht aus: eine technische Zeichnung besteht aus verschiedenen Linien, von denen jede eine besondere Bedeutung hat. Sie machen die Zeichnung lesbar und ohne Begleittext verständlich.

Man unterscheidet 4 Linienarten (in DIN 15 festgelegt), wobei in Linienbreiten noch weiter differenziert wird:

1. a.) dicke Vollinie (ca. 0,8 mm) : sichtbare Kanten, Umrisse
b.) dünne Vollinie (ca. 0,3 mm): Maß- und Hilfslinien
2. Strichlinie : verdeckte Kanten
3. Strichpunktlinie : Schnittverlauf
4. Freihandlinie : Bruchlinien

Auch für die Bemaßung gibt es Vorschriften. Grundsätzlich sollen Maße, wenn irgend möglich, außerhalb der Zeichnung eingetragen werden. Umrißlinien einer Zeichnung werden durch dünne Maßhilfslinien verlängert. In einem gewissen Abstand zur Umrißlinie wird die dünne Maßlinie eingezeichnet, an der die Maßzahl in mm eingetragen wird.

Soll von einem Gegenstand eine klare Vorstellung vermittelt werden, so muß man ihn räumlich darstellen. (Diese Darstellungsart findet sich z. B. in Katalogen, Preislisten, Ersatzteillisten, Gebrauchsanleitungen.) Dabei wird mit Hilfe der perspektivischen Darstellung der dreidimensionale Körper auf einer Zeichenebene wiedergegeben. Allerdings bleiben Seiten, Winkel, Kanten und Flächen nicht mehr maßstabgerecht und naturgetreu, sondern sie werden verzerrt, verkürzt und verschoben. Man kann einen Körper also nicht in Form, Größe und Ausdehnung, d. h. in drei Ansichten, in einer Zeichnung maßstabgerecht und unverzerrt darstellen. An eine Fertigungszeichnung aber wird diese Forderung gestellt, damit die für die Herstellung notwendigen Einzelheiten klar und eindeutig zu erkennen sind. Diese Forderung erfüllt die *Dreitafelprojektion*. Man geht davon aus, daß man einen Gegenstand dann genau kennt, wenn man ihn aus drei Richtungen betrachten kann. Bei der Dreitafelprojektion geschieht das auf die Weise, daß man sich den Gegenstand „schwebend“ in einer Raumecke vorstellt, wobei die Körperflächen mit den Raumecken im gleichen Abstand parallel liegen. Wird er jetzt rechtwinklig auf die drei Seiten (drei „Tafeln“) der Raumecke hin angestrahlt, so entsteht auf der Grundtafel von oben nach unten projiziert die Draufsicht oder der Grundriß; auf der rückwärtigen Tafel von vorn nach hinten projiziert die Vorderansicht oder der Aufriß; auf der Seitentafel von links nach rechts projiziert die Seitenansicht oder der Seitenriß (Abb.1.1).

Um den Körper in einer einzigen Zeichenebene darstellen zu können, werden die um den Körper herum gedachten Projektionsebenen in die Zeichenebene umgeklappt. Dabei bleibt die rückwärtige Tafel mit der Vorderansicht in ihrer

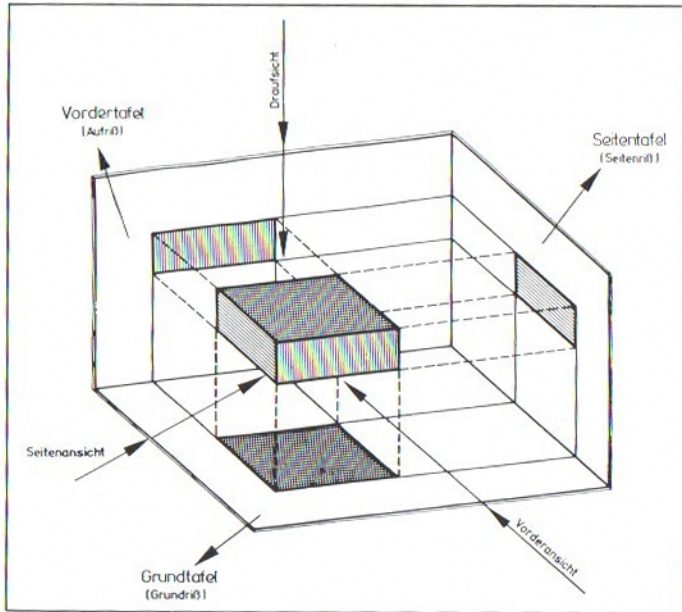


Abb. 1.1: Raumecke mit Körper

Lage. Die Grundtafel mit der Draufsicht wird um 90° um die Raumeckenkante b nach unten und die Seitentafel mit der Seitenansicht um 90° um die Raumeckenkante a nach hinten gedreht. Die drei Projektionsebenen liegen nun in einer Zeichenfläche, dabei bilden die Innenkanten a und b der Raumecke die sogenannten Projektionsachsen (Abb. 1.2). Bei der Darstellung eines Körpers in einer Ebene steht also links oben die Vorderansicht, senkrecht darunter die Draufsicht und waagrecht rechts neben der Vorderansicht die Seitenansicht.

Die von einer Ansicht zur anderen führenden Projektionslinien laufen parallel zum Achsenkreuz. Die Höhe der Vorderansicht ergibt die Höhe der Seitenansicht; die Breite der

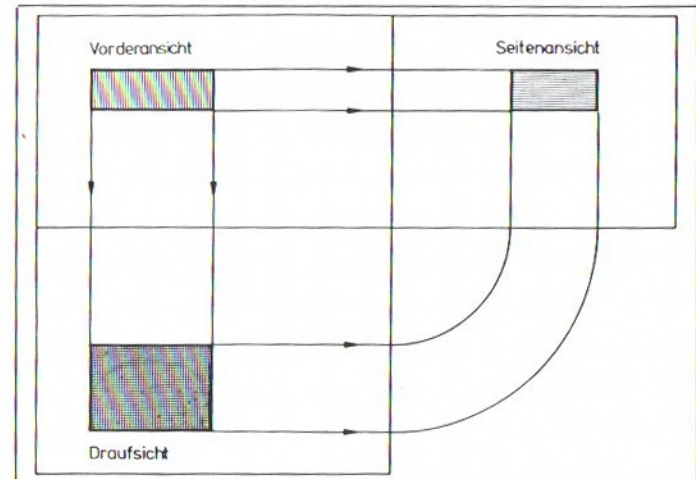
Vorderansicht ergibt die Breite der Draufsicht. Die Körpertiefe wird im Grundriß eingemessen.

Um die Körpertiefe auf die Seitenansicht zu übertragen, werden die Projektionslinien bis zur Senkrechtachse verlängert und dann durch Zirkelschlag vom Schnittpunkt des Achsenkreuzes aus auf die Waagrechtachse übertragen.

Bei der Konstruktion muß darauf geachtet werden, daß die Abstände zwischen den Ansichten und dem Achsenkreuz gleich groß sind.

Neben den grundsätzlichen Darstellungsarten gibt es bestimmte *Symbole* für einzelne technische Teile. Die Auswahl der in der Abb. 1.3 aufgeführten Symbole hält sich an die im u-t 1 enthaltenen Getriebeteile. Es ist hier die vereinfachte Darstellungsart gewählt, wobei in einigen Fällen von den üblichen Normen geringfügig abgewichen wird: z. B. werden die Mittelpunkte nur durch ein kleines Kreuz veranschaulicht.

Abb. 1.2: Darstellung des Körpers in der Ebene



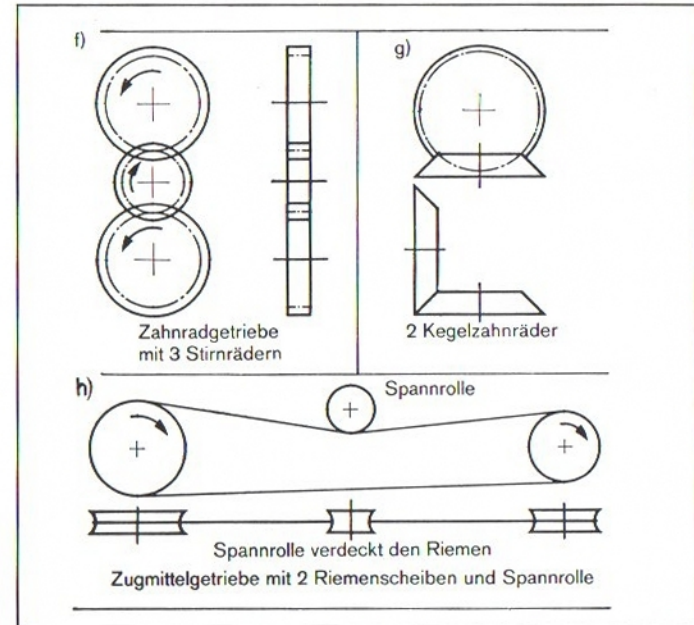
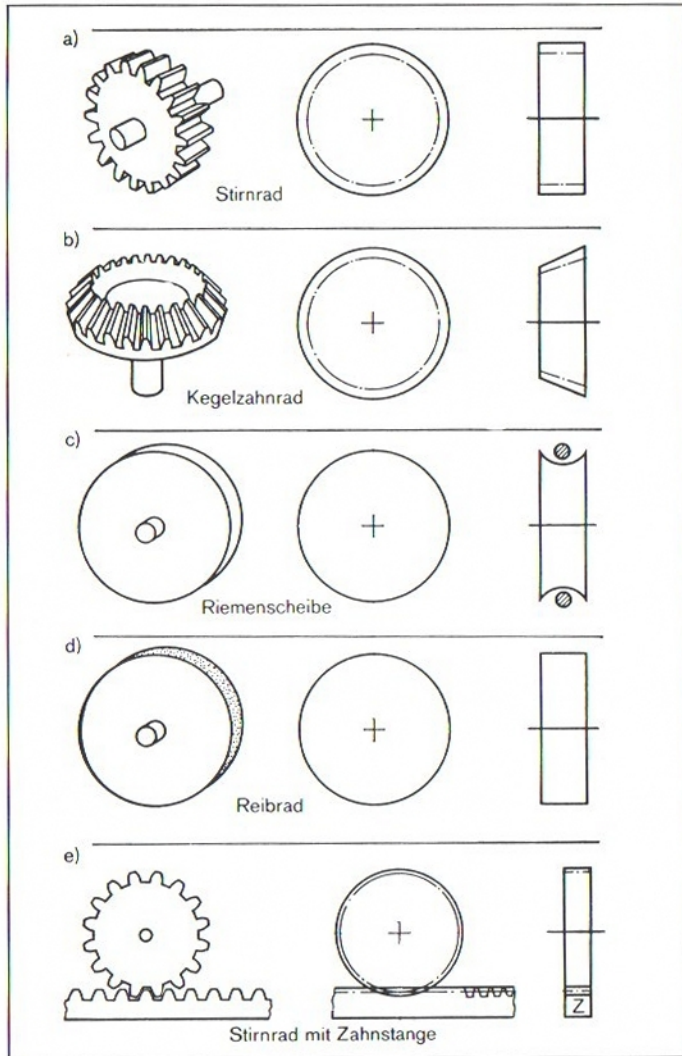


Abb. 1.3: Technische Symbole

Literatur

Horst Dinter: Zeichnen, WPS, Stuttgart 1968

Horst Dinter - Ralf Matthias: Werkzeichnen - Technisches Zeichnen; ein Zeichenkurs mit Fischergeometrie, Tümlingen 1975

Wolfgang Steinhäuser: Das Zeichnen als technologisches Lernziel des Technischen Werkens im 5./6. Schuljahr der Hauptschule, in: Die Arbeitslehre 1972 Heft 1 u. 2

(Steinhäusers Beitrag enthält weitere Literaturhinweise)

Didaktische Gesichtspunkte

Für die Planung und Herstellung von Produkten besitzen technische Zeichnungen als Kommunikationsmittel eine Schlüsselfunktion. Um ein Gerät oder eine Maschine wirtschaftlich herzustellen, müssen viele Menschen zusammenwirken. Damit sich nun diese an der Fertigung Beteiligten untereinander verständigen können, bedient man sich weitgehend der technischen Zeichnung. Aber nicht nur im Berufsleben, sondern auch im privaten Bereich dient die Zeichnung als Informationsmittel. Beim Hobbywerken, bei der Tätigkeit in Haushalt und Garten werden Hinweise für Konstruktion, Zusammenbau, Installation und Wartung immer häufiger in graphischer Form gegeben.

Die Fähigkeit, diese Zeichensprache zu verstehen und in ihren einfachen Formen anzuwenden, sollte in der Schule entwickelt werden. Lehrpläne und Richtlinien vieler Bundesländer machen inzwischen solchen Unterricht zur Pflicht. Zum Grundgerüst eines entsprechenden Lehrgangs gehört, daß die grundlegenden Zeichennormen und das Alphabet der wichtigsten Symbole (Getriebe, elektrische Installation u. a.) gelernt und von den Schülern technische Zeichnungen angefertigt werden. Es kann sich in der allgemeinbildenden Schule nur um eine *Einführung* in diese Zeichensprache und Zeichentechnik handeln. Der Erwerb spezieller Kenntnisse und Fähigkeiten (wie etwa auch der Normschrift) ist nicht anzustreben.

Der Baukasten ist ein geeignetes Medium, in das technische Zeichnen einzuführen. Der Unterricht ist dazu in verschiedene Schritte eingeteilt:

1. Zeichnerisches Darstellen eines Getriebemodells
2. Entwickeln von normgerechten Darstellungsarten
3. Lesen und Anfertigen technischer Zeichnungen
4. Konstruieren nach einer technischen Zeichnung

Eine an den Anfang des Unterrichts gestellte Getriebeaufgabe gibt dem Lehrer einen Überblick, wieweit bei den Schülern technologische Grunderfahrungen vorhanden sind

und wieweit ihre Zeichenfertigkeit ausgeprägt ist. Den Schülern wird durch die Schwierigkeiten, die für sie bei der zeichnerischen Wiedergabe des Getriebes auftreten, bewußt gemacht, daß zur zeichnerischen Darstellung technischer Konstruktionen technische Grundkenntnisse, wie auch die anzuwendenden Arbeitstechniken erworben werden müssen. Ein guter Ausgangspunkt, solche Kenntnisse sich anzueignen und einzuüben, ergibt sich mit der Aufgabe, zunächst einfache, später kompliziertere Getriebe nach Zeichnung zu konstruieren. Die dabei gewonnenen Einsichten in die Funktion technischer Zeichnungen werden durch die Aufgabe vertieft, zu eigenen Modellen *nachträglich* technische Zeichnungen anzufertigen, nach denen dann *andere* Schüler die (vor ihnen verborgen gehaltenen) Modelle nachzubauen haben. So läßt sich das Verständnis für die sachlogische Anwendung technischer Zeichnungen in Stufen aufbauen. Der skizzierte Weg ist auch erzieherlich von großem Interesse, weil er die Kontrolle der Schülerarbeiten durch die Schüler selbst zur Folge hat.

Technisches Zeichnen ist in vielen der im folgenden dargestellten Unterrichtsbeispiele ein *zentrales Mittel der logischen Durchdringung und Mitteilung*. Jede Gelegenheit, es einzusetzen, sollte genutzt werden.

Lernziele

- Erörtern verschiedener zeichnerischer Darstellungsmöglichkeiten eines Gegenstandes und Kennenlernen der Dreitafelprojektion
- Kennenlernen der Linienarten und ihrer Anwendung
- Kennenlernen zeichnerischer Symbole folgender Getriebe-Bauteile: Stirnrad, Kegelzahnrad, Riemenscheibe, Reibrad, Zahnstange, Spannrolle, Zugmittel
- Lesen einfacher technischer Zeichnungen
- Konstruieren nach technischer Zeichnung
- Zeichnen einfacher Gegenstände und Modelle in der Dreitafelprojektion (nach DIN 6)

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1

Werkzeug: Bleistift, Zirkel, Lineal, Dreiecke

Die Schüler erhalten zunächst die Aufgabe, ein sehr einfaches Getriebe (Abb. 1.4) nachzubauen. Sie werden anschließend aufgefordert, dieses Modell, möglichst ohne Beschriftung, zeichnerisch so genau wiederzugeben, daß ein anderer Schüler anhand der Zeichnung das Modell nachbauen kann.

Die Zeichnungen Abb. 1.5, 1.6 und 1.7 machen die Schwierigkeiten der Schüler deutlich: Viele Schüler zeichnen nur die Draufsicht; es fehlen also die zum Nachbau nötigen Höhenangaben. Sie wissen nicht, wie sie Zahnräder eindeutig darstellen sollen. Eine Vorderansicht des Modells erweist sich für sie als besonders schwierig, da sie in perspektivischer Darstellung ungeschult sind. Durch Beschriften und Maßangaben versuchen sich die Schüler zu helfen.

In einem anschließenden Unterrichtsgespräch werden alle Probleme, die sich bei der zeichnerischen Darstellung ergaben, zusammengetragen.

Abb. 1.4: Getriebemodell als Zeichenvorlage

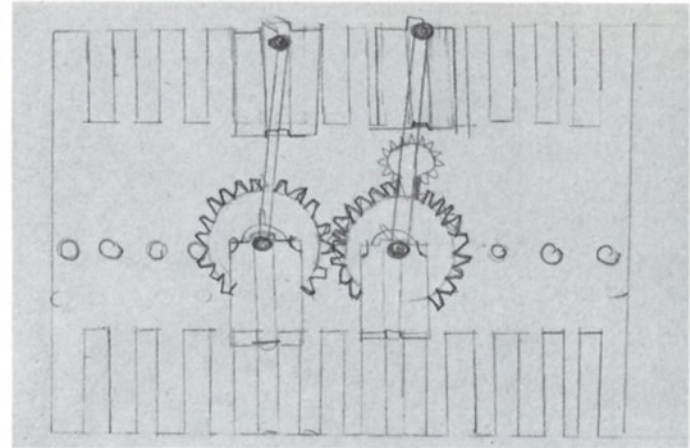
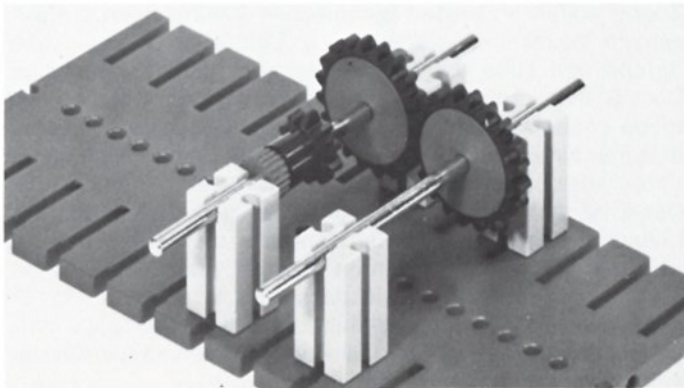
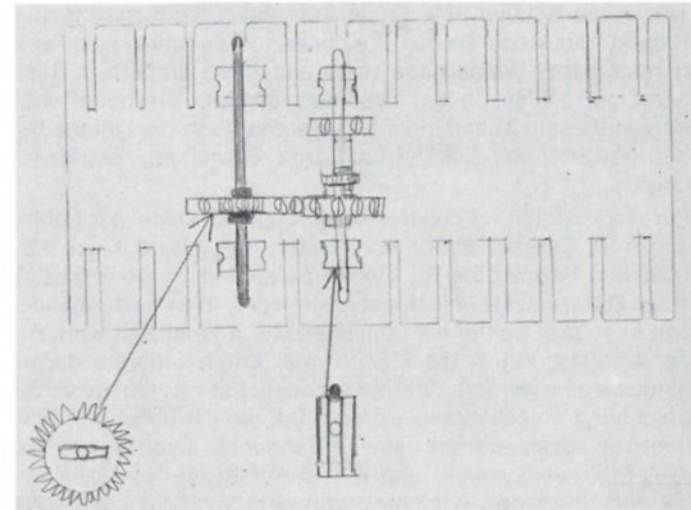


Abb. 1.5: Schülerzeichnung des Getriebemodells

Abb. 1.6: Eine andere Schülerzeichnung desselben Modells



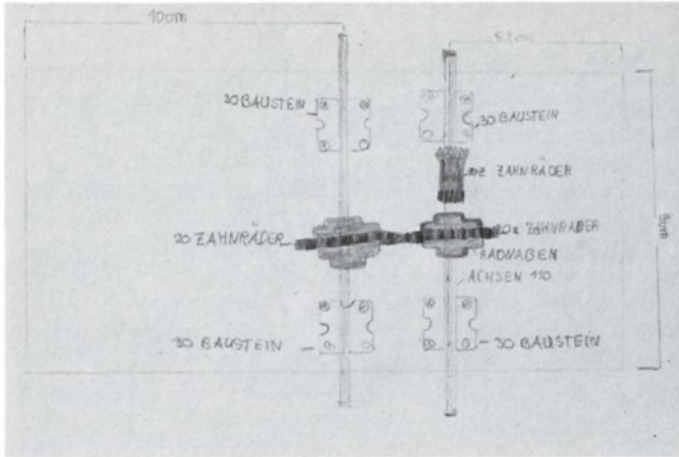


Abb. 1.7: Eine dritte Zeichnung

Auf der Suche nach einer angemessenen Darstellungsart zeigen die Schüler eine große Aufnahmebereitschaft für die Regeln des technischen Zeichnens. Es sollte jetzt eine normgerechte Wiedergabe eines einfachen Körpers, z. B. einer Zigarrenkiste in der Dreitafelprojektion erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang werden auch die Linienarten und Fragen der Beschriftung und Bemaßung angesprochen.

Für die Vermittlung der Dreitafelprojektion sollte der Lehrer entweder Overheadfolien vorbereiten (vgl. Abb. 1.1 und 1.2) oder aus Pappe eine Raumecke aufstellen, in die jetzt z. B. eine Zigarrenkiste hineingehalten wird, die nacheinander von allen drei Seiten mit dem Projektor angestrahlt wird. Bei der Übertragung in die Fläche muß unter anderem darauf hingewiesen werden, daß Maße möglichst nur einmal in die Zeichnung eingemessen werden. Da, wo die gleichen Maße gegeben sind, werden sie zeichnerisch übertragen. Die Kenntnis der Symbole und die Übertragung der Maße auf die verschiedenen Ansichten soll den Schülern neben der

eindeutigen Art der Darstellung auch einsichtig machen, wie technische Zeichnungen rationell erstellbar sind.

In einem zweiten Schritt sollten die Symbole für die Getriebeteile erarbeitet werden. Als günstig hat sich dabei erwiesen, die Symbole gemeinsam anhand der entsprechenden Baukastenteile zu entwickeln. Es zeigt sich, daß die Schüler zahlreiche Symbole selbst finden können und sich dabei nachhaltig einprägen, wenn sie selbständig die Reduzierung auf die Symbolform vornehmen. Eine wesentliche Hilfe für die Erarbeitung der Symbole kann der Lehrer geben, wenn er die Getriebeteile mit dem Overheadprojektor als Schattenriß an die Wand wirft. Im Anschluß an diesen Unterrichtsabschnitt erhält jeder Schüler ein Blatt mit den Symbolen (vgl. Abb. 1.3).

Die nächste Aufgabe wiederholt und festigt das bisher Gelernte und schult die Schüler im Anfertigen einer technischen Zeichnung:

Die Schüler erhalten auf DIN A 4-Blättern die Draufsichten zweier Getriebe im Maßstab 1:1 (Abb. 1.8 und 1.9).

Die Aufgaben sind so gewählt, daß die Bauteile eines Kastens für beide Aufgaben ausreichen. Bei einem der Modelle muß die Antriebskurbel ohne Radnabe aufgesetzt werden.

Zuerst sollen an beiden technischen Zeichnungen die Einzelteile bezeichnet werden. Die Überprüfung kann jeder Schüler mit Hilfe der Symbolübersicht selbst vornehmen. Dem Schüler sollte dann freigestellt werden, welches Getriebe er zuerst nachbaut und welche zugehörige Zeichnung er durch eine Vorderansicht ergänzt. Als Zeichenhilfe ist die Vorderansicht der Grundplatte mit Baustein eingezeichnet. Damit ist dem Schüler auch gleichzeitig die Höhe des Getriebes angegeben. – Bei der Kontrolle der Getriebemodelle muß der Lehrer darauf achten, daß sie auch im Detail der Vorlage entsprechen (siehe dazu Abb. 1.10 und 1.11). Da die Schüler in einer Doppelstunde kaum alle Aufträge erledigen können, liegt es nahe, die zweite Zeichnung als Hausaufgabe anfertigen zu lassen.

Benenne die Einzelteile
Baue das Getriebe nach
Zeichne die Vorderansicht

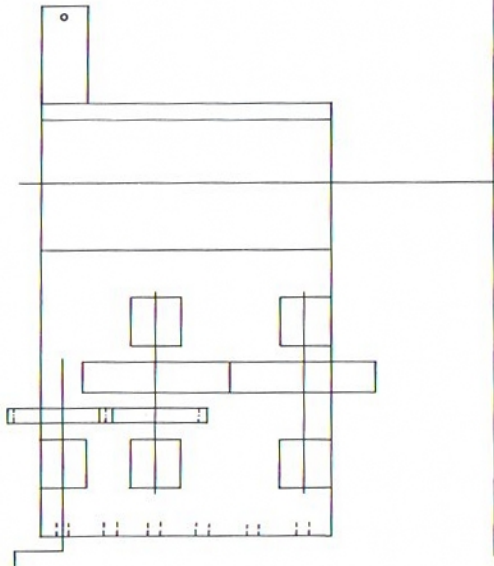


Abb. 1.8: Eine Aufgabe zum Nachbauen und Zeichnen

Benenne die Einzelteile
Baue das Getriebe nach
Zeichne die Vorderansicht

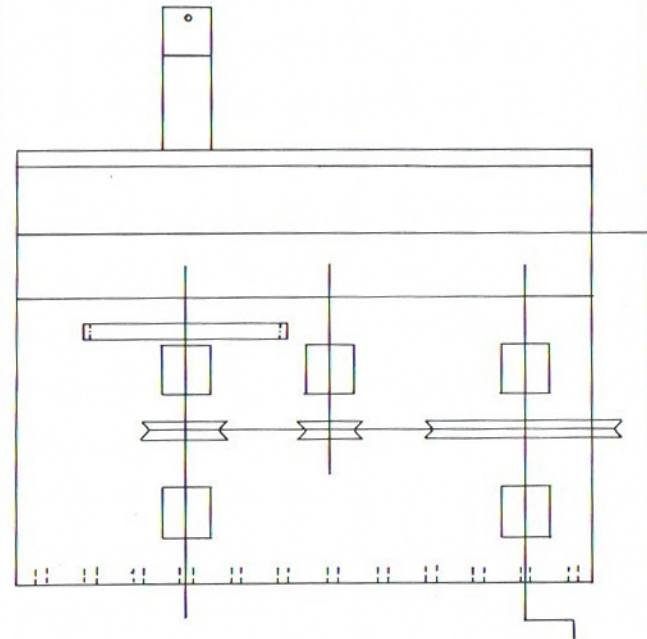


Abb. 1.9: Eine andere Aufgabe

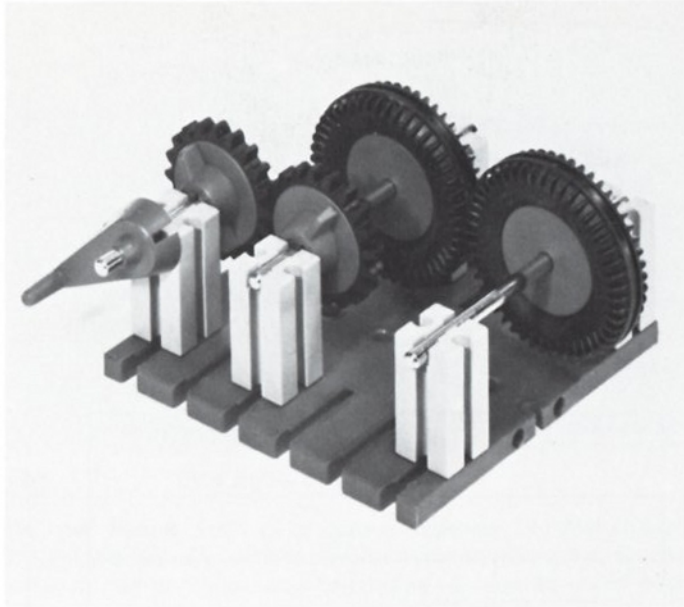


Abb. 1.10: Modell, zugehörig zur Aufgabe Abb. 1.8

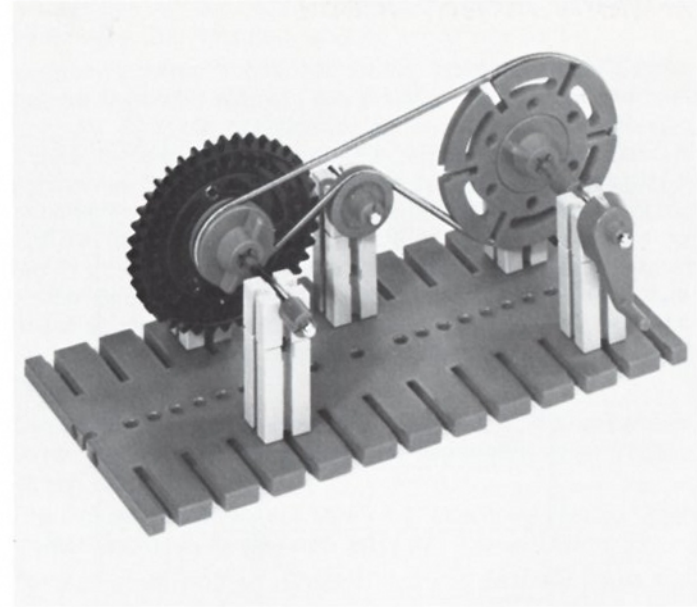


Abb. 1.11: Modell, zugehörig zur Aufgabe Abb. 1.9

Eine weitere Möglichkeit, die notwendige Sicherheit bei der Beherrschung der erlernten Normen zu gewinnen, die die Schüler gern annehmen, ist die folgende: jeweils zwei Schüler (oder auch eine größere Gruppe) bauen ein einfaches Getriebe und fertigen davon eine technische Zeichnung an. Die Zeichnungen werden ausgetauscht und die mit Namen versehenen Modelle eingesammelt. Jede Gruppe muß nun nach Zeichnung das Modell einer anderen Gruppe bauen.

Sind die sich entsprechenden Modelle (Original und Kopie) nicht identisch, ist herauszufinden, ob der Fehler im Anfertigen oder im Lesen der Zeichnung liegt. Zur Vertiefung der erworbenen Fertigkeiten sollten die Schüler bei den folgenden Unterrichtsaufgaben dazu angehalten werden, wo irgend möglich technische Zeichnungen ihrer Modelle anzufertigen.

Rolff

2 Stufenrädergetriebe

Sachinformation

Zahlreiche Werkzeugmaschinen haben einen Drehstrommotor mit konstanter Drehzahl als Antrieb. (Bei den in Kraftfahrzeugen verwendeten Verbrennungsmotoren liegt der günstigste Betriebsbereich bei 4000-6000 Umdrehungen pro Minute.) Um die Maschinen den jeweiligen Arbeitsbedingungen anzupassen, muß ein Getriebe eingebaut werden, mit dem sich die Drehzahl (z. T. auch der Drehsinn) der Triebwelle des Motors verändern läßt. Diese Forderung würde theoretisch am besten durch ein stufenlos schaltbares Getriebe erfüllt (siehe dazu Beispiel 3), ein Getriebe also, mit dem innerhalb festgelegter Grenzen jede beliebige Drehzahl eingeschaltet werden kann. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen finden sich aber bei Werkzeugmaschinen und Kraftfahrzeugen vorwiegend Stufenrädergetriebe, mit denen nur bestimmte Übersetzungen einzuschalten sind; eine Drehzahlveränderung ist hier also nur in Stufen möglich.

Bei Schaltgetrieben kommen Schieberäder zum Einsatz, die durch axiales Verschieben auf den Wellen Zahnpaare mit verschiedenem Übersetzungsverhältnis ineinandergreifen lassen (Abb. 2.1). Daneben werden in Werkzeugmaschinen auch Getriebe mit von Hand austauschbaren Wechselrädern verwendet (Abb. 2.2). In Kraftfahrzeuggetrieben sind die einzelnen Zahnradpaare meist alle in Aktion, allerdings ist nur ein einziges Zahnradpaar übertragungswirksam verbunden, die anderen laufen leer mit. Beim Schalten wird mit Hilfe von Kupplungen dann das dem benötigten Übersetzungsverhältnis entsprechende Zahnradpaar eingeschaltet.

Literatur

Volmer, Johannes (Hrsg.): Getriebetechnik, 2. Aufl. Berlin (Ost) 1972

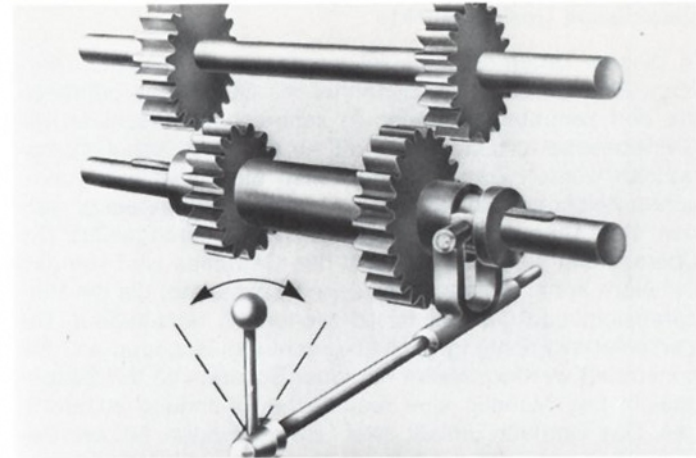
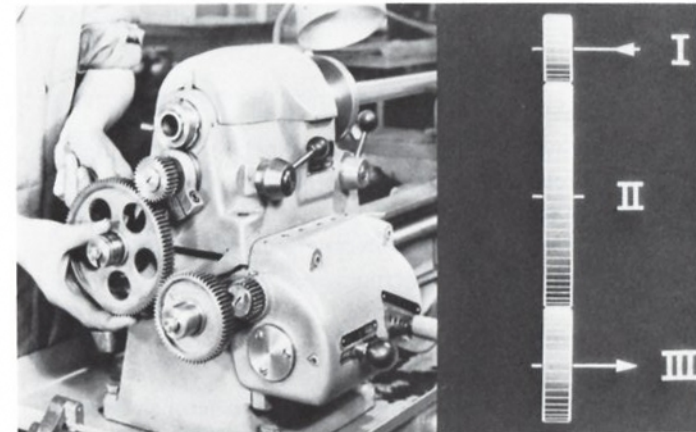


Abb. 2.1: Der schwenkbar gelagerte Schalthebel verschiebt die Stirnräder

Abb. 2.2: Wechselräder; zwischen den festen An- und Abtriebswellen ist noch eine verschiebbare Welle (II) gelagert



Didaktische Gesichtspunkte

In diesem Unterrichtsbeispiel werden zwei Absichten verfolgt: Einmal setzt dieses Kapitel mit Stufenradergetrieben als den zentralen Bauteilen in zahlreichen Maschinen die Getriebelehre fort, die im Band II für das 5./6. Schuljahr begonnen wurde¹. Zum anderen sollen die Ziele zum technischen Zeichnen (siehe Kapitel 1) vertieft und gefestigt werden. Das Thema wird in folgender Weise durchgeführt: Die Übersetzung als das Kernstück des Getriebes wird von den Schülern anhand einer technischen Zeichnung, die die Vorderansicht und die Draufsicht wiedergibt, nachgebaut. Die Verschiebevorrichtung (Schaltvorrichtung) dagegen soll frei konstruiert werden. Weiter hat jeder Schüler von der Seitenansicht des Modells eine technische Zeichnung anzufertigen. Das Getriebe umfaßt zwei Übersetzungen. Mit der Beschränkung auf zwei ubersetzungsstufen wird der angemessene Schwierigkeitsgrad getroffen.

Auf der Antriebswelle des Getriebes sitzen zwei Zahnräder (Z40; Z10), auf der verschiebbaren Abtriebswelle entsprechend zum Z40 ein Z10 und zum Z10 ein Z40. Durch Verschieben der Abtriebswelle wird die Drehgeschwindigkeit der Antriebswelle entweder ins Schnelle oder Langsame übertragen.

Lernziele

- Lesen einer vorgegebenen technischen Zeichnung
- Bauen eines Stufenradergetriebes nach technischer Zeichnung
- Konstruieren einer Schaltvorrichtung
- Berechnen der ubersetzungsverhaltnisse

- Anfertigen einer technischen Zeichnung von der Seitenansicht des Modells
- Beschreiben der Funktionsweise von Stufenradergetrieben
- Erkennen der Vor- und Nachteile von Stufenradergetrieben

Aufgabenstellung

Die Schüler erhalten eine technische Zeichnung (Abb. 2.3) und bekommen den Auftrag: *Baue das dargestellte Getriebe.* Zusätzlich wird die Aufgabe gestellt: *Konstruiere eine Vorrichtung, mit der es möglich ist, die Abtriebswelle nach rechts und links zu verschieben. Ein Zahnrad der Motorwelle soll jeweils ein Zahnrad der Abtriebswelle antreiben.*

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1

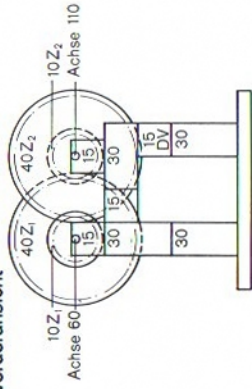
Die Schüler entnehmen dem Kasten zuerst die in der Stückliste aufgeführten Bauteile. Damit wird den Schülern eine gewisse Kontrollmöglichkeit darüber gegeben, ob sie richtig gebaut haben.

Um das Lesen der technischen Zeichnung zu erleichtern, ist die Vorderansicht der Zeichnung genauer beschriftet. So bereitet der Bau nach Zeichnung kaum Schwierigkeiten. Eine funktionierende Verschiebevorrichtung zu finden, die zusätzlich die Abtriebswelle beim Mitlaufen in ihrer Lage hält, fällt den Schülern meistens nicht leicht.

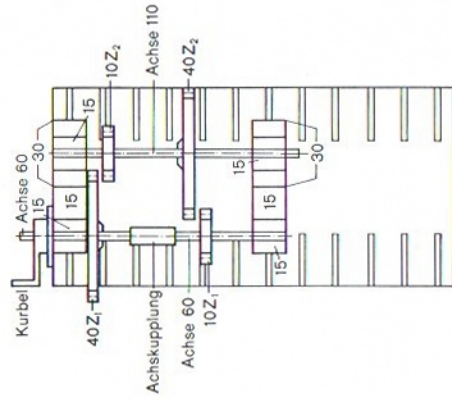
Eine einfache Lösung ergab sich, wenn die Schüler auf die verlängerte Abtriebswelle einen Baustein schoben und ihn durch Klemmbuchsen sicherten – sie konnten jetzt die Welle nach rechts oder links verschieben. Bei manchen Modellen wurde auf die Abtriebswelle zwischen den beiden Zahnrädern ein halber Baustein drehbar gelagert, den die Schüler dann durch zwei weitere Bausteine zu einem Schalthebel verlängerten. Als sich in einem Falle bei der Erprobung

¹ Pfeiffer, W. u. a.: Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr, Tumlingen und Braunschweig 1974

Vorderansicht



Draufsicht in Leerlaufstellung



Stückliste

- 1 Grundplatte groß
- 8 große Bausteine (30)
- 6 halbe Bausteine mit einem Zapfen (15)
- 2 halbe Bausteine mit zwei Zapfen (15DV)
- 2 Zahnräder (40Z)
- 2 Zahnräder (10Z)
- 3 Radnaben
- 1 Kurbel
- 1 Achskupplung
- 2 Achsen 60
- 1 Achse 110

Abb. 2.3: Schülerarbeitsblatt zum Bau des Stufenrädernetriebes

herausstellte, daß sich die Abtriebswelle beim Laufen nicht in ihrer Stellung hielt, lagerte der Schüler den Schalthebel durch ein aufgeschobenes Zahnrad auf der Zahnstange (Abb. 2.4). Mit der auf das Zahnrad aufgesteckten Kurbel läßt sich jetzt über den Schalthebel die Abtriebswelle exakt verschieben. Gleichzeitig wird sie durch die formschlüssige Verbindung von Zahnstange und Zahnrad in ihrer jeweiligen Schaltstellung gehalten. Eine Weiterentwicklung dieses Prinzips zeigt das Modell der Abb. 2.5: Hier hatte sich der Schüler vorgenommen, das Getriebe von einem festen Punkt aus zu schalten. Der drehbar gelagerte Gleitstein ist durch Bausteine zu einem Schalthebel verlängert. Quer dazu ist

eine Zahnstange eingeschoben, in die ein zweiseitig gelagertes Zahnrad von unten eingreift. Wird das Zahnrad von der Kurbel gedreht, schiebt es über die Zahnstange den Schalthebel – und damit die Abtriebswelle – hin und her. Eine ganz andere Lösung fand ein dritter Schüler (Abb. 2.6): Eine durch einen Gelenkstein schwenkbare Schiebegabel schiebt beim Schwenken das große Zahnrad mit der Welle nach rechts und links. Da das Gelenk im Stein fest angezogen ist, hält sich die Gabel in der gewünschten Lage. Dadurch wird gleichzeitig die Abtriebswelle beim Laufen gegen seitliches Verschieben gesichert; die Schiebegabel schleift dabei allerdings leicht am großen Zahnrad.

Abb. 2.4: Stufenrädergetriebe

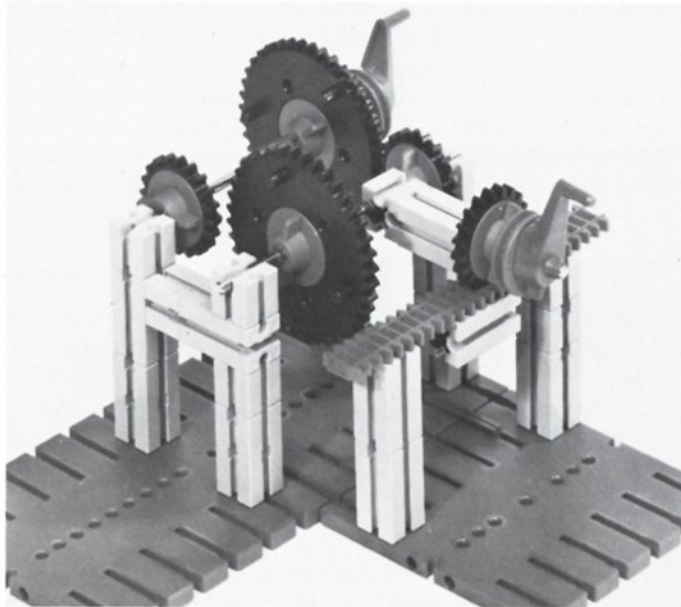
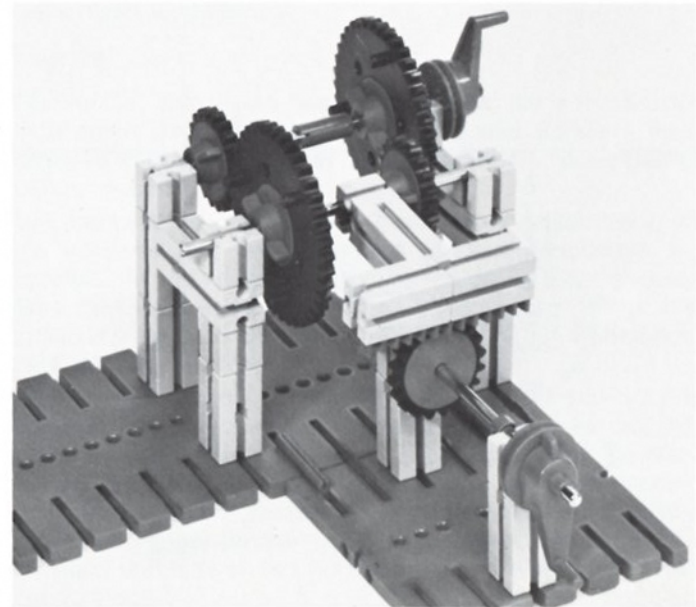


Abb. 2.5: Stirnrad bewegt die verdeckte Zahnstange



In einem weiteren Unterrichtsschritt wird den Schülern die Aufgabe gestellt, in das Arbeitsblatt die Seitenansicht des Stufenrädergetriebes einzuzichnen. Als Hilfe sind dazu auf dem Arbeitsblatt schon die Projektionsachse und die Seitenansicht der Grundplatte eingezeichnet. Auf die Darstellung der Schaltvorrichtung wird verzichtet.

Beim Anfertigen der Zeichnung haben die Schüler die Modelle als Anschauungshilfe vor sich. Die Richtigkeit der Zeichnung ist so leicht durch einen Vergleich mit dem Modell zu überprüfen.

Realbezug

Stufenrädergetriebe finden sich in elektrischen Handbohrmaschinen mit mehreren Gängen, in Plattenspielern (Abb. 2.7) und in zahlreichen anderen Werkzeugmaschinen sowie in Kraftfahrzeugen als Wechsel- bzw. Synchrongetriebe.

Die Zahl der Beispiele in der technischen Umwelt der Schüler ist relativ klein und gerade der Getriebeteil an den Maschinen ist meist nicht sichtbar. Daher bieten sich Prospekte und Zeichnungen oder aber der Einsatz von Lichtbildern an. Die Bildstellen stellen die Bildreihen R 1284, R 1285 (Stufenrädergetriebe für den Vorschub an Drehmaschinen; Stufenrädergetriebe im Hauptantrieb von spanenden Werkzeugmaschinen) zur Verfügung.

Die Schaltvorrichtungen der Getriebe auf den Abb. 2.1 und 2.8 weisen zu den in den Modellen gefundenen Lösungen große Entsprechungen auf. Das auf Abb. 2.1 dargestellte Getriebe zeigt einen schwenkbar gelagerten Schalthebel, der die Stirnräder verschiebt; das Getriebe der Abb. 2.8 wird mit einer Schaltgabel geschaltet, die über eine Kurventrommel gesteuert wird. Das Diagramm rechts auf der Abbildung zeigt die Abwicklung der Kurven und die Stellung der Gabel bei den vier Drehzahlen.

Innerhalb des den Modellbau fortführenden Unterrichts werden Funktionsmerkmale dieser Stufenrädergetriebe erarbei-

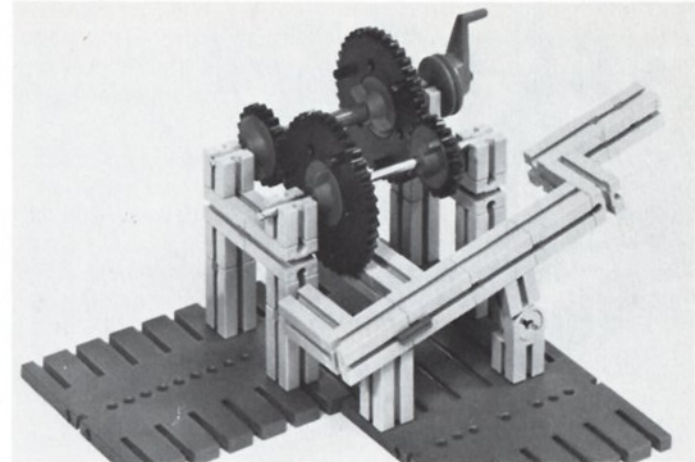


Abb. 2.6: Eine schwenkbare Schiebegabel schaltet das Getriebe

Abb. 2.7: Stufenwelle für Drehzahlumschaltung am Plattenspieler



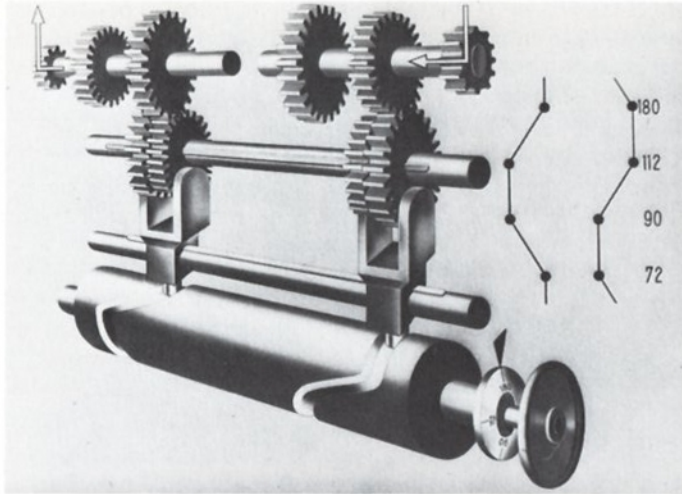


Abb. 2.8: Schiebegabel mit Kurvensteuerung

tet: Formschlüssig arbeitende Stufenräder können große Kräfte übertragen; aber es ist nur eine ganz bestimmte Zahl von Übersetzungen einzuschalten; außerdem muß beim Schalten die Drehzahl der beiden Wellen annähernd gleich sein, wie die Schüler beim Testen ihrer Modelle deutlich herausstellten.

Eine Möglichkeit, auch für Stufenrädergetriebe eine größere Zahl von Übersetzungen zu erreichen, zeigt die Abb. 2.2. An diesem Getriebe können zwischen den festen Achsen I und III auf einer verschiebbaren Achse (II) Wechselräder angeordnet werden. Dadurch, daß durch die Verschiebung der Achse II der Abstand zu den An- und Abtriebswellen zu verändern ist, besteht nun die Möglichkeit, verschiedene Räderpaarungen aus dem zur Maschine gehörenden Wechselrädersatz zusammenzustellen. Bei einem entsprechend gro-

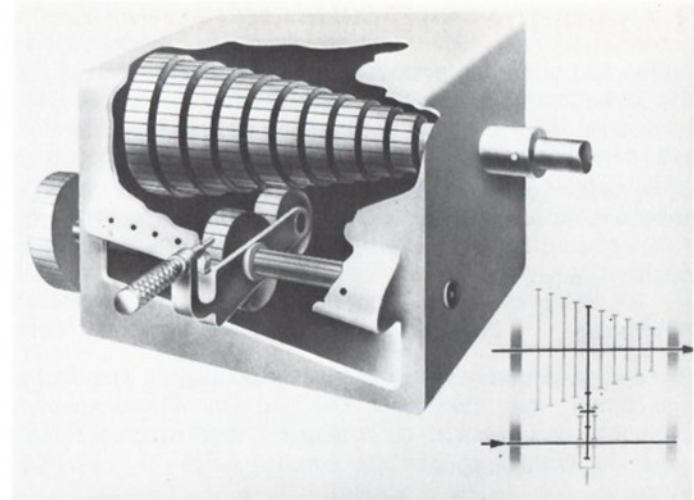


Abb. 2.9: Schwenkradgetriebe

ßen Wechselrädersatz lassen sich an dieser Maschine praktisch alle benötigten Übersetzungen einstellen.

Auf der Abb. 2.9 ist ein Schwenkradgetriebe dargestellt, wo auf kleinem Raum eine große Zahl von Übersetzungen angeordnet ist. Hier sitzt auf der Antriebswelle ein verschiebbares Rad, um dessen Achse ein zweites mit ihm kämmendes Rad schwenkbar angeordnet ist. Dieses Rad kann wahlweise in eines der Räder eingelegt werden, die in Form eines Stufenkegels fest auf der Abtriebswelle sitzen. Es können an diesem Getriebe zehn verschiedene Übersetzungen eingestellt werden!

Dieses Modell wäre als Überleitung zum Thema „stufenlos verstellbares Getriebe“ recht gut geeignet.

3 Stufenlos verstellbares Getriebe

Sachinformation

In Arbeitsmaschinen ist es meist erforderlich, die Drehzahl einer Triebwelle zu verändern, um die Abtriebsdrehzahl den jeweiligen Arbeitsbedingungen anzupassen. Bohrmaschinen benötigen z. B. hohe Drehzahlen zum Bohren weicherer Werkstoffe und niedrige zum Bohren härterer Werkstoffe. Diese Anpassung geschieht häufig durch Stufenrädernetriebe (vgl. Kapitel „Stufenrädernetriebe“). Sie ermöglichen die Schaltung einiger bestimmter Drehzahlen. Dagegen kann bei einem stufenlos verstellbaren Getriebe in dem Bereich zwischen größter und kleinster Abtriebsdrehzahl jede beliebige Drehzahl gewählt werden. Die Wirkungsweise kann dabei mechanisch, hydraulisch oder elektrisch sein. Hier soll es nur um mechanische Getriebe gehen.

In jüngster Zeit erlangen Getriebe mit stufenlos einstellbarem Übersetzungsverhältnis eine ständig wachsende Bedeutung. Die Gründe liegen in der fortschreitenden Automation der Produktion und in der Forderung nach möglichst einfacher Bedienung von Maschinen. Vor allem in Werkzeugmaschinen, Förderanlagen und Fahrzeugen kann mit solchen Getrieben die Leistung des Motors dem jeweiligen Drehzahl- und Drehmomentbedarf am besten angepaßt werden. Da stufenlose Getriebe überwiegend kraftschlüssig arbeiten (mit Reibrädern oder Riemen), weisen sie gegenüber den meist formschlüssigen Stufengetrieben (Zahnräder) einen schlechteren Wirkungsgrad auf. Dieser Nachteil wird jedoch größtenteils dadurch ausgeglichen, daß stufenlose Getriebe der Kraftmaschine (Verbrennungs- bzw. Elektromotor) das Arbeiten in ihrem günstigsten Betriebsbereich erlauben.

Die Übersetzung durch ein Getriebe hängt davon ab, welches Verhältnis die Umfänge/Radien der Räder haben, die die Drehung übertragen¹. Um das Übersetzungsverhältnis

stufenlos zu verstellen, muß der die Kraft übertragende Umfang/Radius an wenigstens einem Rad des Getriebes kontinuierlich verändert werden können. Das ist auf unterschiedliche Weise möglich:

Die Abb. 3.1 zeigt einige Grundformen stufenlos verstellbarer Getriebe. Im Fall A wird ein Schieberad mit konstantem Umfang auf einem Planrad hin- und herbewegt. Dabei ändert sich der übertragungswirksame Umfang am Planrad. Bei der Version B bewirkt die Kegelform des unteren Rades die fließende Umfangersveränderung. Die Verschiebung des Zugmittels zwischen beiden Kegeln am Getriebe C verändert gleichzeitig die Umfänge an beiden Rädern. Das ergibt im Vergleich zu B einen erheblich größeren Stellbereich, ohne daß der Stellweg länger ist.

Literatur

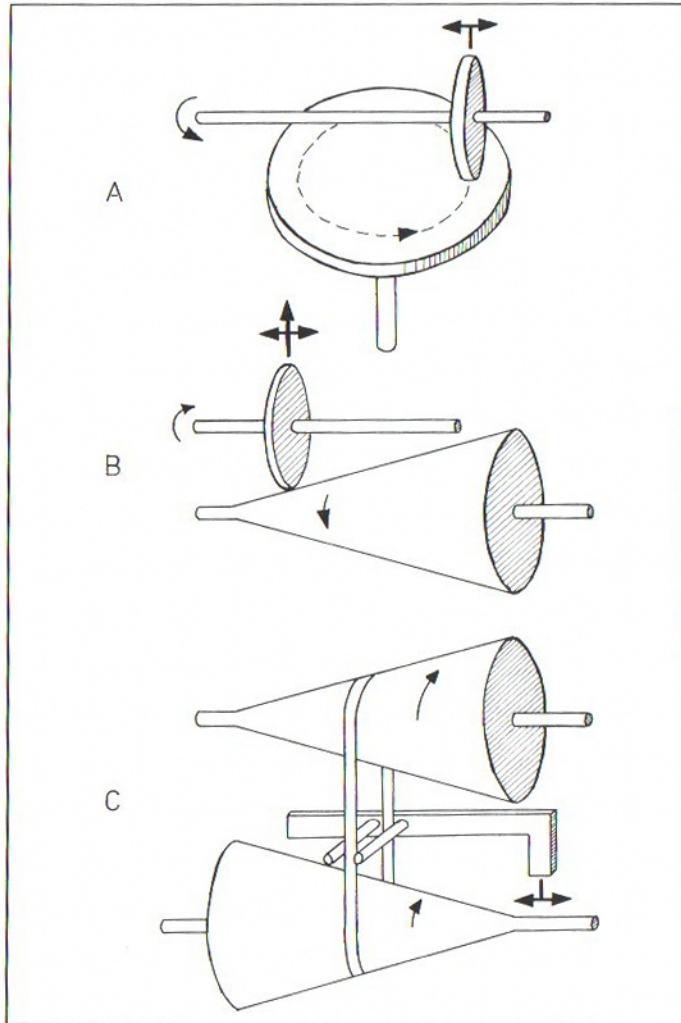
Müller: Stufenlos einstellbare Getriebe, VDI-Berichte Nr.195, VDI-Verlag Düsseldorf 1973
Stufenlose Getriebe, Eigenschaften und Anwendung, Teil 2 (mechanisch stufenlose Getriebe), in: ingenieur digest 10/1975 S. 71-76

Didaktische Gesichtspunkte

Dieses Kapitel führt die Themen 1 bis 4 aus dem Band für das 5./6. Schuljahr und die Aufgabe „Stufenrädernetriebe“ dieses Buches fort. Von daher wird u. a. vorausgesetzt, daß die Schüler Übersetzungsverhältnisse berechnen können. Wie bei den sachlich vorangegangenen Themen handelt es sich beim stufenlos verstellbaren Getriebe um ein Maschinenelement von grundlegender Bedeutung, das deshalb beim Konstruieren nicht einer bestimmten Maschine zugeordnet wird.

¹ Vgl. dazu Kap.3 in: Pfeiffer, W. u. a.: Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr, Tümlingen und Braunschweig 1974

Abb. 3.1: Grundformen stufenlos verstellbarer Getriebe



Im Baukasten allein liegen für diese getriebetechnische Themenstellung keine Lösungsmöglichkeiten, sieht man von dem Fall ab, daß ein Reibrad auf der Drehscheibe läuft. Eine Anzahl von Möglichkeiten wird mit dem Angebot einiger zusätzlicher Bauteile geschaffen. Dazu gehören besonders Kegelstümpfe, größere Reibscheiben, längere Wellen und Federelemente. Kegelstümpfe lassen sich aus Styroporstücken sehr einfach mit dem Heißdrahtschneider herstellen, indem ein Styroporklotz auf einem Dorn (durch ein Brett geschlagener Nagel) gegen den schräggestellten Schneiddraht gedreht wird. Damit die Schüler die Welle zentrisch anbringen können, müssen die Kegel entlang der Mittelachse gelocht werden. Das kann mit einem angespitzten Schweißdraht (3 mm \varnothing) geschehen, der in die Standbohrmaschine eingespannt ist. Für die Reibscheiben eignen sich härtere Schaumstoffplatten (Rohacell) oder auch Pappscheiben. Als Zusatzwellen dienen Silberstahlabschnitte (4 mm \varnothing) oder auch die langen Stangen aus dem u-t 3. Als Federelemente können neben den federnden Gelenksteinen aus dem u-t 3 auch Gummibänder genommen werden.

Lernziele

- Erarbeiten von Konstruktionsprinzipien zur stufenlosen Verstellung des Übersetzungsverhältnisses
- Verwirklichen einer dieser Möglichkeiten in einem Getriebemodell
- Ermitteln des erzielten Stellbereichs (Differenz zwischen größtem und kleinstem Übersetzungsverhältnis)
- Beschreiben der Funktion stufenlos verstellbarer Getriebe an Fahrzeugen und Maschinen
- Erkennen von Vor- und Nachteilen stufenloser Getriebe
- Begriffe: Stellbereich, Stellweg, radiale und axiale Verschiebung, Anpreßkraft, stufenlos

Aufgabenstellung

Bevor den Schülern der Konstruktionsauftrag gestellt wird, sollten einige Lösungsmöglichkeiten im Gespräch entwickelt werden. Ohne diese Hilfe wäre die Aufgabe für viele eine Überforderung.

Denkanstöße für die Hinführung können sein

- Erinnerung daran, daß der Umfang/Radius bei sich treibenden Rädern bestimmend für das Übersetzungsverhältnis ist. Von daher kann als Bedingung für ein stufenloses Getriebe aufgestellt werden, den Umfang/Radius kontinuierlich veränderbar zu machen.
- Erinnerung an Reibradwechselgetriebe (Siehe Abb. 2.7 und 2.9). Von den dabei verwendeten Stufenrädern ist kein weiter Schritt zum Kegelstumpf und damit zur stufenlosen Variierung der Übersetzung.

Als Ergebnis des Gesprächs entstehen Tafelskizzen ähnlich den Zeichnungen der Abb. 3.1. Den Schülern wird das vom Lehrer vorbereitete Zusatzmaterial vorgestellt. Dann erhalten sie den Auftrag:

Baue ein Getriebe mit einer Antriebswelle und einer Abtriebswelle. Bei gleichbleibender Antriebsgeschwindigkeit soll (mit einer Schaltvorrichtung) die Drehzahl der Abtriebswelle in einem möglichst großen Bereich stufenlos verstellt werden können. Ermittle das größte und das kleinste Übersetzungsverhältnis deines Getriebes.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, evtl. einige u-t 2 und u-t 3, Kreisscheiben aus Pappe oder Kunststoffhartschaum, Kegelstümpfe aus Styropor, Gummibänder, 15 bis 20 cm lange Silberstahlabschnitte 4 mm, Schleifsteine, Klebeband, „Tesamoll“

Die Schüler konstruierten überwiegend Reibradgetriebe, unter denen wiederum die Lösung Reibrad/Reibscheibe am meisten gewählt wurde. (Abb. 3.2 bis 3.5) Als erste Schwierigkeit ergab sich dabei, die Reibscheibe sicher auf der Wel-

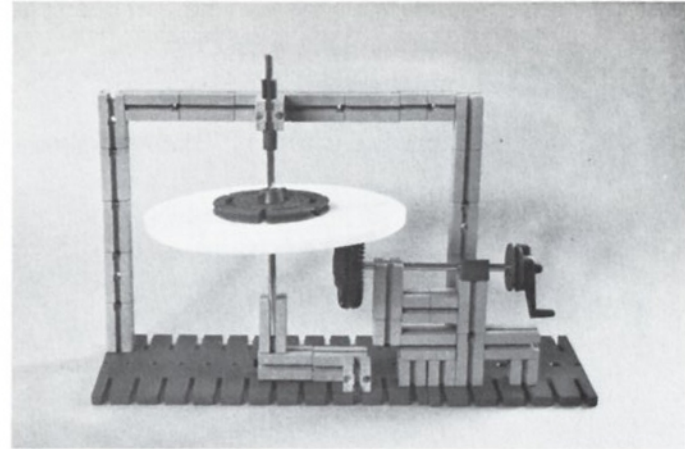
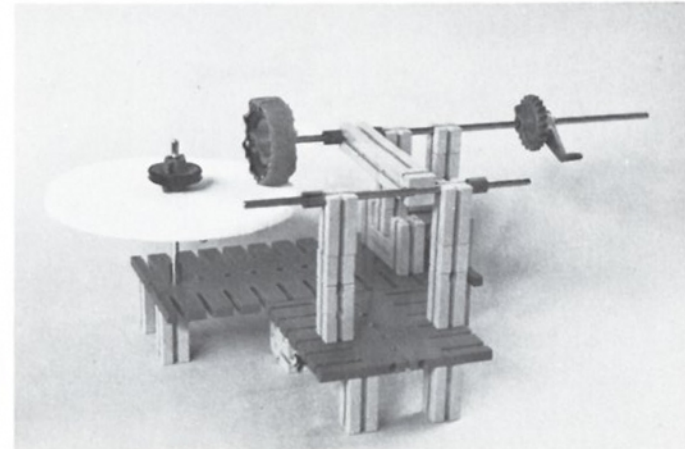


Abb. 3.2: Fehllösung: kein nennenswerter Stellweg

Abb. 3.3: Reibrad/Planrad-Lösung mit Antrieb vom Reibrad her, Stellbereich von 2,25 : 1 bis 1,2 : 1



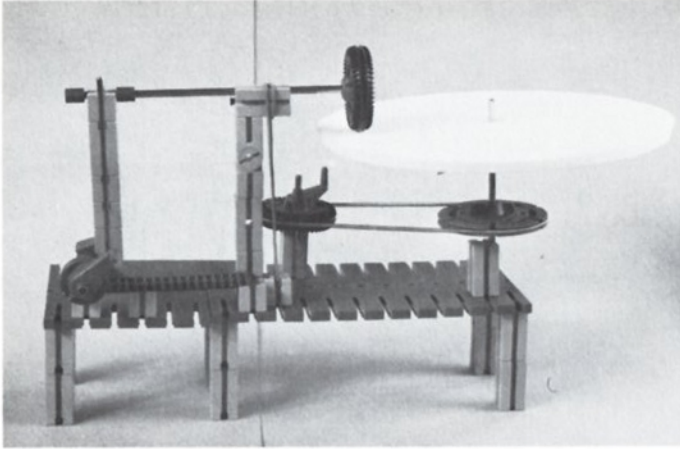
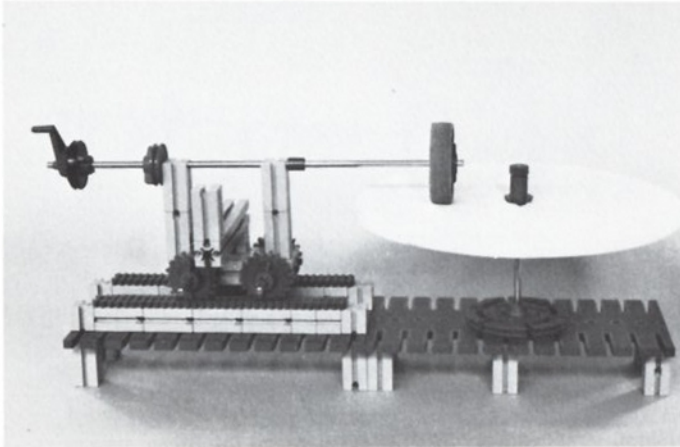


Abb. 3.4: Antrieb von der Reibscheibe her, Stellbereich von 1,4 : 1 bis 1 : 4

Abb. 3.5: Wagen als Schaltvorrichtung



le zu befestigen. Das geschah durch Festklemmen zwischen zwei Naben oder zwei Kegelzahnradern (Abb. 3.3, 3.5) z. T. durch Aufkleben auf eine Drehscheibe mit Hilfe von Klebeband (Abb. 3.4). Weiter mußte die Welle mit Reibrad verschiebbar gelagert werden. Dabei mußte bedacht werden, daß dafür die längste zur Verfügung stehende Stange genommen werden sollte, da sie den größten Stellweg erlaubt und den größten Stellbereich erbringt. Dies wurde beim Modell der Abb. 3.2 nicht beachtet. Für das Planrad verwandte der Schüler die längere Welle und da zusätzlich zwei recht weit auseinanderstehende Lager die Verschiebbarkeit der anderen Welle einengen, ergab sich ein sehr geringer Stellbereich. Daß für die einwandfreie Kraftübertragung günstige Reibungsverhältnisse herzustellen waren, erkannten die Schüler spätestens beim Ausprobieren der Modelle. Dies Problem lösten sie, indem sie die Anpreßkraft zwischen beiden Rädern verstärken (auf Abb. 3.4 durch die Federkraft eines Gummis und auf Abb. 3.2 durch Ausnutzung des Gewichts der Reibscheibe), oder indem sie durch Umwickeln des Schieberads mit Schleifleinen die Reibwerte erhöhten. Bei der Konstruktion des Schaltmechanismus können die Erfahrungen aus der Aufgabe „Stufenge triebe“ aufgegriffen werden. Es kommt deshalb zu ähnlichen Lösungen wie dort.

In der Kombination von Schieberad und Kegelrad ist die Beweglichkeit einer der beiden Wellen in zwei Richtungen nötig: Die Welle muß außer in axialer Richtung auch noch radial schwenkbar sein, damit beim Schalten der Kontakt zwischen beiden Rädern nicht verloren geht. Die schwenkbare Lagerung erreichten die Schüler durch den Einsatz von Gelenksteinen. Standen ihnen Federgelenksteine aus dem ut 3 zur Verfügung, war gleichzeitig der erforderliche Andruck auf die andere Welle hin gegeben (Abb. 3.8). In den übrigen Fällen wurde das Gewicht der Verschiebewelle und ihres manchmal zusätzlich beschwerten Gestells ausgenutzt (Abb. 3.6, 3.7). Um beim Betrieb die Parallelführung beider Wellen zu gewährleisten und das Verkanten der Verschie-

bewelle zu verhindern, mußten die beiden Lager der Verschiebewelle durch einen Gestellbügel auf jeweils gleicher Höhe gehalten werden. Die Schaltvorrichtung fiel bei den Lösungen dieses Typs sehr einfach aus. Die Schüler begnügten sich z. T. damit, das Getriebe über die Antriebskurbel zu schalten (Abb. 3.6, 3.7). Oder die Verschiebewelle wurde durch einen lose an ihr aufgehängten Hebel bewegt (Abb. 3.8). Ein Schaltmechanismus, der die komplizierte Bewegung der Welle mitmacht, wurde nicht konstruiert; eine solche Leistung konnte auch kaum erwartet werden.

An den Bau eines Zugmittelgetriebes wagten sich nur wenige Schüler heran, obwohl die Schwierigkeiten nicht größer sind, als bei den beiden anderen Konstruktionen. Als Zugmittel standen Gummibänder und „Tesamoll“-Streifen bereit. Mit beiden Materialien wird eine ausreichende Vorspannung erzielt, mit dem „Tesamoll“-Streifen ergeben sich darüberhinaus sehr günstige Schmiegungs- und Reibungsver-

Abb. 3.6: Reibrad/Kegelrad-Lösung mit Stellbereich von 1,1 : 1 bis 1 : 1,7

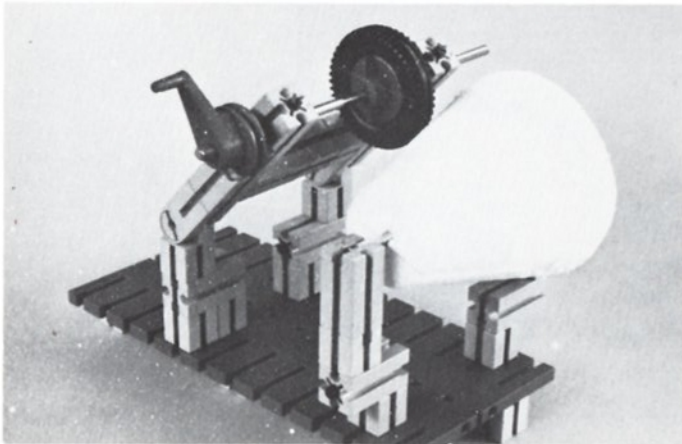
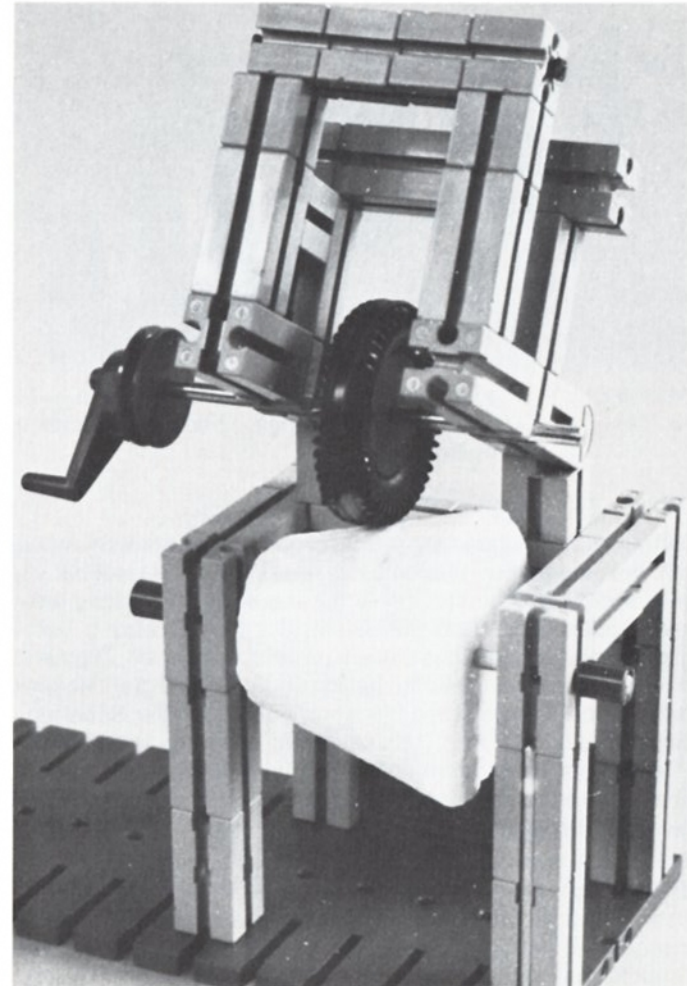


Abb. 3.7: Das aufliegende schwere Gestell ergibt den nötigen Andruck



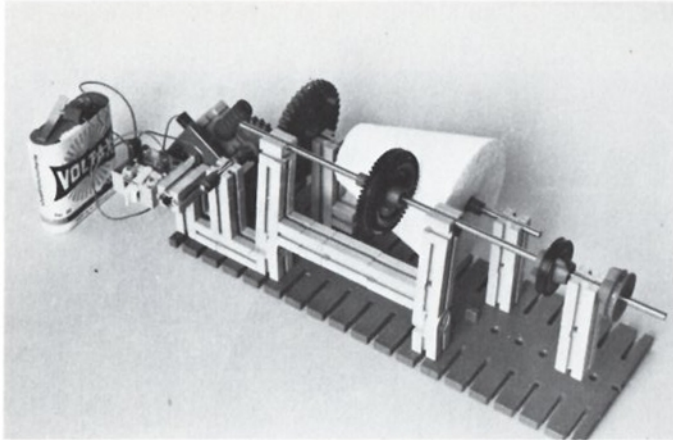


Abb. 3.8: Modell mit Teilen aus dem u-t2 und u-t3 (Motor, lange Stange, Federgelenksteine, Schalter, Kabel)

hältnisse. Im Unterschied zu den oben vorgestellten Arbeiten brauchen hier Wellen und Räder nicht verstellbar zu sein, weil das Zugmittel zur Änderung der Übersetzung axial verschoben wird (Abb. 3.9, 3.10). Die Verschiebung übernimmt der Schaltmechanismus, der zugleich das Zugmittel in der jeweiligen Stellung halten muß, da es die Tendenz hat, zu den Kegelspitzen hin wegzurutschen. Die Schaltung des Modells auf Abb. 3.9 ist wegen der mit Hilfe zweier Stangen gut konstruierten Führung bemerkenswert. Sie wird über ein darunter laufendes Zahnrad, das in eine Zahnstange greift, betätigt.

Bei der Auswertung ist das Ermitteln von Stellweg und Stellbereich ein wichtiger Punkt. Die Ergebnisse können nach den drei Getriebetypen geordnet an der Tafel zusammengestellt werden, so daß ein Vergleich zwischen diesen Grundformen möglich ist.

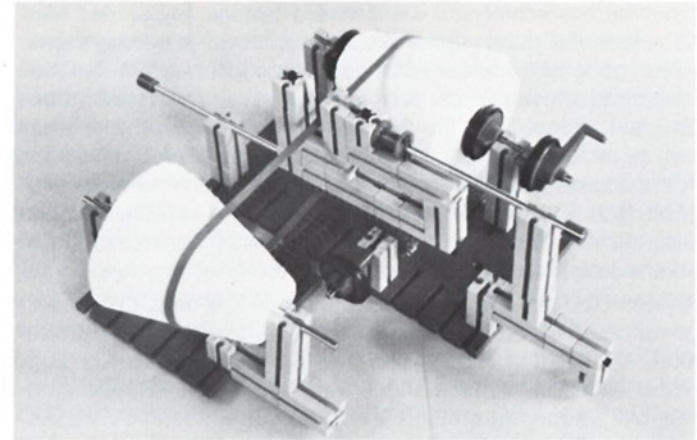
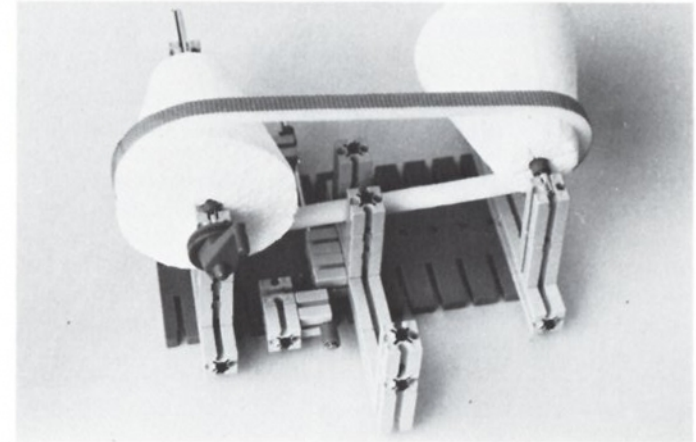


Abb. 3.9: Getriebe mit Gummi als Zugmittel, Stellbereich von 1,7 : 1 bis 1 : 1,7

Abb. 3.10: „Tesamoll“-Streifen als Zugmittel



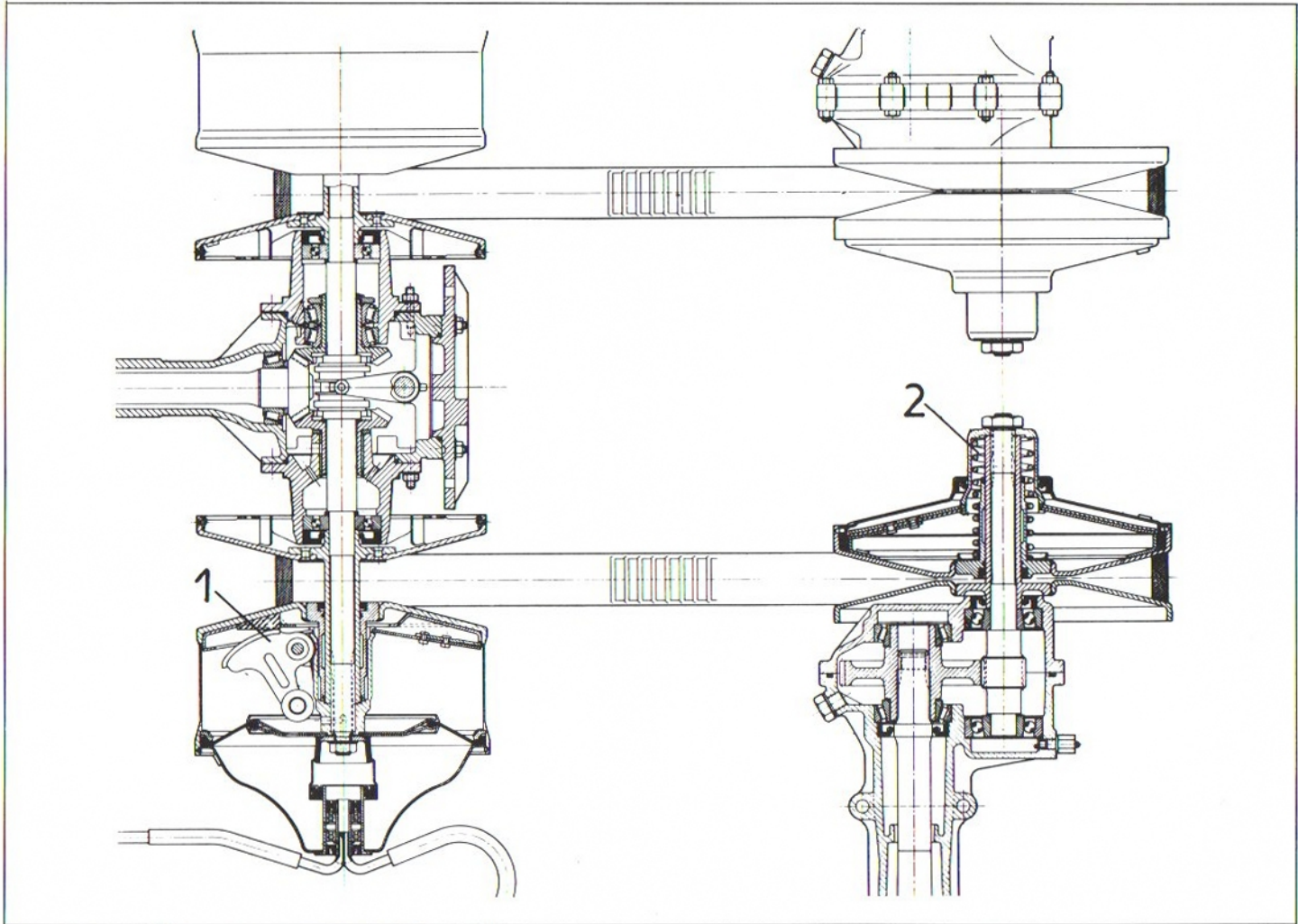
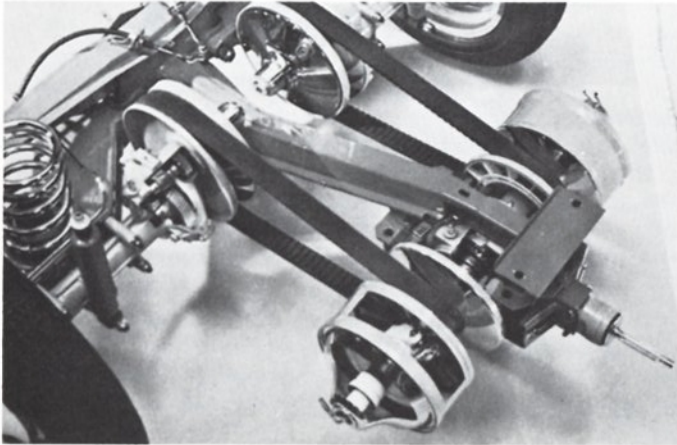


Abb. 3.11: Schnitt durch die DAF-Variomatik

Realbezug

Das Anwendungsgebiet, in dem Schüler am ehesten stufenlosen Übersetzungen begegnen, sind Fahrzeuge. Ein bekanntes Beispiel ist das Automatikgetriebe in den PKWs der Firma DAF (Abb. 3.11, 3.12). Es ist auf Grund der bei der Modellkonstruktion gewonnenen Erfahrungen für die Schüler unschwer durchschaubar. Als Arbeitsmaterial lassen sich bei DAF-Händlern beschaffen: Prospekte, Zeichnungen, eventuell auch Originalteile. Es handelt sich bei der DAF-Automatik um ein doppeltes Zugmittelgetriebe. Die beiden Keilriemen laufen zwischen paarweise angeordneten Kegeln, die axial gegeneinander verschiebbar sind. Durch Gegeneinanderbewegen des einen Kegelpaares und das gleichzeitige Auseinanderbewegen des anderen wird abhängig von der Motordrehzahl und vom Rollwiderstand der Räder das Übersetzungsverhältnis stufenlos verändert. Diese koordinierte Bewegung der Kegelpaare wird durch Fliehgewichte an den Antriebskegeln (Abb. 3.11 – Nr. 1) und eine

Abb. 3.12: Die aus einem doppelten Zugmittelgetriebe bestehende DAF-Variomatik



Feder an den Abtriebskegeln (Abb. 3.11 – Nr. 2) bewirkt. Die Fliehgewichte reagieren auf die Drehzahl der Motorwelle (Erhöhung der Drehzahl – Druck auf die Kegel / Herabsetzen der Drehzahl – Verringerung des Drucks), so daß die Kraft des Motors besonders gut genutzt wird. Hinzu kommt als weiterer Vorteil die vereinfachte Bedienung, da das Schalten entfällt.

Bei der Untersuchung des DAF-Getriebes wird als Vorzug dieser Konstruktion (Keilriemen über zwei Kegelpaaren) herauszuarbeiten sein: Im Vergleich zu den Funktionsmodellen ist hier bei einem relativ großen Stellbereich (14,87 : 1 bis 3,73 : 1) ein sehr kleiner Stellweg mit geringem Platzbedarf gegeben.

Automatikgetriebe der gleichen Art finden sich auch in einigen Mopedtypen vor. Der geringe Platzbedarf hat dort noch größere Bedeutung. Er macht den Einsatz stufenloser Getriebe in Zweiradfahrzeugen erst möglich. Ein weiterer Weg, Querverbindungen zur technischen Wirklichkeit herzustellen, besteht in der Verwendung von Lichtbildern. Dazu bietet sich die bei Bildstellen zu entleihende Reihe R 1309 (Stufenlos verstellbare mechanische Getriebe) an. Einige Bilder dieser Reihe für Berufs- und Fachschulen sind durchaus geeignet, bereits Schülern der 7./8. Klasse Vorstellungen von Konstruktion und Arbeitsweise stufenloser Getriebe zu vermitteln.

Schmayl

4 Schrittgetriebe

Sachinformation

Das Wirkungsprinzip von Schrittgetrieben besteht darin, eine fortlaufende, im allgemeinen umlaufende Antriebsbewegung in eine Schrittbewegung umzuwandeln: fortlaufende Dreh- oder Schubbewegungen werden periodisch durch Stillstände unterbrochen. Durch zusätzliche Maßnahmen, wie Richtgesperre, kompensierende Gegenbewegung, wird die Bewegungsübertragung vom An- zum Abtrieb zeitweilig unwirksam gemacht. Schrittgetriebe kommen in verschiedenen Geräten und Maschinen zum Einsatz, insbesondere zur Erzeugung von schrittweisen Transportbewegungen. Beispiele dafür sind die schrittweise bewegten Rundtische in Verarbeitungs- und Verpackungsmaschinen (z. B. Flaschenfüllmaschinen älterer Bauart¹). Auch zum Transport von Filmen in Kameras und Wiedergabegeräten wie in Datenverarbeitungsanlagen werden Schrittgetriebe angewendet.

Die beiden klassischen Schrittgetriebe sind das Malteserkreuz-² und das Sternradgetriebe. Das *Malteserkreuzgetriebe* hat als Antriebsglied eine Kurbel, die einen Treiber trägt. Das Abtriebsglied ist das Malteserkreuz, in dessen Schlitze der Treiber nacheinander eingreift. Nach Verlassen eines Schlitzes steht das Malteserkreuz kurzzeitig still, Kurbel mit Treiber drehen weiter. Während dieser Zeit ist das Malteserkreuz durch eine Stillstandsicherung gegen Verdrehen gesichert (Abb. 4.1): Ein erhöhter Teil auf der Kurbel

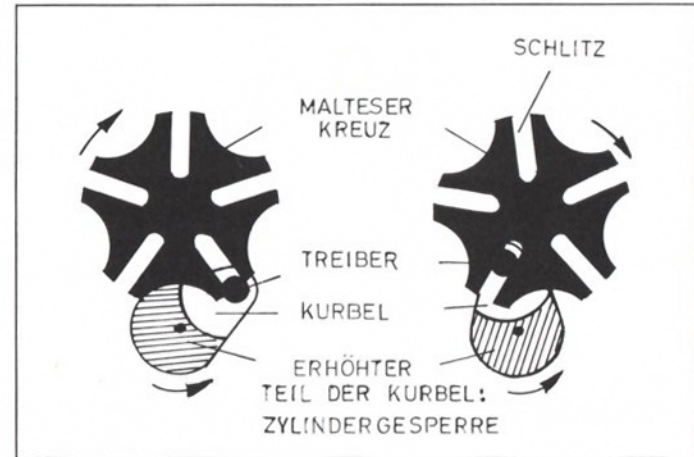


Abb. 4.1: Malteserkreuzgetriebe; Darstellung des Bewegungsablaufs

(schrattierte Fläche), das sogenannte Zylindersperre, gleitet an einer der Ausbuchtungen des Malteserkreuzes entlang und verhindert das Weiterdrehen. Dadurch trifft auch der Treiber nach jeder Umdrehung genau den nächsten Schlitze.

Im Malteserkreuzgetriebe stehen die Winkel- und Längenmaße in einem bestimmten Verhältnis (Abb. 4.2)³. Wenn zum Beispiel die Anzahl der Schlitze und der Abstand der Mittelpunkte ($M_1 - M_2$) festliegen, sind damit alle anderen Größen bestimmt: In dem Moment, wo der Treiber in den Schlitze eingreift, muß die gedachte Linie $M_1 - M_3$ mit diesem Schlitze einen rechten Winkel bilden. Daraus folgt weiter, daß $\alpha + \beta$ zusammen stets 180° ergeben müssen. Der Winkel β wiederum ist von der Zahl der Schlitze abhängig; bei 5 Schlitzen beträgt er $360^\circ : 5 = 72^\circ$.

3 Abb. 2 nach A. Böge, Das Techniker-Handbuch, Braunschweig 1969, S. 727

1 Bei modernen Tuben- und Flaschenfüllmaschinen ist für das Einfüllen keine ruckweise Bewegung mehr erforderlich, weil sich der Einfüllstutzen mit der Tube oder Flasche mitbewegt.

2 Der Name rührt von der Ähnlichkeit des 4schlitzigen Malteserkreuzes mit dem Ordenszeichen der Johanniter (Malteserritter) her.

Das *Sternradgetriebe* ist aus einem Stirnradräderpaar abgeleitet. Auf dem Antriebsrad sind die Zähne auf einem Teil des Umfangs entfernt. Am Anfang und Ende dieses Zahnkranzrestes befindet sich je ein Treiber. Um den Schritt stoßfrei zu beginnen und zu beenden, sind dazu entsprechend auf dem Abtriebsrad zwei Sternkurven (Abb. 4.3) angeordnet. Während eines Schritts fassen die Zähne der Räder ineinander und bewirken ein konstantes Übersetzungsverhältnis. Deshalb wird dieses Getriebe bei Arbeitsvorgängen eingesetzt, wo Bewegungen abschnittsweise mit konstanter Geschwindigkeit ablaufen sollen (z. B. beim Drucken). Schrittgetriebe lassen sich aus fast allen Getriebearten entwickeln. Wenn z. B. Kurven- oder ungleichförmig übersetzende Getriebe mit Rädergetrieben kombiniert werden, lassen sich Schrittbewegungen erzeugen (vgl. dazu verschiedene Schülerlösungen).

Abb. 4.2: Längen- und Winkelverhältnisse im Malteserkreuzgetriebe

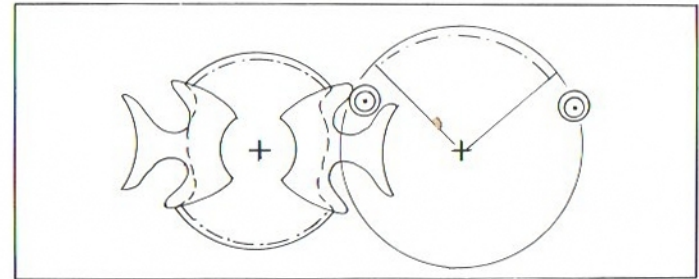
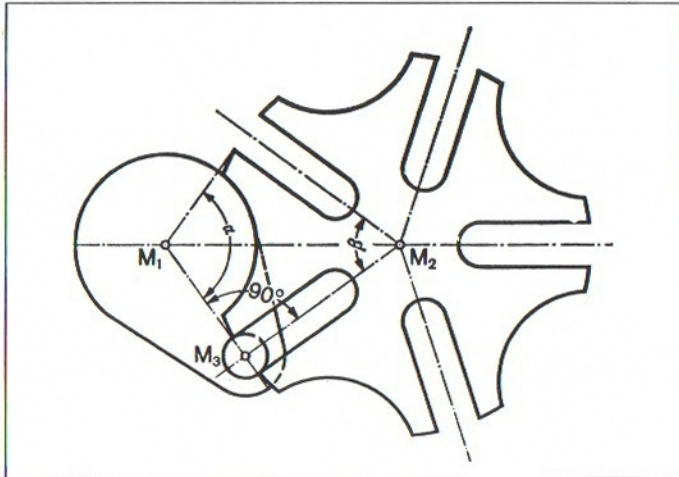


Abb. 4.3: Sternradgetriebe

Literatur

Volmer, Johannes (Hrsg.), a.a.O.

Didaktische Gesichtspunkte

Schrittgetriebe sind ein interessanter und wichtiger Getriebetyp, der auch innerhalb einer Getriebelehre an allgemeinbildenden Schulen nicht ausgelassen werden sollte. Das Unterrichtsthema legt das Gewicht auf die Entwicklung eines Malteserkreuzgetriebes, da sich am Malteserkreuz sehr gut die Funktion und Wirkungsweise von Schrittgetrieben verdeutlichen läßt.

Es ist nicht leicht, originale Schrittgetriebe in den Unterricht einzubeziehen, denn Schrittgetriebe in Maschinen aus der Umwelt der Schüler (z. B. Filmkamera, Filmprojektor) haben solch kleine Dimensionen, daß sie kaum zum Betrachtungs- und Untersuchungsgegenstand gemacht werden können. Allerdings läßt sich die Wirkungsweise und Bedeutung von Schrittgetrieben für die Gesamtfunktion der Maschine am Original einsichtig machen. Um nun aber den Funktionsablauf am Malteserkreuz zu verdeutlichen, sollte für das auswertende Unterrichtsgespräch ein vollständiges (mit Gesperre) und einwandfrei arbeitendes (Geometrie) Funktionsmodell zur Hand sein, das sich der Lehrer gegebenenfalls selbst anfertigt.

Werden bei dem Modell Kurbel und Kreuz aus starker Pappe hergestellt, dann genügt es, diese mit Klebstoff auf eine flache Radnabe aufzukleben. Für ein dauerhaftes Anschauungsmodell aus Sperrholz oder Aluminiumblech (siehe Abb. 4.15) ist zu empfehlen, statt der harten Originalachsen, den ebenso starken, aber leichter zu bearbeitenden Silberstahl (4 mm) zu nehmen. Das hat den Vorteil, daß sich verhältnismäßig leicht ein Gewinde aufschneiden läßt. Auf diese Weise lassen sich selbsthergestellte Einzelteile mit den Baukastenelementen kombinieren; das aufgeschnittene Gewinde erlaubt es, Zusatzteile auf den Achsen (mit Muttern) festzusetzen.

Lernziele

- Erarbeiten von Konstruktionsprinzipien zum Umwandeln einer gleichmäßigen Drehbewegung in eine ruckweise Bewegung
- Bauen eines Getriebemodells, das eine Drehbewegung in eine Schrittbewegung umwandelt
- Erklären der Wirkungsweise eines Malteserkreuzgetriebes anhand eines Funktionsmodells und / oder eines Originalgetriebes
- Kennenlernen verschiedener Einsatzorte von Schrittteilen. Begriffe: Malteserkreuz, Treiber, Kurbel, Zylindergerippe

Aufgabenstellung

Dieser Aufgabe sollte eine Einführung in den technischen Sachverhalt vorangestellt werden. Den Schülern werden verschiedene Anwendungsbeispiele für Schrittteile genannt: Filme werden bei der Filmvorführung ruckweise um jeweils einen Bildabstand im Projektor weitertransportiert; bei Flaschenfüllmaschinen werden die Flaschen ruckweise bewegt, damit jede Flasche solange, bis sie gefüllt ist, unter der Einfüllöffnung stehen bleibt. „Ähnlich funktionieren andere Abfüllmaschinen. Als Konstruktionshilfe werden im

Klassengespräch einige Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Dabei kann an Maschinen erinnert werden, wo Drehbewegungen in andersartige Bewegungen umgewandelt werden (Scheibenwischer, Hammerwerk, Sägemaschine usw.).

Auftrag

Konstruiere ein Getriebe, bei dem die gleichmäßige Drehbewegung des Motors (Kurbel) in eine ruckweise Bewegung umgewandelt wird, wie sie z. B. bei einer Flaschenfüllmaschine oder beim Filmtransport im Projektor benötigt wird.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, Ketten, starke Pappe oder Polystyrolfolie (1mm)

Zahlreiche Schüler wählten ein Prinzip, bei dem ein exzentrisch gelagertes Zahnrad in ein zweites Zahnrad eingreift und es bei jeder Umdrehung ein Stück weiterdreht. Die

Abb. 4.4: „Flaschenfüllmaschine“; exzentrisch gelagertes Zahnrad bewegt den Rundtisch

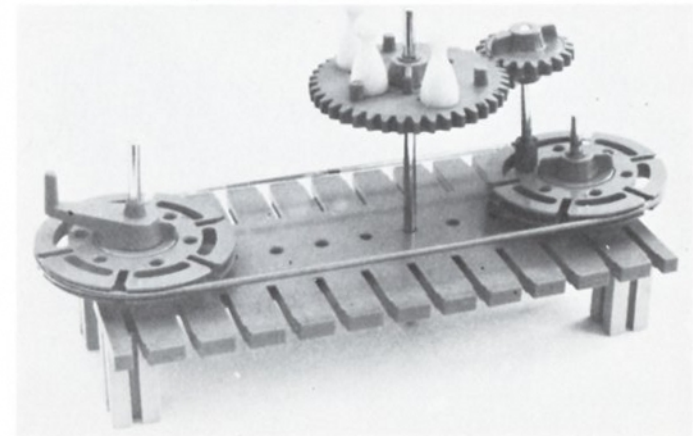
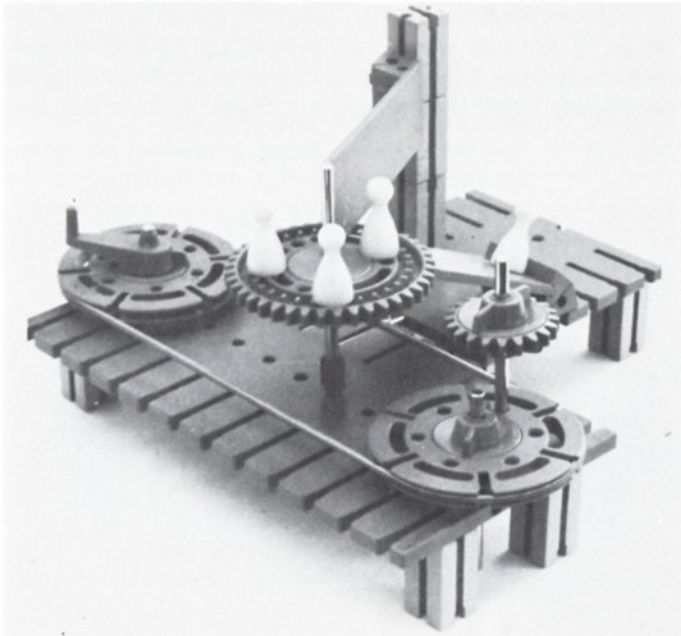


Abb. 4.4 zeigt hierzu eine einfache, aber voll funktionsfähige Lösung. Auf die Riemenscheibe, die über ein Zugmittel angetrieben wird, ist ein Stirnzahnrad (Z 20) exzentrisch aufgeschoben, das bei jeder Umdrehung einmal den Rundtisch (Z 40) mit den „Flaschen“ weiterdreht. Ein anderer Schüler entwickelte diesen Lösungsvorschlag weiter (Abb. 4.5). Er konstruierte mit der auf die Bausteine aufgeschobenen Bauplatte eine Vorrichtung, die die Flaschen aus der Kreisbahn herausführt. Eine dritte, recht einfallsreiche Lösung zum Problem des Flaschenabtransports zeigt die Abb. 4.6. Über das Zugmittel werden zwei Abtriebsräder bewegt. Das

Abb. 4.5: Durch die Bauplatte werden die Flaschen von der Einfüllvorrichtung geschoben

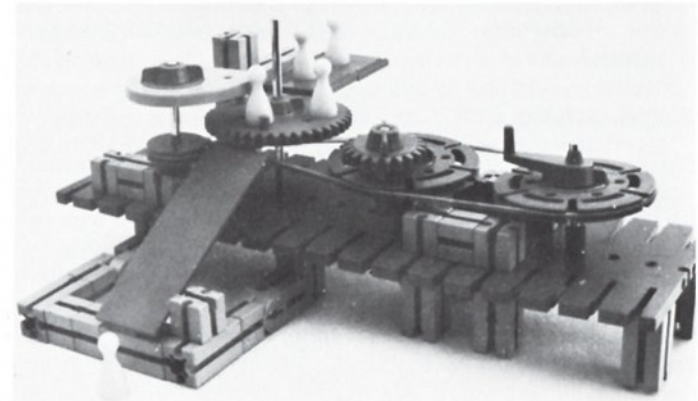


Zugmittel treibt einmal das exzentrisch auf eine Riemenscheibe aufgesteckte Stirnzahnrad (Z 20), welches den Rundtisch (Z 40) ruckweise dreht; weiter treibt das unter dem Rundtisch gekreuzte Zugmittel die Exzentrerscheibe. Sie läuft gegenläufig zur Einfüllvorrichtung und schiebt bei jeder Umdrehung die ruckweise bewegten „Flaschen“ aus der Kreisbahn auf die schräge Bauplatte.

Andere Schüler setzten zur Lagerung des Zahnrades die Exzentrerscheibe ein (Abb. 4.7). Die Exzentrerscheibe mit aufgestecktem Stirnzahnrad (Z 10) wird über ein Zugmittel angetrieben. Bei jeder Umdrehung greift das Zahnrad einmal in das daneben angeordnete Stirnzahnrad (Z 20) ein und dreht es ein Stück weiter.

Bei etlichen Modellen wurden zur Erzeugung der Schrittbewegung Kurbelwellen (Abb. 4.8) oder Achsen des Baukastens eingesetzt. Eine wenig einfallsreiche Lösung zeigt die Abb. 4.9. Die in eine Riemenscheibe gesteckte Stange greift bei jeder Umdrehung in eine der Stangen der waagerechten Riemenscheibe und bewegt sie ruckweise.

Abb. 4.6: „Flaschenfüllmaschine“ mit automatischem Flaschentransport



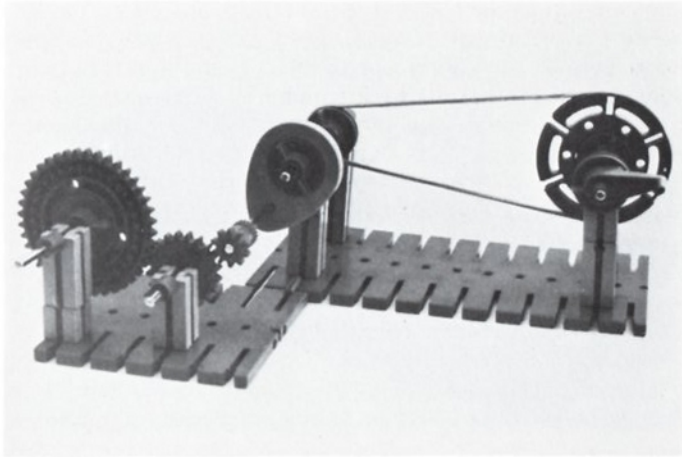


Abb. 4.7: Exzentrerscheibe mit aufgesetztem Zahnrad erzeugt ruckweise Bewegung

Abb. 4.8: Kurbelwelle greift bei jedem Schritt in Zähne des Stirnzahnrades

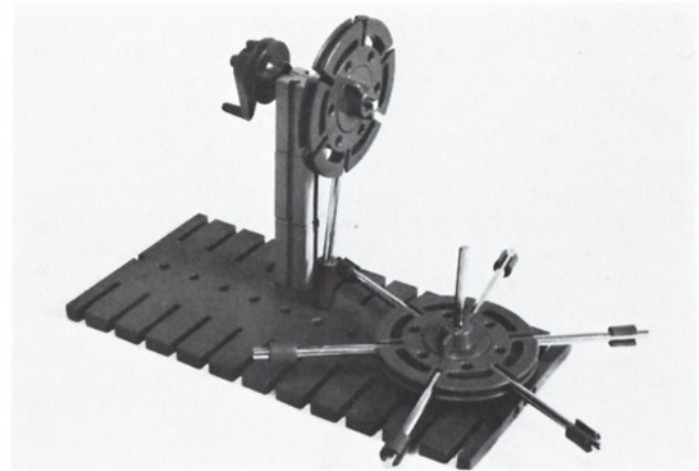
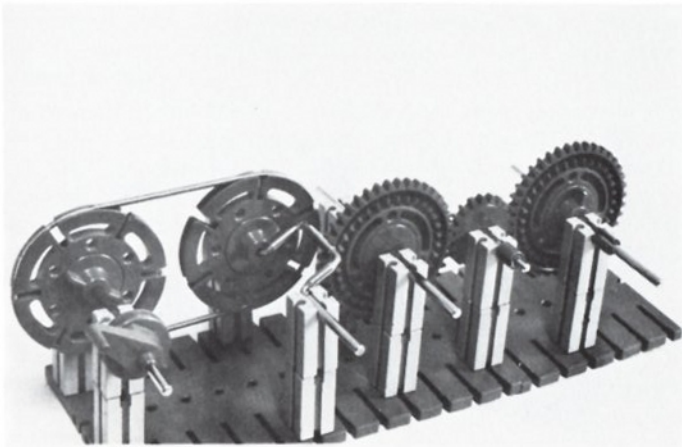
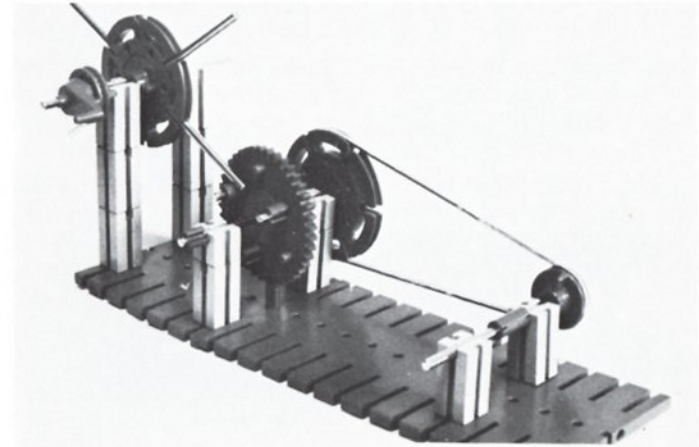


Abb. 4.9: Die Stange am Antriebsglied greift in die Stangen der Riemenscheibe

Abb. 4.10: Vier Stangen bewegen den „Film“



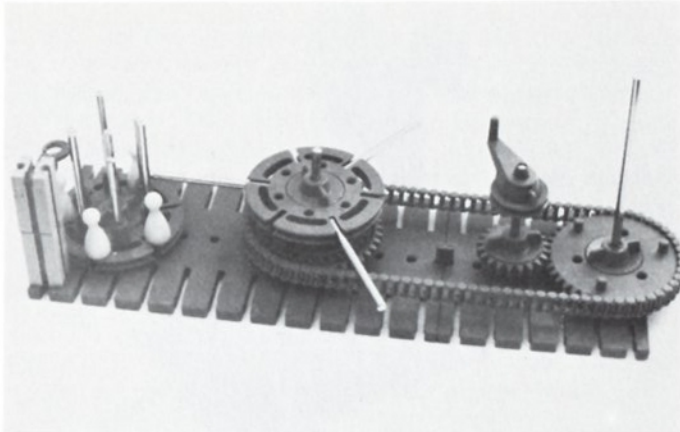


Abb. 4.11: Steuerung der Schrittbewegung durch aufgeschobenen Haken

Abb. 4.12: Reibrad bremst Abfüllvorrichtung nach jedem Schritt

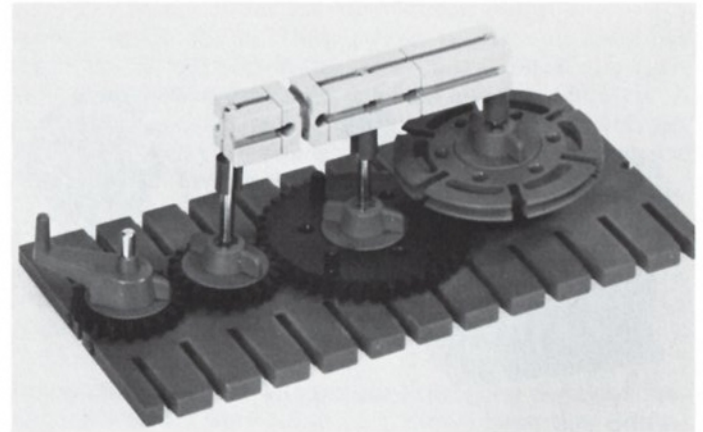
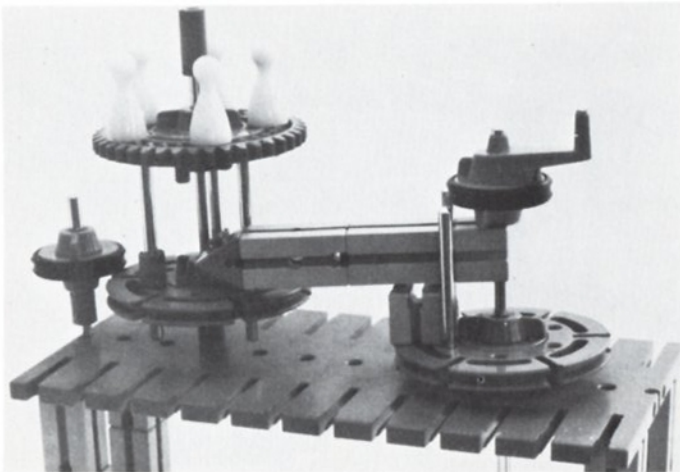
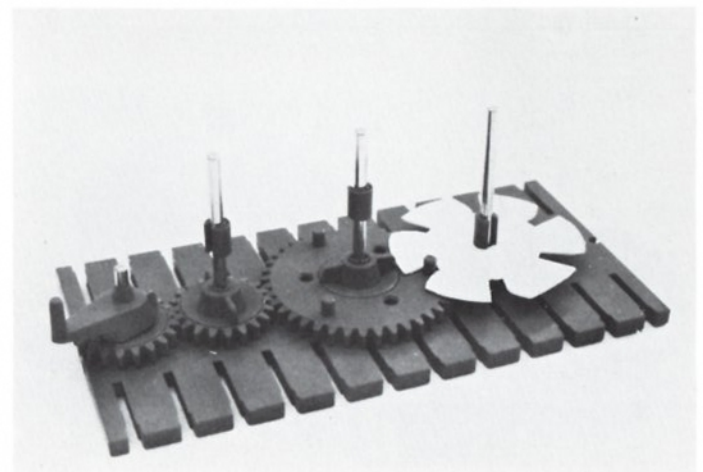


Abb. 4.13: Riemenscheibe als Malteserkreuz

Abb. 4.14: Malteserkreuz aus Polystyrolfolie



Vier in die Riemenscheibe geschobene Achsen greifen am Modell der Abb. 4.10 nacheinander in die im großen Stirnzahnrad (Z 40) mit Klemmbuchsen befestigten kurzen Achsen und transportieren dabei den „Film“ (das Zugmittel) ruckweise weiter.

Das Bemühen, eine gleichmäßige Schrittbewegung zu erreichen, kommt in der Abb. 4.11 zum Ausdruck: der Schüler schob bei seinem Modell auf die Bausteine einen Haken, der als Gesperre wirkt und auch bei größerer Getriebegeschwindigkeit dafür sorgt, daß jede Nocke die Abfüllvorrichtung nur um einen Schritt weiter drehen kann. In anderen Modellen löste dieses Problem ein kleines Reibrad (Abb. 4.12). Der Rundtisch (Z 40) wird hier nicht nur schrittweise weiterbewegt, sondern durch die Hemmwirkung des Reibrades auch am unbeabsichtigten Weiterdrehen gehindert.

Einige Schüler verwirklichten in ihren Modellen das Prinzip des Malteserkreuzes. Die Seitenzapfen des großen Zahnrades greifen hier in die Schlitze der etwas höher angeordneten Riemenscheibe (Abb. 4.13) und erzeugen dabei eine exakte Schrittbewegung. Um einen einwandfreien Lauf des Schrittgetriebes zu erreichen, konstruierte einer der Schüler für die Wellen eine zweiseitige Lagerung durch eine Bausteinbrücke.

Da ihre Getriebe etwas schwergängig waren, schnitten die Schüler sich auf Anregung des Lehrers aus Polystyrolfolie ein Malteserkreuz. Als Vorlage diente ihnen die Riemenscheibe. Damit die Zapfen des Zahnrades leichter hineinglitten, verbreiterten sie die Schlitze und rundeten die Eingriffsstelle ab (Abb. 4.14). Diese Malteserkreuzgetriebe arbeiten leichtgängig und recht exakt.

Realbezug

Eine Überleitung zur Beschäftigung mit realen Schrittgetrieben ergibt sich aus den Überlegungen und Beobachtungen der Schüler beim Modellbau: Der Film oder die Flaschen

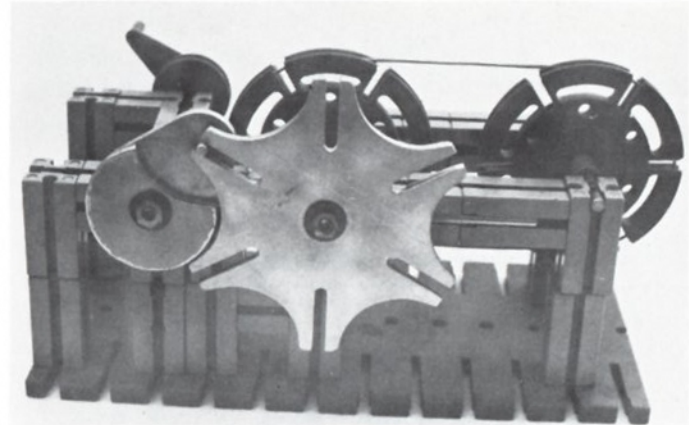


Abb. 4.15: „Film“-Transport durch Malteserkreuz

wurden zwar ruckweise bewegt, aber der jeweilige Schritt ließ sich nur schwer steuern; teilweise drehten die Abtriebsglieder selbständig ein Stück weiter und verhinderten so ein Eingreifen der Stangen für den nächsten Schritt. Deshalb waren schon einige Schüler auf den Gedanken gekommen, das Abtriebsglied zu bremsen.

An einem Funktionsmodell des Malteserkreuzgetriebes (Abb. 4.15) kann den Schülern jetzt eine Lösung dieses Problems vorgestellt werden. In diesem Zusammenhang sollten die entsprechenden Fachausdrücke eingeführt werden.

Steht dem Lehrer ein Filmprojektor zur Verfügung, kann als nächster Schritt der ruckweise Transport des Films an der Originalmaschine demonstriert werden (Abb. 4.16). Abbildungen und Schnittzeichnungen können die Arbeitsweise des Getriebes verständlich und einsichtig machen.

Bei der Filmwiedergabe wird jeweils ein Teilbild für kurze Zeit projiziert, dann wird der Film weitertransportiert. Bei einigen Projektoren wird der Film durch einen Greifer transportiert. Das untere Ende des Greifers ist exzentrisch auf einer sich gleichmäßig drehenden Scheibe befestigt; in der

Die Lichtquelle projiziert in Verbindung mit dem Objektiv ein Einzelbild des Filmes durch das Bildfenster auf eine Projektionswand. Die drei Flügel der Umlaufblende unterbrechen den Lichtkegel dreimal, wobei während der dritten Unterbrechung der Greifer den Film um einen Bildhub weiterrückt. Auf diese Weise werden 16 18 Bilder/Sekunde bei 48 54 Helldunkel-Wechseln projiziert, und das menschliche Auge sieht diese Einzelbilder flimmerfrei als Bewegung.

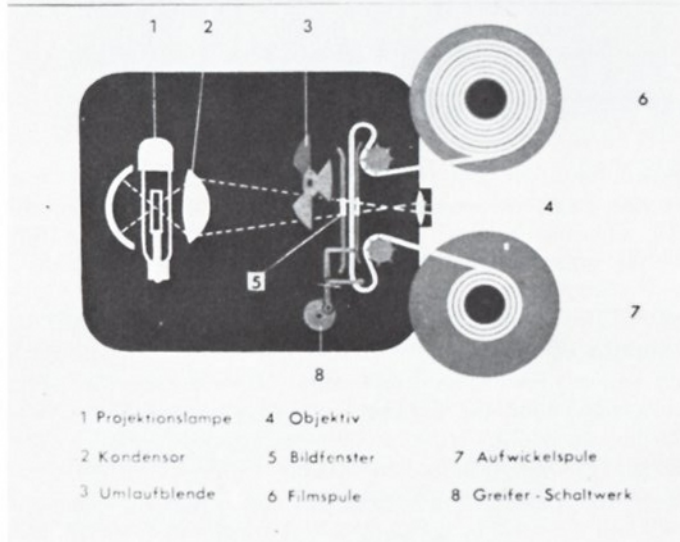


Abb. 4.16: Aufbau eines Schmalfilm-Projektors

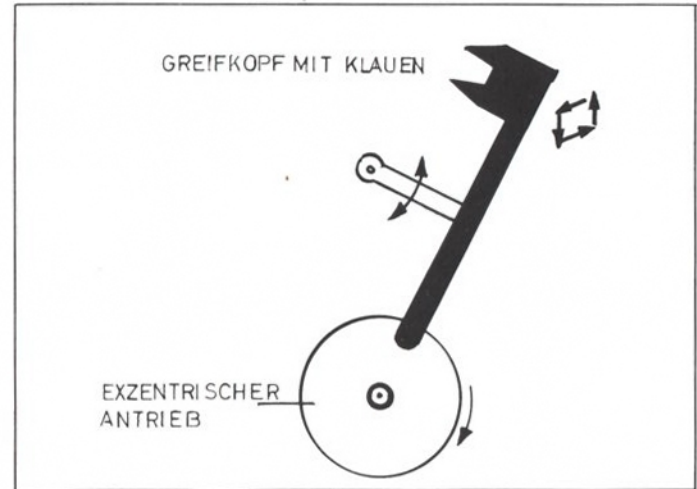


Abb. 4.17: Filmtransport durch Greifer; die Pfeile kennzeichnen den Bewegungsablauf

Andere Filmprojektoren transportieren den Film über ein Malteskrenz. Hier laufen das Kreuz und eine Zahntrommel, deren Zähne in die Filmperforation eingreifen, auf derselben Welle. Das Malteskrenz wird durch eine sich beständig drehende Scheibe, auf der ein Treiber sitzt, bewegt. Greift der Treiber in einen Schlitz des Kreuzes, dreht er es zusammen mit der Zahntrommel ruckartig weiter.

Rolff

Mitte ist der Greiferarm fest gelagert (Abb. 4.17). Die Klauen des Greiferkopfes greifen in die Filmperforation und ziehen bei jeder Umdrehung der Scheibe den Film um genau ein Bild nach unten.

5 Scheibenwischer

Sachinformation

Scheibenwischer an Automobilen reinigen die Windschutzscheibe, indem die Wischerblätter schwingend über die Scheibe streichen. Ein Elektromotor erzeugt eine kreisförmige Antriebsbewegung. Durch ein Getriebe wird die Bewegung auf die Wischerarme übertragen. Die Funktion des Getriebes besteht darin, die Rotationsbewegung des Motors in die schwingende Arbeitsbewegung der Wischer umzuwandeln. Der bei Scheibenwischern in der Regel eingesetzte Getriebetyp ist die Kurbelschwinge.

Die *Kurbelschwinge* ist eine einfache und zugleich wichtige Form aus der Gruppe der Koppelgetriebe¹. Grundlage aller Koppelgetriebe ist die Viergelenkkette. Dabei handelt es sich um vier starre Glieder, die durch vier Drehgelenke zu einer geschlossenen „Kette“ verbunden sind. Die Viergelenkkette besitzt im Vergleich zur Drei- und zur Fünfgelenkkette technisch bemerkenswerte Bewegungseigenschaften: Werden nur drei Glieder miteinander verbunden, erhält man ein Gelenkdreieck, das trotz seiner gelenkigen Verbindungen starr und unverschieblich ist. Innerhalb der Fünfgelenkkette sind die einzelnen Glieder zwanglos gegeneinander beweglich. Die Viergelenkkette gestattet ebenfalls Verschiebungen ihrer Glieder. Legt man jedoch eines der Glieder fest, dann können die anderen nur ganz bestimmte Bewegungen ausführen (Zwangslauf). Diese Eigenschaft läßt sich technisch hervorragend nutzen. Welche Bewegungsmöglichkeiten in einer Viergelenkkette gegeben sind, hängt von den Längenverhältnissen zwischen den vier Gliedern ab und davon, welches Glied man festlegt. Im Fall der abgebildeten Kurbelschwinge (Abb. 5.1) ist das unterste Glied (d)

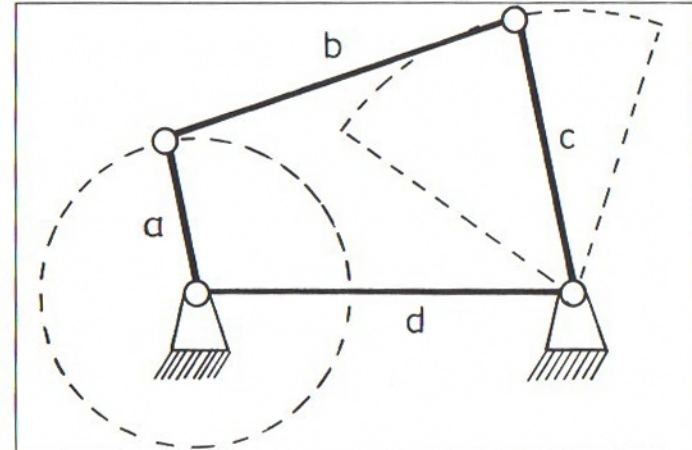


Abb. 5.1: Schema der Kurbelschwinge

ortsfest. Damit eine Drehung in eine Schwingbewegung umgeformt wird, müssen folgende Beziehungen bestehen:

Kürzestes und längstes Glied zusammen sind kleiner als die beiden restlichen Glieder zusammen. (Lehrsatz nach Grasshof)

Bezeichnungen und Bewegungsmöglichkeiten der Glieder:

- Kurbel (a) = kleinstes Glied, voll drehfähig
- Koppel (b) = Übertragungsglied, Verbindung von Kurbel und Schwinge
- Schwinge (c) = der Kurbel gegenüberliegendes Glied, schwingfähig
- Gestell (d) = feststehendes Glied

Die Grenzen des von der Schwinge bestrichenen Feldes bestimmen die sogenannten Umkehr- oder Totlagen. Diese Grenzlagen der Schwinge werden durch die Streck- und die Decklage von Kurbel und Koppel bestimmt: Wenn Kurbel und Koppel eine gerade Linie bilden (Strecklage - Abb. 5.2), hat die Schwinge ihre äußere Bewegungsgrenze erreicht.

¹ Andere Bezeichnungen dafür sind: Kurbelgetriebe, Hebelgetriebe, Lenkergetriebe.

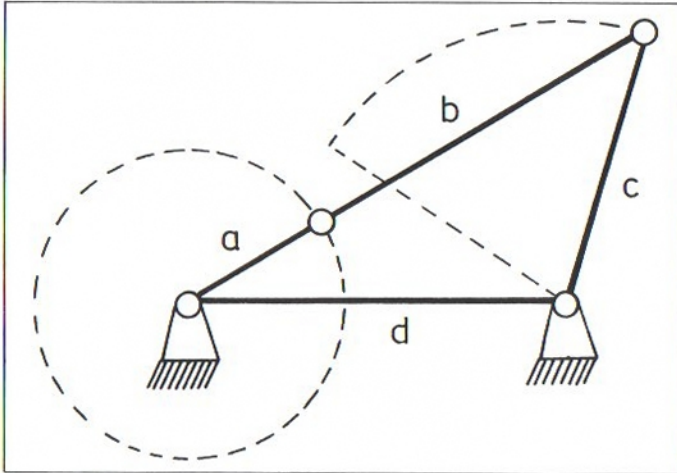
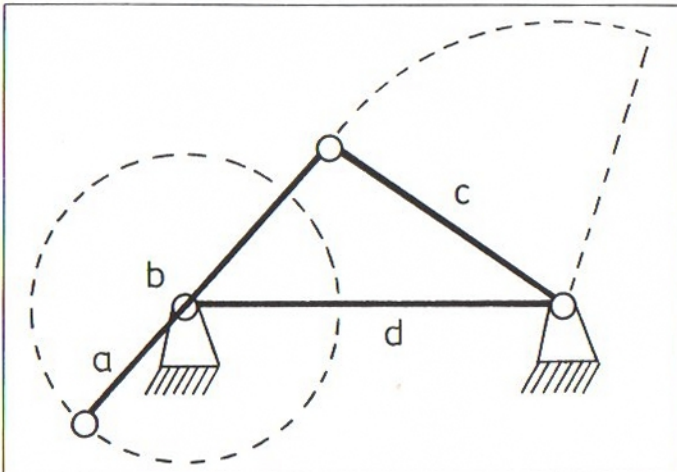


Abb. 5.2: Strecklage

Abb. 5.3: Decklage



Überdecken sich Kurbel und Koppel (Decklage - Abb. 5.3), befindet sich die Schwinge an ihrer inneren Bewegungsgrenze. Der Schwingwinkel zwischen den Umkehrlagen ist abhängig von der Kurbellänge.

Literatur

Stührmann, Heinz-Jürgen / Wessels, Bodo: Lehrerhandbuch für den Technischen Werkunterricht, Bd. 1, Weinheim 1970
 Volmer, Johannes (Hrsg.): Getriebetechnik, 2. Aufl., Berlin (Ost) 1972

Didaktische Gesichtspunkte

Der Unterricht umfaßt drei Abschnitte; in jedem kommt ein anderes Medium spezifisch zur Geltung:

1. Konstruieren einer Kurbelschwinge aus Pappstreifen (geometrisches Prinzipmodell)
2. Konstruieren eines Scheibenwischermodells mit Baukastenteilen (Funktionsmodell)
3. Untersuchen von Autoscheibenwischer und Nähmaschinenantrieb (Originalgegenstände)

Von einer Blackbox-Aufgabe her entwickeln die Schüler zunächst mit Pappstreifen die zwangsläufige Bewegung der Kurbelschwinge. Sie transformieren in dem Flachmodell die drehende Antriebsbewegung in eine schwingende Abtriebsbewegung. Das Material Pappe ist leicht zu handhaben, läßt rasche Veränderungen zu und ist deshalb gut geeignet, um das geometrisch-technische Prinzip der Kurbelschwinge zu erarbeiten. Auf diesem Wege wird Schülern die Grashofsche Regel am ehesten deutlich.

Der Bau eines Scheibenwischers aus Baukastenelementen fordert die Übertragung des am Flachmodell erkannten Prinzips in den Raum. Dabei ergeben sich zusätzliche Probleme und Konstruktionsmöglichkeiten, die noch ein Stück weiter an die Funktionsweise originaler Wischer heranführen.

Auf der dritten Stufe, dem Realbezug, erfolgt die Untersuchung des technischen Originals. Im originalen Scheibenwischer sehen die Schüler ihre Nacherfindungen bestätigt. Neben den Parallelen zu den Eigenkonstruktionen werden auch Unterschiede und neue Details sichtbar, die erklärt werden müssen. – In einem Transferakt sollen die Schüler abschließend die Umkehrung der Kurbelschwinge im Fußantrieb der Nähmaschine wiedererkennen.

Lernziele

Konstruieren eines Getriebes, das eine Drehbewegung in eine Schwingbewegung umformt

Erkennen der in der Viergelenkkette geltenden Längenbeziehungen (Lehrsatz nach Grashof)

Konstruieren eines funktionsfähigen Scheibenwischermodells aus Baukastenteilen

Entdecken von Möglichkeiten zur Beeinflussung des Ausschlagwinkels der Schwinge (Wischbereich)

Bestimmen der Elemente eines Scheibenwischers und Beschreiben des Funktionszusammenhangs

Wiedererkennen des Kurbelschwingenprinzips an der Nähmaschine mit Fußantrieb

Begriffe: Kurbel, Koppel, Schwinge, Gestell, Wischerarm, Wischerblatt, Schwingwinkel, Totlage, Gleichlaufwischer, Gegenlaufwischer, Viergelenkkette

Aufgabenstellung 1

Im vorbereitenden Unterrichtsgespräch über den Autoscheibenwischer beschreiben die Schüler die charakteristische Schwingbewegung der Wischer. Es wird außerdem herausgestellt, daß als Antrieb ein Elektromotor dient, der eine drehende Bewegung erzeugt. Damit stellt sich die Frage, wie aus der Drehbewegung des Motors die Schwingbewegung der Wischer entsteht. Eine im Verlauf des Gesprächs hergestellte Tafelzeichnung verdeutlicht das Problem (Abb. 5.4). Die Lösung wird mit Hilfe der Pappstreifenme-

chanik gesucht: Die Schüler befestigen auf einer Weichfaserplatte mit Breitkopfnägeln eine runde Pappscheibe (Antrieb)¹ und in einer bestimmten Entfernung schwingfähig einen Pappstreifen (Wischer).

Auftrag:

Übertrage die Bewegung des Antriebsrades auf den Wischer. Benutze einen Pappstreifen für das Übertragungsglied und Musterklammern für die Gelenke. Der Wischer soll hin- und herschwingen, wenn das Antriebsrad in einer Richtung voll herumgedreht wird.

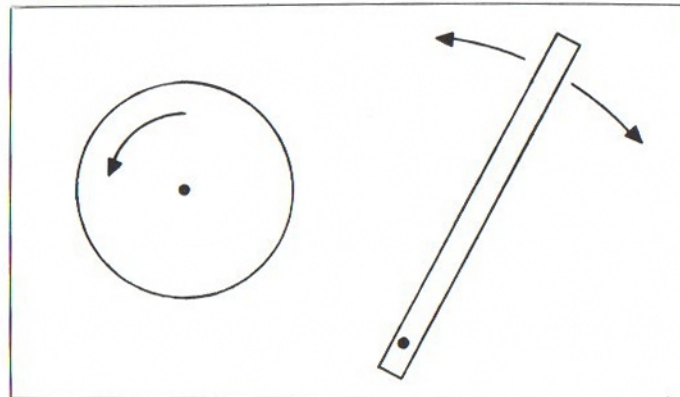


Abb. 5.4: Problemstellung: Wenn die Kreisscheibe sich dreht, soll der Streifen hin und her schwingen

Unterrichtsdurchführung 1

Material und Werkzeug: Weichfaserplatte, Pappscheibe (Bierdeckel), Pappstreifen, Breitkopfnägel, Musterklammern, Schere, Vorstecher, Maßstab

¹ Es wird nicht ein Streifen (Lenker), sondern eine Kreisscheibe genommen, weil sich mit ihr besser die Vorstellung der Drehung verbindet.

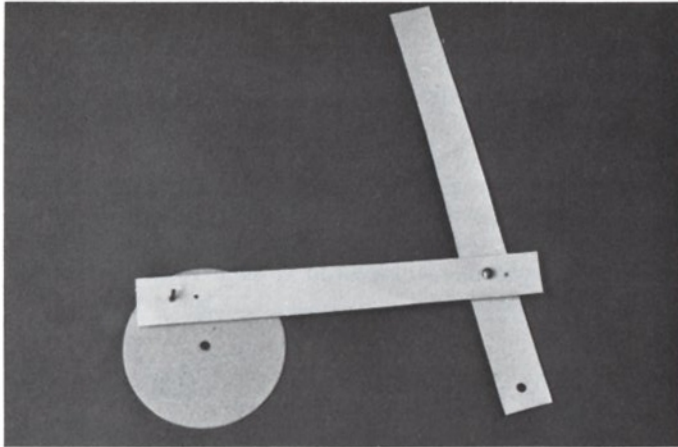
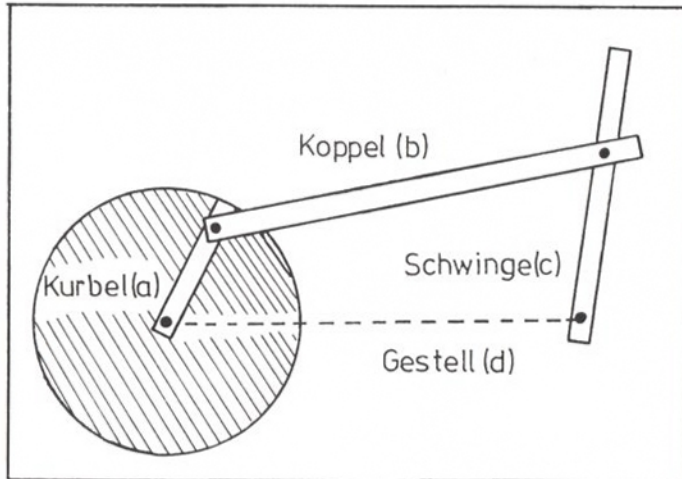


Abb. 5.5: Prinzipmodell der Kurbelschwinge

Abb. 5.6: Die Teile der Kurbelschwinge



Durch Probieren lösen die Schüler das Problem der Bewegungsumwandlung. Sie müssen dazu an Rad und Wischer die Gelenkpunkte für die Befestigung der Koppel und weiter die Koppellänge so wählen, daß sie unbewußt die Grashof'sche Regel treffen. Meist finden einige Schüler durch Zufall die richtigen Verhältnisse gleich beim ersten Versuch. Andere müssen die Abstände mehrmals verändern, um die Lösung zu erhalten (Abb. 5.5). Beim Vorführen der Modelle und beim Erfahrungsaustausch wird allen Schülern deutlich, daß die Entfernungen zwischen den Gelenken nicht beliebig sind, sondern daß offenbar Gesetzmäßigkeiten gelten.

An Hand der Schülerarbeiten werden die Fachbezeichnungen für die Einzelteile des Getriebes eingeführt (Abb. 5.6). Zuvor wird geklärt, daß am Antrieb nicht unbedingt ein volles Rad nötig ist. Bis auf einen Streifen kann das Material weggeschnitten werden (Schraffiertes).

Im Anschluß an die probierende Erarbeitung der Kurbelschwinge sollen ihre Gesetzmäßigkeiten erkundet werden.

Dabei ist nach unseren Erfahrungen ein kanalisiertes Vorgehen angebracht, weil viele Schüler ohne gewichtige Vorgaben nicht zum Ziel gelangen. Als gangbarer Weg hat sich erwiesen, von den Schülern drei Viergelenkketten mit unterschiedlichen Längenverhältnissen bauen zu lassen:

1. Kurbel und Koppel als kleinstes und größtes Glied sind zusammen ebenso lang wie Schwinge und Gestell zusammen. ($a + b = c + d$)
2. Kurbel und Koppel zusammen sind länger als die übrigen Glieder. ($a + b > c + d$)
3. Kurbel und Koppel zusammen sind kürzer als die übrigen Glieder. ($a + b < c + d$)

Für diese Aufgabe erhält jeder Schüler neues Material und zwar jetzt für alle Getriebeglieder Pappstreifen und als Gelenke Musterklammern (Abb. 5.7). Die drei Gelenkketten werden wie Kurbelschwinge betätigt, und es werden ihre Bewegungsmöglichkeiten ermittelt.

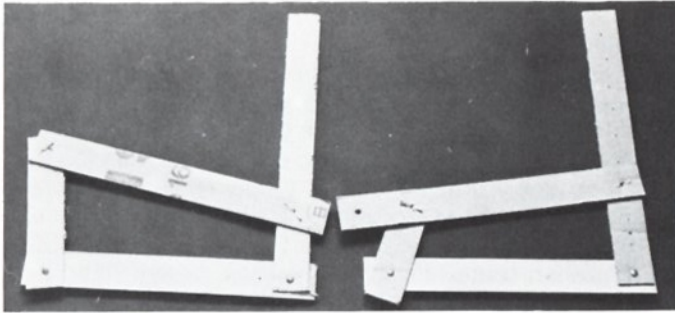


Abb. 5.7: Erarbeitung der Längenverhältnisse mit Hilfe von Pappstreifen

Die Beobachtungen ergeben: Im ersten Fall erhält man eine laufunsichere, durchschlagende Kurbelschwinge. Das zweite Getriebe ist keine Kurbelschwinge. Antrieb und Abtrieb sind gleichermaßen nur schwingfähig. Erst im dritten Modell liegt eine funktionstüchtige Kurbelschwinge vor. Der Lehrer bestätigt, daß die hier verwirklichten Beziehungen für jede Kurbelschwinge gelten. An den Modellen, die anfangs auf der Dämmplatte entstanden sind, wird die Richtigkeit dieses Befundes nachgeprüft.

Aufgabenstellung 2

Nach der intensiven Vorarbeit wird jetzt folgender Auftrag gegeben:

Baue ein Scheibenwischergetriebe aus Baukastenteilen!
Zusatzbedingungen, die nach den Gegebenheiten gleich oder im Verlauf des Unterrichts gestellt werden können:

1. *Vergrößere den Wischbereich auf einen Winkel von mindestens 90°.*
2. *Erweitere dein Getriebe um einen zweiten Wischerarm, der parallel oder entgegengesetzt zum ersten schwingt.*

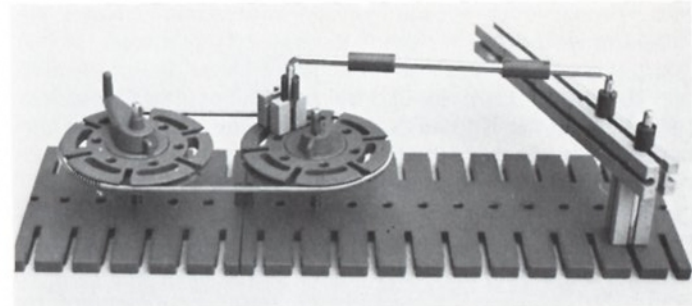
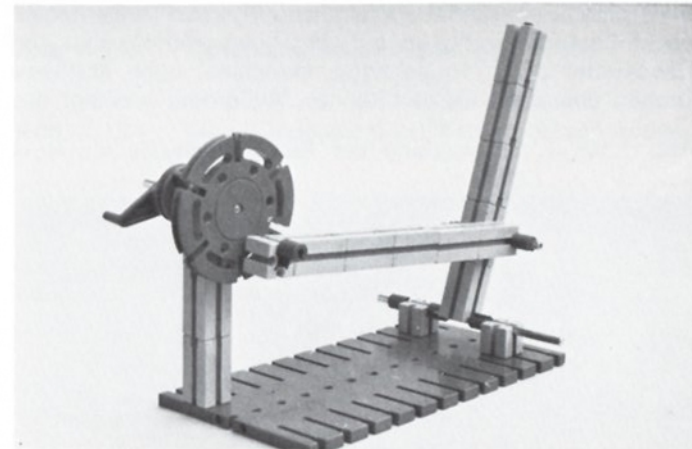


Abb. 5.8: Horizontal arbeitendes Scheibenwischermodell

Abb. 5.9: Verwendung der Drehscheibe als Kurbelarm



Unterrichtsdurchführung 2

Material: u-t 1, einige u-t 2

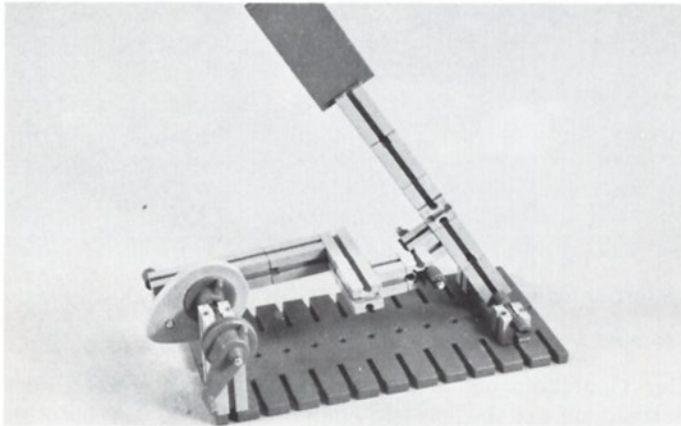
Das Getriebe kann in die Horizontale gelegt werden oder vertikal auf der Grundplatte aufgebaut werden. Die horizon-

tale Lösung bereitet weniger Schwierigkeiten (Nähe zur Pappstreifenmechanik, Abb. 5.8). Der Zugmitteltrieb ist hier nötig, um den Scheibenwischer mit der Handkurbel antreiben zu können. Eine Handkurbel auf der rechten Drehscheibe würde mit der Koppel zusammenstoßen. Die Schüler versuchen allerdings häufiger Vertikallösungen und kommen damit der Anordnung in Autoscheibenwischern näher.

Zur Darstellung des Kurbelarms nehmen Schüler meist die Drehscheibe (Abb. 5.9), manchmal mit daraufgesetzten Bausteinen, oder die Exzentrerscheibe (Abb. 5.10). Die Abb. 10 bringt die Anstrengung dieses Schülers zum Ausdruck, für die Koppel das richtige Maß zu finden. Er mußte ihre Länge mehrfach verändern, bis das Getriebe einwandfrei arbeitete.

Bei der Überprüfung der Modelle ist es vorteilhaft, einen Elektromotor als Antrieb zu benutzen (Abb. 5.11). Der Motor deckt Laufunsicherheiten auf, die beim Antrieb über die Handkurbel durch vorsichtiges, manchmal auch kräftiges Drehen überspielt werden können. Außerdem erzwingt der

Abb. 5.10: Verwendung der Exzentrerscheibe als Kurbelarm

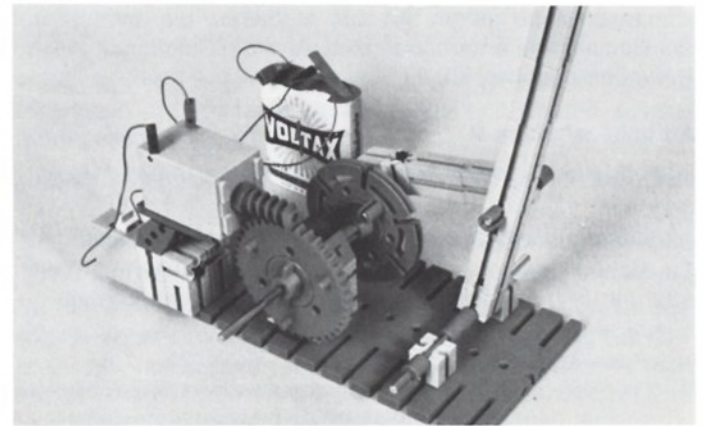


Motor eine solide Konstruktion, die längerer Belastung standhält.

In der ersten Zusatzaufgabe wird ein Schwingwinkel von 90° gefordert. Ob er erreicht ist, läßt sich am arbeitenden Getriebe leicht abschätzen. Bei ihren Bemühungen um die Vergrößerung des Wischfeldes finden die Schüler, daß die Verlängerung des Kurbelarms zum Erfolg führt. Eine solche Veränderung erlauben Modelle mit Drehscheibe und Steinen als Kurbel. Konstruktionen mit der Exzentrerscheibe als Kurbel schließen diese Möglichkeit aus. In diesem Fall bringt die Verkürzung der Schwinge das gewünschte Ergebnis. Die Schüler erfahren bei dieser Gelegenheit noch einmal, daß bei einem Verlassen der erforderlichen Längenverhältnisse das Getriebe funktionsunfähig wird.

Auf Abb. 5.12 ist die um einen zweiten Wischer erweiterte Konstruktion der Abb. 5.8 zu sehen. Ein Verbindungsglied bringt den zusätzlichen Arm zum parallelen Mitschwingen (Gleichlaufsystem). Mit dem Modell der Abb. 5.13 hat sich dieser Schüler noch einen weiteren Schritt der technischen

Abb. 5.11: Durch Motor angetriebenes Modell



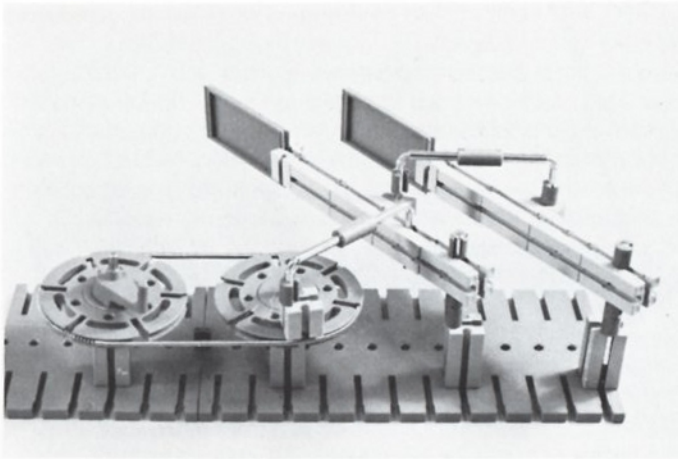


Abb. 5.12: Modell mit zwei Wischern

Abb. 5.13: Scheibenwischer: Gleichlaufsystem

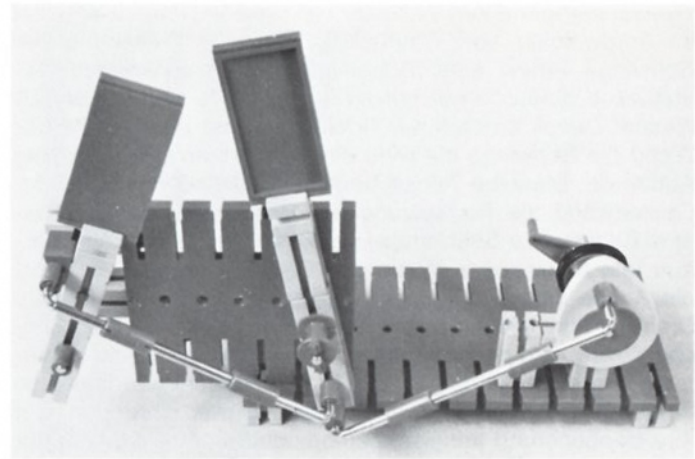
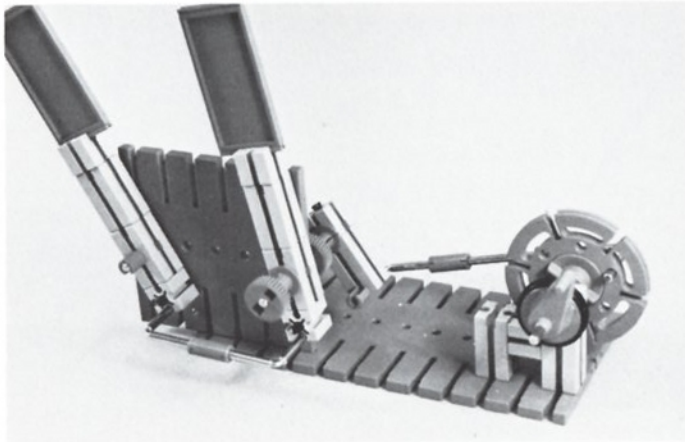
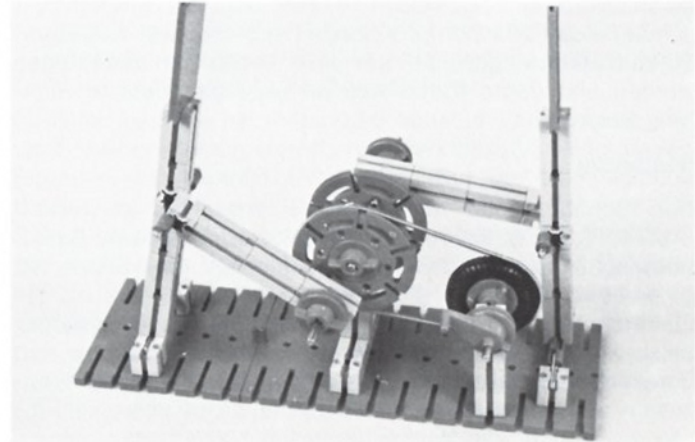


Abb. 5.14: Scheibenwischer: Gegenlaufsystem

Abb. 5.15: Gegenlaufsystem mit Antrieb zwischen den Wischern



Wirklichkeit genähert: Er baute ein Konstruktionsdetail, das im Autowischer von Wichtigkeit ist – die Bewegung der Schwinge mittels einer Achse durch eine senkrechte Gestellwand hindurch auf den Wischerarm zu übertragen. Zu diesem Zweck brachte der Schüler auf der einen Seite der Wand die Schwinge mit Hilfe einer Seiltrommel fest auf der Achse an. Dieselbe Achse trägt auf der anderen Seite der Gestellwand als Fortsetzung der Schwinge den Wischerarm. Eine zweite Seiltrommel verbindet Achse und Wischerarm fest miteinander. Wenn das Getriebe arbeitet, vollführt die Achse dem Schwingwinkel entsprechend eine partielle Drehung abwechselnd links und rechts herum. Auf die gleiche Weise wird beim originalen Scheibenwischer die Bewegung durch die Karosserie geführt. Da Schüler die teilweise drehende Achse am Original meist schwer erkennen, bot ihre Beobachtung am Baukastenmodell eine große Hilfe für die anschließende Analyse des Originals.

Greift das Verbindungsglied an dem einen Wischer oberhalb des Gelenks Schwinge-Gestell an und beim anderen Wischer unterhalb dieses Gelenks, dann bewegen sich die Wischer gegenläufig (Abb. 5.14). Eine andere Version des Gegenlaufsystems zeigt Abb. 5.15. Hier liegt der Antrieb zwischen beiden Wischern. Es handelt sich um zwei vollständige Kurbelschwingen, die von einer Welle her angetrieben werden und deren Kurbelarme in entgegengesetzte Richtung zeigen.

Realbezug

Den Schülern wird ein Autoscheibenwischer vorgestellt (Abb. 5.16, 5.17). Bei Autoverwertungsbetrieben sind Scheibenwischer für wenig Geld zu bekommen. Sie können mit einer oder zwei 4,5 V-Flachbatterien, je nachdem ob der Elektromotor für 6 oder 12 Volt ausgelegt ist, in Gang gesetzt werden. Wenn das Getriebe arbeitet, fällt es den Schülern nicht schwer, die Einzelteile und deren Funktionszusammenhang wiederzuerkennen und zu erklären. Daß ihnen der Schritt vom Baukastenmodell zum Original gelang,

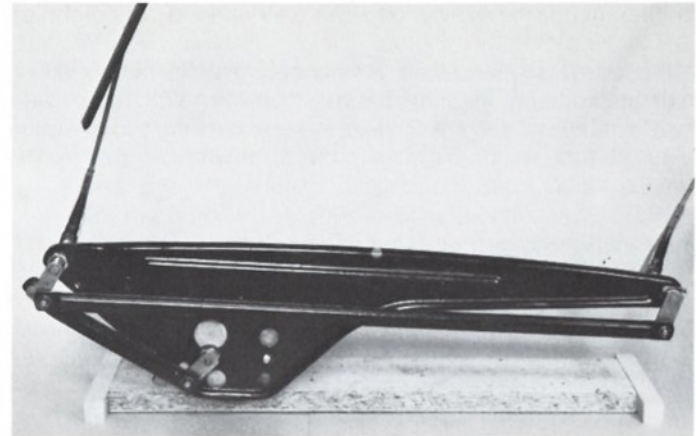
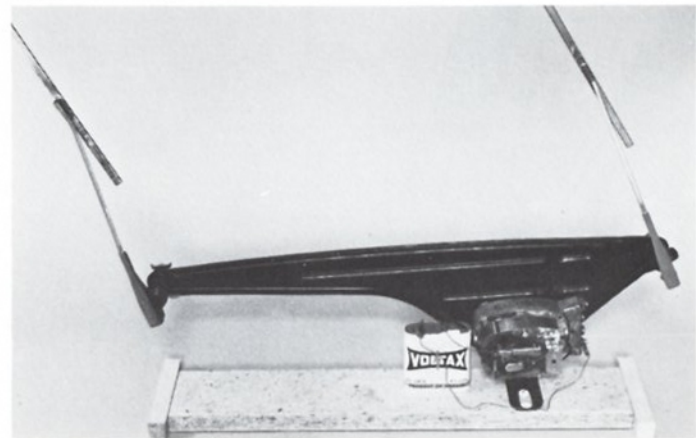


Abb. 5.16: Scheibenwischer aus einem VW

Abb. 5.17: Rückseite mit Motor



zeigten deutlich Zeichnungen des Getriebes, die die Schüler als Hausarbeiten anfertigten. Da die Arbeiten nach Skizzen bzw. aus dem Gedächtnis entstanden, wurde oft die Übereinstimmung mit dem Original nicht ganz erreicht. Doch waren Glieder und Gelenke zumeist so angeordnet, daß sie in dieser Form funktionsfähig gewesen wären (Abb. 5.18).

Über die Entsprechungen zu den Baukastenmodellen hinaus gibt es an dem Original Abweichungen und eine Reihe neuer Sachverhalte zu entdecken:

- Gestell und Koppeln sind aus Stahlblech gestanzt. Eine Profilierung gibt ihnen die nötige Steifheit.
- Die Wischerblätter sind am Wischerarm in einem Winkel von ca. 30° angebracht. Dadurch können die Blätter in Ruhestellung (untere Endstellung) waagrecht liegen. Das wäre nicht möglich, stünden sie in einer Linie mit den Wischerarmen, da sich die Wischerachse unterhalb des Fensterrahmens befindet.
- Die Wischerarme können zurückgeklappt werden. In Arbeitsstellung drückt eine Feder sie gegen die Scheibe.

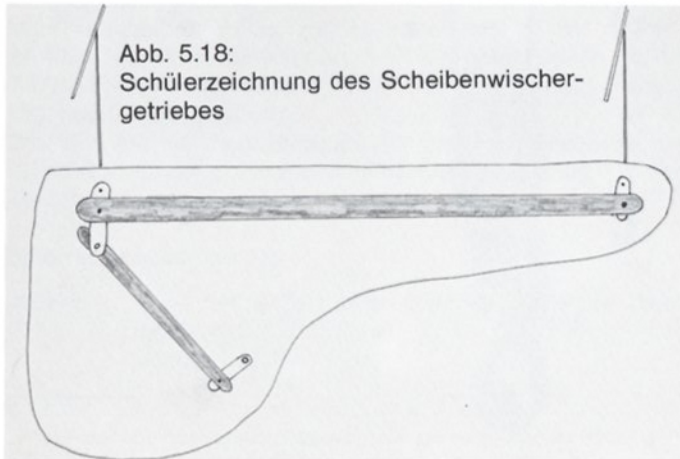


Abb. 5.18:
Schülerzeichnung des Scheibenwischer-
getriebes



Abb. 5.19:
Nähmaschinen-
antrieb

- Zwischen E-Motor und Kurbel ist ein starkes Untersetzungsgetriebe geschaltet. Es verringert die Drehzahl des Motors und erhöht das Drehmoment.

Die Nähmaschine mit Fußantrieb bietet die Möglichkeit, die am Scheibenwischer erworbenen Kenntnisse in einer neuen Situation anzuwenden (Abb. 5.19). Bei der Nähmaschine handelt es sich um eine Kurbelschwinge, die an der Schwinge angetrieben wird. Die Umkehrung des Kraftflusses macht eine Vorrichtung zur Überwindung der Totlagen nötig. Diesem Zweck dient das schwere, gußeiserne Schwungrad.

Die gleiche Version der Kurbelschwinge ist auch in jedem Hand- oder Fußkurbelantrieb zu finden, indem man Unterarm bzw. Unterschenkel als Koppel und Oberarm bzw. Oberschenkel als Schwinge auffaßt.

6 Aufwickelmaschine

Sachinformation

Beim Aufspulen (Aufwickeln) von Fäden muß dafür gesorgt werden, daß der Faden in dichten und gleichmäßigen Schichten aufgewickelt wird. Zu diesem Zweck haben Spulmaschinen und Aufwickelvorrichtungen (z. B. elektrische Seilwinden, Nähmaschinen alter Bauart) einen *Fadenführer*, der den Faden beim Aufspulen gleichmäßig hin- und herbewegt. Bei der *Parallelwicklung* bewegt sich der Fadenführer bei einer Umdrehung der Spule um eine Fadendicke seitwärts weiter (vgl. Abb. 6.12); eine wesentlich schnellere Bewegung ist bei der *Kreuzwicklung* erforderlich, weil dabei der Faden kreuzweise auf der Spule aufgewickelt wird (vgl. Abb. 6.10).

Derartige Aufwickelvorrichtungen sind für das Aufspulen von Fäden und Drähten unentbehrlich. Auch bei elektrischen *Seilwinden* (z. B. Förderanlagen im Bergbau, Kräne, Seilbahnen) sind ähnliche Vorrichtungen erforderlich: Diese Winden müssen eine vorschriftsmäßig mit Rillen versehene Seiltrommel haben, bei der nur eine einzige Wicklungsschicht erlaubt ist. Für das einwandfreie Auf- und Abwickeln des Drahtseils sorgt ein *Seilführungsring* (Abb. 6.1), aus dessen Seilfenster (Längsschlitz) das Seil austritt. Wenn sich die Seiltrommel dreht, wird der Seilführungsring wie die Mutter auf einer Schraube in den Rillen der Trommel axial hin- und hergeführt. Ein Anschlag verhindert ein Mitdrehen des Führungsringes.

Der Seilführungsring hat noch zwei weitere wichtige Funktionen: Er sorgt dafür, daß auch bei schlaffem Seil (z. B. wenn die Last aufliegt) das Seil fest auf der Trommel liegen bleibt. Weiterhin betätigt er in den Endpositionen einen Schalter (Endlagenschalter), der den Hubmotor bei höchster und tiefster Stellung des Lasthakens ausschaltet.

Didaktische Gesichtspunkte

Bei diesem Thema ist die Konstruktion der Fadenführung das zentrale technische Problem. Dabei ist die Antriebskraft (Handkurbel) in zwei einzelne Bewegungen (Drehung der Leerspule und Fadenführung) aufzuteilen, die miteinander

Abb. 6.1: Elektro-Seilzug mit Seilführungsring (R. Stahl, Stuttgart)



koordiniert werden müssen. Außerdem ist eine Übersetzung ins Schnellere (schnelle Drehung der Leerspule) zu konstruieren, die von früher gebauten Modellen bekannt ist¹.

Lernziele

Die Schüler sollen

- eine einfache Aufwickelmaschine konstruieren können, die den Faden in gleichmäßigen Schichten aufspult.
- imstande sein, die Übersetzungsverhältnisse an ihrer Maschine (für Leerspule und Fadenführer) auszurechnen.
- folgende Begriffe verstehen und richtig anwenden: Aufwickelmaschine, Spule, Leerspule, Fadenführer, Seilführungsring, Parallelwicklung, Kreuzwicklung; Wiederholung der Begriffe: Übersetzung ins Schnellere und ins Langsamere, Untersetzung.

Aufgabenstellung

Die Schüler erhalten jeweils eine leere und eine volle Garnrolle. Ihnen wird demonstriert, wie sie mit zwei Spannzangen (vom Kegelnrad oder vom kleinen Zahnrad mit 10 Zähnen) die leere Garnrolle (Leerspule) auf einer großen Achse (110 mm) verkeilen können (Abb. 6.2). Sie erhalten dann folgenden Arbeitsauftrag:

Baut eine Aufwickelmaschine, mit der ihr einen Faden (von der vollen Garnspule) schnell und möglichst gleichmäßig auf eine Leerspule aufwickeln könnt (Umspulen).

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, leere Garnrollen (oder dünne Papphülsen oder Kunststoffrohre), volle Garnrollen oder -spulen, Gummiringe.

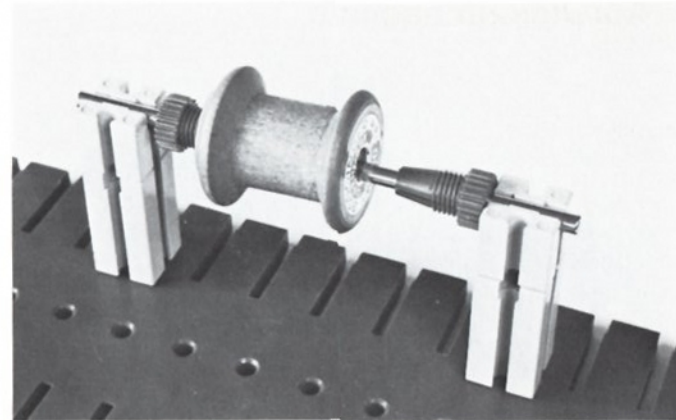


Abb. 6.2: Verkeilen von Leerspule und Achse

Die Konstruktion einer Aufwickelmaschine ist für die Schüler ein reizvolles Problem mit angemessenem Schwierigkeitsgrad. Die Befestigung der Leerspule auf einer Achse sollte aus Gründen der Zeitersparnis vom Lehrer vorgegeben werden (siehe Aufgabenstellung).

Die Hauptschwierigkeit der Schüler besteht darin, den Faden über die volle Breite der Leerspule zu führen. Einige haben diese Schwierigkeit dadurch bewältigt, daß sie gleich zwei Exzentrerscheiben miteinander verbunden haben (Abb. 6.7 und 6.8), um dem Fadenführer eine möglichst große Hin- und Herbewegung zu ermöglichen.

Eine besonders gute Lösung zeigt Abbildung 3; hier wurde die Aufgabe mit minimalem Aufwand gelöst: Das Übersetzungsverhältnis beträgt 1 : 3,2 (Ritzel mit 10 Zähnen : Tellerzahnkranz mit 32 Zähnen). Als Fadenführer dient eine Schubstange (Pleuelstange), die auf der glatten Fläche einer Bauplatte hin- und hergleitet (vgl. auch Abb. 6.4). Damit der Faden sicher geführt wird, läuft er durch den Schlitz ei-

¹ Vgl. Pfeiffer u. a. : Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr, Tümlingen und Braunschweig 1974

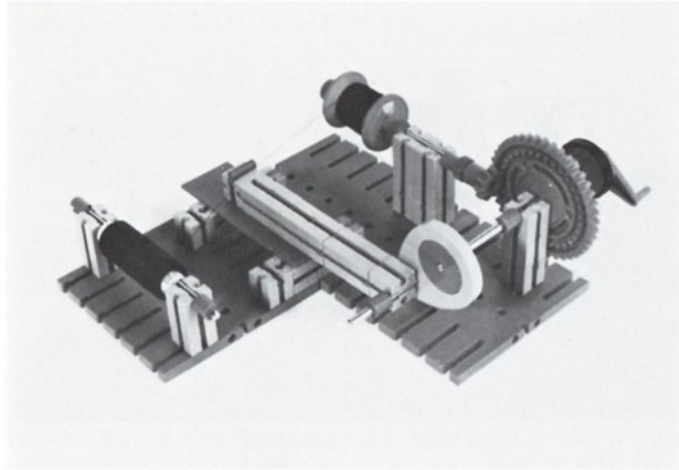


Abb. 6.3: Sehr gute Lösung bei minimalem Aufwand

Abb. 6.4: Schubkurbel als Fadenführer

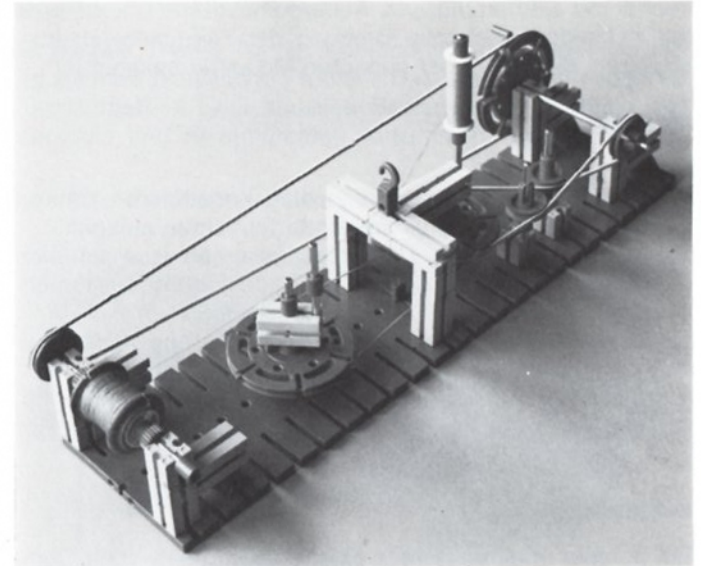
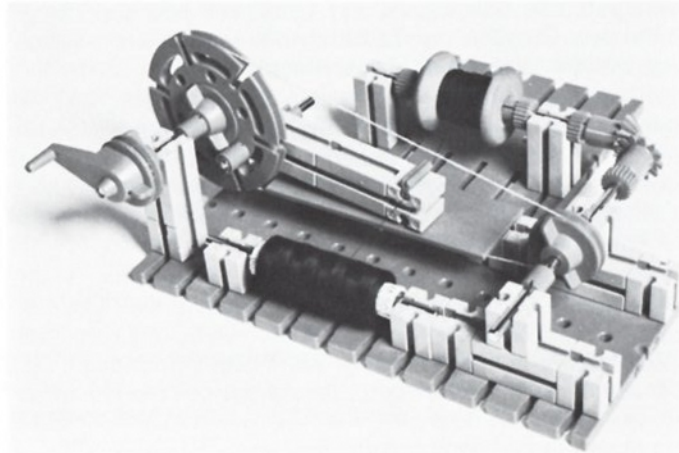


Abb. 6.5: Antrieb des Fadenführers mit Winkelriementrieb

nes Verbindungsstückes, das am Ende des Fadenführers sitzt (Abb. 6.3 und 6.4).

Abbildung 6.4 erfüllt ebenfalls die geforderten Bedingungen, arbeitet jedoch langsamer und ist aufwendiger konstruiert: Das Übersetzungsverhältnis (Zugmittelgetriebe) beträgt $1 : 2,7$ (Durchmesser der kleinen Nabe = 21 mm, der großen Drehscheibe = 56 mm). Die Drehbewegung der Antriebskurbel wird über ein Zugmittelgetriebe und zwei Kegelzahnräder auf die Garnrolle übertragen.

Das Modell auf Abbildung 6.5 arbeitet mit einem Zugmittelantrieb (Übersetzung ins Schnellere: $1 : 2,7$). Eine gleichmäßige Hin- und Herführung des Fadens erfolgt über einen exzentrisch angebrachten Stift (so auch in den Modellen 6.7

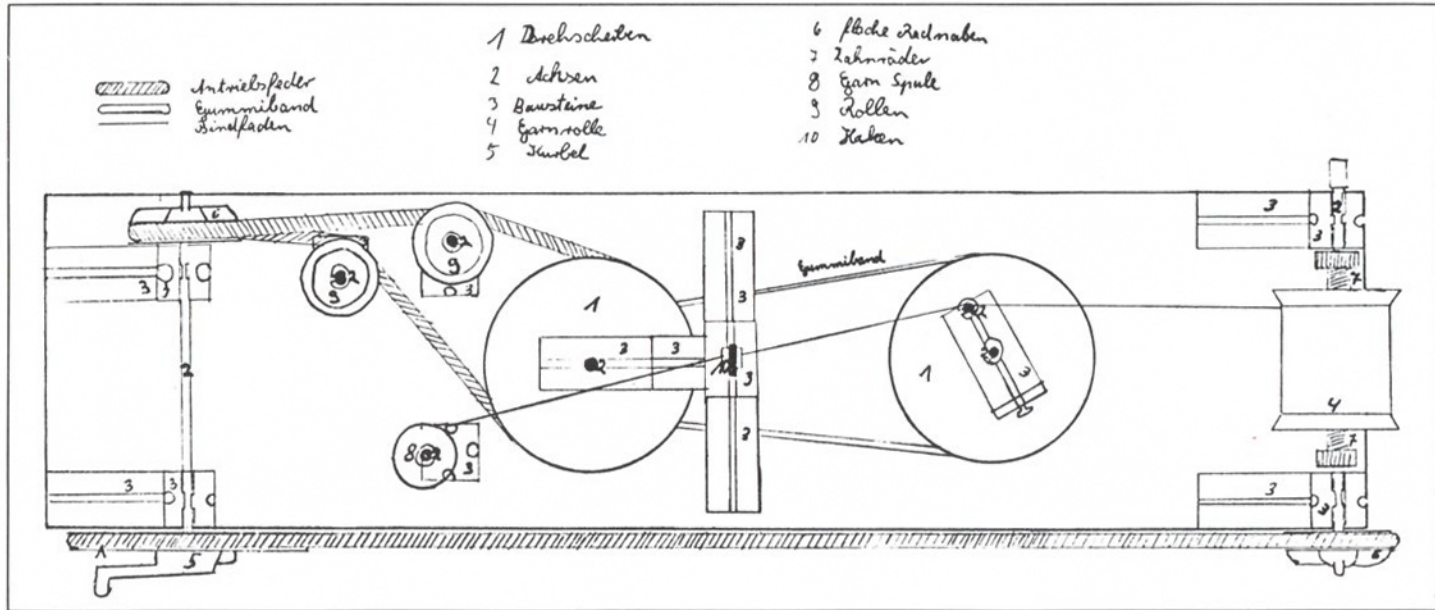


Abb. 6.6: Zeichnung der um 180° gedrehten Aufwickelmaschine 6.5

bis 6.9). Die Drehbewegung der Antriebskurbel auch für die Fadenführung nutzbar zu machen, ist das interessante, technische Konstruktionsproblem bei dieser Maschine. Die Schüler haben sich dafür verblüffend gute Konstruktionen einfallen lassen – ein Beweis für die didaktisch richtige Wahl des Themas.

Beim Modell 6.5 wird mit Hilfe eines Winkelriementriebs (Antriebsfeder aus dem u-t 1) die Drehbewegung der Antriebswelle (rechts im Bild) auf eine große Drehscheibe übertragen (Untersetzung 2,7:1). Unterhalb dieser Drehscheibe sitzt eine kleine Radnabe (im Bild nicht sichtbar), die die Drehbewegung auf eine zweite große Drehscheibe

(links im Bild) weiterleitet (ebenfalls eine Untersetzung 2,7:1). Berechnet man die Übersetzungsverhältnisse an dieser Maschine, kommt man zu folgenden Werten: Der Fadenführer (Stift mit zwei Klemmbuchsen) dreht sich etwa 7mal ($2,7 \times 2,7$) *langsamer* als die Antriebskurbel. Die Leerspule (links) dreht sich 2,7mal *schneller* als die Kurbel; somit bewegt sich der Fadenführer etwa 19mal ($7 \times 2,7$) langsamer als die Leerspule; dadurch liegen die Windungen des Fadens sehr dicht und gleichmäßig nebeneinander.

Die Schüler dieser Arbeitsgruppe hatten noch keine Unterweisung im Anfertigen technischer Zeichnungen erhalten; trotzdem gelang es ihnen, ihre Aufwickelmaschinen in ein-

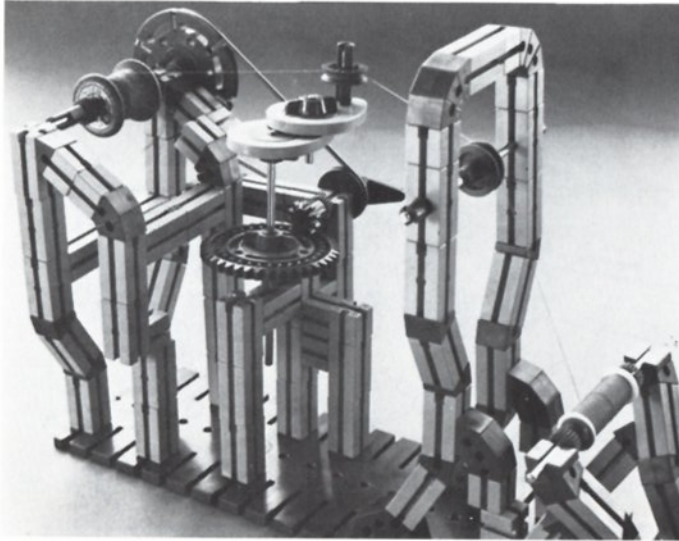


Abb. 6.7: Formschöne Maschine mit ungünstigen Übersetzungsverhältnissen

deutiger und übersichtlicher Form zeichnerisch darzustellen, wofür die Abbildung 6.6 ein Beispiel ist. Die Beschriftung der Einzelteile, die Unterscheidung verschiedener Zugmittel und die konsequente Beibehaltung einer einzigen Perspektive (Draufsicht) sind eine gute Leistung. Dagegen wurden nicht sichtbare Bauteile, wie z. B. die kleine Radnabe unter der linken Drehscheibe, noch nicht wiedergegeben.

Der Konstrukteur des Modells 6.7 hat viel Zeit und Konzentration auf eine formschöne Gestaltung des Gestells verwendet; die Übersetzungsverhältnisse sind dagegen nicht günstig; die Leerspule (links) dreht sich kaum schneller als der Fadenführer.

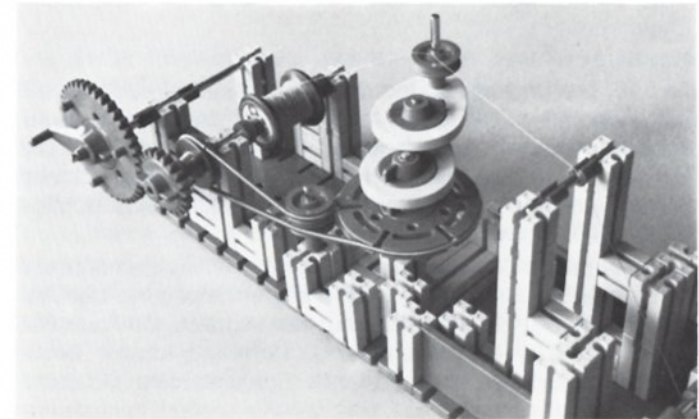
Etwas günstiger arbeitet das Modell auf Abbildung 6.8: Es enthält Konstruktionsprinzipien von Modell 6.5 (Winkelriementrieb) und von Modell 6.7 (Fadenführer auf Kurvenschei-

ben). Die Leerspule dreht sich doppelt so schnell wie die Kurbel; die große Drehscheibe mit dem Fadenführer dreht sich 2,7mal langsamer als die Leerspule. Es wäre zweckmäßiger gewesen, die Nabe neben dem kleinen Zahnrad (20 Z) auf die Antriebswelle neben das große Zahnrad zu setzen.

Beim nächsten Modell (Abb. 6.9) weicht die Fadenführung von den bisherigen Konstruktionsprinzipien ab: Damit sich der Fadenführer (Achse mit zwei Klemmbuchsen) vor der Leerspule hin- und herbewegt, ist aus großen Bausteinen ein Begrenzungspfeiler errichtet worden, an dem der Fadenführer entlanggleitet; auf diese Weise wird verhindert, daß der Fadenführer eine reine Kreisbewegung vollzieht. Da sich die Leerspule kaum schneller dreht als die Exzentrerscheibe mit dem Fadenführer (Exzentrerscheibe: Leerspule = 32 : 20 = 1,6 : 1; bei 1,6 Umdrehungen der Leerspule bewegt sich der Fadenführer einmal hin und einmal zurück), liegen die einzelnen Fadenwindungen nicht allzu eng beieinander.

Ein gänzlich anderes Funktionsprinzip ist dem Modell 6.10 zugrunde gelegt: Diese Aufwickelmaschine besitzt keinen

Abb. 6.8: Modell mit Konstruktionsprinzipien von Abb. 6.5 und 6.7



beweglichen Fadenführer. Auf Grund der schräg angeordneten Leerspule wird der Faden automatisch kreuzweise aufgewickelt. Dazu ist es notwendig, daß die Leerspule *fest* auf dem Lochstein sitzt. Ebenso muß die gesamte Halterung der Leerspule mit dem großen Zahnrad (40 Z) fest verbunden sein, um eine einwandfreie Funktion zu gewährleisten. Diese Möglichkeit, eine Achse fest mit einem Baustein zu verbinden, läßt sich mit dem fischertechniksystem nur unvollkommen lösen. Bei nicht zu großer Beanspruchung läßt sich die Achse mit Klemmbuchsen festklemmen (Abb. 6.10) oder mit Klebeband fixieren.

Abb. 6.9: Der Fadenführer vollzieht keine Kreisbewegung!

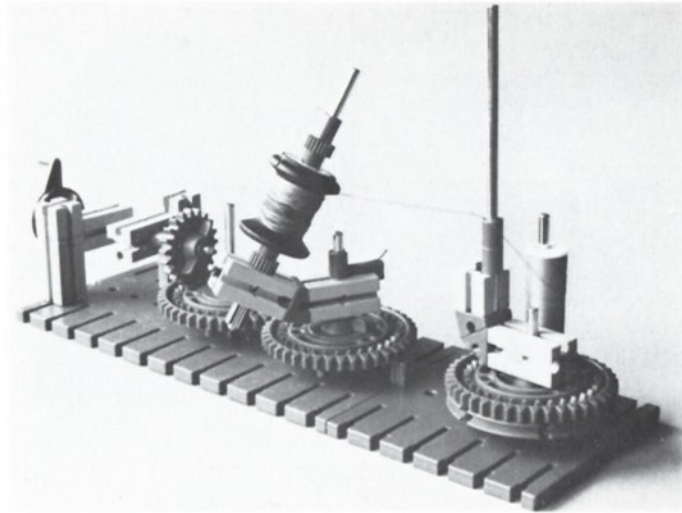
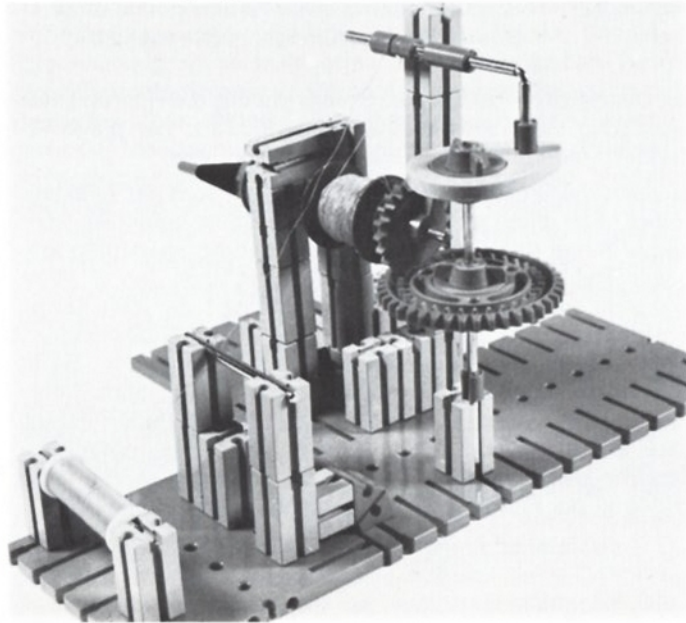


Abb. 6.10: Kreuzwicklung ohne beweglichen Fadenführer

Der Fadenführer auf Abbildung 6.11 wird durch eine Kurvenscheibe (Exzentrerscheibe, rechts vorn) gesteuert. Dieser Schüler hat damit ein anschauliches Beispiel für ein *Kurvengetriebe* gegeben (auch Abb. 6.12): In eine Richtung wird der Fadenführer durch die Kurvenscheibe gedrückt (nach links); die Rückbewegung erfolgt durch ein Gummiband. Angetrieben wird die Leerspule – ebenso wie bei Modell 6.3 – über ein Tellerzahnrad.

Realbezug

Ein Realbezug ist bei diesem Thema nur in wenigen Fällen möglich: Bei Elektro-Seilwinden mit Seilführungsring (Abb. 6.1), bei Spulvorrichtungen an Nähmaschinen alter Konstruktion (Abb. 6.12) oder bei Kurvengetrieben, sofern auf dieses technische Steuerungsprinzip bei diesem Thema eingegangen worden ist.

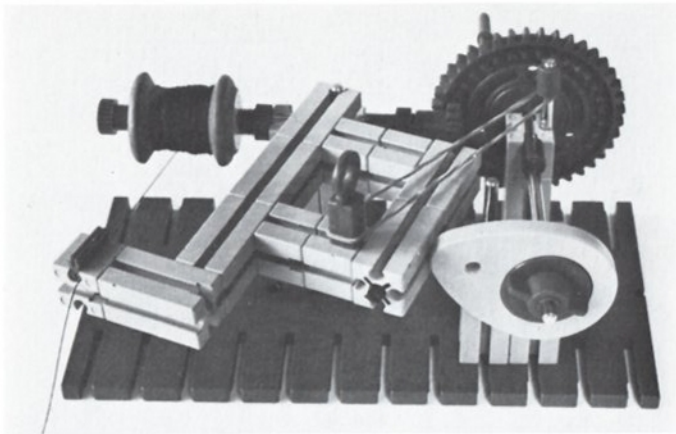


Abb. 6.11: Aufwickelmaschine mit Kurvengetriebe

Die Spulvorrichtung auf Abbildung 6.12 arbeitet wie folgt: Für den Spulvorgang wird das Reibrad an das Schwungrad der Nähmaschine herangedrückt. Die Reibrad-Welle dreht die Spule und treibt zugleich mit Hilfe der Schnecke (starke Untersetzung) das große Zahnrad und damit die Herzkurve

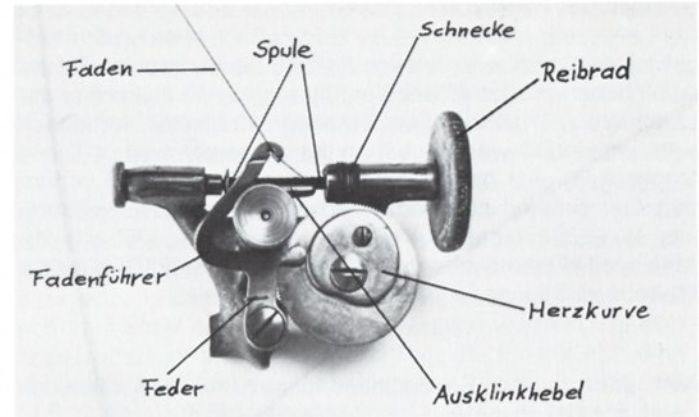


Abb. 6.12: Spulvorrichtung einer Nähmaschine alter Bauart mit herzförmiger Kurvenscheibe

an. Die herzförmige Kurvenscheibe steuert die Hin- und Herbewegung des abgewinkelten Fadenführers, der durch Federkraft gegen die Herzscheibe gedrückt wird.

Je mehr die Spule gefüllt ist, desto weiter wird der Ausklinkhebel nach unten gedrückt. Wenn die Spule gefüllt ist, sorgt dieser Hebel dafür, daß die Spulvorrichtung selbsttätig ausgeschaltet wird. Bei neueren Nähmaschinen (ab 2. Weltkrieg) ist dieses Prinzip der Fadenführung nicht mehr üblich. Stattdessen wird der Faden in 10 bis 30 cm Entfernung von der Leerspule zwischen zwei Metallscheiben geführt, die für eine bestimmte Fadenspannung sorgen. Bei solcher Entfernung ist der Faden-Winkel so spitz, daß der Faden nahezu parallel geführt wird; dadurch spult sich der gespannte Faden von selbst geordnet auf; dabei dient die jeweils letzte Windung als Führung für das anschließende Fadenstück.

Vollmers

7 Windräder

Sachinformation

Das Windrad ist wie das Wasserrad ein Mittel der Energiegewinnung für Landwirtschaft, Handwerk und Industrie. Als Turbine sind beide Räder zu neuer und unerlässlicher Bedeutung gekommen. Die Windturbine in Flugzeugmotoren verwandelt dabei den Wind nicht mehr in mechanische Energie, sondern saugt Luft an und verdichtet sie für den Verbrennungsvorgang. Die Wasserturbine arbeitet wie schon in früheren Zeiten, indem sie durch Wasserkraft angetrieben wird und Generatoren zur Stromgewinnung bewegt.

Da Windräder sehr rentabel arbeiten für den kleineren Energiebedarf, gewinnen sie immer wieder neues Interesse: Stromversorgung in entlegenen oder unwegsamen Gebieten, Wasserförderung in kleineren Mengen, Speisung von Bewässerungssystemen, Entwässerung feuchter Niederungen oder Moorlandschaften, also immer dort, wo eine stetige Niedrigleistung gebraucht wird, die auch einmal ausfallen kann, ist das Windrad noch heute von Bedeutung: Windpumpen im Orient, Windgeneratoren für einsame Niederlassungen in Amerika, Australien und Rußland, Windpumpen zur Entwässerung und Bewässerung in Europa, Versorgung von Seesignalen und UHF-Relais-Stationen mit elektrischer Energie. In Deutschland findet man sie ganz vereinzelt noch im Norden zur Entwässerung feuchter Niederungen. In Stötten (Süddeutschland) befindet sich ein Versuchsfeld für Drehstrom-Windkraftanlagen, die 100 kW Leistung erbringen. Die Blütezeit der Windräder war vom Mittelalter bis ins 18. und 19. Jahrhundert. Aber auch Zeugnisse des Altertums gibt es: In Ägypten verwendete um 110 Heron aus Alexandria ein Windrad als Antrieb für die Luftpumpe einer Orgel. Es ist nicht ausgeschlossen, daß der Nahe Osten das Geburtsland der Windräder ist, weil auch deutsche Ritter

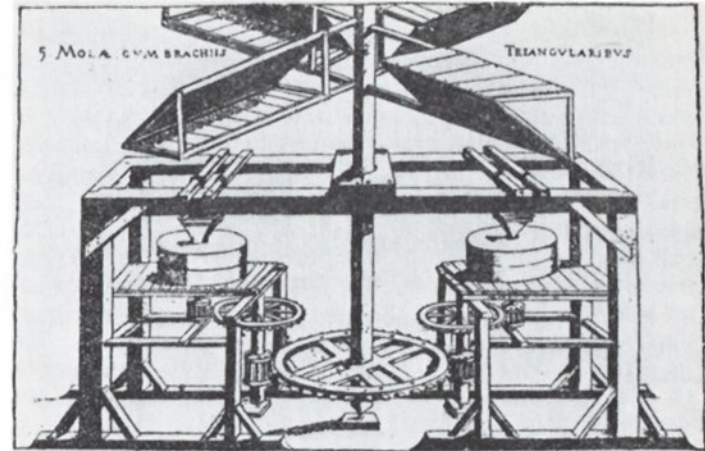


Abb. 7.1: Windrad mit spitzen Hohl-schaufeln, nach Veranzio, um 1595

Pläne darüber von Kreuzzügen und Pilgerreisen mitbrachten.

Die Windräder gab es mit waagerechter und senkrechter Welle. Der Konstruktion des Windrades selbst waren anscheinend keine Grenzen gesetzt: Ein bis zwei Dutzend verschiedene Flügelarten sind bekannt. Feststehende Flügelblätter an senkrechter Welle; stehende und hängende Klappschaufeln in unterschiedlicher Anzahl; spitz zulaufende Hohl-schaufeln (Abb. 7.1); gekrümmte Schaufeln; viereckige Flügel; dreieckige Flügel; Flügelräder im Turm mit Windleitfenstern, geraden und gekrümmten Leitschaufeln (Abb. 7.2); Flügel an waagerechter Welle als feststehende Blätter; als Gitterrahmen, die mit Tuch bespannt wurden oder mit Lamellen ausgerüstet waren. Immer wieder neue Patente wurden vergeben und immer wieder neue Erfindungen gemacht.

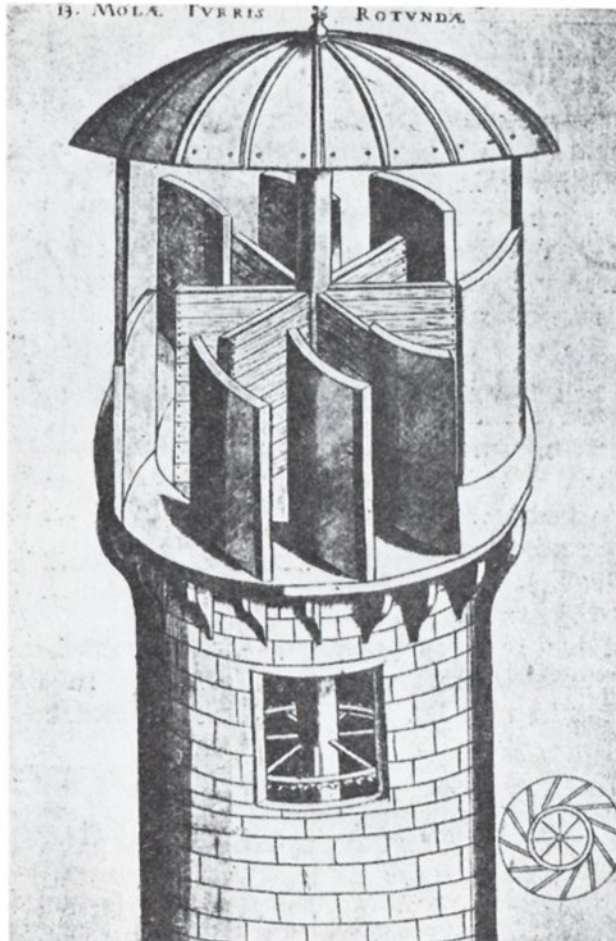


Abb. 7.2: Windturbine mit acht Schaufeln und zwölf feststehenden, gekrümmten Leitschaufeln, nach Veranzio, um 1595. Rechts unten der Grundriß.

Dies mag daher rühren, daß Windräder in ganz anderem Maße von den äußeren Bedingungen abhängig sind als Wasserräder. Die Strömung eines ausgewählten Gewässers ist relativ konstant. Der Wind ganz und gar nicht. Unterschiedliche Windstärken, verschiedene Windrichtungen und schließlich auch die Windstille sind unberechenbare Größen. Daraus ergaben sich vier Voraussetzungen, die die Konstrukteure beachten mußten: Standort des Windrades; dessen Höhe; die Fähigkeit, auf unterschiedliche Windrichtungen eingestellt werden zu können und die Möglichkeit, auf unterschiedliche Windstärken zu reagieren.

Standort: windreiche Gegenden in Seenähe oder in Mittelgebirgen an der Windseite.

Höhe des Windrades: Die Luftwirbel in Bodennähe sind untauglich für den Antrieb. Erfahrungsgemäß arbeiten Windräder in 10 bis 20 Meter Höhe am besten.

Windrichtung: Die senkrechte Windradwelle war ideal, denn der Wind konnte von allen Seiten in die Flügel blasen. Um die Bremswirkung des Windes an der gegenüberliegenden Seite des Windrades zu verhindern, versah man es mit Klappschaufeln (Veranzio 1595). Mühlen mit waagerechter Windradwelle mußten drehbar werden. Dreht sich die gesamte Mühle, so handelt es sich um die „deutsche“ Bockwindmühle (Abb. 7.3) Leonardo da Vinci entwarf um 1500 die drehbare Haube, die später „holländisch“ genannte Art (Abb. 7.8).

Außerdem gibt es noch die hinter dem Windrad angesetzte, senkrecht stehende Windfahne (vgl. S. 54).

Windstärke: Heute sagt man zu der Einrichtung, die eine Überbeanspruchung des Windrades bei besonders hohen Windstärken verhindern soll, Überlastungssicherung. Mehrere Erfindungen aus dem 18. Jahrhundert sind bekannt. 1786 wird auf der Weltausstellung in Philadelphia ein Windrad vorgestellt, bei dem sich die Flügel bei stärkerem Wind durch die Fliehkraft der Umdrehung selbst aus dem Wind herausdrehen. Die Drehung wird durch Zapfen geführt.

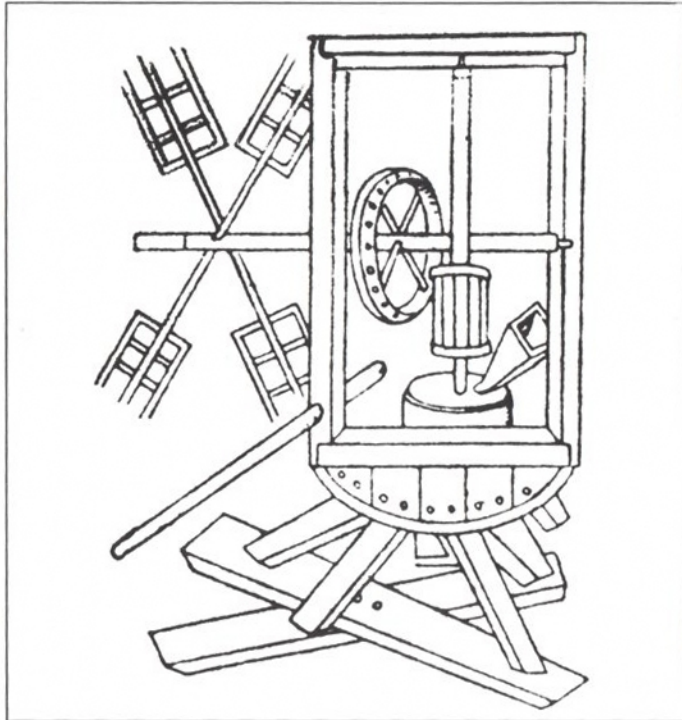


Abb. 7.3: Inneneinrichtung einer Bockwindmühle, um 1430

Die bekannteste und am meisten angewendete Form der Windräder waren die Windmühlen. Die Windmühle verbreitete sich in ganz Europa. Schwerpunkte bildeten jedoch Deutschland und Holland. Die deutschen Windmühlen dienten in der Hauptsache als Getreidemühlen. In Holland dagegen wurden sie in verschiedenen Industriezweigen verwendet, vor allen Dingen in der Umgebung von Amsterdam (bis

zu 650 Mühlen): Sägewerke, Textilbetriebe, Öl- und Getreidemühlen.

Es nimmt nicht wunder, daß man dann auch hier auf den Gedanken kam, die Entwässerung des Landes mit Windmühlenpumpwerken im Großeinsatz (50, 160 oder mehr Mühlen pro Objekt) zu betreiben. Jan Andriaansz Leeghwater leistete Pionierdienste, indem er von 1608 bis 1612 die Beemster, einen Polder nördlich von Amsterdam, trockenlegte. Inzwischen wurde das Jahrhundertprojekt, die Trockenlegung der Zuider See, in Angriff genommen, natürlich nicht mehr mit Windrad-Schöpfwerken. Zehntausende von Hektar neuen Landes wurden jedoch auf die alte Weise im Westen Hollands an der Nordseeküste gewonnen und fruchtbar gemacht. Obwohl man heute Windräder für große Projekte mit hohem Energiebedarf nicht mehr verwendet, ist die Lehre vom Bau der Windräder wissenschaftlich vorangetrieben worden. Ab der Mitte des 18. Jahrhunderts begannen einige Konstrukteure (z. B. der Engländer John Smeaton 1752), den Bau von Windrädern nicht mehr der Willkür experimentierfreudiger Erfinder zu überlassen, sondern ernsthaft die Arbeitsbedingungen und die Voraussetzungen dafür zu untersuchen. Gegenwärtige Windkraftanlagen werden unter Beachtung folgender Gesichtspunkte gebaut:

Die Relation von Baukosten und Ertrag muß zugunsten der Leistung aufgestellt werden können, d. h. der Aufwand für die Erstellung, der Kapitaldienst und der Unterhalt müssen niedriger liegen als der Energieertrag über die gesamte Lebensdauer der Anlage hinweg. Um diese Relation errechnen zu können, müssen Messungen am künftigen Standort durchgeführt werden.

Moderne Windräder sind – wie schon die historischen Vorläufer – mit zwei Anpassungsorganen ausgestattet. Sie stellen sich auf die Windrichtung ein, verstellen die Blätter je nach Windstärke und schützen sich vor Überlastung. Da diese Anpassungsorgane interessante Unterrichtsobjekte sein können, wenn die Zeit oder Wahlfachkurse vorhanden sind, soll darauf noch eingegangen werden.

Anpassung an die Windrichtung

Die *Windfahne* ist das einfachste Mittel, da die veränderte Windrichtung sofort auf das Blatt der Fahne einwirkt und diese durch Druck so einstellt, daß das Blatt parallel zur Windrichtung steht. Die starre Verbindung zum Windrad dreht somit auch dieses und steuert es ein. Wichtig ist dabei, die Steuerung von der Drehachse der Rotoren zu trennen, da sonst der gesamte Windradkopf zu pendeln oder sogar zu rotieren beginnt. Gefahren für das Getriebe ergeben sich bei plötzlichen starken Veränderungen der Windrichtung.

Die gleiche Funktion wie die Windfahne haben *Seitenräder*, die genau rechtwinklig zur Windrichtung rotieren.

Erfolgt die Einsteuerung durch *Elektromotoren*, werden diese geschaltet durch elektrische oder hydraulische Regelkreise. Die Regelkreise sind an sensible Windfühler angeschlossen.

Anpassung an die Windstärke – Überlastungssicherung

Der *Eklipsenregler* wird dort gebraucht, wo eine grobe Kontrolle der Leistung ausreicht, z. B. bei langsam laufenden Pumpen. Das Windrad steht neben der Turmhochachsenrichtung und kann somit bei zunehmender Windstärke durch den Staudruck des Windes umgeklappt werden (Abb. 7.4 a–c).

Klappsegel nennt man ein aus Dänemark stammendes System. In der Flügelflächen angeordnete Lamellen verstellen sich der Windstärke entsprechend durch ein verbindendes Gestänge.

Mit Fliehkraftgewichten und drei verschiedenen Blättern pro Flügel arbeitet der in Rußland entwickelte *Sabinin-Stabilisator*, äußerst sensibel und zuverlässig (Abb. 7.5). Bei zunehmender Umdrehungszahl wird durch die Fliehkraft das Fliehkraftgewicht (d) nach außen gedrückt und schwenkt mit Hilfe eines Bügels den Hilfsflügel (c), der wiederum den Außenflügel (a) in eine entsprechende Stellung zwingt. Die nun

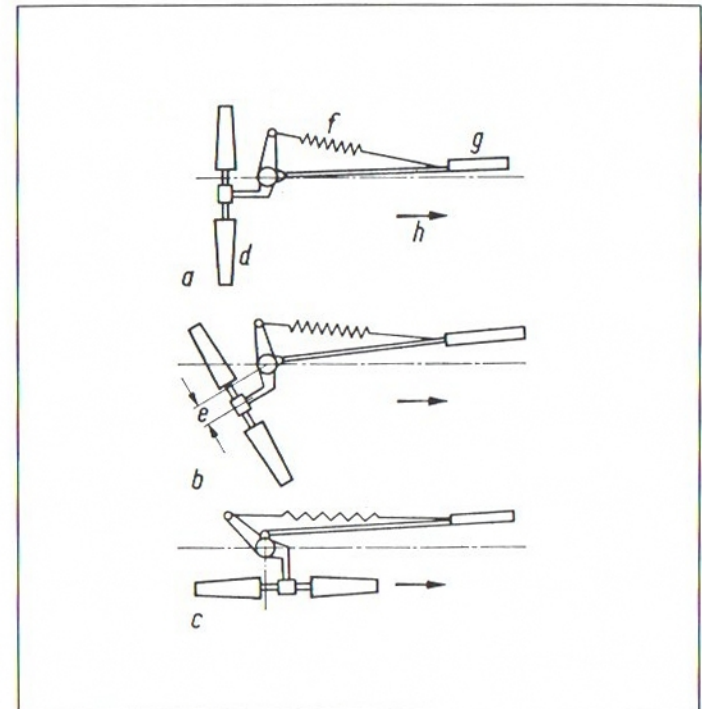


Abb. 7.4: Eklipsenregler
a = Stellung bei normalen Windverhältnissen
b = Wegknicken bei zu stark werdendem Wind
c = Überlastungssicherung bei zu großen Windstärken
d = Rotor
e = Achsenexzentrizität
f = Rückstellfeder
g = Windfahne
h = Windrichtung

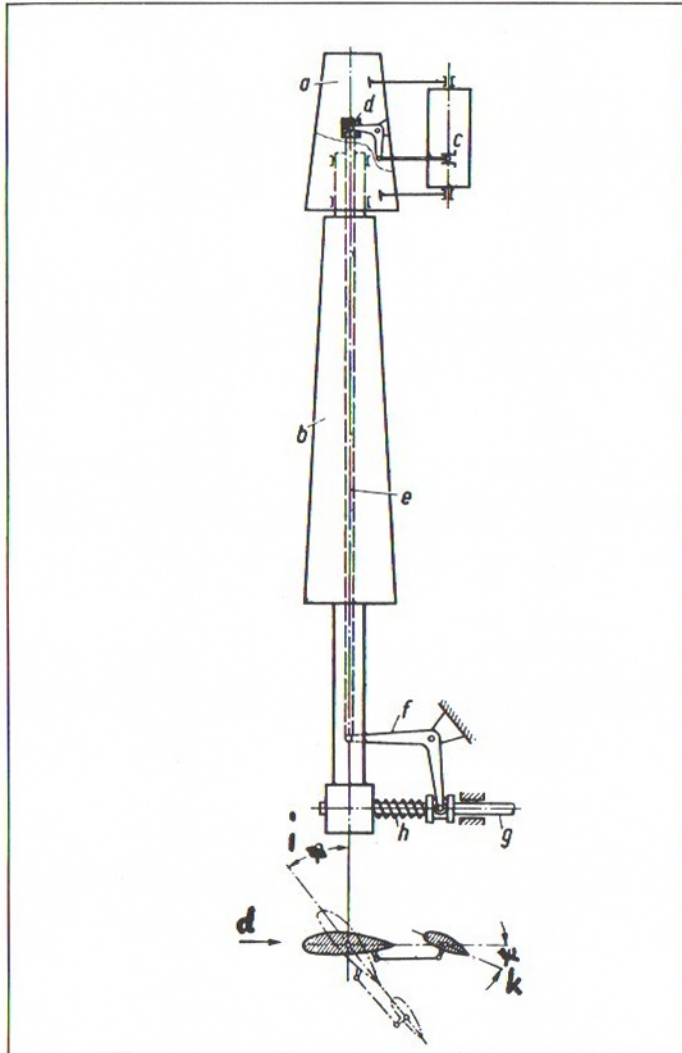


Abb. 7.5:

Sabinin-Stabilisator

- a = schwenkbarer Außenflügel
- b = starrer Innenflügel
- c = Hilfsflügel zur Steuerung der Außenflügel-Einstellung
- d = Fliehweg
- e = Übertragungsgestänge
- g = Steuerstange für Regeleingriffe von außen
- h = Rückstellfeder, mit dem Fliehweg im Gleichgewicht
- i = Blatteinstellwinkel
- k = Hilfsflügelausschlagwinkel
- l = Windrichtung

windungünstige Stellung bremst den Flügel ab, das Fliehweg wird von der Rückstellfeder (h) zurückgeholt, die Umdrehungszahl nimmt wieder zu, das Spiel beginnt von neuem. Die Sensibilität läßt keine deutlich rhythmische Änderung der Umdrehungszahl aufkommen, sondern pendelt sich ständig auf die Windgeschwindigkeit sehr schnell ein.

Literatur

rororo-Techniklexikon, Taschenbuchausgabe Reinbek bei Hamburg 1972, Band 43, S. 1245 ff

Feldhaus, Die Technik, Sonderausgabe München 1970, S. 1321 ff Unterrichtsbeispiele zur techn. Bildung im 5. u. 6. Schj., Tumlingen 1973, Beispiel 11

Didaktische Gesichtspunkte

Die in den Sachinformationen zum Ausdruck kommende Fülle von technischen Einzelheiten und einzubeziehenden Teilbereichen macht es schwer, die für den Unterricht über das Windrad relevanten Aspekte so zusammenzustellen, daß weder die Schüler überfordert werden noch die logische Einheit aller Teilbereiche verlorengeht. Weder der kultur-hi-

historische Rückblick mit der Konstruktionsvielfalt noch die Betrachtung moderner technologischer Problematik im Blick auf die Anpassungsorgane können außer Acht gelassen werden. Die wirtschaftliche Bedeutung in vergangenen Jahrhunderten ist genauso wichtig wie die Einzelanwendung in bestimmten Fällen der heutigen Zeit.

Die Sachinformationen sind so angelegt, daß jeder Leser seine eigene Unterrichtseinheit herauschälen kann. Das nachfolgende Beispiel soll Anregungen dafür geben.

Ein historisches Beispiel mit einer Ausstrahlungskraft bis in die Gegenwart hinein ist die Trockenlegung holländischer Niederungen mit Hilfe von Windmühlenpumpwerken. Hierüber gibt es anschauliche Berichte und Hinweise in Filmen und Diareihen. In technischer Hinsicht hat man wesentliche Dinge beisammen: Windradkonstruktionen mit senkrechter und waagerechter Welle; Getriebe mit möglichst geringem Energieverlust; Bockwindmühlen und drehbare Hauben. Die Phantasie des Schülers kann sich voll entfalten. Die Frage nach Anwendungsbeispielen ergibt sich von selbst. Ein kulturhistorischer Rückblick und Informationen über gegenwärtige Einsatzmöglichkeiten werden gegenübergestellt. Zwei Unterrichtsphasen schließen sich an: Die Konstruktion austauschbarer Arbeitsteile (z. B. Schaufelräder, Stampfkolben, Hämmer, Plungerpumpen, Kreis- oder Zugsägen, Mühlsteine); die Information über moderne Berechnungsmethoden der meteorologischen und physikalischen Größen sowie der Gestaltung des Windwerkes.

Eine reizvolle Sonderaufgabe ist die Arbeit an einer Überlastungssicherung, die jedoch in dieses Unterrichtsbeispiel nicht mit aufgenommen wurde. Die Schüler hatten mit den obigen Arbeitsaufträgen reichlich zu tun.

Lernziele

Die Schüler sollen

- erfahren, daß Naturkräfte nutzbar gemacht werden können; sie sollen dafür Beispiele benennen können.

- imstande sein, die Funktionsweise von Windrädern mit eigenen Worten zu erklären: Die Naturkraft Wind treibt das Windrad an; dabei wird mechanische Energie erzeugt, die ein Arbeitsteil (z. B. Pumpe, Schöpfräder) bewegt oder Strom erzeugt.
- die Bedingungen aufzählen können, die die Arbeitsweise der Windräder beeinflussen: Windrichtung, Windstärke, Standort, Höhe, Konstruktionsart der Flügel.
- historische Anwendungsbeispiele für den Einsatz von Windrädern nennen können: Windradpumpwerke (Schöpfräder in Holland), Mahlwerke (Öl- und Getreidemühlen), Säge- und Hammerwerke, Verwendung in der Textilindustrie.
- moderne Anwendungsbeispiele nennen können: Wasserförderung (Brunnen und Bewässerungsanlagen in windreichen Trockengebieten), Wasserbeseitigung (Trockenlegung und Kanalisierung), Stromerzeugung mit Generatoren (in abgelegenen und unwegsamen Gegenden).
- imstande sein, folgende Fachbegriffe richtig zu verstehen und anzuwenden: Windgeschwindigkeit (bzw. Windstärke), Windrichtung, Windraddurchmesser, Windradfläche, Umfangsgeschwindigkeit, Windradleistung, Überlastungssicherung, Windrad, Windmühle, Welle, Bockwindmühle, drehbare Haube.
- in Modellversuchen Windräder konstruieren, die soviel Energie erzeugen, daß einfache Arbeitsteile damit angetrieben werden können. Die Windräder sollen auf unterschiedliche Windrichtungen einstellbar sein.

Aufgabenstellung 1

Baut ein Windrad, das in der Lage ist, ein Wasserrad anzutreiben.

Die Arbeitsanweisung verzichtet auf zusätzliche Probleme, um der Phantasie erst einmal freien Lauf zu lassen. Die Er-

gebnisse waren entsprechend vielseitig, sowohl bei den Windrädern selbst als auch bei der Getriebekonstruktion.

Unterrichtsdurchführung 1

Arbeitsmittel

Je Schüler 1 Lernbaukasten u-t 1

Je 4 Schüler 1 Lernbaukasten u-t 5

Je 2 Schüler ca. 50 cm lange Kette 022 oder u-t 2

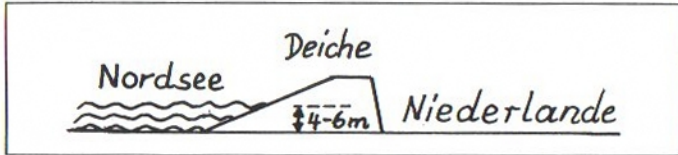


Abb. 7.6: Niveauskizze – Meer, Deich, Festland

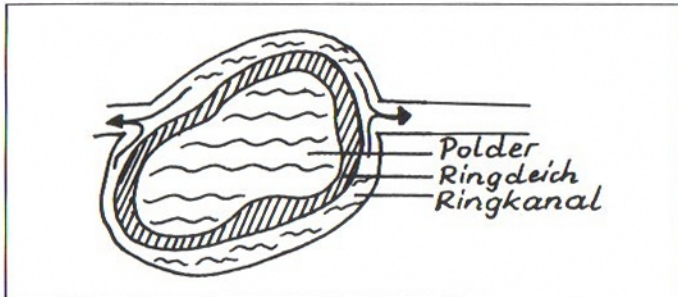


Abb. 7.7: Polderskizze

Als Hinführung zeigte der Lehrer Dias einer Serie über Holland (Staatliche Bildstelle). Die fünf ausgewählten Bilder waren folgenden Inhalts: Übersichtskarte mit Poldern und Jahreszahlen der Trockenlegung/Entwässerungsgräben/Deiche/Polder und Windmühlen/Windmühle in Großaufnahme. Diese Bilder regten die Schüler an, Bemerkungen zu machen und eigene Erlebnisse und Erfahrungen mitzuteilen.

An der Tafel entstanden drei Skizzen, die die besondere Situation Hollands darstellen (Abb. 7.6 bis 7.8).

In der ersten Bauphase machen die Schüler hauptsächlich zwei Fehler.

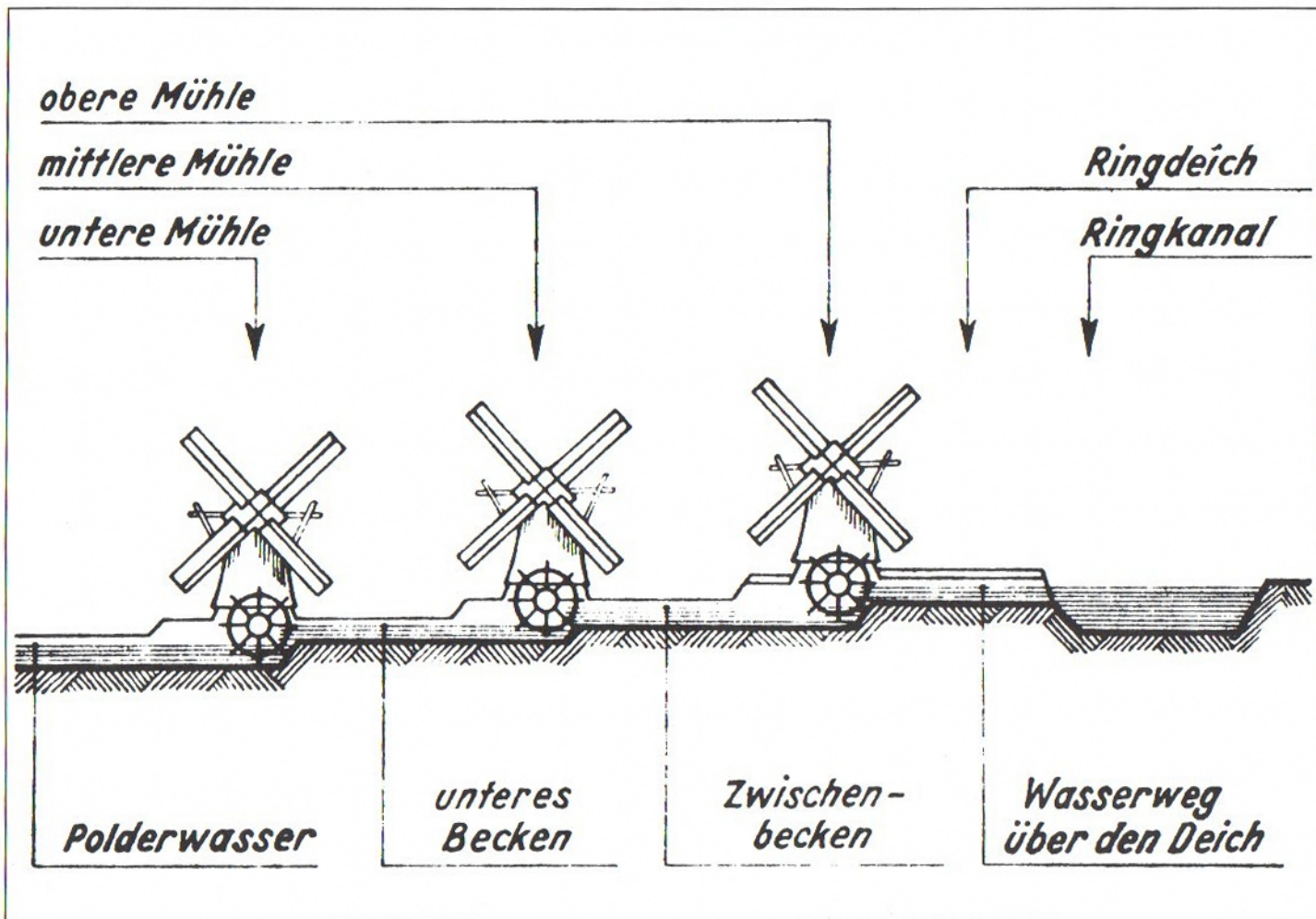
Zwischen Wind- und Wasserrad war der Niveauunterschied zu gering (Abb. 7.9). Abgesehen davon, daß sich die Räder häufig gegenseitig störten, war nicht beachtet worden, daß die in der Technik verwendeten Windräder der Windverhältnisse wegen in ca. 10 bis 20 Meter Höhe arbeiten.

Die meisten Getriebe arbeiteten so schwer, daß zu viel Energie verbraucht wurde, die Wasserräder also kaum noch eine Leistung zeigten. Wenn ein Kompressor vorhanden ist, kann man mit ihm sehr gut die Arbeitsleistung der Mühlen überprüfen, denn der vom Kompressor erzeugte Luftstrom ist immer konstant und somit den einzelnen Modellen gegenüber „gerecht“. Der Einsatz des Kompressors verstärkte den Wettstreit der Schüler, so daß nach ca. 15 Minuten die meisten Getriebe so leichtläufig geworden waren, daß sie einen beträchtlichen Teil der Energie an das Wasserrad weitergaben.

Bei dem Getriebebau war die Kette am beliebtesten (Abb. 7.10), die Kardanwelle (Abb. 7.11) kam nur einmal vor. Sie funktionierte gut, ließ aber keinen allzu großen Höhenunterschied zu. Nur ein Schüler verwendete eine senkrechte Windradachse (Abb. 7.19), was ihm im späteren Verlauf des Unterrichts sehr zugute kam. Schaufeln (Abb. 7.9) und Flügel (Abb. 7.10) standen gleichwertig nebeneinander, wobei die Flügel fast alle verstellbar waren, (Abb. 7.10, 7.14) somit die veränderliche Windstärke von vornherein berücksichtigt wurde. Die Schaufeln funktionierten nur, wenn der Wind einseitig angriff. Die Konstruktion von auf der Gegenseite flach liegenden Klappschaufeln war uns zu aufwendig.

Die Aussprache über die so weit fertiggestellten Modelle wiederholt maschinentechnische Begriffe: Antrieb, Abtrieb, Gestell, Reibung, Zahnrad- und Zugmittelgetriebe, abgewin-

Abb. 7.8: Schöpfwerkette, Anordnung der Schöpfmühlen in Gängen



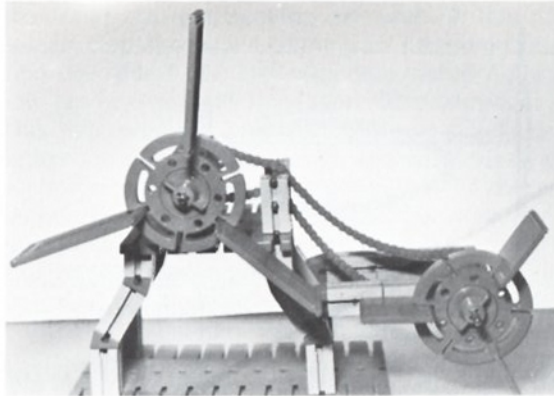


Abb. 7.9: Nicht funktionstüchtiges Modell

kelte Getriebe. Andererseits führt sie themenspezifische Begriffe ein, indem die Schüler aufgefordert werden, alle Dinge aufzuzählen, die die Arbeitsweise eines Windrades beeinflussen. Die Schüler nennen sofort die *Windstärke* und die *Windrichtung*. Dann jedoch bemerken sie, daß der Aufbau des Windrades ebenfalls von Bedeutung ist. Ihnen wird mit einer Tafelskizze (Abb. 7.12) der Unterschied zwischen *Windraddurchmesser* und *Windradfläche* erklärt.

Auf die Frage nach der Leistungsmessung kam von den Schülern die Antwort, daß man die Leistung mit Hilfe der Umdrehungszahl errechnen könne. Der Lehrer nennt den Begriff *Umfangsgeschwindigkeit*.

Die Modelle wurden noch einmal daraufhin genau betrachtet. Die immer noch vorhandenen Mängel konnten nun benannt werden:

- Das Zentrum der Windräder, wie die Abb. 10 es zeigt, ist zu groß: Der Wind staut sich und wirkt bremsend. Die Leistung verringert sich.
- Nur die verstellbaren Flügel können der Windstärke angepaßt werden. Allen anderen Windrädern fehlt diese Möglichkeit. Die Modelle können nicht auf wechselnde

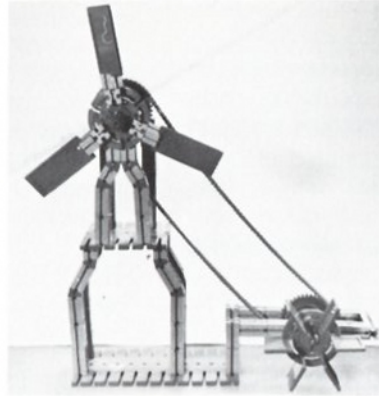


Abb. 7.10: Modell mit verstellbaren Flügeln und Kettengetriebe

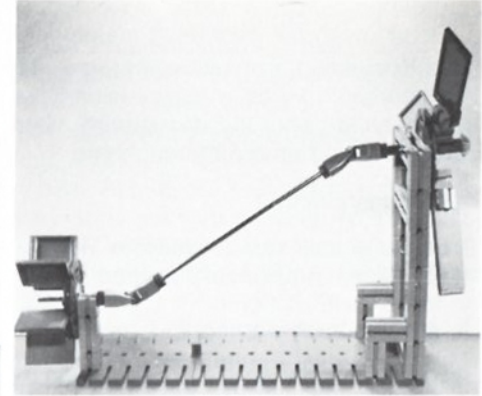
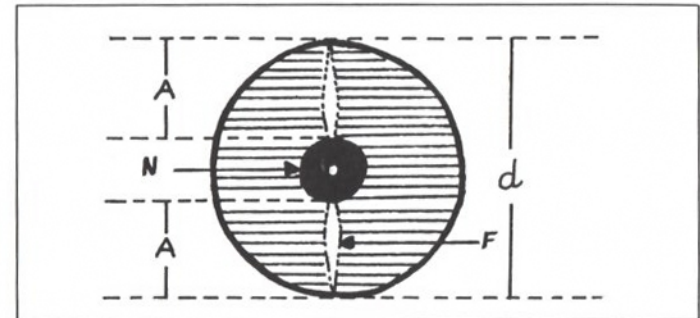


Abb. 7.11: Verwendung einer Gelenkwelle mit Kardangelenken

Abb. 7.12: Windradfläche = schraffiert
 d = Windraddurchmesser
 F = Flügel
 N = Windrad-Nabe



Windrichtungen eingestellt werden, abgesehen von Konstruktionen mit senkrecht stehender Windradachse.

Der Komplex „Anpassungsorgane für unterschiedliche Windstärken“ wurde ausgeklammert, weil die komplizierte Überlastungssicherung dazugehört. Hauptproblem war nun die Anpassung an die Windrichtung.

Aufgabenstellung 2

Baut das Modell um, so daß das Windrad auf sich ändernde Windrichtungen eingestellt werden kann.

Unterrichtsdurchführung 2

Bevor die Schüler an die Arbeit gingen, wurden folgende Lösungsmöglichkeiten besprochen: Bockwindmühle – die ganze Mühle wird gedreht. Drehbare Haube – nur die Windradachse wird geschwenkt. Windfahne – selbsttätiges Einstellen der Windradachse auf die Windrichtung. Das waren schwierige Aufgaben, und die Aussprache darüber führte zum Stillstand der Unterrichtsarbeit. An die Bockwindmühle getraute sich kein Schüler heran, weil das Wasserrad an seinem Platz bleiben mußte und deshalb die Vorstellungskraft für ein unter diesen Bedingungen arbeitendes Getriebe fehlte.

Die Windfahne kannten viele Schüler, aber immer nur an mehr oder weniger spielerischen Geräten ohne Antriebsfunktion des Windrades. Für die drehbare Haube machten einige Schüler brauchbare Vorschläge insoweit, als dann der Windmühlenkopf zwar drehbar wurde, die Kraftübertragung nach unten aber fehlte.

Drehbarkeit und gleichzeitig Kraftübertragung – eine solche Konstruktion stellte die Schüler vor unlösbare Probleme. Sie konnten erst wieder aktiv werden, nachdem folgendes klar war: Die Verbindung zwischen der Achse des Windrades und dem nächsten Getriebeelement muß in jeder Stellung möglich sein. Zwei Drehbewegungen müssen miteinander in Einklang gebracht werden: eine vertikale Drehung der

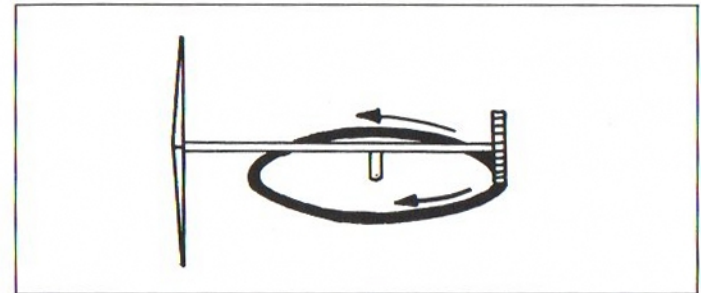


Abb. 7.13: Hilfsskizze für die Besprechung der drehbaren Haube

Windradachse und eine horizontale Drehung der Haube. Die Frage des Lehrers lautet demzufolge:

Welches Getriebeelement kann Kraft an beliebig vielen Stellen aufnehmen und trotzdem an der immer gleichbleibenden Stelle wieder abgeben? Die Schüler müssen ein Winkelgetriebe finden, das beliebig viele rechte Winkel erlaubt, trotzdem aber immer kraftschlüssig bleibt. Die Skizze der Abbildung 7.13 war eine zusätzliche Hilfe für die schwächeren Schüler. Das war der Durchbruch! Bei der Suche nach geeigneten Getriebeelementen stießen die Schüler auf den Tellerzahnkranz, kombiniert mit Stirnzahnrädern und auf die Schnecke, ebenfalls in Verbindung mit einem Stirnzahnrad.

Kaum war diese Erkenntnis gewonnen, wurde den Schülern deutlich, daß sie auch aus einem anderen Grunde vorher nicht weiterkamen. Alle Konstruktionen waren so angelegt, daß die Weitergabe der Kraft am anderen Ende der Windradachse erfolgte. In der Problemphase des Denkens mußte also jedesmal das gesamte Getriebe mit herumgenommen werden. Daß das nicht ging, leuchtete ein. Die Kraftübertragung darf also nicht exzentrisch erfolgen, und zwar von der Turmhochachse her betrachtet, sondern muß im Zentrum möglich sein, damit sich die Haube um dieses Zentrum herum bewegen läßt.

Nun fand sich ein Schüler, der auch für das mitzuschwenkende Getriebe eine Lösung sah (ursprüngliche Konstruktion der Abb. 7.15): Hat man senkrechte Achsen, legt man um die waagrecht liegenden Stirnzahnräder eine Kette. Das schwenkbare Zahnrad kann nun mittels der Kette von jedem Ort des von ihm beschriebenen Kreises aus die Kraft an das ortsfeste Zahnrad weitergeben. Er übersah im ersten Augenblick, daß dieser Aufwand bei senkrecht stehender Windradachse eigentlich nicht nötig ist.

Die Schüler benötigten für diesen Bauabschnitt relativ viel Zeit, weil die Modelle mehr oder weniger umfangreich umgebaut werden mußten. Bei den komplizierter werdenden Getrieben ging teilweise die Leichtgängigkeit verloren.

Die Kraftübertragung mußte zentriert werden, d. h. in Verlängerung der senkrechten Welle erfolgen. Ein Beispiel dafür zeigt die Abbildung 7.14. Hier wurde außerdem versucht, im Gegensatz zu Abbildung 7.10, das Zentrum des Windrades

Abb. 7.14: Weitergabe der Energie im Zentrum der drehbaren Haube

Abb. 7.15: Einstellbar auf vier Windrichtungen

zu verkleinern, um den bremsenden Staudruck an dieser Stelle zu verringern. Ein Problem stellte immer wieder das Übergewicht des Windrades dar. Befestigten die Schüler das Stirnzahnrad am hinteren Hebel, wurde es aus dem Teilerzahnkranz herausgehoben und mußte entweder durch ein Gewicht belastet (Abb. 7.15) oder am vorderen Hebel befestigt werden (Abb. 7.16). Abbildung 7.16 zeigt schon den Versuch, die drehbare Haube auf verschiedene Windrichtungen einstellen zu können. Der Bereich ist jedoch sehr gering (nur ungefähr 90 Grad). Eine Vollschwenkung um 360 Grad ist dem Modell der Abbildung 7.17 möglich. Bei Abbildung 7.15 sind die vier Hauptwindrichtungen berücksichtigt. Zwei Mädchen versuchten mit Hilfe des Lehrers, eine Bockwindmühle zu bauen (Abb. 7.18). Es wurde als wesentlich schwieriger empfunden und ist auch nicht voll gelungen, weil die Schülerinnen nicht von ihrem Grundkonzept abgehen wollten.

Abb. 7.16: Das Wasserrad ist ersetzt durch eine Schleifscheibe (Mühlstein)

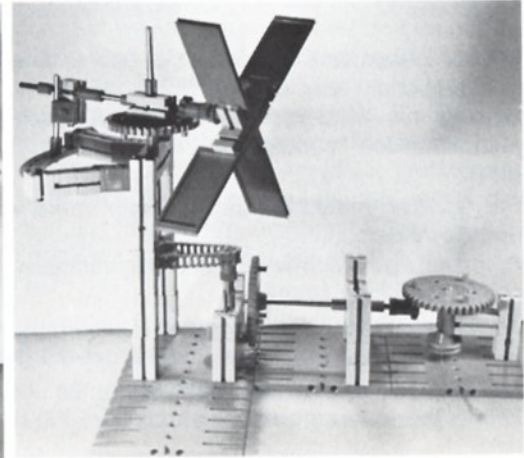
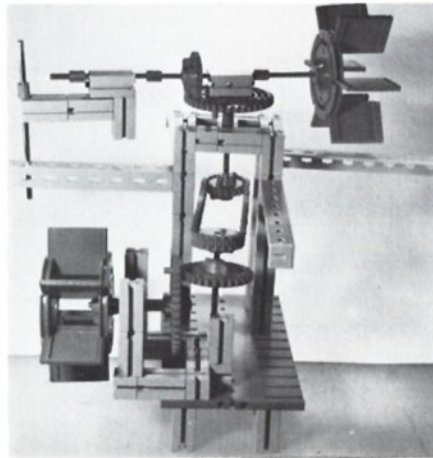
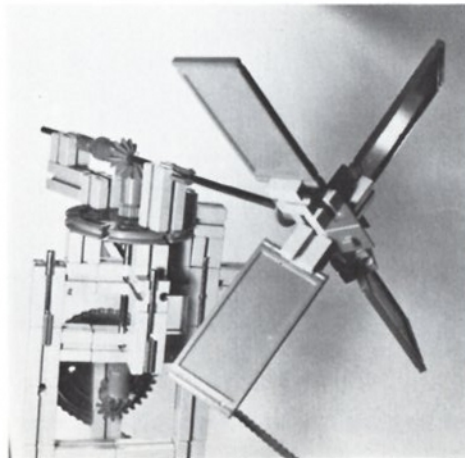
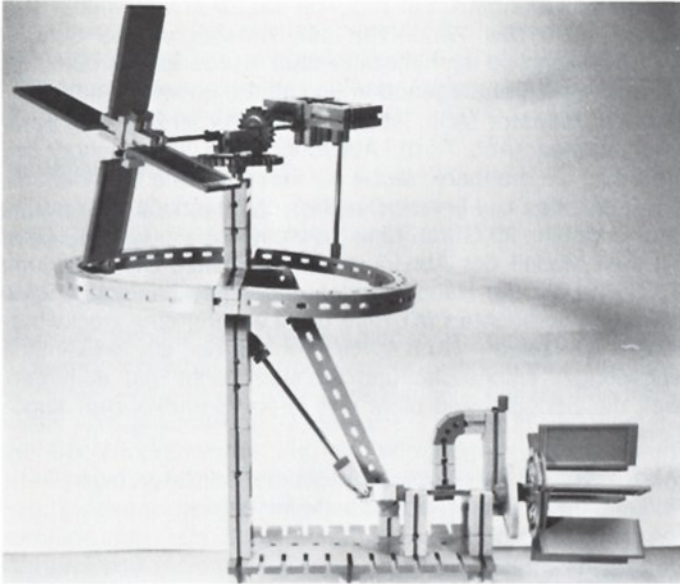


Abb. 7.17: Um 360 Grad schwenkbare Haube



Mit der folgenden Frage leitet der Lehrer einen neuen Unterrichtsabschnitt ein: *Eigentlich kennen wir Windmühlen nicht so sehr als Wasserschöpfwerke. In Deutschland hatten die Mühlen in den vergangenen Jahrhunderten eine andere Aufgabe.*

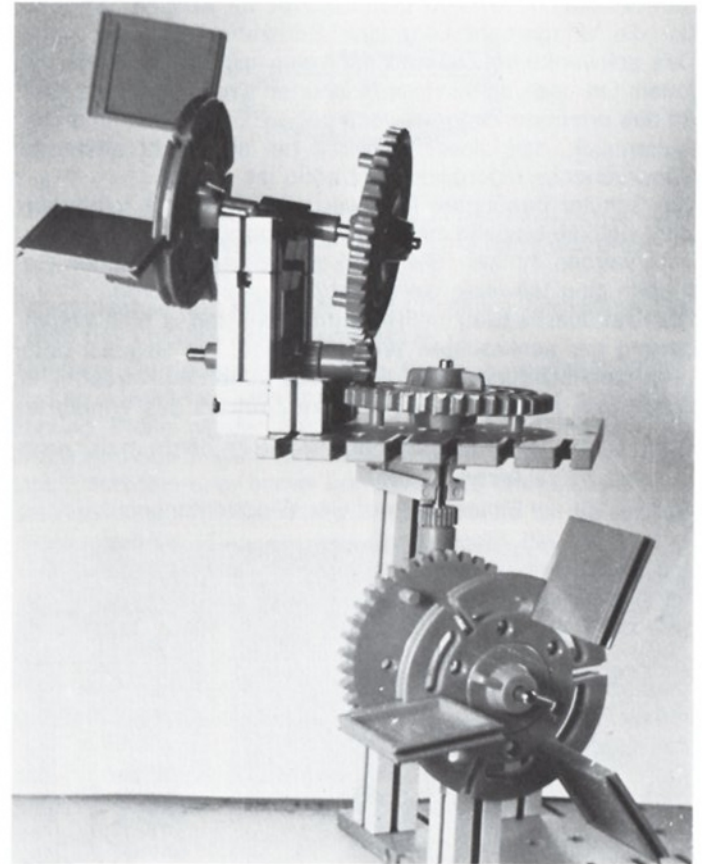
Die Schüler erwähnen, daß es Mahlwerke waren, also Öl- und Getreidemühlen.

Könnt ihr euch auch andere Arbeiten vorstellen, die eine Windmühle verrichten kann?

Je nach Hilfe des Lehrers werden Hammerwerke, Stampf- oder Pochwerke, Plungerpumpen und Sägewerke genannt.

Hierin gehören auch die geschichtlichen Anmerkungen zur Windmühlen-Industrie bei Amsterdam im 17. und 18. Jahrhundert.

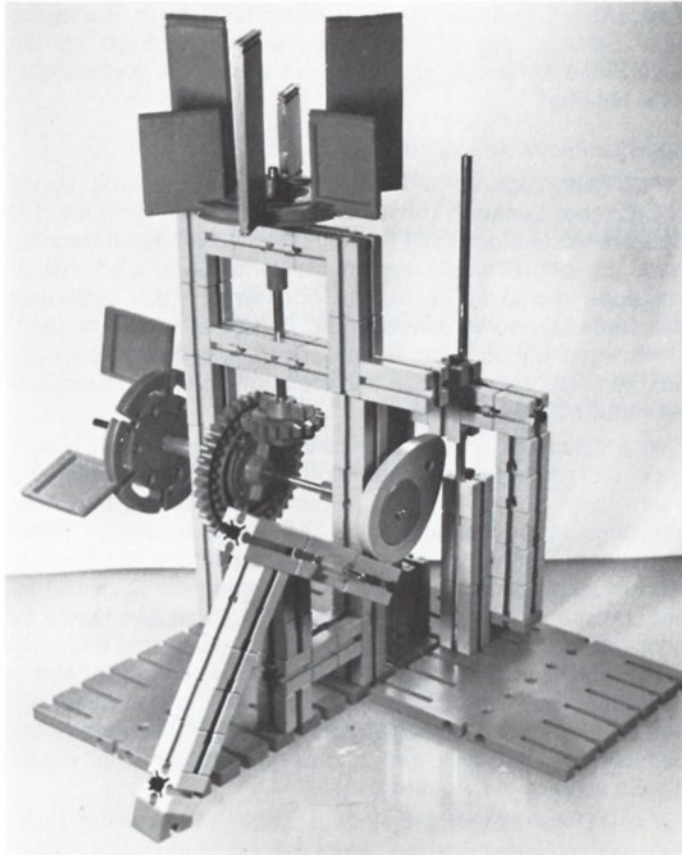
Abb. 7.18: Versuch eines Modells von einer Bockwindmühle



Aufgabenstellung 3

Konstruiert austauschbare Arbeitsteile: Stampfwerke, Hammerwerke, Mahlwerke.

Abb. 7.19: Senkrechte Windradachse. Drei Arbeitsteile: Schaufelrad, Hammerwerk und Pochwerk.



Unterrichtsdurchführung 3

Die Verwendung der Kurvenscheibe war den Schülern ungewohnt. Weitere Probleme traten nicht auf, so daß diese Unterrichtsphase relativ schnell beendet werden konnte. Der Modellbauer der Abbildung 7.19 hat versucht, drei Arbeitsgänge an eine Welle zu setzen: Schöpfwerk, Stampf- oder Pochwerk (hinten rechts) und Hammerwerk (vorne). Der Schüler konnte sich Zeit nehmen dafür, weil er wegen der senkrechten Windradachse keine Anpassung an die Windrichtung konstruieren mußte. Es wurden auch austauschbare Arbeitsteile gebaut, deren Abbildung sich jedoch erübrigt.

Realbezug

Die letzte Phase befaßt sich mit dem Windrad der Gegenwart. Lehrerfrage:

Könnt ihr euch vorstellen, wo man heute noch auf Windräder angewiesen ist?

Auch bei dieser Frage wird das Vorwissen verschieden groß sein. In jedem Falle sollten die Kinder über heutige Einsatzmöglichkeiten informiert werden und erfahren, daß eine wissenschaftliche Erforschung der Arbeitsbedingungen von Windrädern im 19. Jahrhundert begann und z. B. in 7341 Stötten (BRD) heute noch weiter betrieben wird. Ein Besuch in einem Heimatmuseum könnte ebenfalls recht aufschlußreich sein. Den Schülern sollte man jedenfalls nahelegen, im nächsten Urlaub eine Mühle zu besichtigen, wenn die Möglichkeit besteht. Im häuslichen Umkreis tritt das Windrad gelegentlich noch als Antrieb einer Advents- oder Weihnachtspyramide auf.

Pfeiffer

8 Speziallenkungen – Beispiel Kamerawagen

Sachinformation

Dieses Unterrichtsbeispiel beschäftigt sich mit einem technisch lehrreichen Typ einer Speziallenkung. (Über Achschenkel- und Drehschemellenkungen ist an anderer Stelle ausführlich gesprochen worden 1–4.) Auf mehrere andere Arten von Speziallenkungen weisen wir hier außerdem hin, so daß der Leser in der Lage ist, im Unterricht über diesen Problemkreis auch andere Akzente zu setzen, als es in diesem Beispiel geschieht.

Die *Allradlenkung* eines zweiachsigen Fahrzeuges, meistens eines *Geländewagens*, kann durch eine kombinierte Achschenkellenkung erfolgen. Beide Achsschenkelkonstruktionen treffen sich unter der Mitte des Fahrzeugs und werden gemeinsam von einer Lenkstange bedient. Fahrzeuge, die trotz ihres Gewichtes geländegängig und wendig sein sollen, kommen dem Lenkproblem entgegen, weil hohe Geschwindigkeiten ausgeschlossen sind. Die hohe Geschwindigkeit bringt Schwierigkeiten für Radaufhängung und Radführung mit sich, die bei langsam fahrenden Fahrzeugen entfallen oder nur wenig problematisch sind. *Dreiaxser* werden bei sehr kleinem hinteren Radstand u. U. noch allein mit der Vorderachse gelenkt, generell sind bei drei und mehr Achsen jedoch andere Lenkarten erforderlich.

Gleiskettenfahrzeuge

Hiermit sind Halb- oder Ganzkettenfahrzeuge gemeint (fahrbare Baumaschinen, Militärfahrzeuge). Da bei Kettenfahrzeugen die Kettenzugkräfte eine Richtungsänderung ermöglichen, hängt es von der Ausrichtung des Kräftepaars beider Ketten ab, wie die Richtungsänderung gelingt. Der Leerlauf einer Kette wirkt bereits als negative Zugkraft, reicht aber erfahrungsgemäß nicht aus. Die kurveninnere Kette

bewirkt erst durch Bremsung eine höhere negative Zugkraft. Das gleiche Kräftepaar erhält man, wenn man unterschiedliche Kettengeschwindigkeiten erzwingt. Geschwindigkeit, Kurvenhalbmesser und Drehschnelle um die Hochachse sind die Berechnungswerte für den gefahrenen Bogen. Zwei Funktionsprinzipien sind gegenwärtig die gebräuchlichsten: die *Differential-Brems-Lenkung* und die *Kupplungsbremslenkung* (Abb. 8.1a, b, 8.2). Beide Arten lassen die Bremsung einer Seite zu. Für übermäßig schwere Fahrzeuge werden zusätzliche Differentialgetriebe und weitere Antriebsaggregate benötigt.

Selbstlenkende Aggregate

Lange Fahrzeuge, vor allen Dingen Anhänger, beanspruchen bei üblicher Lenkung (meistens Drehschemel) eine enorme Spurbreite, wodurch die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird. Um den Breitenanspruch zu vermindern, sind selbstlenkende Achskonstruktionen erforderlich, die außerdem den Reifenabrieb vermindern. Die Anhänger schwerer Lastkraftwagen haben zwei Hinterachsen. Um beide eben genannten Nachteile wirklich beheben zu können, müssen beide Hinterachsen lenkbar sein.

Eine Möglichkeit ist die *kugelbeweglich angelenkte Deichsel* (Abb. 8.3). Jede Achse erhält eine Deichsel, die an Rahmenquerträgern aufgehängt wird. Somit sind Rahmen und Achsen ohne starre Verbindungen. Die wie gleicharmige Hebel wirkenden Tragfedern (mit Ausgleich) zwingen bei Kurvenfahrten zu entgegengesetzter Schwenkung der Räder. In einer Linkskurve z. B. zwingt die linke Tragfeder das kurveninnere Rad der hinteren Achse nach vorne, während die rechte Tragfeder das kurvenäußere Rad der vorderen Achse ebenfalls nach vorne drückt, so daß sich alle vier Räder annähernd auf dem Kreisbogen des Kurvenhalbmessers befinden. (Pfeile 1 für die Bewegung der Tragfedern, Pfeile 2 für die Bewegung der Achsen).

Für den Unterricht ist dieses Lenksystem nur begrenzt tauglich. Wesentlich günstiger steht es mit der zweiten Kon-

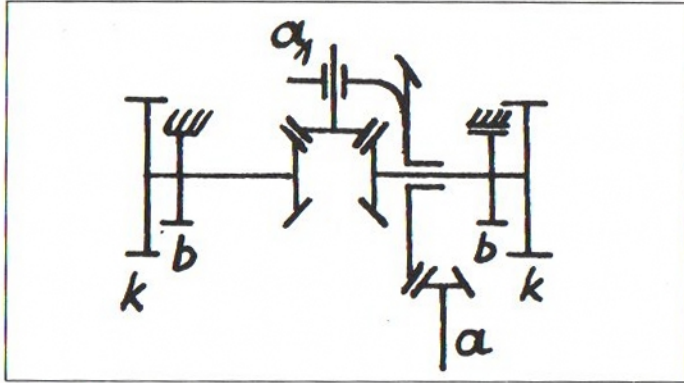


Abb. 8.1a: Differential-Brems-Lenkung
 a = Hauptantrieb, der bei a_1 auf das Differential wirkt
 b = Lenk- und Fahrbremse
 k = Kettenantriebsrad
 Wenn eine Kette gebremst wird, kann sich trotzdem die andere Kette weiterdrehen, da dies das Differential-Ausgleichsgetriebe ermöglicht.

Abb. 8.1b: Aufbau eines Ausgleichsgetriebes

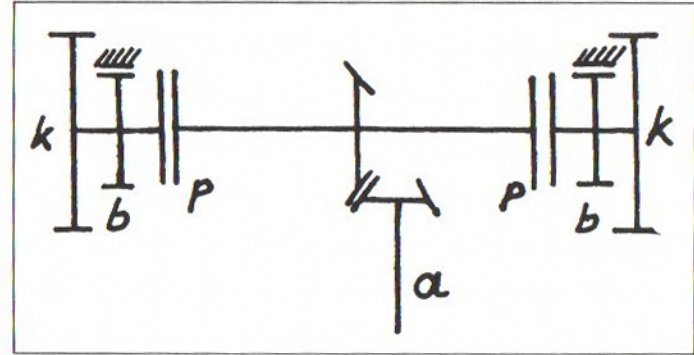
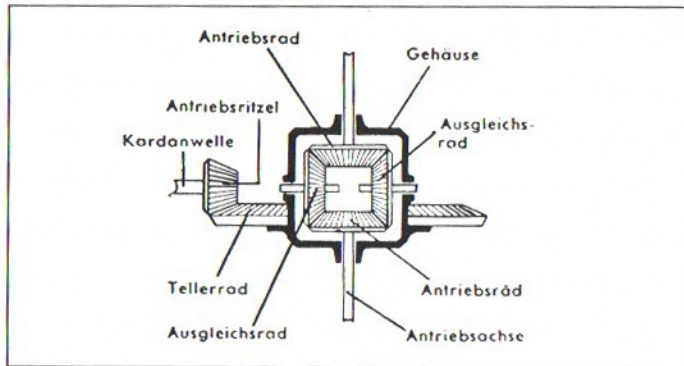


Abb. 8.2: Kupplungs-Brems-Lenkung
 a = Hauptantrieb
 b = Lenk- und Fahrbremse
 k = Kettenantriebsrad
 p = Kupplung
 Wenn eine Kette ausgekuppelt wird, kann diese unabhängig von der anderen Kette gebremst werden.

struktionsart (Abb. 8.4) *Drehzapfen* und *Gleitführung* sind die bestimmenden Elemente. Bei einer Kurvenfahrt hat die vordere Hinterachse das Bestreben, geradeaus zu fahren. Da außerdem der ausschwenkende Rahmen die Gleitführung beginnt querzustellen, wird durch beide Hebelwirkungen die hintere Achse in die Kurvenstellung gebracht. Beide Aggregate reagieren auf Veränderungen in der Stellung des Rahmens zur Achse. Hinzu kommen verschiedene gerichtete Kräfte durch die Fahrbewegungen der Räder. Die Konstruktionen sind entsprechend aufwendig.

Einfacher ist der Aufbau bei *Rollschuhen*. Gewichtsverlagerungen bewirken die Kurvenfahrt. Dabei stellt sich die Standfläche schräg, so daß ein Gabelgelenk die Verbindung zur Achse herstellen muß. Zwischen beiden Gabeln liegt ein Gummiblock. Würde das Gabelgelenk senkrecht über der

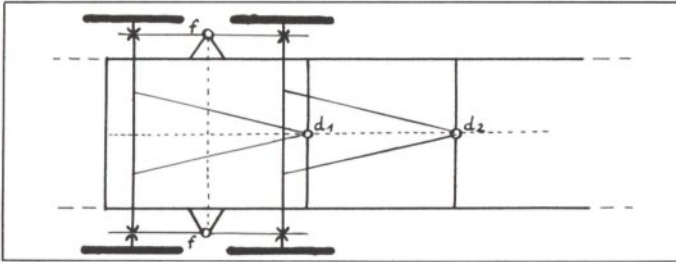
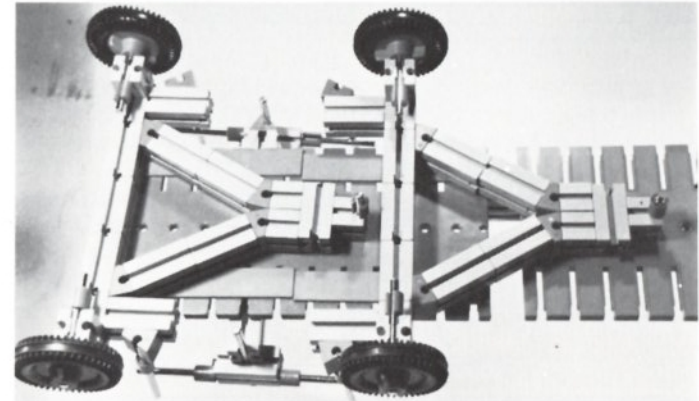
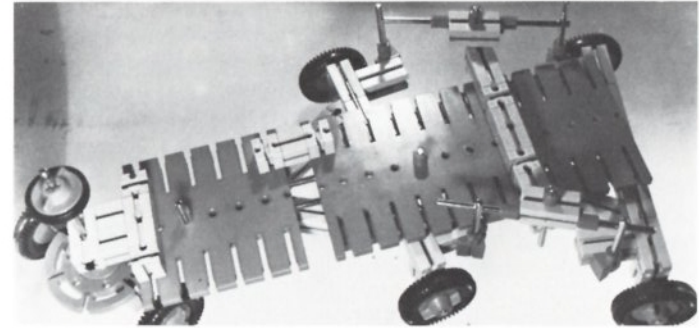
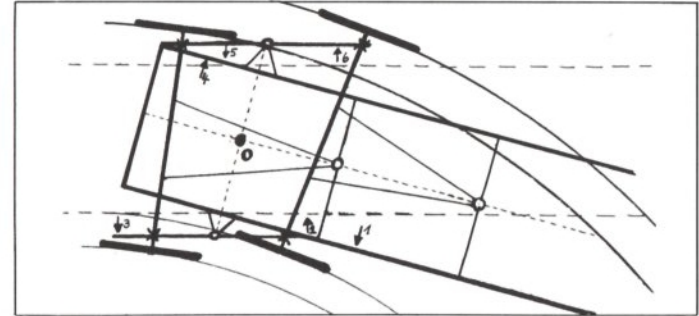


Abb. 8.3a: Hinterachsgruppe eines Anhängers mit kugelbeweglich angelenkten Deichseln.
 d_1 , d_2 = Kugelgelenke der Deichseln an den Rahmenquerträgern
 f = Tragfedern mit Ausgleich

Abb. 8.3b: Stellung der Achsen und Räder bei kugelbeweglich angelenkten Deichseln in einer Rechtskurve.

Durch die hier nicht eingezeichnete Vorderachse wird der Rahmen nach rechts gezogen (1) und dreht sich um den körperfesten Drehpol (0), so daß der hinterste Teil des Rahmens nach links schwenkt (4). Die Tragfedern bleiben vorerst in der Stellung für Geradeausfahrt. Dadurch entstehen bei 2 und 5 Verengungen, die zu einer Verschiebung der Achsen führen. Die Hebelarme der Tragfedern sorgen also in Verbindung mit den Deichseln für eine kurvengerechte Stellung der Achsen, die nicht parallel zueinander stehen dürfen.

Abb. 8.3c: Dieses nicht von einem Schüler stammende Modell läßt sich zur besseren Beobachtung der Vorgänge in einer Kurvenfahrt leicht nachbauen.



66 Abb. 8.3d: Unterseite des Modells

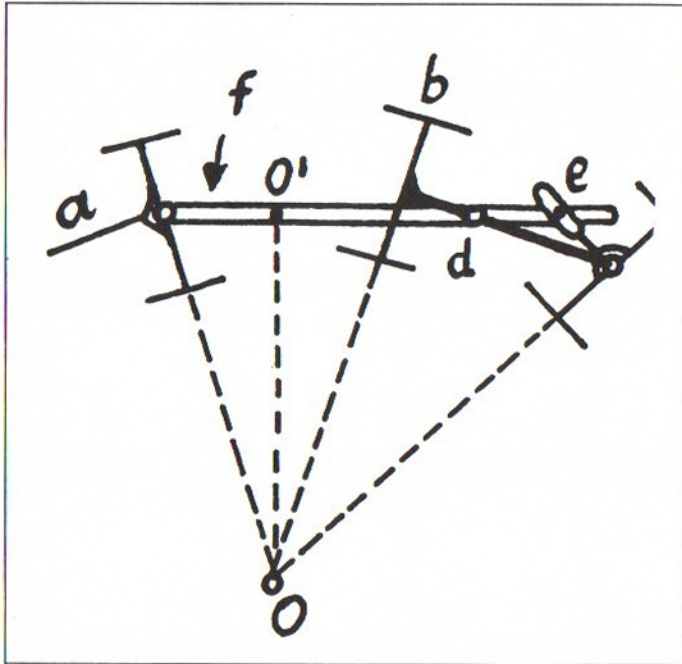
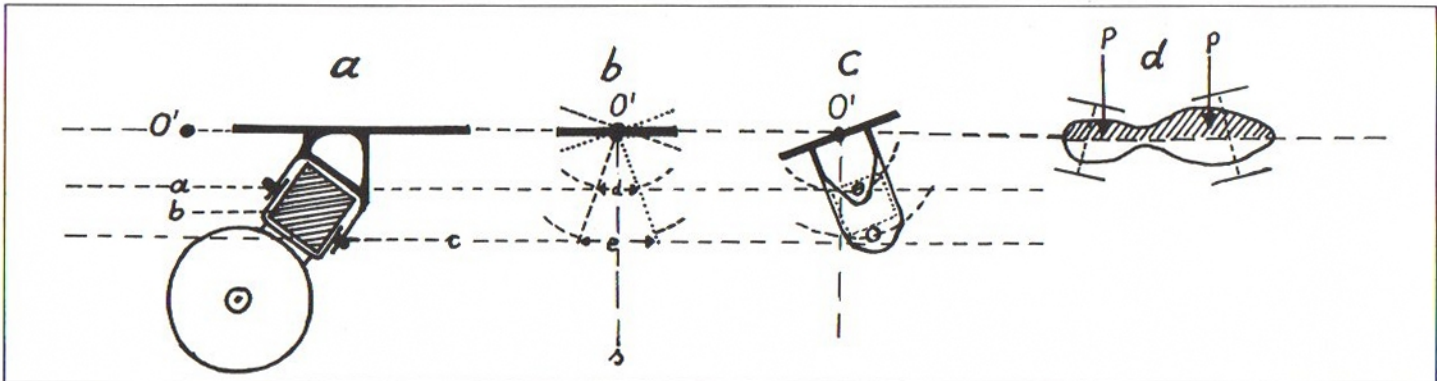


Abb. 8.4: Selbstlenkendes Aggregat mit Drehzapfen und Gleitführung
 a = Deichsel mit lenkbare Vorderachse
 b = vordere Hinterachse
 c = hintere Hinterachse
 d = Drehzapfen
 e = Gleitführung
 f = Rahmen
 O = Kurvenmittelpunkt
 O1 = körperfester Drehpol

Abb. 8.5: Wirkungsweise einer Rollschuhlenkung von Kinderrollschuhen
 O' = körperfeste Drehachse, in der Längsachse der Standfläche verlaufend
 a = Drehpunkt des kurzen Schenkels
 b = Gummiblock
 c = Drehpunkt des langen Schenkels
 d = Mögliche Schwenkung des kurzen Schenkels
 e = Mögliche Schwenkung des langen Schenkels
 p = Belastete Fläche
 s = Senkrechte



Achse liegen, könnte eine Gewichtsverlagerung nur die Neigung der Standfläche erreichen, nicht aber eine Achsschwenkung. Das Gabelgelenk ist deshalb schräg ange-
 setzt. (Abb. 8.5a) Bei Gewichtsverlagerung schlägt die längere Gabelseite des Oberteils weiter aus als die kürzere Seite (Abb. 8.5b, c). Das weniger belastete, kurvenäußere Rad wird weggedrückt, das stark belastete, kurveninnere Rad herangezogen (Abb. 8.5d). Ganz anderer Art ist die Speziallenkung, die in diesem Unterrichtsbeispiel bearbeitet wird. Die Abbildung 8.6 gibt Auskünfte über das Funktionsprinzip des *Kamerawagens*.

Vier Räderpaare werden durch zwei Ketten gelenkt, die mit der Steuerstange bewegt werden. Beide Ketten bilden voneinander unabhängige Lenkkreise, die durch eine Kupplung verbunden oder getrennt werden können. Der kleine Lenkkreis gilt für die Hinterräder, so daß der Kamerawagen Kurven und Kreisbahnen fahren kann wie andere Fahrzeuge auch. Das Besondere ist der zweite Lenkkreis, der an der Steuerstange mit einem Abzughahn eingekuppelt werden kann. Alle Räderpaare lassen sich nun parallel schwenken, wodurch der Kamerawagen diagonal bzw. krabbenartig fahren kann. Daher der Name Crab Dolly.

Das Kuppeln ist nur in der Ausgangsstellung (Geradeausfahrt) möglich, weil die Räderpaare nicht gegeneinander geschwenkt werden können. Jedes Räderpaar hat einen eigenen Antrieb (Elektromotor), weil es bis fast 90 Grad geschwenkt werden kann. Das Prinzip ist verblüffend einfach und eignet sich deshalb recht gut für die Behandlung im Unterricht.

Literatur

rororo-Techniklexikon, Taschenbuchausgabe Reinbek bei Hamburg 1972, Band 12, S. 380 ff

Didaktische Gesichtspunkte

Das Thema setzt die Kenntnis und Konstruktionserfahrungen im Bereich der Drehschemel- und Achsschenkellen-

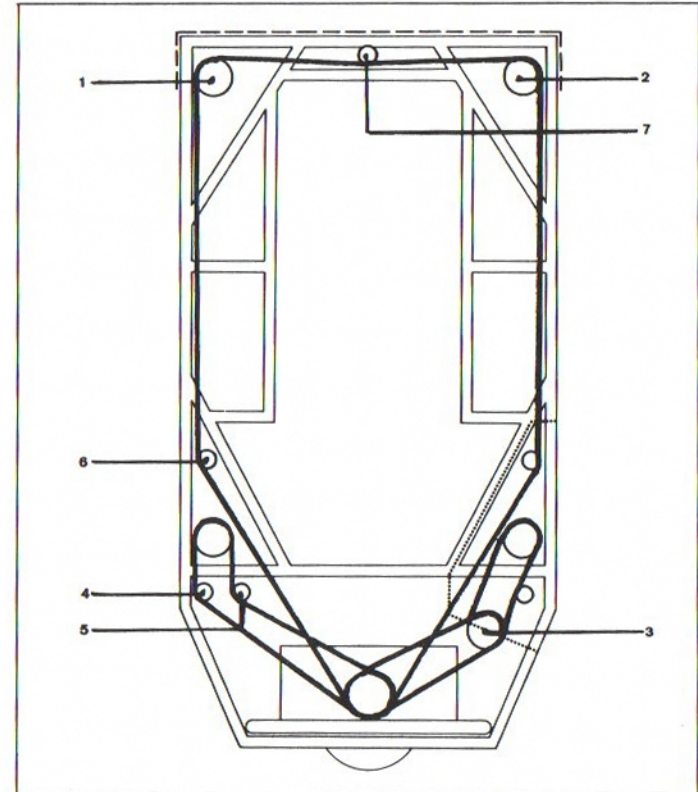


Abb. 8.6: Schematische Darstellung des Funktionsmechanismus der Crab-Dolly-Lenkung
 1 = Zahnräder für vier Räderpaare
 2 = Kettenspannräder
 3 = Lenkkreis für die Vorderräder
 4 = Lenkkreis für die Hinterräder
 5 = Achse der Steuerstange mit Kupplung zur Verbindung oder Trennung beider Lenkkreise

kung voraus. Es sollte möglichst an eine vom Fernsehen her bekannte Beobachtung angeschlossen werden, an die Bewegung der Aufnahmekameras nämlich, die – hauptsächlich bei Interviews und Diskussionen – lauernd um die Darsteller herumstreichen. Das technische Problem, das in solcher Beweglichkeit des Kamerawagens liegt, soll erkannt und anschließend die Erfindungsgabe der Schüler darauf gelenkt werden, für dieses interessante Problem des Fahrens technische Lösungen auszudenken.

Lernziele

Die Schüler sollen

- instande sein, selbständig aus Baukastenteilen ein Fahrzeug mit einer Lenkung für Kurven-, Kreis- und „krabbenartiges“ Fahren herzustellen.
- die Lenkeigenschaften eines Kamerawagens beschreiben und aus den Notwendigkeiten des Filmens begründen können.
- einige spezielle Lenksysteme beschreiben und einige Anwendungsbeispiele nennen können.
- die Bedeutung der Kupplung für Speziallenkungen erklären können.

Aufgabenstellung 1

Drehschemel- und Achsschenkellenkungen sind euch bekannt. Wie werden aber Fahrzeuge mit mehr als zwei Achsen gelenkt? Dreiachsige Militärfahrzeuge, dreiachsige Anhänger, Kettenfahrzeuge? Berichtet, was ihr wißt, oder macht Vorschläge, wie es sein könnte.

Unterrichtsdurchführung 1

Arbeitsmittel

Je Schüler 1 Lernbaukasten u-t 1

Je Schüler 30 cm Kette 022 oder u-t 2

Die in der Aufgabenstellung 1 genannten Fahrzeugtypen stehen nebeneinander an der Tafel, so daß darunter Platz

bleibt für Skizzen und Notizen. Am leichtesten fallen den Schülern die Bemerkungen zu Kettenfahrzeugen, weil sie bekannt sind von Baustellen oder Manövern. Die meisten wissen, daß die Lenkung durch den Stillstand der kurveninneren Kette erfolgt, während die äußere Kette weiterfährt. *„Der Panzer wird so richtig herumgerissen. Das sieht man nachher auf der Straße ganz deutlich.“* *„Bei Planiertrauben ist das auch so. Die eine Kette bleibt stehen, manchmal nur ganz kurz bei kleinen Kurven.“* *„Die Lenkung ist immer sehr ruckartig.“*

Der Lehrer fragt, wieso es möglich ist, eine Kette anzuhalten. Je nach Vorwissen kommen die Schüler früher oder später darauf, daß man den Antrieb einer Kette auskuppeln kann oder ein Differentialgetriebe verwendet.

„Beim Auto sieht man das oft im Winter. Das eine Rad rutscht, das andere dreht sich gar nicht.“ *„Wir erlebten das auch mal auf einem Feldweg. Da drehte sich nur das rechte Hinterrad, weil es auf dem Lehm rutschte.“*

Die Skizzen (Abb. 8.1 und 8.2) und wesentliche Stichwörter dieses Gespräches kommen an die Tafel. Der Lehrer informiert darüber, daß die innere Kette natürlich auch gebremst werden muß. Dazu wird eine Seite der Fahrzeugbremse gebraucht.

Weniger ergiebig war das Gespräch über die Dreiachser. Von Militärfahrzeugen wußten einige Jungen zwar, daß sich alle Achsen schwenken lassen; wie das vor sich geht, konnte jedoch keiner erklären. Von der Drehschemellenkung her wußten sie allerdings noch, daß die Räder das Bestreben haben, geradeaus zu fahren, wenn man den Rahmen in eine andere Richtung zwingt. Der Lehrer erklärt, daß man sich dieses Prinzip zunutze macht und die dabei entstehenden Kräfte zum Schwenken der Achsen benutzt. Eine gute Hilfe besteht darin, daß der Lehrer mit Pappstreifen, die mit Nägeln, Stecknadeln oder Musterbeutelklammern auf einem festen Untergrund beweglich befestigt werden, das Arbeitsprinzip der Lenkungen veranschaulicht.

Dreiachser

Schwenken aller drei Achsen

Abbildung 4

Die beiden hinteren Achsen hängen mit einer Art Deichsel an einem Drehzapfen. Die hintere Achse wird geschwenkt mit einer Führung, bewirkt durch die Ausladung des Rahmens

Kettenfahrzeuge

Abbremsen einer Seite, durch Differentialgetriebe bzw. Auskuppeln möglich.

Abbildung 1 und 2

Für die Lenkbremmung wird eine Seite der Fahrbremse benutzt.

Die Abbildung 4 wird nun Stück für Stück an der Tafel entwickelt und erklärt. Dabei muß erwähnt werden, daß es auch andere Konstruktionsarten gibt, die aber nicht alle besprochen werden können. Auf Modellversuche soll zugunsten eines anderen Systems verzichtet werden. Das inzwischen entstandene Tafelbild wird in die Arbeitsmappe übernommen (siehe oben).

Aufgabenstellung 2

Nennt Fahrzeuge mit großer Wendigkeit auf kleinstem Raum und macht dazu Angaben über die Lenkungsweise.

Unterrichtsdurchführung 2

Eine ganze Reihe von Beispielen wurde von den Schülern aufgeführt: Auto-Skooter auf dem Rummelplatz, Einkaufswagen im Selbstbedienungsladen, Krankenbetten im Krankenhaus, Sitzmöbel in der Wohnung, Gabelstapler in Lagerhallen, Rollstühle für Gehbehinderte und Kamerawagen in Filmstudios, Teewagen für Geschirr. Zur Lenkungsart kamen ebenfalls allerlei Anregungen, die teilweise auf Erfahrung basierten:

Räder, die um 360 Grad drehbar sind (z. B. Möbel); Lenkbarkeit der Vorder- oder Hinterräder bis zu 90 Grad; lenkbares Antriebsrad unter dem Fahrzeugmittelpunkt – alle übrigen Räder frei beweglich. Das Stichwort Kamerawagen wird an

die Tafel geschrieben. Die Frage danach, warum der Kamerawagen äußerst wendig sein muß, ergab folgende Antworten:

Personen und Objekte müssen umfahren werden. Bewegungsfreiheit der Akteure muß erhalten bleiben, wenn Zuschauer die Bühne einsehen wollen.

Verschiedene Blickwinkel der Kamera.

Aufgabenstellung 3

Welche Bewegungsmöglichkeiten muß ein Kamerawagen haben und welches Lenksystem braucht man dafür?

Unterrichtsdurchführung 3

Der erste Teil der Frage konnte von den Schülern sofort beantwortet werden: vorwärts, rückwärts, Kurven und Kreise. Die Geradausfahrt kommt ohne Lenkung aus, die Kurven und Kreise können mit Hilfe einer Drehschemel- oder Achsenkellenkung bei möglichst starkem Radeinschlag gefahren werden. Der Lehrer fordert zum Weiterdenken auf, indem er Richtungspfeile der eben genannten Fahrtrichtungen an die Tafel zeichnet und die Frage stellt, ob diese Bewegungen genügen. Äußert sich niemand, so kann der Lehrer mit einer Tafelskizze nachhelfen, die so angelegt ist, daß der Kamerawagen mit den genannten Fahrtrichtungen nicht an das Objekt herankommt, ohne große Rangierbewegun-

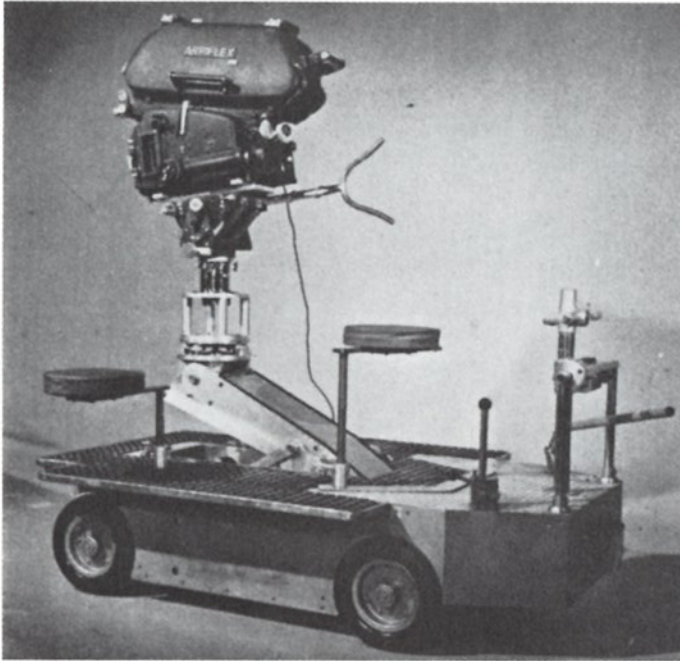
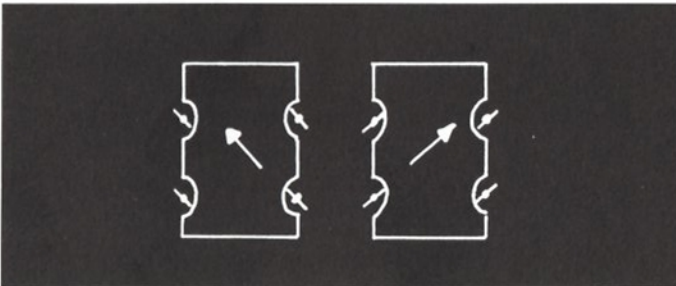


Abb. 8.7: Kamerawagen Crab-Dolly

Abb. 8.8: Tafelskizze zur Unterrichtsdurchführung 3



gen auszuführen. Spätestens jetzt kommen die Schüler auf die Seitwärtsfahrt.

Mit dem Episkop zeigt der Lehrer eine Abbildung des Kamerakrans (Abb. 8.7). Die Stellung der Räder für die Seitwärtsfahrt nach rechts bzw. links wird an der Tafel schematisch dargestellt (Abb. 8.8).

Der entscheidende Denkprozeß ist nun gefordert, denn es muß die Lenkart gefunden werden.

„Man könnte jede Achse einzeln lenken.“ „Das ist doch viel zu umständlich, außerdem kann es dann passieren, daß die Räder nicht alle richtig parallel stehen.“ „Vielleicht kann man es mit dem Mittelrad machen.“ Lehrer: *„Das Rad wäre sehr hohen Belastungen ausgesetzt, weil ein Kamerawagen sehr schwer ist und das häufige Schwenken im Stand zu starkem Reifenabrieb führt. Abgesehen davon, daß das Lenken dieses Rades sehr schwer wäre.“*

Die Schüler taten sich schwer. Der Lehrer mußte Denkhilfen geben, so z. B.: Alle Räder sollen gleichzeitig und gleichmäßig geschwenkt werden. Denkt an bekannte Möglichkeiten, die recht einfach sind. Oder noch leichter: Viele Räder, die hintereinander angeordnet sind, sollen alle gleichzeitig bewegt werden.

Nun wurden von den Schülern Zugmittel genannt, von denen man die Kette für das beste hielt. Sofort entstand jedoch ein neues Problem: *„Damit kann man doch keine Kurven mehr fahren.“ „Das müßte man umschalten können, mal alle vier Räder, mal aber auch nur zwei.“ „Das wird aber kompliziert, einmal die Achsschenkellenkung, dann die Lenkung mit der Kette.“* *„Man kann ja, wenn man nur zwei Räder lenken will, die auch mit einer Kette bewegen.“ „Dann drehen sich aber doch immer alle Räder.“ „Nein, das muß man eben trennen.“* Lehrer: *„Wie kann man denn beide Lenkkreise voneinander trennen bzw. wieder miteinander verbinden?“* Der Vorschlag, es mit einer Kupplung zu versuchen, kommt bestimmt. Die Bedingungen, die der Kamerawagen erfüllen muß sind also (Tafel):

Lenkbedin- Ein Radpaar gerade, eines geschwenkt für Kur-
 gung 1: ven und Kreise.
 Lenkbedin- Vorderräder und Hinterräder in die gleiche Rich-
 gung 2: tung parallel geschwenkt für Seitwärtsfahrten.

Aufgabenstellung 4

Konstruiert ein Fahrwerk mit einem Lenksystem, das beide Lenkbedingungen erfüllt. Die Spurweite soll möglichst gering bleiben bei größter Wendigkeit. Die Fahrwerke werden nach Fertigstellung einer Fahrprüfung unterzogen.

Unterrichtsdurchführung 4

Es ist möglich, weitere Anforderungen an das Modell zu stellen: Antrieb für zwei Räder, Festlegung des Einschlagwinkels auf z. B. mindestens 60 Grad. Einigen Schülern gelang es, auch diese Aufgaben zu erfüllen. Der Modellbau erfolgte in drei Phasen. In der ersten Phase wurden nur Vorversuche, spielerische Ansätze erwartet. Abbildung 8.9 gibt Einblick in das zugrundeliegende Denkschema. Der Schüler wollte auf Ketten verzichten und alles mit Zahnrädern lösen. Abbildung 8.10 zeigt das Ergebnis: ein kombiniertes Ketten- und Zahnradgetriebe. Das mittlere Zahnrad bildet die Kupplung und wird mit der Stange im Gelenkbaustein ein- oder ausgekuppelt. Eine verblüffend einfache, materialsparende und wenig Raum benötigende Konstruktion. Der einzige Fehler ist, daß es keine Ausgangsstellung der Räder gibt als Grundbedingungen des Kuppelns. An diese herausragende Lösung vermochten die anderen Schüler nicht anzuschließen.

Die zweite Unterrichtsphase sollte auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen in Phase 1 realistische Lösungsansätze bringen, nachdem über folgende Probleme gesprochen worden war:

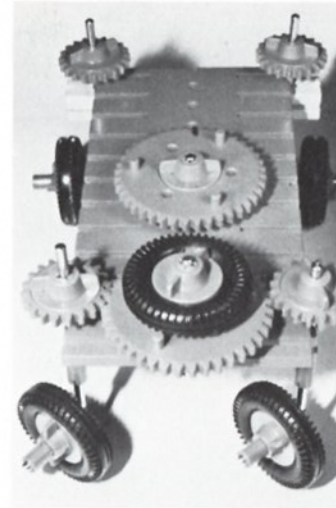


Abb. 8.9: Hinteres Räderpaar noch nicht lenkbar

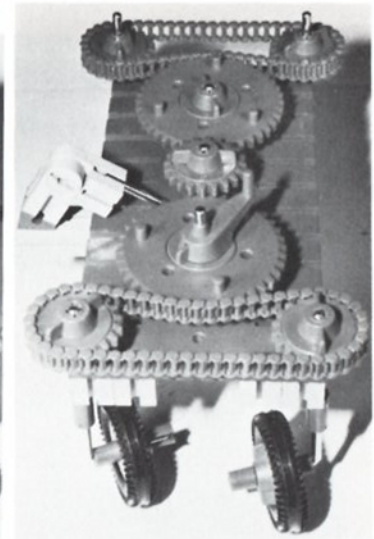


Abb. 8.10: Weiterentwicklung des Modells der Abbildung 9, voll funktionstüchtig

Radaufhängung; Sitz der Lenkstange im ersten Viertel des Modells; Problematik des Radpaares, das beide Lenkrichtungen ausführen kann. Beim Modell der Abbildung 8.11 kann noch nicht gekuppelt werden, außerdem schwenken immer alle Räder, also eine Fehllösung. Auch Abbildung 8.12 ist eine Fehlkonstruktion, da nicht gelenkt werden kann. Dagegen sind in Abbildung 8.13 beide Lenkbedingungen deutlich getrennt. Die Kupplung arbeitet richtig. Das obere Zahnrad rutscht auf der Achse, kann somit rauf- und runtergeschoben werden. In Ausgangsstellung faßt eine im unteren Zahnrad steckende Achse in das obere Zahnrad, wenn man es hinabschiebt. Damit ist der untere Lenkkreis eingekuppelt. Ungefähr ein Drittel der Schüler war nach der

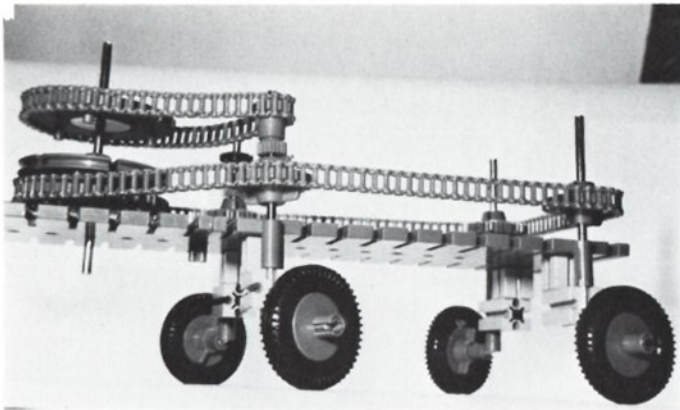


Abb. 8.11: Fehlkonstruktion

Abb. 8.13: Voll funktionstüchtig durch eine Achse im großen Zahnrad als Steckkupplung.

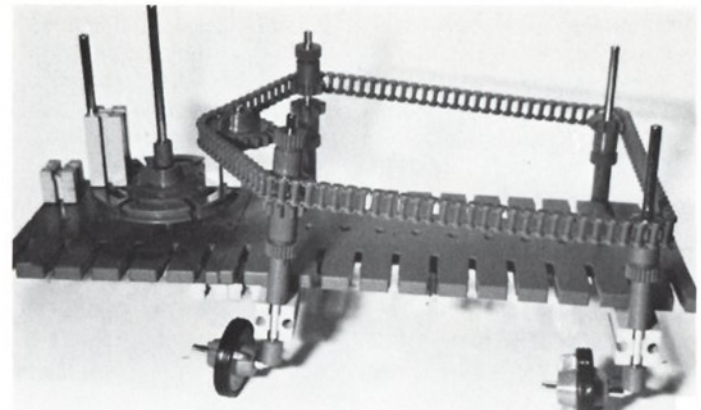
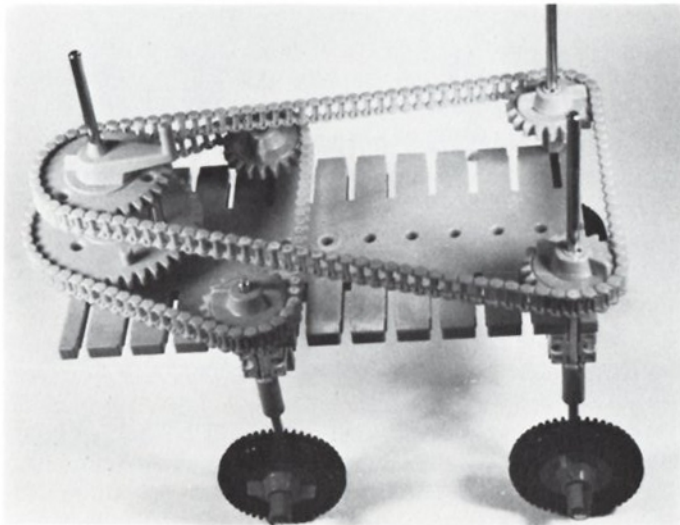
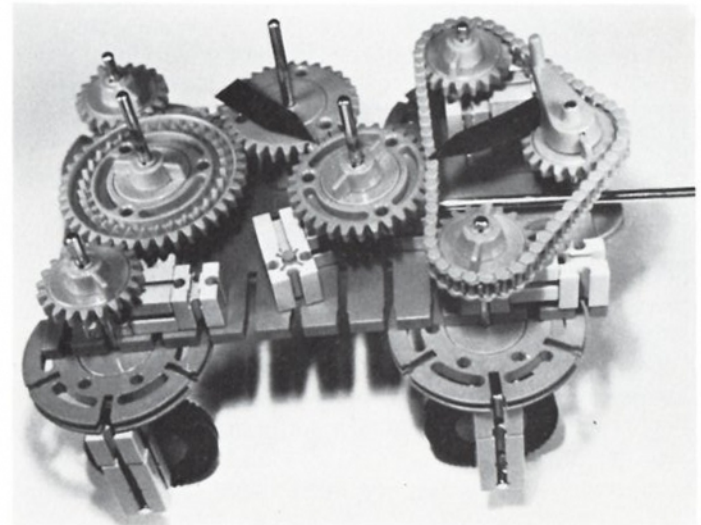


Abb. 8.12: Fehlkonstruktion

Abb. 8.14: Die schwarzen Pfeile zeigen auf das als Kupplung dienende Zahnrad.



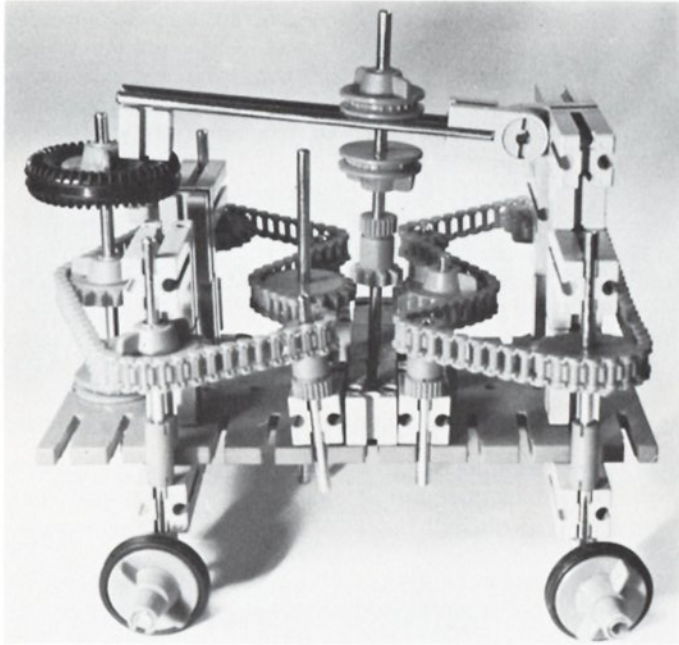


Abb. 8.15: Die Kupplung in der Mitte mit dem kleinen Zahnrad (10 Z) kann von der Steuerstange aus bedient werden.

zweiten Phase fertig und brauchte nur noch Verfeinerungen vorzunehmen.

Einige ehrgeizige Projekte und die schwächeren Schüler benötigten noch die dritte Phase.

Abbildung 8.14: Das Zahnrad, auf das die Pfeile zeigen, bildet die Kupplung. Sie kann von vorne aus mit der Achse bedient werden. Die 4 drehchemelartig aufgehängten Räder benötigen viel Platz.

Abbildung 8.15: Das Zahnrad in der Mitte bildet die Kupplung, ebenfalls von vorne her bedienbar.

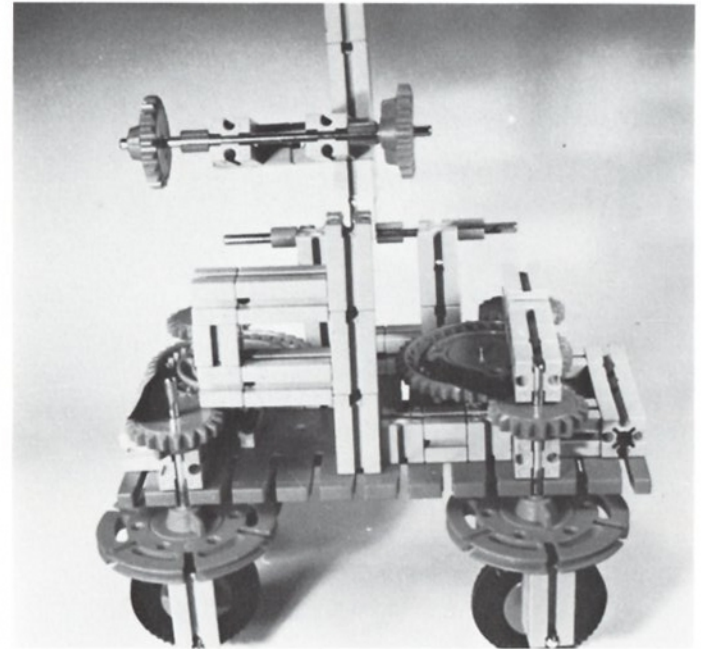


Abb. 8.16: Modell mit hochgeklappter Kupplung

Recht interessant die Lösung in Abbildung 8.16. Die beiden Zahnräder der hochgeklappten Kupplung greifen beim Einkuppeln in die Tellerzahnkränze darunter.

Abbildung 8.17: Mit den langen Hebelarmen kann man von der Lenkstange aus die Kupplung bedienen, allerdings nur mit äußerster Vorsicht.

Die abschließende Fahrprüfung hat den Schülern viel Freude gemacht, weil sie der mehr spielerischen Arbeit an den Modellen entsprach. Der Crab-Dolly in den Aufnahme-Studios ist 90 cm breit und 170 cm lang; die große Grundplatte

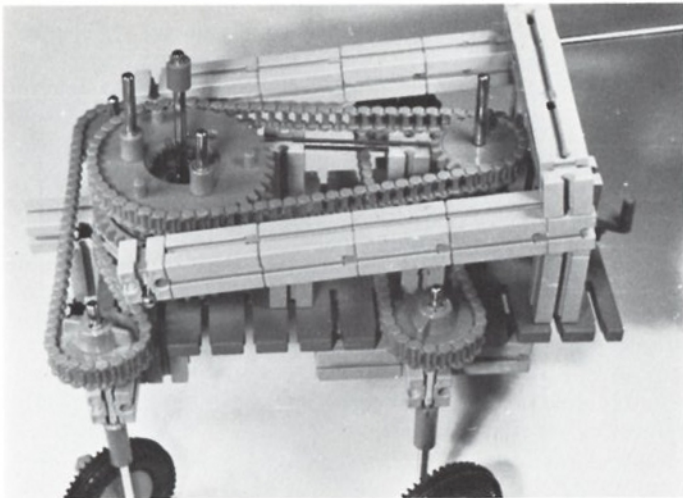
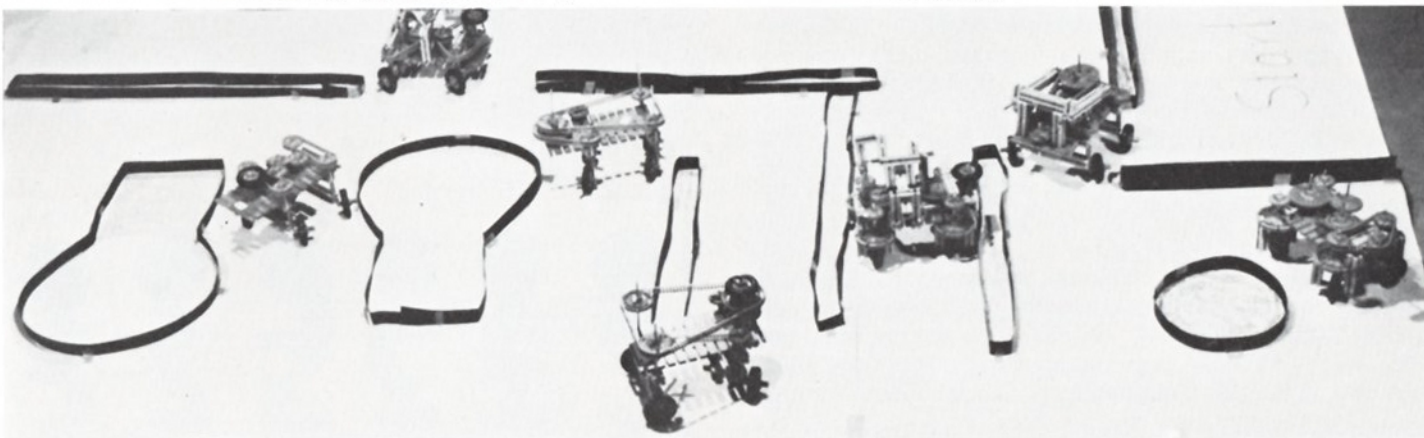


Abb. 8.17: Die Hebelarme heben das große Zahnrad (40 Z) an und kuppeln somit aus

Abb. 8.18: Die Prüfstrecke für die Fahrprüfung



hat die Maße 9×18 cm. Der Maßstab für das Gelände der Fahrprüfung lautet somit $1 : 10$. Auf einem großen Bogen Papier von ca. 100×250 cm Größe werden Bühnenaufbauten und Dekorationen nach Belieben andeutungsweise aufgebaut, u. a. mit Rundungen, Winkeln und engen Stellen. Nummern geben die Fahrtroute von einem vereinbarten Start aus an (Abb. 8.18).

Abgesehen von der Stabilität der Konstruktion, dem Materialaufwand und der Funktionstüchtigkeit wurden mit viel Freude die Wendigkeit und die Spurbreite erprobt und beurteilt. Setzt man Farbstifte so in die Grundplatte ein, daß sie den Weg auf die Unterlage zeichnen, kann man gut Vergleiche anstellen.

Realbezug

Ein Realbezug ist in üblicher Weise schwerlich direkt herzustellen. Die Beobachtungen, die am Fernsehschirm möglich sind, sind aber durchaus hierher zu rechnen. Sie haben nur den Nachteil, exakt und im Detail nicht in das Unterrichtsgespräch eingeführt werden zu können. („Realbezug“ ist eine höchst wünschenswerte, aber keine unerläßliche methodische Bedingung!)
Pfeiffer

9 Türschloß

Sachinformation

Türen werden gewöhnlich so verschlossen, daß ein waagrecht geführter Riegel aus dem Schloß in das Loch des Schließblechs hineinfährt, das gegenüber dem Schloß auf dem Türrahmen befestigt ist. In das Schloß sind Vorrichtungen eingebaut, die einem unbefugten Öffnen Widerstände entgegensetzen.

Die Ansprüche an die Sicherheit von Schlössern sind sehr unterschiedlich. Sie steigen z. B. von der Badezelltür über die Zimmertür und die Haustür bis zur Tresortür. Dementsprechend gibt es eine große Zahl von unterschiedlichen Schloßkonstruktionen. Im Hinblick auf den Sicherheitsgrad sind unter den heute gängigen Türschlössern drei Haupttypen zu unterscheiden: das Buntbartschloß, das Mehrzuhaltungsschloß (Chubbsschloß) und das Zylinderschloß. Das Buntbartschloß besitzt eine sehr einfache Bauart von geringer Sicherheit (Abb. 9.1). Es wird häufig für Zimmertüren gewählt. Die wesentlichen Schloßteile sind auf einer Grundplatte, dem Schloßblech, befestigt. Auf dem Führungszapfen ist der Riegel mit einem Schlitz so gelagert, daß er vor- und zurückgeschoben werden kann. Die Sperrung wird dabei durch eine federnde Zuhaltung bewirkt, die mit einem Rasthaken in die Sperrschlitze des Riegels greift. Bei der Drehung des Schlüssels führt der Schlüsselbart zwei Arbeitsgänge aus. Zunächst drückt er die Zuhaltung hoch und entsperrt damit den Riegel. Dann schiebt der Bart den Riegel weiter, indem er in eine Kerbe an der Riegelunterseite greift; die Zuhaltung rastet im nächsten Sperrschlitz wieder ein. Am abgebildeten Schloß kann der Riegel in zwei Stufen herausgedreht werden.

Schutz gegen unzulässiges Öffnen bieten Buntbartschlösser nur durch die Form des Schlüsselloches. Es ist so ausgeführt, daß nur ein zum Schloß gehörender Schlüssel mit

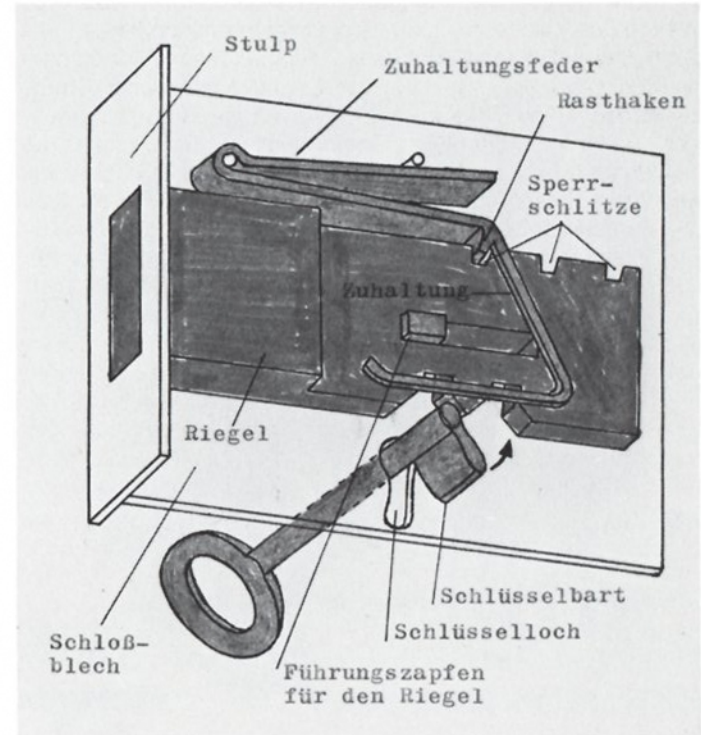


Abb. 9.1: Buntbartschloß

Abb. 9.2: Bartprofile



passendem Bartprofil eingeführt werden kann (Abb.9.2). Wesentlich sicherer sind Mehrzuhaltungsschlösser, die nach ihrem Erfinder auch als Chubbsschlösser bezeichnet werden (Abb.9.4, 11, 12). Der Engländer Jeremia Chubb konstruierte 1818 das erste Schloß mit mehreren Zuhalten. Welchen Schloßtyp man vor sich hat, läßt schon der Schlüssel erkennen. Für Chubbsschlösser sind Schlüssel mit gestuften Einschnitten am Bart kennzeichnend (Abb.9.3). Die Einschnitte sind auf die unterschiedlich geformten Zuhalten abgestimmt. Die Zuhalten liegen vor dem Riegel. Es sind Metallscheiben, die in der Mitte Rasten in Form gezahnter Schlitzte haben. Sie sind vertikal verschiebbar. Jede Zuhaltung sperrt den Riegel, indem sie mit einer Raste über den Sperrstift greift, der fest auf dem Riegel angebracht ist. Beim Schließen hebt der Schlüsselbart mit seinen Stufen alle Zuhalten auf die richtige Höhe an, klinkt dadurch den Sperrstift aus und gibt den Riegel frei. Die letz-

Abb. 9.3: Schlüssel für Mehrzuhaltungsschlösser

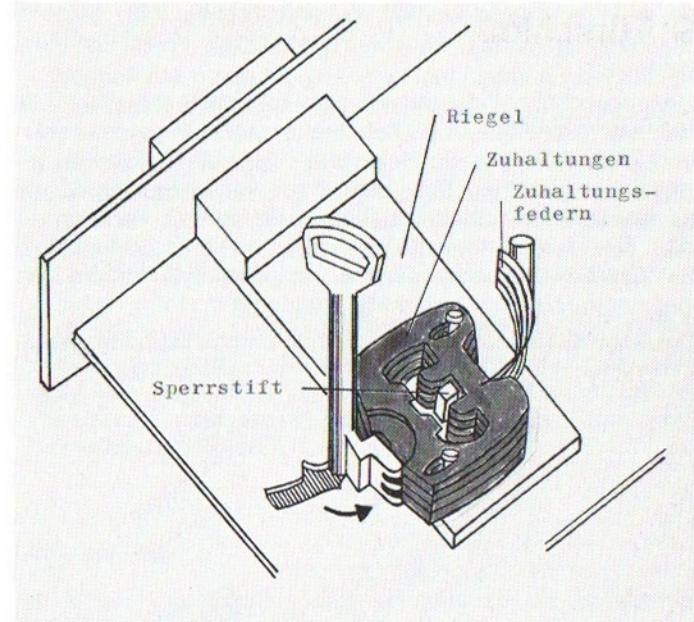
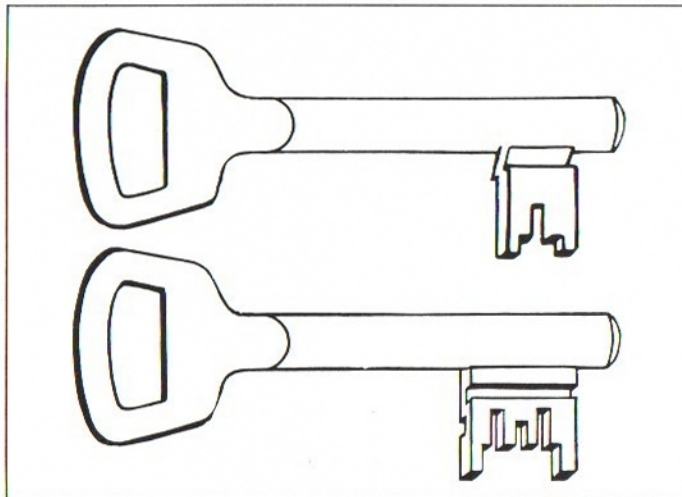


Abb. 9.4: Mehrzuhaltungsschloß

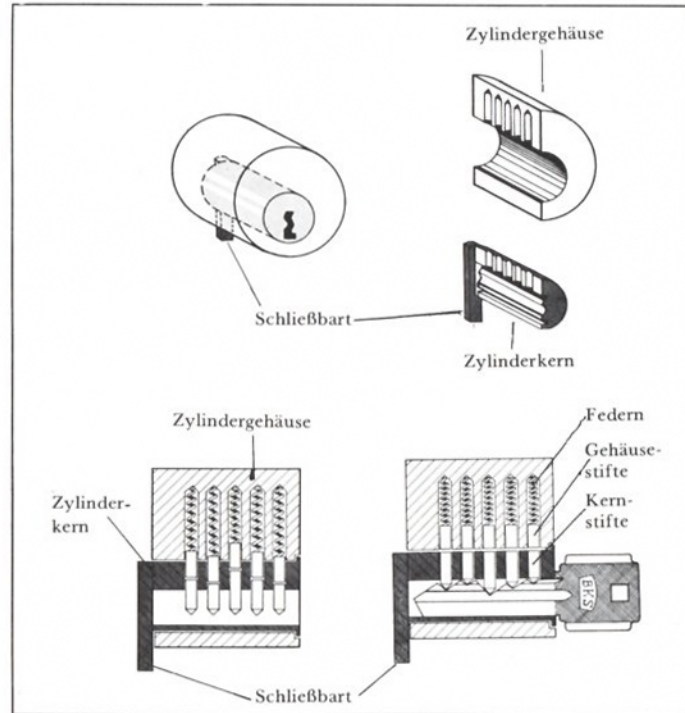
te Bartstufe bewegt den Riegel. Ein falscher Schlüssel hebt einen Teil der Zuhalten zu wenig oder zu viel an, so daß der Riegel blockiert bleibt. Je mehr Zuhalten ein Schloß hat, um so größer ist die Zahl der Schlüsselvariationen und um so unwahrscheinlicher ist es, daß ein anderer Schlüssel paßt.

Eine weitere Möglichkeit, die Sicherheit von Buntbart- und Chubbsschlössern zu erhöhen, besteht in der Anbringung von sogenannten Besatzungen. Das sind stiftförmige oder ringförmige Hindernisse, die auf dem Schloßboden im Kreis um den Drehpunkt des Schlüssels befestigt sind. Der passende Schlüssel hat im Bart den Besatzungen entsprechen-

de Aussparungen, so daß er sich drehen läßt. Falsche Schlüssel werden durch die Besetzungen an der Drehung gehindert.

Besonders hohe Sicherheit bieten *Zylinderschlösser*, die deshalb gemeinhin auch Sicherheitsschlösser genannt werden (Abb. 9.5). Der Schließzylinder ist kein Schloß im eigentlichen Sinn, sondern eine Erschwernisvorrichtung, die zu einem Grundschloß mit Riegel und einer Zuhaltung gehört. Der zum Schloß gehörende charakteristische kleine Schlüssel bildet erst zusammen mit dem Zylinderkern den

Abb. 9.5 Zylinderschloß



Gesamtschlüssel, der den üblichen Bartschlüsseln vergleichbar ist. Denn erst der am Zylinderkern befestigte Schließbart hebt die Zuhaltung an und schaltet den Riegel. Die Hauptelemente des Schließzylinders sind das Zylindergehäuse und der Zylinderkern. Das Zylindergehäuse ist fest mit dem Schloßblech verbunden. Mit Hilfe eines passenden Schlüssels kann der Zylinderkern im Gehäuse gedreht werden. Kern und Gehäuse sind durch fünf bis sieben hintereinander liegende Sperrstiftpaare verbunden, die ein unbefugtes Drehen des Kerns verhindern. Je ein Gehäuse- und ein Kernstift wirken zusammen. In geschlossenem Zustand drücken Federn die Gehäusestifte in den Zylinderkern und sperren ihn. Sie liegen dort auf einem Vorsprung des Schlüsselkanals auf. Wird der richtige Schlüssel eingeführt, dann hebt er durch seine Einschnitte die Stiftpaare so weit an, daß ihre Trennfugen mit der Trennlinie zwischen Zylinderkern und -gehäuse übereinstimmt. Nur bei dieser Stellung der Stifte kann der Zylinderkern gedreht werden. Ein falscher Schlüssel hebt nur einen Teil der Sperrstifte auf die richtige Höhe, so daß die restlichen Stifte immer noch ein Öffnen unmöglich machen. Nach den DIN-Vorschriften (DIN 18 252) für Zylinderschlösser müssen zu jedem Bartprofil mindestens 30 000 Schlüsselvarianten garantiert sein.

Literatur

Vollmers, Christian: Präparation 67 und 68 (Schlösser und Schlüssel; Das moderne Sicherheitsschloß), in: Westermanns Pädagogische Beiträge 1971/1 und 2
 Stiftung Warentest (Hrsg.): Sicherheit an der Wohnungstür, in: test 1975/1
 Stiftung Warentest (Hrsg.): Report-Schlüsseldienste, in: test 1976/5

Didaktische Gesichtspunkte

Kaum ein technischer Gegenstand ist so allgegenwärtig wie das Schloß. Ständig werden Schlösser mit gedankenloser

Selbstverständlichkeit auf- und zugeschlossen und dabei selten in ihrer Funktionsweise durchschaut. Von daher drängen sie sich als Unterrichtsgegenstand geradezu auf. Außerdem gehören sie zu den ältesten Schöpfungen menschlichen Erfindergeistes. Der Anstoß, Schlösser zu machen, kommt aus sehr elementaren Regungen und Gefühlen. Sie sind Objekte zwischen menschlicher Habgier und Neugier einerseits und dem Bedürfnis nach Schutz und Sicherheit andererseits.

Aus den emotionalen Anklängen des Themas bezieht der Unterricht starke Motivationen. Die Vorstellung, allein den Code eines Schlosses zu besitzen und es bedienen zu können, ist für Schüler ungemein reizvoll. Sie erfassen schnell die Aufgabe, Verschlüsse zu bauen, und sie bemühen sich, einen komplizierten, undurchschaubaren Mechanismus zu erfinden.

Das Thema „Schloß“ ist in besonderem Maße geeignet, konstruktive Fähigkeiten zu entwickeln. Technische Phantasie und räumlich-kinetisches Vorstellungsvermögen werden stark gefordert und gefördert. Neben diesen psychologischen und fachdidaktischen Aspekten steht die gesellschaftliche und die lebenspraktische Bedeutung des Themas: die Schüler lernen, die Sicherheit gängiger Schloßkonstruktionen einzuschätzen.

Der Unterricht ist in folgende Phasen aufgliedert:

1. Konstruieren von Verschlüssen aus Baukastenteilen.
2. Analysieren technischer Zeichnungen von Schlössern.
3. Demontieren von Schlössern.

Lernziele

- einen einfachen Riegel funktionsgerecht (angemessenes Spiel und vorgegebene Bewegungsstrecke) lagern;
- eine Betätigungsmöglichkeit für den Riegel von der Türaußenseite her schaffen;

- eine Sperrvorrichtung konstruieren, die den Riegel beim Verschieben selbsttätig blockiert und deren Sperrwirkung durch einen Schlüssel aufgehoben werden kann;
- die Funktion verschiedener Schlösser nach Abbildungen und an Modellen und Originalen entdecken und beschreiben;
- Originalschlösser nach ihrem Sicherheitsgrad unterscheiden und die Bedingungen für eine hohe Sicherheit nennen;
- bei den Konstruktionsversuchen und zu den Beschreibungen die folgenden Begriffe richtig verwenden: Schlüsselbart, Schlüsselprofil, Riegel, Führungsstift, Zuhaltung, Besatzung, Sperrstift, Zylinderkern, Schließbart, Zylindergehäuse, Trennfuge, Stulp, Buntbartschloß, Mehrzuhaltungsschloß (Chubbschloß), Zylinderschloß, Wechsel, Falle, Nuß, Drücker.

Aufgabenstellung

Die Schüler beobachten und beschreiben die Bewegung und Funktion des Riegels beim Schließen der Klassentür. – Die folgenden Aufträge werden nacheinander erteilt. Der nächste wird erst gegeben, wenn der vorangegangene durchgeführt und die Lösungen besprochen sind:

1. Die Grundplatte aus dem Baukasten soll eine Tür darstellen. Sie soll durch einen Riegel von innen verschlossen werden können. Dazu muß der Riegel ein bestimmtes Stück (die Länge eines großen oder eines kleinen Bausteins) aus der Tür heraus in einen gedachten Türrahmen hineinfahren.
2. Schaffe eine Möglichkeit, den Riegel auch von außen (von der anderen Seite der Tür) zu betätigen.
3. Wenn der Riegel von außen vorgeschoben wird, soll er selbsttätig gesperrt werden. Um die Sicherheit des Verschlusses zu erhöhen, soll die Sperrung von einem Fremden möglichst nicht aufzuheben sein.

Hinweis: Die letzte Bedingung erfüllst du am ehesten, wenn der Riegel durch ein Hilfsmittel (Schlüssel) entsperrt werden muß.

Unterrichtsdurchführung

Material: Lernbaukasten u-t1, Pappe, Gummiband, Alu- oder Eisendraht 2 mm \varnothing , Klebeband, Alu-Blech 0,3 mm, Werkzeug: Schere, Pappmesser, Kneifzange, Kombizange

Im ersten Auftrag beschäftigen sich die Schüler mit dem Kernstück jeden Schlosses, dem Riegel. Es kommt vor allem darauf an, ihn in einer sicheren Führung zum leichten Gleiten zu bringen. Dies muß unbedingt erreicht sein, um die Konstruktion entsprechend den dann folgenden Aufträgen ausbauen zu können. Es liegt nahe, den Riegel durch aneinandergereihte Bausteine 30 darzustellen. In dem Modell der Abbildung 9.6 wird der Riegel über Zahnrad und Zahnstange bewegt; das Zahnrad verhindert gleichzeitig das Herausfallen des Riegels.

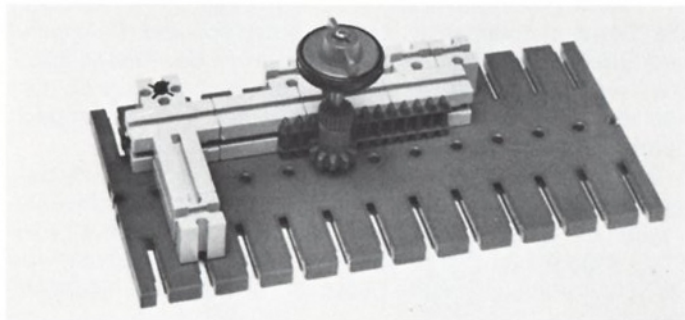


Abb. 9.6 Riegel aus Bausteinen mit Betätigung über Zahnrad und Zahnstange

Eine weitere Form, den Riegel zu lagern, zeigt die Abb. 9.9. Die Klammer aus Bausteinen muß jedoch an einer Kante offen sein, um ein ausreichendes Spiel einstellen zu können.

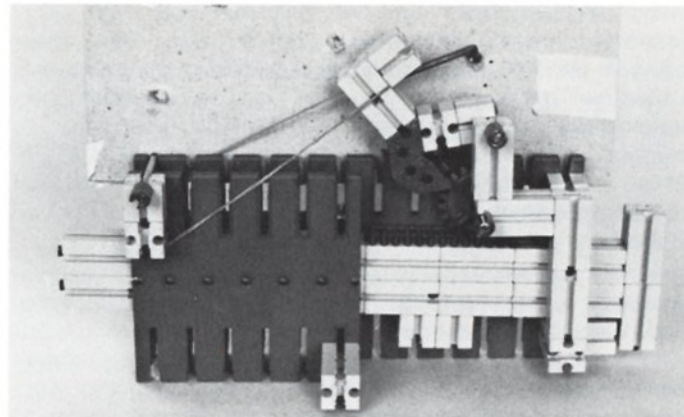


Abb. 9.7 Sperrklinke blockiert den Riegel

Die als zweites geforderte Bewegungsmöglichkeit des Riegels von der anderen Seite der Tür her ist schnell geschaffen. In der Zahnstangen/Zahnrad-Lösung (Abb. 9.6) ist sie bereits enthalten, wenn die Welle des Zahnrads weit genug durch die Tür hindurchragt. Bei den anderen Lösungen muß eine abknickende Verlängerung des Riegelgriffs ober- bzw. unterhalb der Grundplatte durch ein Loch in der „Tür“ führen.

Mit dem dritten Konstruktionsauftrag soll der Riegel gegen unbefugte Betätigung geschützt werden. Erst damit werden die Verschlüsse zu Schloßmodellen. Um die Überprüfung der Sicherheit möglichst realistisch zu gestalten – andere Schüler sollen ohne Einsicht in den Schloßmechanismus versuchen, ihn zu betätigen –, wurde empfohlen, die Grundplatte mit Klebestreifen auf einem großen Stück Pappe als eigentlicher Tür zu befestigen. Dadurch wie auch durch anderes Zusatzmaterial wird der Lösungsspielraum, innerhalb dessen die Schüler ihre konstruktive Phantasie zur Geltung bringen konnten, erweitert.

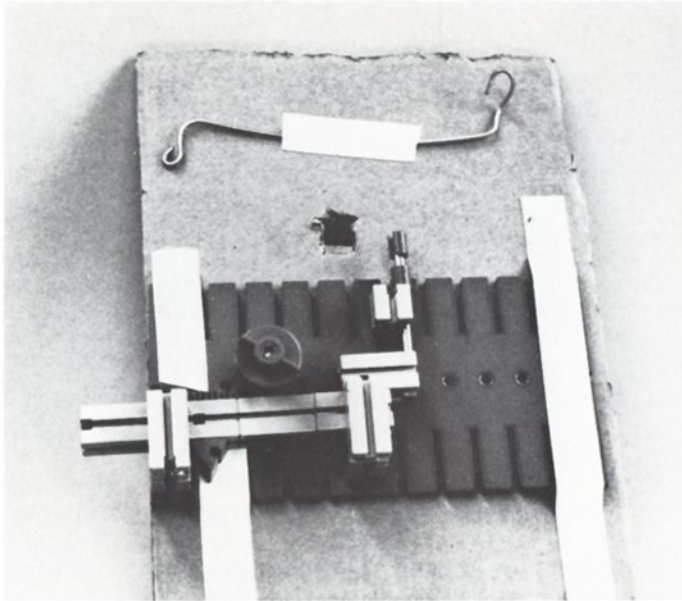


Abb. 9.8 Lösung mit fallendem Sperrstift; oben: Schlüssel aus Draht

Abb. 9.9: Der Schlüssel hebt den Sperrstift und bewegt den Riegel

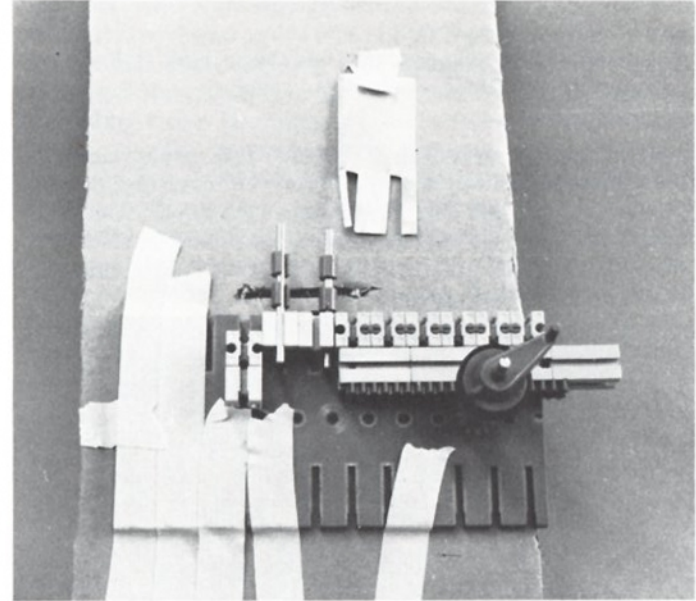
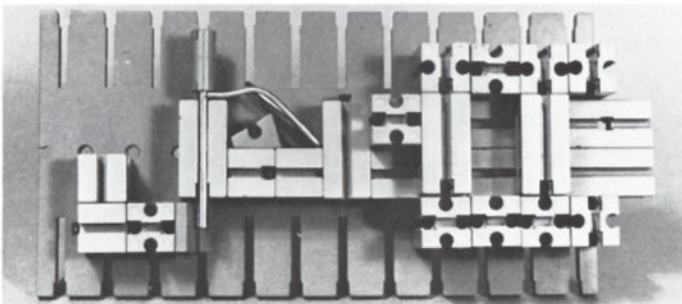


Abb. 9.10: Lösung mit zwei Sperrstiften; Schlüssel aus Alu-Blech (oben) mit Einschnitten für die Sperrstifte

In unseren Versuchen überwogen Sperrstiftlösungen (Abb. 9.8 bis 9.10). Doch entstanden auch einige Sperrklinkenkonstruktionen, von denen eine auf der Abb. 9.7 zu sehen ist: Die Sperrklinke (Winkelsteine) hemmt das Zahnrad (Z 20) und dies wiederum über die Zahnstange den Riegel. Der Riegel kann nur bewegt werden, wenn der Schlüssel die Sperrklinke anhebt. Da der Schlüssel durch eines von vielen Löchern in der Tür geschoben werden muß, das aber nur „Eingeweihte“ kennen, ist eine beachtliche Sicherheit erreicht.

Die Abbildungen 9.8 und 9.9 zeigen Schlösser, in denen der Riegel durch jeweils einen Sperrstift blockiert werden kann.

Beim Modell der Abb. 9.8 wird der Sperrstift vom Schlüssel durch eine versetzte Öffnung in der Tür angehoben und damit der Riegel freigegeben. Die geringe Größe des Schlüsselochs und der Abstand zum Sperrstift machen hier die Sicherheit aus.

Die Konstruktion der Abb. 9.9 weist eine bemerkenswerte Besonderheit auf. Auf Grund seiner Form bewältigt der sich drehende Schlüssel aus Draht zwei Funktionen: Die obere Nase hebt zunächst den Sperrstift, die untere schiebt dann den Riegel zurück. Riegelentsperrung und Riegelbetätigung sind also zusammengefaßt.

Eine größere Zahl von Sperrstiften erhöht den Sicherheitsgrad, wenn jeder einzelne die Bewegung des Riegels verhindert. Solche Sicherheit ist auf dem Modell der Abb. 9.10 erreicht. Um das Schloß öffnen zu können, muß ein Schlüssel benutzt werden, der alle Stifte gleichzeitig auf die richtige Höhe bringt. Die Stellung der Stifte ist ein Code, der in Form von Einschnitten in den Schlüssel aus Alu-Blech eingegeben ist.

Als Nachteil dieses Konstruktionsprinzips erkannten die Schüler, daß die Position der Stifte von außen sichtbar und auch relativ leicht abzutasten ist.

Die Arbeiten der Schüler weisen in den Grundzügen deutliche Parallelen zu fabriktionsüblichen Schloßmechanismen auf: waagrecht geführter Riegel, Blockierung des Riegels durch Sperrelemente, Sperrelemente als Variationsträger, Entsperrung des Riegels durch einen Schlüssel. – Die Unterschiede liegen von der Konstruktion her vor allem im folgenden: In industriell hergestellten Schließern wirken die Sperrelemente durch Federkraft statt durch Schwerkraft. Es gibt keine gesonderte Betätigungsvorrichtung für den Riegel, weil der Schlüssel den Riegel entsperrt und bewegt. Die Variation der Sperrelemente liegt nicht in ihrer Anordnung, sondern bei Zuhaltungen in der Form und bei den Sperrstiften der Schließzylinder in der Teilung.

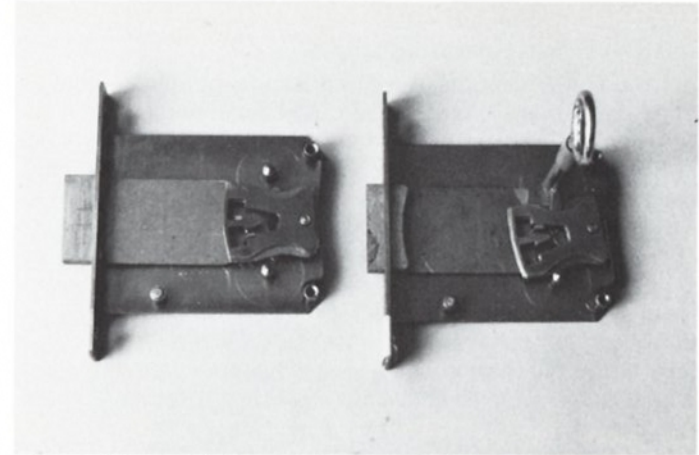
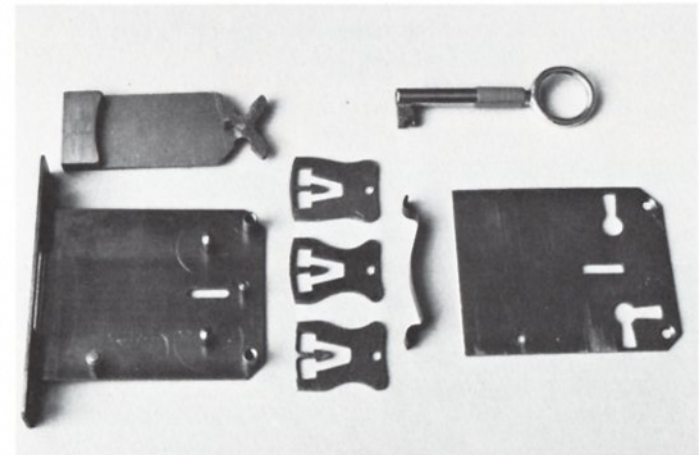


Abb. 9.11: Chubbtschloß mit drei Zuhaltungen

Abb. 9.12: Einzelteile des Chubbtschlusses



Realbezug

Analysieren von Schloßabbildungen

Auf die konstruierende Auseinandersetzung mit Verschlößproblemen folgt die analytische, und zwar zunächst als Arbeit an Zeichnungen. Es werden die Abb. 9.1 und 9.5 benutzt, die den Schülern als Kopien in die Hand gegeben werden. Für die Bildanalyse bieten sich als Arbeitsform Gespräch und Diskussion an. In der Konstruktionsphase ist jedoch ein so weitgehendes Vorverständnis für das Bauprinzip von Schlössern gewonnen worden, daß ohne ein vorbereitendes Gespräch von den Schülern schriftliche Funktionsbeschreibungen verlangt werden konnten. Zur Bildanalyse werden die Darstellungen des Buntbart- und des Zylinderschlosses ausgewählt. Dafür sprechen folgende Gründe: Anhand der vereinfachenden Zeichnung des Buntbartschlosses werden die Schüler mit dem Gerüst aller heute gebräuchlichen Türschlösser bekannt gemacht, in das unterschiedlich anspruchsvolle Sicherheitsvorrichtungen eingefügt werden können. Das Zylinderschloß ist als derartige Zusatzausrüstung nur zusammen mit einem Buntbartschloß zu verwenden; die Behandlung des Schließzylinders setzt die Kenntnis des Buntbartschlosses voraus. Fertig montierte Zylinder lassen sich außerdem nicht zerlegen und kommen deshalb nicht für die Demontage in Frage, so daß ihre Wirkungsweise am besten über die Bildanalyse erschlossen wird.

Demontieren von Schlössern

Auf der nächsten Stufe untersuchen die Schüler industriell gefertigte Schlösser auf dem Weg der Demontage. Dazu eignen sich Chubb Schlösser mit drei Zuhaltungen und ohne Falle, wie sie häufig für Schränke verwendet werden (Abb. 9.11, 9.12). Mit diesen Schlössern lernen die Schüler gleichzeitig den dritten wichtigen Schloßtyp kennen.

Für je zwei Schüler wird ein Schloß bereitgestellt. Bei der Beschaffung ist auf die Demontierbarkeit zu achten; Schloß-

blech und Deckblech sind heute oft zusammengenietet, also nicht mehr einfach zu trennen. Wenn möglich, sollten zu jedem Schloß zwei oder drei unterschiedliche Schlüssel gekauft werden, auf die das Schloß umgestellt werden kann.

Zum Ablauf der Demontage: Die Schüler versuchen, ihr Schloß mit den bereitgestellten Schlüsseln zu schließen. Wenn sie den passenden Schlüssel herausgefunden und die Einschnitte im Bart verglichen haben, wird das Deckblech abgenommen, so daß die Teile beim Schließen beobachtet werden können. Nun werden die Teile benannt und nach beweglichen und feststehenden Elementen geordnet (Tafel). Die Demontage wird unter dem Gesichtspunkt fortgeführt, die Funktion der einzelnen Teile herauszufinden. Es sind vor allem die Einwirkungen des Bartes auf die Zuhaltungen und die Funktion des Sperrstiftes zu erkunden. Nachdem die wichtigsten Wirkungsbeziehungen festgestellt sind, wird der Funktionszusammenhang der Schloßkonstruktion formuliert. Eine sehr reizvolle Aufgabe vor der Remontage ist es, das Schloß auf einen neuen Schlüssel umzustellen, indem die Reihenfolge der Zuhaltungen gemäß den anderen Einschnitten des Schlüsselbartes verändert wird. Abschließend wird im Gespräch der Sicherheitsgrad der einzelnen Schloßarten erörtert, ihre Einsatzorte werden genannt und der Zusammenhang zwischen beidem herausgearbeitet.

Schmayl

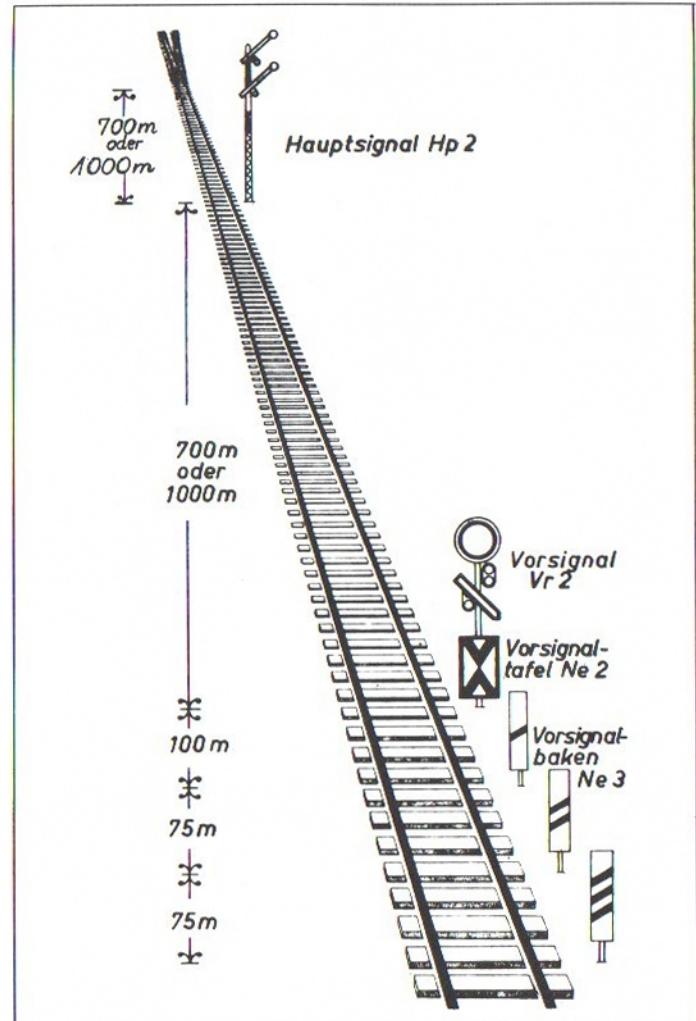
10 Signal und Schranke

Sachinformation

Der Eisenbahner charakterisiert den Straßenverkehr als ein *Fahren auf Sicht*. Die Fahrzeuge und deren Fahreigenschaften erlauben es, die Fahrweise auf die Verkehrspartner abzustimmen, weil man sie sieht. Wendigkeit, schnell veränderbare Geschwindigkeiten und kurze Bremswege machen diese Fahrweise möglich. Die Signalgebung am Fahrzeug ist der augenfällige Beweis: Scheinwerfer, Rücklichter, Brems- und Blinklichter. Rein theoretisch ist ein Verkehr auf Sicht unabhängig von einer Verkehrsregelung, die jedoch einen günstigen Verkehrsfluß herbeiführen soll.

Das *Fahren im Raumabstand*, wie der Verkehr auf der Schiene beschrieben wird, hat einen völlig anderen Charakter. Die Länge eines Zuges, dessen Bremsweg und die durch die Schiene dem Zug aufgezwungene Fahrtrichtung lassen ein *Fahren auf Sicht* nicht zu. Ein Zug kann nicht mal eben ausweichen oder kurz anhalten. Außerdem fehlt dem Zugführer z. B. im Bahnhofsbereich der Überblick über die Weichenstellungen. Das gesamte Fahrverhalten eines Zuges wird dem Lokomotivführer vorgeschrieben und durch Signale übermittelt. Da der Bremsweg eines Zuges zwischen 700 und 1000 m liegt, muß die Signalisierung schon weit vor den Gegebenheiten der Strecke erfolgen. Die Anweisungen der Hauptsignale werden durch Vorsignale angekündigt und haben absolute Gültigkeit. Die Befolgung einer vom Vorsignal ausgehenden Nachricht steht nicht im Ermessen des Lokomotivführers. Zusammengenommen ergibt sich ein Streckenabschnitt von ungefähr 2 km Länge für die Nachrichtenübermittlung eines bestimmten Signals (Abb. 10.1), das auf eine Gegebenheit am Ende dieser Strecke hinweist. Entscheidende Bedeutung kommt dabei den Fahrtsignalen zu, insbesondere den Hauptsignalen. Der Abschnitt zwischen zwei Hauptsignalen, die Blockstellen darstellen,

Abb. 10.1: Signalanordnung am Streckengleis



nennt man Blockstrecke oder Streckenabschnitt. In jedem Abschnitt darf sich zur Zeit immer nur ein Zug befinden.

Die Bestimmungen über das Signalwesen („Eisenbahnsignalordnung“) sind im Signalbuch der Deutschen Bundesbahn zusammengefaßt.

Die Signale werden in vier Hauptgruppen eingeteilt:

1. Blockstreckensignale (Hauptsignale, Vorsignale, Zusatzsignale),
2. Signale für den Rangierdienst,
3. Weichensignale und 4. Signale für das Zugpersonal.

Gegenwärtig stehen zwei Signaltypen konkurrierend nebeneinander. Es sind *Formsignale*, die, wie der Name schon sagt, ihre Nachricht durch eine bestimmte Form übermitteln. Sie werden im Zuge der Rationalisierung und Automatisierung des Schienenverkehrs durch *Lichtsignale* ersetzt, weil die *Formsignale* *mechanisch* bedient werden und deshalb sehr störanfällig sind bei wechselnder Witterung, Frost, Schnee und durch Funktionsmängel der beweglichen Teile. Lichtsignale geben die Nachricht durch verschiedene Anordnungen von Lichtern mit den Farben weiß, gelb, grün und rot. Lichtsignale sind kleiner und zuverlässiger. Die Signale werden vom Stellwerk aus bedient. Die alte Bauart zur Betätigung der *Formsignale* enthält *Fahrstraßen-, Signal- und Weichenhebel* für den *Seilzug*. Neuartige Stellwerke für Lichtsignale haben einen *Gleisbildtelltisch*, auf dem der Gleisplan abgebildet ist. *Schwache Gleisströme* in zwischen den Weichen eingeteilte Abschnitte werden durch die eisernen Achsen des Zuges kurzgeschlossen, so daß der befahrene Streckenabschnitt auf dem Stellisch aufleuchtet. Signale auf freien Strecken werden auf diese Weise umgeschaltet. Die Übersichtlichkeit des Gleisbildes und die Kontrolle über den Fahrtverlauf des Zuges fehlen den alten Stellwerken. Deshalb sind ganz besondere Sicherheitsvorkehrungen erforderlich, die allerdings in sehr anschaulicher Weise die Abhängigkeit von Gleis, Weiche und Signal deutlich machen.

Zuerst wird die Weiche mit dem Weichenstellhebel gestellt. Die Handfalle verhindert eine Rückstellung aus eigener Kraft. Sie wird mit dem Fahrstraßenhebel verriegelt, wodurch die Bedienung des Signals möglich wird. Eine dritte Absicherung muß aber erst noch erfolgen: Die Weichenstellung legt eine bestimmte Fahrstraße fest. Erst durch den Druck auf die Taste des Fahrstraßenfestlegefeldes wird der Signalhebel freigegeben. Nun kann das Signal auf Fahrt gestellt werden. Sobald der Zug den bisherigen Blockabschnitt verlassen hat, wird das für den nächsten Blockabschnitt zuständige Stellwerk darüber telefonisch informiert und das überfahrene Signal wieder auf Halt gestellt. Für die Weiche, die aus einer falschen Fahrtrichtung heraus umgestellt wurde, zeigt eine Ausschervorrichtung am Weichenhebel im Stellwerk die falsche Stellung an. Der Beamte muß daraufhin sofort die betroffene Strecke überprüfen und freimachen lassen. Erst dann darf die Ausschervorrichtung zurückgestellt werden.

Eine mechanisch selbsttätige Sicherung in Verbindung mit Bahnschranken gibt es nur bei den heute üblichen selbsttätigen Halbschranken, ergänzt durch ein rotes Blinklicht. Fährt der Zug durch, schließt er selbst mittels einer Kontaktstelle an den Schienen die Halbschranken. Hält der Zug erst im Bahnhof an, kann das Ausfahrtsignal nur dann auf Fahrt gestellt werden, wenn die Halbschranken durch das Stellwerk geschlossen wurden. Die alten Bahnschranken werden von Hand geschlossen. Die Verständigung mit dem Stellwerk erfolgt durch das Telefon. Ein Hinweis noch zum menschlichen Versagen. Beim mechanisch betriebenen Stellwerk besteht die größte Gefahr darin, daß das Fahrstraßenfestlegefeld nach Passieren des Zuges nicht verändert wird. Diesem Problem kann eigentlich nur mit modernen Mitteln begegnet werden. Das sind einmal die schon oben erwähnten Gleisstromkreise, mit denen der Zug nach Passieren des Blockabschnitts den Ruhezustand selbst wieder herstellt. Zum anderen gibt es die induktive Zugbeeinflussung Indusi, die mittels gegenseitiger Beeinflussung von

Magnetfeldern in der Nähe des auf Halt stehenden Signals und in der Lokomotive eine selbsttätig arbeitende Schnellbremsung auslöst.

Didaktische Gesichtspunkte

Die in diesem Unterrichtsbeispiel behandelte Thematik hat, auf den Schienenverkehr bezogen, nur noch eine stark vergangenheitsbezogene Bedeutung. Die mittels Seilzug bedienten Formsignale aller Art werden immer mehr durch Lichtsignale ausgetauscht und sind in Großbahnhöfen meist nicht mehr vorhanden.

Auch der exemplarische Wert ist nur noch bedingt gegeben. Der früher übliche Riemenantrieb in Industrie- und Handwerksbetrieben mit all seinen getriebetechnischen Möglichkeiten ist ausgestorben. Musikwerke mit durch Musikwalzen gesteuertem Seilzug findet man nur noch selten. Seilzug mit entsprechender Seilführung gibt es kaum noch bei Schaltern für Deckenbeleuchtung oder Ventilatoren, äußerst selten für die Bedienung von Lüftungsklappen und Falltüren.

Immer noch wichtige Anwendungsgebiete sind der Seilzug bei Jalousetten und die Fadenführung in Webstühlen, Wirk- und Flechtmaschinen. Entscheidend ist wohl der Bezug zur Fließ- und Förderbandtechnik, wo es eindrucksvolle Beispiele in der Kraftfahrzeugherstellung und in großen Postverteilern gibt. Hinzu kommen der Seilzug bei Seilwinden, Kränen und Flaschenzügen. Der Keilriemen muß auch erwähnt werden, obwohl er an dieser Stelle nicht so interessant ist.

Die für den Technik-Unterricht relevanten Aspekte haben bei den Signalen und im Stellwerk ihre Schwerpunkte. Signale, Weichen und Schranken müssen so konstruiert werden, daß sie beim Ziehen des Seils ihre Stellung verändern, bei Lockerung des Seils die Ausgangslage selbsttätig wieder einnehmen. Das Stellwerk wird erst dann interessant, wenn die Stellhebel mit Sicherungen versehen werden, die voneinander abhängig sind. Getriebetechnisch ist

als dritter Bereich die Seilführung unter Berücksichtigung von Hindernissen von Bedeutung.

Als Arbeitsform bietet sich die Partnerarbeit an: Ein Schüler baut die Signale und Weichen bzw. Schranken, der andere konstruiert das Stellwerk. Beide beschäftigen sich mit der Seilführung bei Hindernissen und mit der Schranke oder Weiche, wenn einer damit nicht rechtzeitig fertig wird. Eindrucksvoll ist ein Unterrichtsgang zum Bahnhof, besonders wenn eine Führung durch einen Bahnbeamten stattfindet.

Literatur

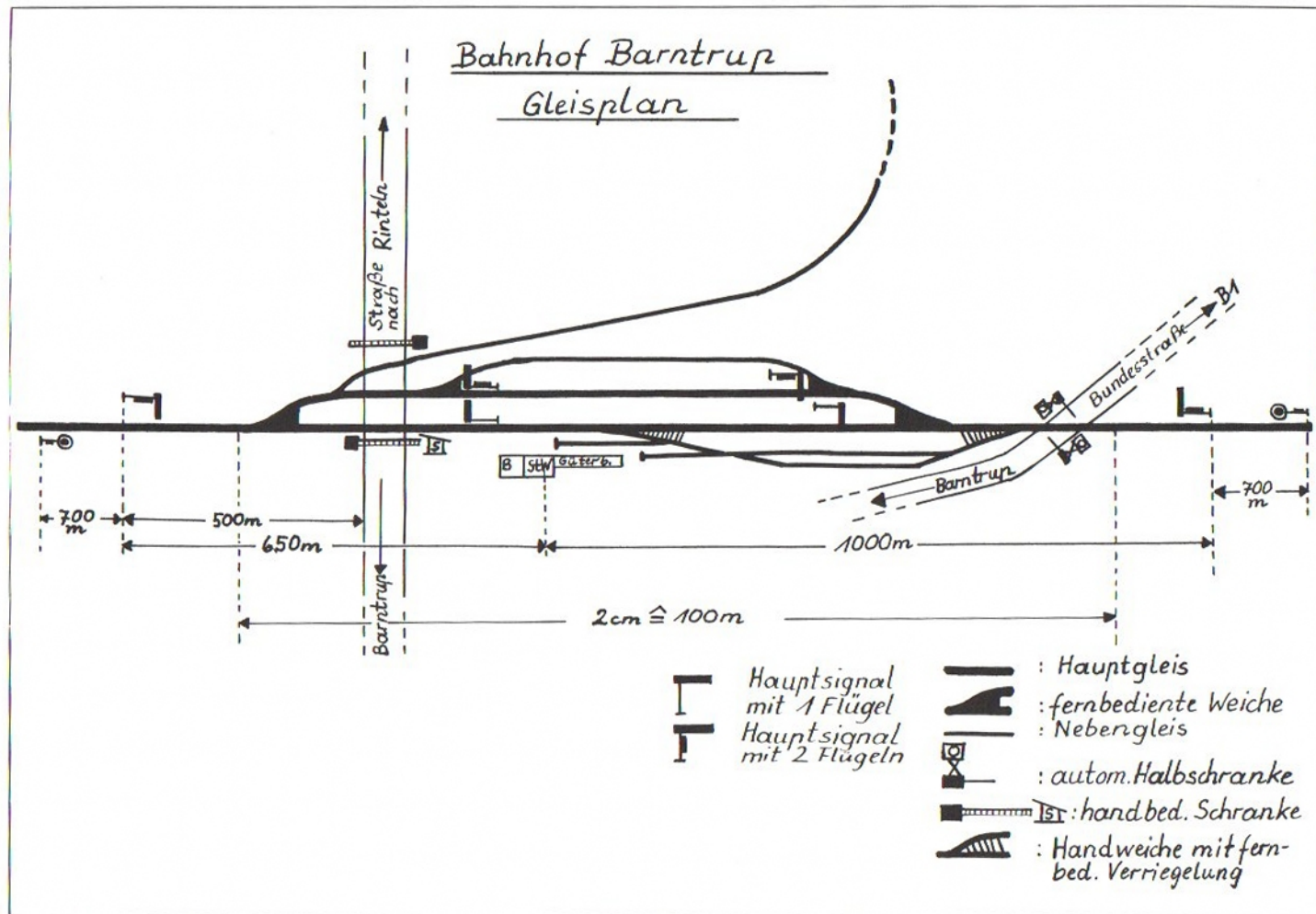
Signalbuch der Deutschen Bundesbahn, Bundesbahndirektion Hannover, 1959
rororo-Techniklexikon, Taschenbuch-Ausgabe Reinbek b. Hamburg 1972, Band 11
Herder, Die Technik – Wissen im Überblick, Autorenkollektiv, Freiburg 1969

Lernziele

Die Schüler sollen

- Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Schienenverkehr und Straßenverkehr mit eigenen Worten erklären können.
- die Funktion und Aufgabe folgender Einrichtungen des Schienenverkehrs kennenlernen und beschreiben können: Fahren auf Sicht, Fahren im Raum, Formsignale, Lichtsignale, Fahrtsignale, Weichensignale, Rangiersignale, Signale für das Zugpersonal, Stellwerk, Stellhebel, Gleisbildstellisch, Fahrstraßenfestlegefeld, Blockabschnitt, Blockstelle
- imstande sein, ein Signal-Modell zu bauen, das sich mit Hilfe eines Seilzugs mechanisch fernbedienen läßt.
- in der Lage sein, die Modellerprobung auf die Schranken- und Weichenbedienung auszudehnen.

Abb. 10.2: Vereinfachter und verkürzter Gleisplan des Bahnhofes in Bartrup, Kreis Detmold



Unterrichtsdurchführung

Arbeitsmittel

Je Schüler 1 Lernbaukasten u-t 1

Je 2 Schüler 1 Großbauplatte

4 Lernbaukästen u-t S

Dünner Bindfaden

Selbstklebeetiketten

Ausgangssituation für dieses Unterrichtsbeispiel war ein Unterrichtsgang zum Bahnhof des Schulortes. Eigene Beobachtungen an verschiedenen Stellen der Strecke und der Vortrag eines Bahnbeamten während der Führung durch das Stellwerk und die Güterabfertigung lieferten eine Fülle von Fakten, die die Schüler stichwortartig notierten und in einem grob angefertigten Gleisplan eintrugen. In der Schule wurden die Informationen aufgearbeitet, geordnet und mit dem sauber ausgeführten Gleisplan ergänzt (Abb. 10.2), dessen Vorlage der Bahnhofsvorsteher zur Verfügung gestellt hatte.

Die Schüler sollten die folgenden Signale kennenlernen:

Vorsignale (Vr) mit Scheiben und Flügeln in den Stellungen 0 (Halt), 1 (Fahrt), 2 (Langsamfahrt wegen einer Weiche).

Hauptsignale (Hp) mit zwei Flügeln in den Stellungen 0, 1 und 2.

Signale für einfache Weichen (Wn) in den Stellungen 1 (geradeaus), 2 (nach links oder rechts abweichend) und für Kreuzungsweichen in den vier möglichen Stellungen.

Blinklicht-Überwachungssignal für einen Bahnübergang mit Blinklicht.

Diese Signale werden mit Hilfe des Episkops und des Signalbuches gezeigt und je nach Zeit abgezeichnet. Selbstverständlich kann den Schülern auch ein Arbeitsblatt gegeben werden.

Aufgabenstellung 1

Baut ein Hauptsignal, das von einem Stellwerk aus fernbedient wird. Setzt den Stellhebel so auf die Grundplatte, daß noch

zwei weitere dort Platz finden. Der Stellhebel muß einfach gesichert sein. Je zwei Schüler arbeiten zusammen.

Unterrichtsdurchführung 1

Weil zum Hauptsignal im weiteren Verlauf des Unterrichts ein Vorsignal und eine Weiche bzw. eine Schranke kommen sollen, wird es mitten auf die Großbauplatte gesetzt.

Beim Signal mußte in mehreren Fällen die Halt-Stellung und der Winkel der Fahrtstellung korrigiert werden. Viele Schüler versahen das Stellwerk mit Seilwinden. Einige wollten trotz der Hinweise des Lehrers dabei bleiben. Später stellten sie fest, wie schwierig die Konstruktion der zweiten Sicherung wurde.

Insgesamt ist diese erste Phase unproblematisch.

Aufgabenstellung 2

Verseht das Hauptsignal mit einem zweiten Flügel, baut dazu das entsprechende Vorsignal gemäß den Aufzeichnungen und überlegt, welche Signalteile miteinander gekoppelt werden können bzw. müssen. Entsprechend wird das Stellwerk ausgebaut.

Unterrichtsdurchführung 2

Der Stellwerkkonstrukteur ist relativ schnell fertig, so daß er dem Signalbauer helfen kann. Bei unaufmerksamen Schülern schleicht sich nun der erste größere Fehler ein. Sie koppeln die beiden Flügel eines Signals untereinander, während die Koppelung des jeweils gleichen Flügels bei Haupt- und Vorsignal richtig ist.

Die Signale der Abbildungen 10.3 und 10.4 stammen von einem und demselben Schüler. Die Konstruktionen anderer Schüler unterschieden sich davon nicht wesentlich. Signale sind offenbar für diese Schülergruppe keine Objekte ihrer technisch gestaltenden Phantasie gewesen.

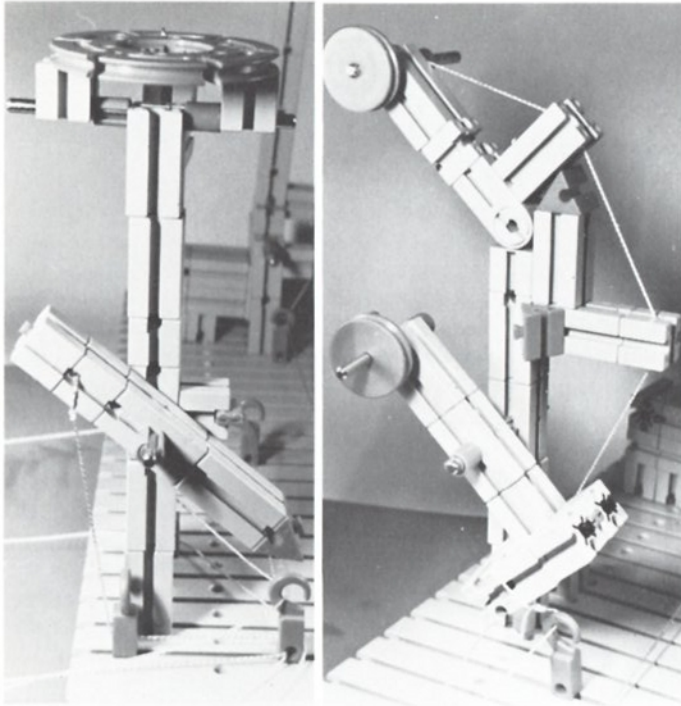


Abb. 10.3: Konstruktionsbeispiel für ein Vorsignal mit Flügel

Abb. 10.4: Konstruktionsbeispiel für ein Hauptsignal mit zwei Flügeln

Bevor eine weitere Aufgabe gestellt wird, muß noch einmal über die Bedeutung der nun fertiggestellten Signale gesprochen werden:

Wofür werden die Signale gebraucht?

Da es um eine Wiederholung geht, fallen den Schülern die Antworten leicht:

- Wegen des langen Bremsweges braucht man das Vorsignal, damit der Zug am Hauptsignal auch wirklich zum Stehen kommt.
- Das Hauptsignal gibt z. B. die Einfahrt in einen Bahnhof frei oder hält den Zug zurück, wenn da noch ein anderer ist.
- Das Hauptsignal zeigt auch an, ob der Zug an einer Weiche geradeaus fahren kann oder auf ein anderes Gleis abbiegen muß.
- Hauptsignale stehen auch am Ende des Bahnhofes.
- Und oft in der Nähe von Schranken.

Ihr habt von einem vorausfahrenden Zug gesprochen, von Weichen und Schranken. Wer weiß, wie in solchen Situationen verfahren wird?

Diese Frage zielt ab auf das Abhängigkeitsprinzip. Die Antworten fallen schwächer und ungenauer aus. Daß die Weiche und die Schranke bedient sein müssen, bevor das Hauptsignal die Fahrt freigibt, war den meisten klar. Schwierig wurde es beim vorausfahrenden Zug. Man war sich nicht einig, ob man zwei Züge hintereinander auf dasselbe Gleis fahren lassen würde. Gesehen hatte es allerdings noch niemand. Der Lehrer erklärt nun die Begriffe Blockstelle und Blockabschnitt und informiert die Schüler darüber, daß sich immer nur ein Zug in einem Blockabschnitt befinden darf. Diese Information löste eine Reihe von Fragen aus, die sich darauf bezogen, wie man denn auf freier Strecke feststellen könne, ob der Blockabschnitt frei ist oder nicht. Der Lehrer informiert die Schüler über Verfahren der Vergangenheit. Man brauchte früher eine ganze Reihe von Bahnwärterhäuschen, die durch Telefon miteinander in Verbindung standen. Die Bahnwärter informierten sich so über den Zustand der Strecke und stellten entsprechend die Signale. Heute stellen die Züge die Signale mit Hilfe von Kontaktstellen selbst. Hat der Zug ein Hauptsignal passiert, wird es durch den vom Zug bedienten Kontakt an den Schienen wieder auf Halt gestellt. Gleichzeitig aber wird das vorletzte Signal für die Stellung Fahrt freigegeben, so daß

der nachfolgende Zug die Umstellung bewirkt. Das ist aber, wie schon gesagt, nur möglich, wenn der vorausgehende Blockabschnitt völlig frei ist.

Die für die nächste Aufgabenstellung relevanten Sicherheitsfragen müssen nun besprochen werden, indem der Lehrer auf die Problematik des Bahnhofsbetriebs zurückführt. Die Sicherheitsmaßnahmen werden noch einmal genannt: Weichen- oder Schrankenstellhebel, Handfalle, Fahrstraßenhebel, Taste des Fahrstraßenfestlegefeldes, Signal-Stellhebel.

Für die dritte Aufgabenstellung beschränkten wir uns neben der schon eingebauten Sperre auf eine zweite Sicherung, die es verhindert, daß das Signal gestellt werden kann, bevor die Weiche oder die Schranke bedient wurden.

Aufgabenstellung 3

Baut eine einfache Schranke oder Weiche zusätzlich auf die Großbauplatte. Das Stellwerk muß nun so konstruiert werden, daß man immer erst die Weiche oder Schranke bedienen muß, um die Signale stellen zu können.

Unterrichtsdurchführung 3

Den Schülern, die eine Weiche konstruieren wollen, wird Material aus den Lernbaukästen u-t S zur Verfügung gestellt, da die Kanten der Winkelträger gut für die Schienen und die Flachträger besonders gut für die gekrümmten Teile einer Weiche geeignet sind. Die Gelenksteine oder auch die Scharniere aus dem u-t S ermöglichen die notwendigen Winkel

Beim Weichenbau stellten viele Schüler fest, daß Zeichnungen davon wesentlich leichter anzufertigen sind. Meistens übersahen sie die Unterbrechung des weicheninneren Geradeausgleises, denn sie dachten nicht daran, daß das Rad der Eisenbahn durch seinen Wulst an der Innenseite auf der Schiene geführt wird (Abb. 10.5, 10.6).

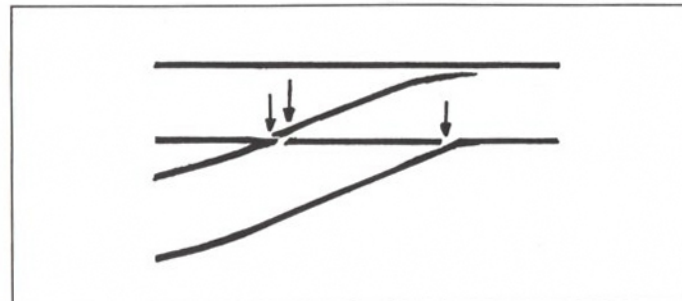
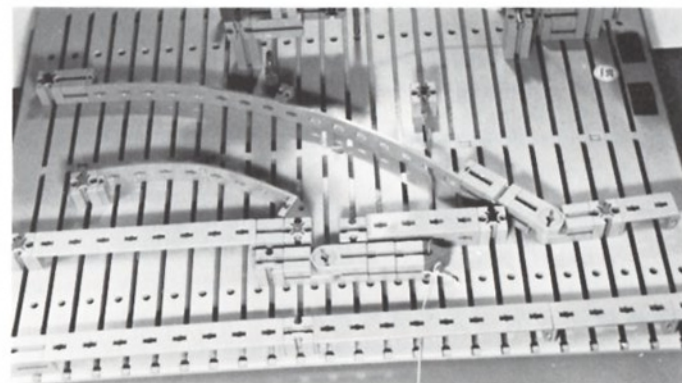


Abb. 10.5: Skizze einer Weiche mit den durch die Pfeile gekennzeichneten Unterbrechungen des Schienenverlaufs

Abb. 10.6: Konstruktionsbeispiel für eine Weiche. Der Riegel in der Mitte der Geradeausfahrt wird mit dem von vorne kommenden Seil an die vordere Schiene gezogen und zeigt damit die vordere Schiene gezogen und zeigt damit die Kurvenfahrt an. Nach hinten führt ein Gummiband, das den Riegel bei Lockerung des Seiles wieder in die Ruhestellung zieht, die abgebildet ist.



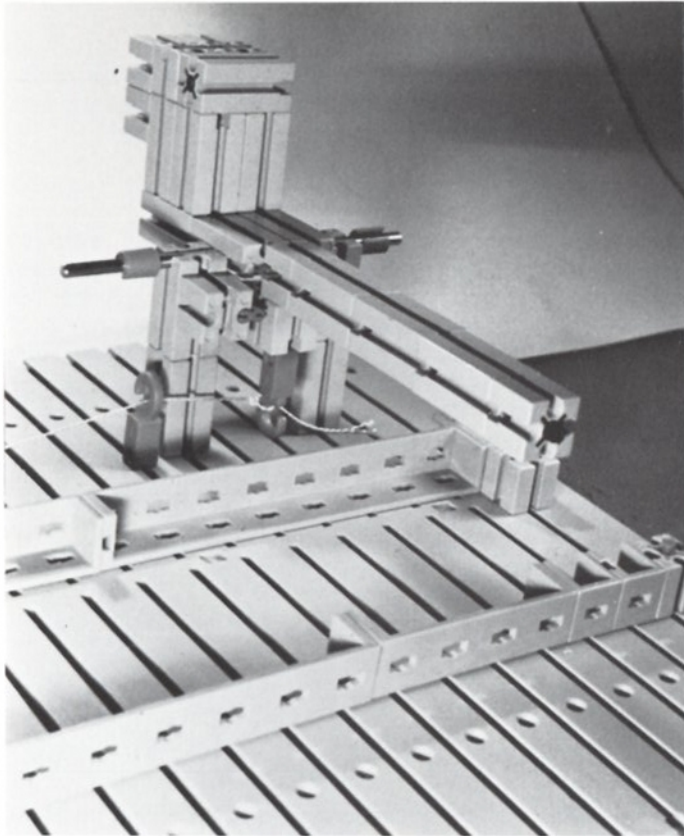
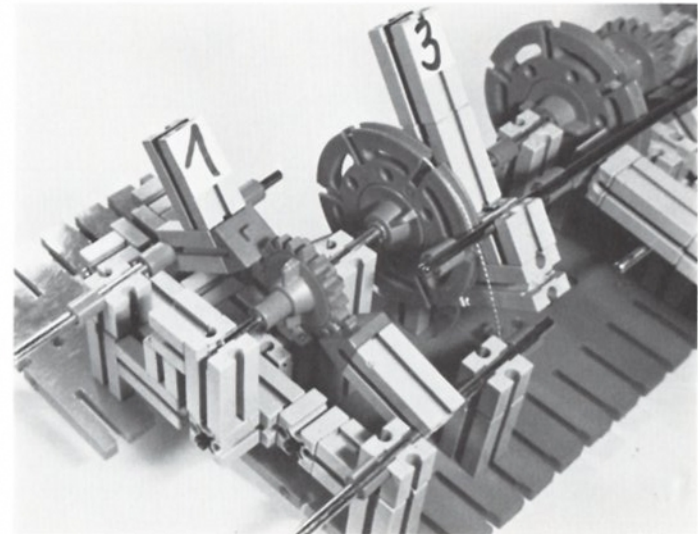


Abb. 10.7: Konstruktionsbeispiel einer Schranke. Durch das Zugseil, das am Kranhaken unter dem vorderen Hebel der Schranke befestigt ist, wird die Schranke heruntergezogen. Bei Lockerung kippt die Schranke durch das Gewicht am hinteren Hebel in die Ruhestellung zurück.

Die Schrankenbauer beschäftigte vor allen Dingen das Gegengewicht (Abb. 10.7). Wie oben schon erwähnt, hatten es die Stellwerkbauer mit Seilwinden nun wesentlich schwerer als die anderen und kamen ohne die Hilfe des Lehrers nicht zurecht (s. Erläuterungen zur Abb. 10.12). Die meisten anderen setzten an die Mitnehmerscheibe einen Stellhebel (Abb. 10.8). Sehr interessant waren die Lösungen für die Abhängigkeiten.

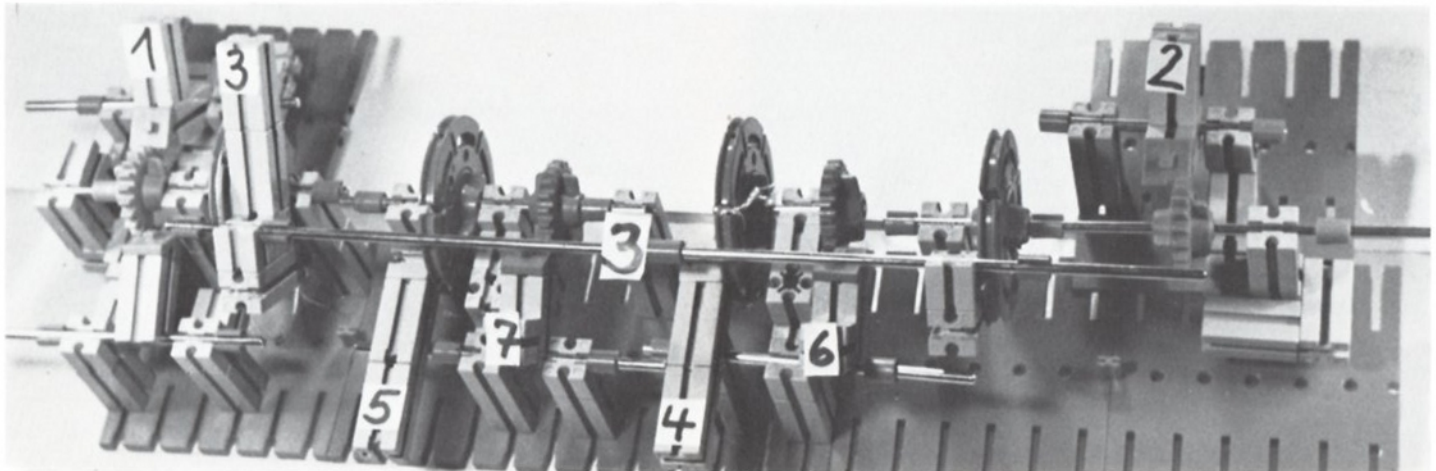
An dem Modell der Abbildung 10.9 muß man erst die Gegensperren 1 und 2 lösen, um den Weichen- oder Schrankenstellhebel 3 bedienen zu können. Wird dieser Hebel nach hinten gestellt, dann wird die Absperrstange 3 mit weggedreht, so daß dann die Signalstellhebel 4 und 5 bewegt werden können. 6 und 7 sind die Rückstellsperren, die

Abb. 10.8: Ausschnittvergrößerung der Abbildung 9 mit der Gegensperre 1 und dem Stellhebel 3 für die Absperrstange



stellvertretend für die Handfallen angebracht wurden. Eine sehr geschickte Lösung ist auf Abbildung 10.10 zu sehen. Jeder Stellhebel hat eine normale Rückstellsperre (Sperrklinke). Diese Sperren werden jedoch zusätzlich durch die Hebel 1, 3 und 4 blockiert. Der Weichen- oder Schrankenhebel 2 läßt sich erst bedienen, wenn der Hebel 1 zur Seite gezogen wird. Bewegt man nun den Stellhebel, zieht er mit dem Seil die Hebel 3 und 4 von den Sperren, und die Signalhebel lassen sich ebenfalls betätigen (Abb.10.11). Die Schülerin, die das Modell Abb. 10.12 baute, hatte Seilwinden konstruiert und deshalb die erwähnten Schwierigkeiten. Trotzdem gelang ihr noch eine brauchbare Lösung. Der Schranken- bzw. Weichenstellhebel rechts ist mit einer zusätzlichen Gegensperre 1 versehen, die gelöst werden muß, um durch Riegel 2 den nächsten Stellhebel freizugeben, der dann den Stellhebel 3 freigibt.

Abb. 10.9: Stellwerk für einen Signalstellhebel und einem Weichen- oder Schrankenstellhebel (4, 5). Das Stellwerk ist mit drei Sicherheits-



Aufgabenstellung 4

Das Stellwerk und die Großbauplatte befestigen wir in den vorderen Ecken der Werkbank. Die Zugseile sollen an der Hinterkante der Werkbank entlanggeführt werden. Ihr bekommt dafür zwei kleine Grundplatten.

Unterrichtsdurchführung 4

Bei diesem letzten Unterrichtsabschnitt sollten sich die Schüler noch einmal an den Unterrichtsgang zum Bahnhof erinnern. Sie stellten fest, daß die Seile zum größten Teil erst einmal den Bahnkörper und dann auch noch die Straßen unterquerten. Hier sollte man sich auf eine Möglichkeit der Seilführung einigen, entweder die horizontale oder die vertikale Führung. Der Einfachheit wegen und aus Mangel an Zeit nahmen wir die horizontale Führung.

vorkehrungen versehen: Gegensperren 1 und 2, Absperrstange 3 und Rückstellsperren 6 und 7.

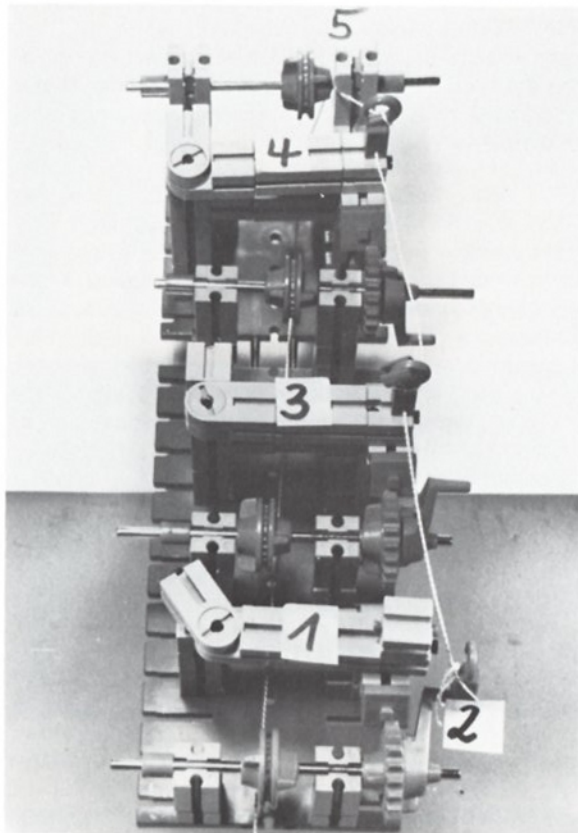


Abb. 10.10: Draufsicht der Abbildung 11. Die Sperrriegel 1, 3 und 4 geben darunterliegende Sperrklinken frei für die verschiedenen Stellhebel. Stellhebel 2 muß zuerst bedient werden. Die Welle 5 mit dem Rad als (unbrauchbare) Rolle dient der Rückführung des Seils nach vorne, um die Sperrriegel in die Ausgangsposition zurückziehen zu können.

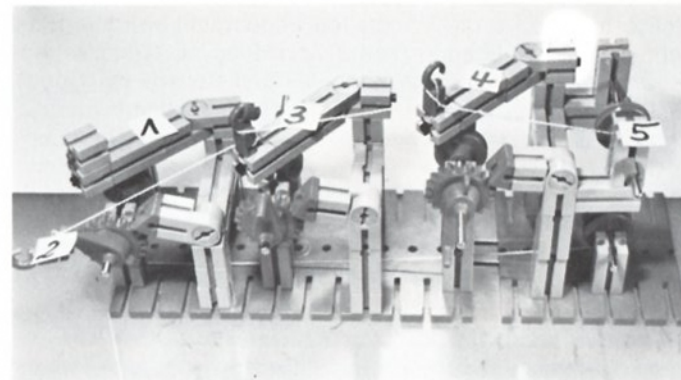
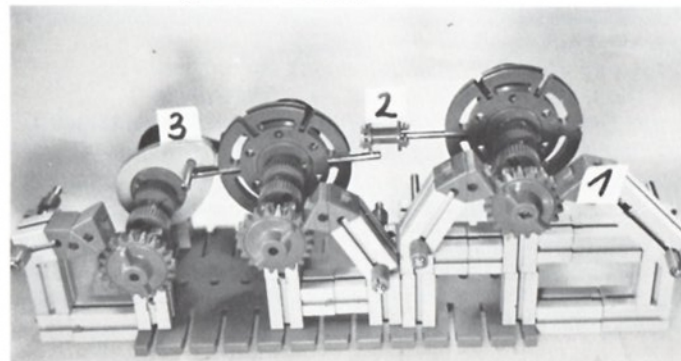


Abb. 10.11: Seitenansicht der Abbildung 10

Abb. 10.12: Auf Stellhebel umgearbeitetes Modell eines Mädchens; die ursprünglich verwendeten Seiltrommeln sind noch erkennbar. Nach Lösen der Gegensperre 1 läßt sich die Mitnehmerscheibe nach rechts bewegen, so daß der Sperrriegel 2 die mittlere Mitnehmerscheibe freigibt, die sich links herumdreht. Erst dann kann die Kurvenscheibe nach rechts gedreht werden.



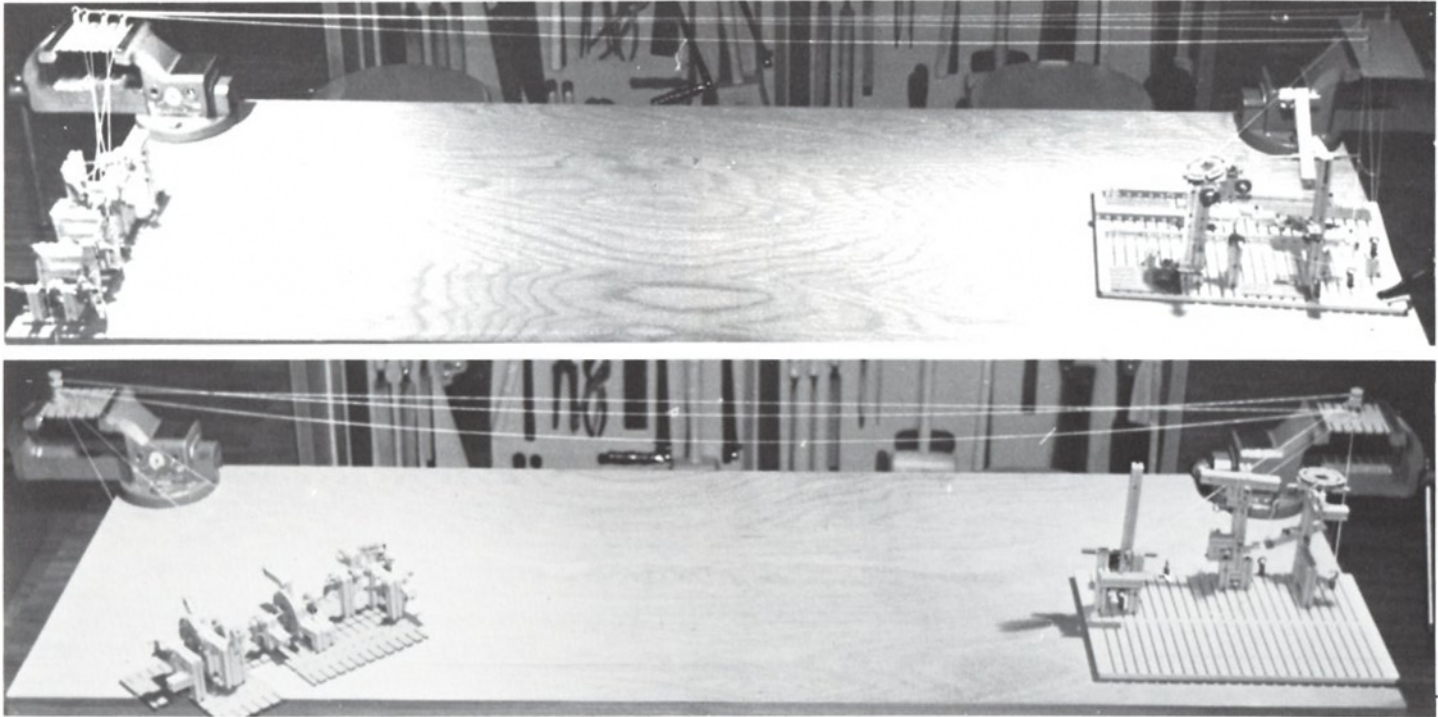


Abb. 10.13: Ansicht der Gesamtanlage

Einige Schüler hatten keine Erfahrung mit Zugmittelgetrieben und ihre Konstruktionen hatten entsprechende Mängel: Entweder war die Führung nicht exakt genug (das Seil rutschte an der Führung rauf und runter), oder das Seil wurde einer zu großen Reibung an den Kanten ausgesetzt. Als man aber erst die Rolle oder die Seiltrommel entdeckt hatte, konnte die letzte Baustufe auch in diesen Fällen recht schnell vollendet werden (Abb. 10.13).

Realbezug

Die Möglichkeit des Realbezugs ist überall gegeben, wenn auch nicht unter den optimalen Umständen, die im hier beschriebenen Unterricht gegeben waren. Aber die intensive Technische Mittelpunkt ist der Seilzug. Gleichrangige Parallelen zu der Bedeutung, die er im Signalwesen der Eisenbahn hat (bei abnehmender Tendenz), gibt es nicht. Hinweise auf Anzeigemechanismen im Radiogerät, auf die Handbremse des PKWs können der Einsicht förderlich sein.

Pfeiffer

11 Kugelsortieranlage

Sachinformation

Am meisten verbreitet sind Sortieranlagen, die auf unterschiedliche *Größen* (z. B. Apfelsortieranlagen, Siebmaschinen) oder auf unterschiedliches *Gewicht* (z. B. Eiersortiermaschinen, Münzprüfer) ansprechen. Andere Möglichkeiten sind u. a. das Sortieren nach Farbe oder nach magnetischen Eigenschaften. Es gibt auch raffinierte Sortieranlagen, die Schrauben oder Stifte bestimmter Form aussortieren. Für den Unterricht eignet sich das Sortieren von Kugeln unterschiedlichen Gewichts besonders gut, weil dadurch das technische Problemlösungsverhalten der Schüler gefördert wird; deshalb wird im folgenden nur auf dieses System eingegangen.

Die Schüler haben für die Lösung der Sortieraufgabe drei verschiedene Konstruktionsprinzipien gefunden, auf die bei der *Unterrichtsdurchführung* detailliert eingegangen wird: Sortieren nach Gewicht, nach Materialeigenschaften und nach Bewegungsenergie.

Didaktische Gesichtspunkte

Sortieranlagen, die nach *Gewicht* sortieren, sind für Schüler wesentlich schwieriger zu konstruieren als Vorrichtungen, die auf unterschiedliche Größen ansprechen. Deshalb lassen sich nach unseren Erfahrungen Sortieranlagen nach Gewicht erst ab Klasse 7 mit Erfolg einsetzen. Das Thema selbst ist dabei leicht überschaubar, und es motiviert die Schüler stark. Der Schwierigkeitsgrad ist allerdings größer, als es auf den ersten Blick erscheint.

Alle Warenautomaten enthalten einen *Münzprüfer* (vgl. *Realbezug*), der die Geldstücke auf Größe, Dicke, Gewicht und Eisengehalt untersucht. Da eine dieser Prüfstationen, nämlich die Münzwaage, der Kugelsortieranlage entspricht, ist

dieses Thema hervorragend geeignet, das Verständnis für Münzprüfer vorzubereiten.

Lernziele

Die Schüler sollen

- eine Vorrichtung bauen können, die zwei Kugelsorten unterschiedlichen Gewichts sortiert.
- imstande sein, Geräte und Maschinen aus ihrer Umwelt zu nennen, die auf Gewicht reagieren (vgl. Kontrolle des Lernerfolgs, S. 140 f.)
- an Hand eines Schemas die Funktionsweise eines Münzprüfers mit eigenen Worten erklären können.

Aufgabenstellung

Du erhältst gleich große Holz- und Stahlkugeln. Baue eine Kugelsortieranlage, die selbsttätig alle Holzkugeln in ein Fach und alle Stahlkugeln in ein anderes Fach sortiert.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, einige Scheren, Stahl- und Holzkugeln gleicher Größe (etwa 13 mm ϕ), Gummiringe, Klebeband, Kartonstreifen (etwa 30 – 40 mm breit) zum Falzen einer Laufrinne, kleine Behälter oder Schachteln als Sortierfach für die Kugeln, einige Dauermagnete (z. B. aus dem u-t 3. Andere Magnete lassen sich bequem mit Klebeband befestigen; die Magnetkraft wird dadurch in keinerlei Weise geschwächt).

Als Holzkugeln eignen sich gut Holzperlen (Bastelbedarf); Stahlkugeln sind besonders preisgünstig in Form von Ausschußware bei Kugellager-Firmen zu beziehen. Es empfehlen sich Kugeldurchmesser unter 15 mm, da die Breite der Kugel-Laufbahnen in manchen Fällen (vgl. Abb. 11.6 und 11.8) durch die Breite der grauen Bausteine (15 mm) festgelegt ist.

Zu Beginn des Unterrichts erhielten die Schüler noch folgende Hinweise:

- U-förmige Kartonstreifen sind als Laufrinnen besonders zweckmäßig; der Karton wird zu diesem Zweck mit einem Falzbein oder Kugelschreiber eingeritzt.
- Die Laufrinnen lassen sich bequem mit Klebeband an den Bausteinen befestigen.

Von den mannigfaltigen Lösungen der Schüler stellen wir zunächst vier Modelle vor, die die unterschiedliche Bewegungsenergie der Kugeln ausnutzen. Bei den beiden ersten haben die Laufrinnen ein Loch, in das die Holzkugeln hineinfallen, während die Stahlkugeln auf Grund ihrer größeren *Bewegungsenergie* über die Löcher hinwegrollen (Abb. 11.1 und 2). Beim Modell 11.1 werden die Holzkugeln durch einen senkrecht stehenden *Zapfen* aus Karton gestoppt, so daß sie in das davorliegende Loch fallen. Dagegen besitzen die Stahlkugeln soviel Schwung, daß sie den Kartonzapfen umlegen und darüber hinwegrollen. Derartige Sortieranlagen funktionieren etwa 40 bis 60mal, nämlich solange, bis die Elastizität des Zapfens verbraucht ist und er sich nicht wieder aufrichten kann.

Das Modell auf Abbildung 11.2 bremst die Holzkugeln nach einem anderen Prinzip ab: Zwei federnde *Kartonlaschen* verengen die Laufrinne vor der Öffnung soweit, daß die Holzkugeln stark abgebremst werden und nicht mehr über die Öffnung hinwegrollen können.

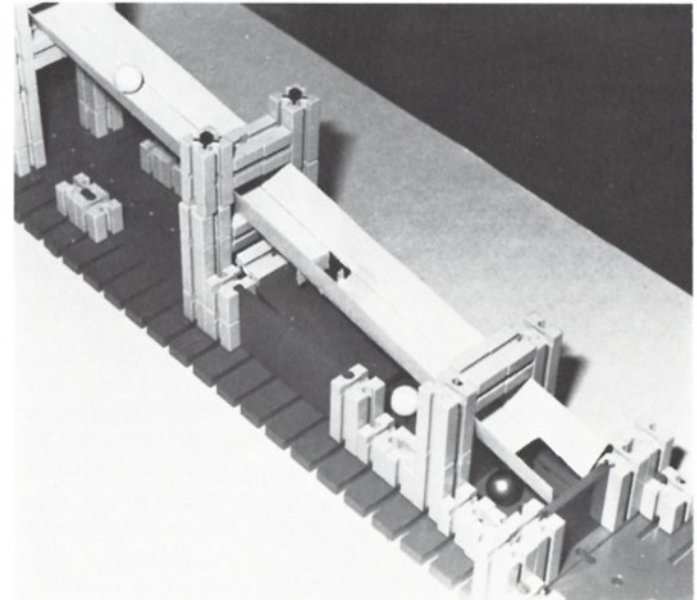
Auch die Modelle auf den Abbildungen 11.3 und 11.4 nutzen zum Sortieren die unterschiedliche Bewegungsenergie der Kugeln aus. Beide Anlagen arbeiten nach demselben Prinzip: Die Kugeln „fliegen“ (Abb.11.3) oder rollen (Abb. 11.4) gegen eine leicht bewegliche Platte (Flachstein 30). Während die leichten Holzkugeln von der Platte abprallen und dann ins entsprechende Sortierfach fallen, stoßen die schweren Stahlkugeln die *Klappe* nach hinten, so daß sie in das dahinter befindliche Fach gelangen.

Die folgenden drei Modelle (Abb. 11.5 - 11.7) trennen die Kugeln nach *Gewicht*: Bei dem Modell der Abbildung 11.5

fallen die Kugeln auf eine zweite Laufrinne, die von einer elastischen Antriebsfeder (im u-t 1 enthalten) gebildet wird. Dabei drücken die schweren Stahlkugeln die gummiband-ähnliche Antriebsfeder auseinander, so daß diese Kugeln durchfallen; die leichten Holzkugeln dagegen rollen die Laufrinne entlang, gelangen auf eine dritte Bahn (aus Karton) und rollen dann in das entsprechende Sortierfach.

Nach dem Prinzip der *Waage* arbeitet das Modell auf Abbildung 11.6: Auf Grund ihres geringen Gewichts bringen die Kugeln aus Holz die nach links geneigte Kugel-Waage kaum aus ihrer Ruhestellung. Bei den schweren Stahlkugeln dagegen senkt sich der Waagebalken nach rechts, so daß

Abb. 11.1: Kugelbahn mit herausragendem Kartonzapfen



die Stahlkugeln in die andere Richtung geleitet werden. Obwohl nur zwei Kugelsorten zu trennen sind und der Gewichtsunterschied groß ist, ist das Ausbalancieren des Waagebalkens nicht einfach. Erleichtert wird das Einstellen der Kugelwaage durch das Anbringen von Gewichten (Bausteinen) auf ihrer Unterseite. Diese Gewichte lassen sich stufenlos verschieben; außerdem erleichtern sie das Ausbalancieren des Waagebalkens, weil sie den Schwerpunkt weiter nach unten verlagern¹.

Bei der Kugelsortieranlage der Abbildung 11.7 hat der Schüler eine *Fallklappe* in den Boden der Laufrinne hineingeschnitten, die von der Unterseite durch einen Gummiring

¹ Vgl. dazu das Kapitel „Waage 1“ in: Raabe, Schietzel, Vollmers: Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule, S. 81-84, Tümlingen und Braunschweig 1972

Abb. 11.2: Zwei Karton-Laschen bremsen die Holz-
kugeln ab

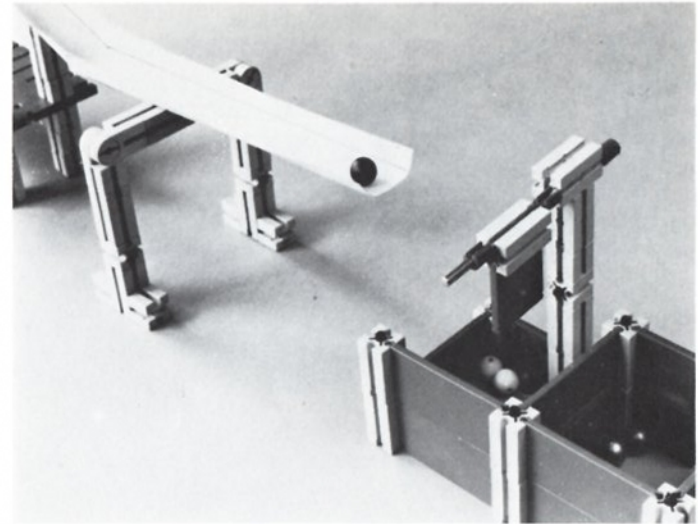
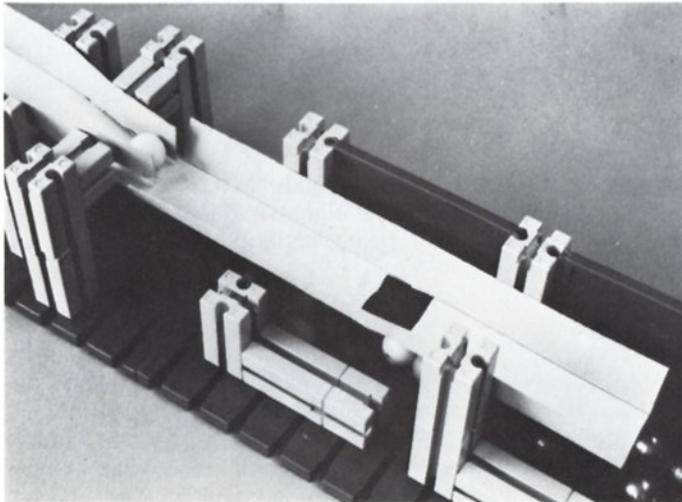
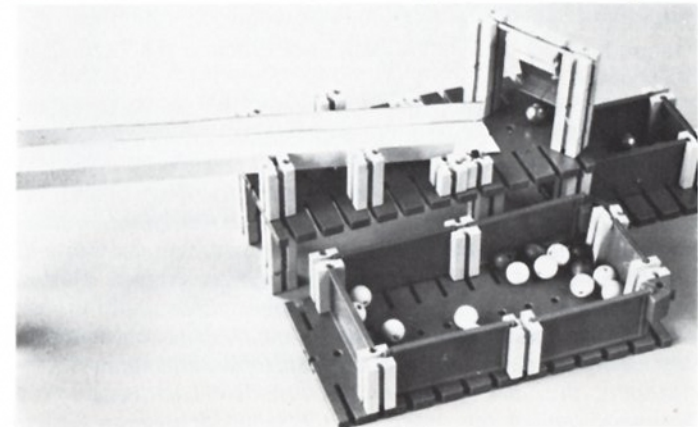


Abb. 11.3: Die Kugeln „fliegen“ gegen eine bewegliche
Platte

Abb. 11.4: Eine bewegliche Klappe sortiert die Kugeln



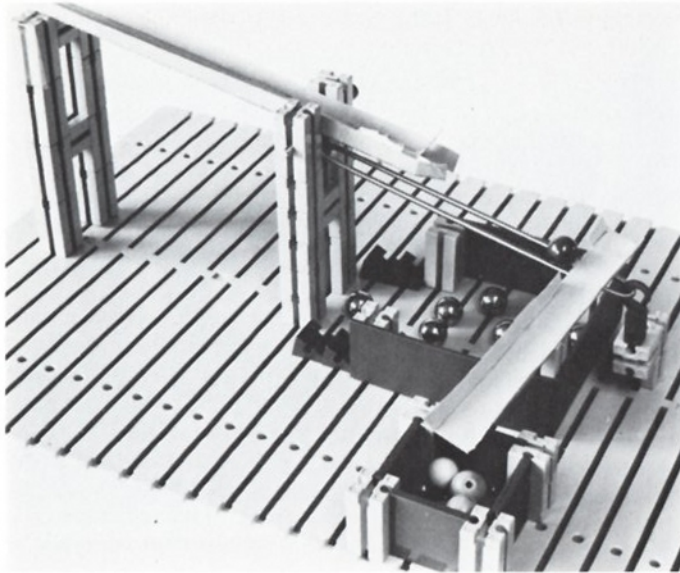


Abb. 11.5: Eine Antriebsfeder sortiert nach Gewicht

unterstützt wird. Die leichten Holzkugeln rollen über die Klappe hinweg, die Stahlkugeln aber drücken die Fallklappe nach unten.

Eine dritte Trennungsmöglichkeit beruht auf der Ausnutzung der *magnetischen Eigenschaft* des Stahls. Erfahrungsgemäß kommen immer einige Schüler auf die Idee, die Stahlkugeln mit Hilfe eines Magneten auszusortieren; deshalb sollten einige Magnete zur Verfügung stehen. Die Anlage auf Abbildung 11.8 arbeitet nach demselben Prinzip wie der Magnet im Münzprüfer (vgl. dazu Abb. 11.9): Ohne Magnet würden sämtliche Kugeln durch den seitlichen Einschnitt in der Laufrinne herausfallen. Mit Hilfe des Magneten (oberhalb des Einschnitts) werden jedoch die Stahlkugeln so weit angezogen, daß sie über den Einschnitt hinwegrollen. Die Trennung gelingt nur, wenn die Laufrinne nach zwei Seiten

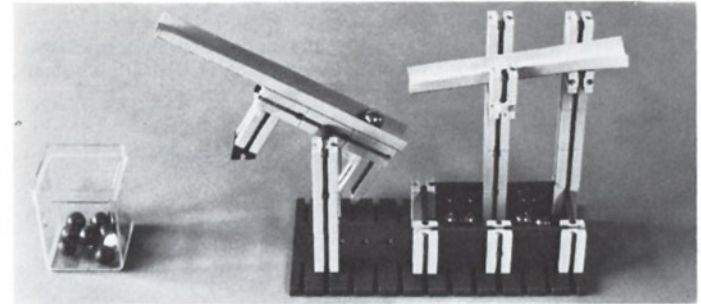
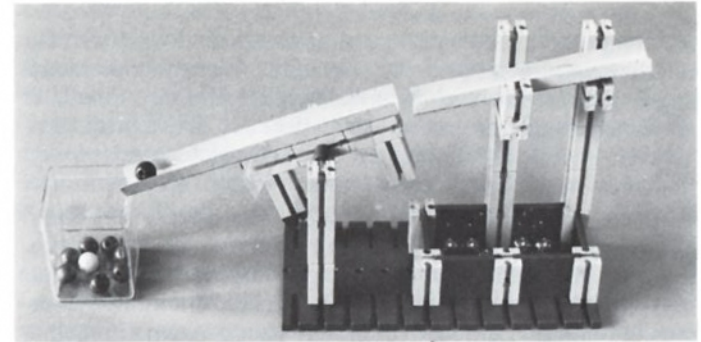


Abb. 11.6: Sortieranlage mit Kugel-Waage

geneigt ist: der Boden muß von links nach rechts und außerdem von hinten nach vorn geneigt sein, damit alle Kugeln an der vorderen Seitenbegrenzung entlangrollen.

Realbezug

Die Sortiermodelle sind sehr geeignet, den Schülern die Funktion der in Automaten eingebauten *Münzprüfer* zu verdeutlichen. Hilfreich ist dabei ein Schema (Abb. 11.9), das jedem Schüler vorliegen sollte. Wo es ermöglicht werden kann, wäre ein ausrangierter Warenautomat zu demontieren.

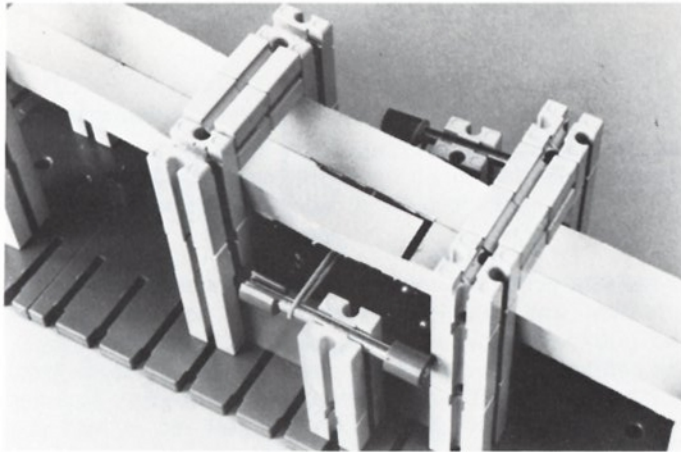
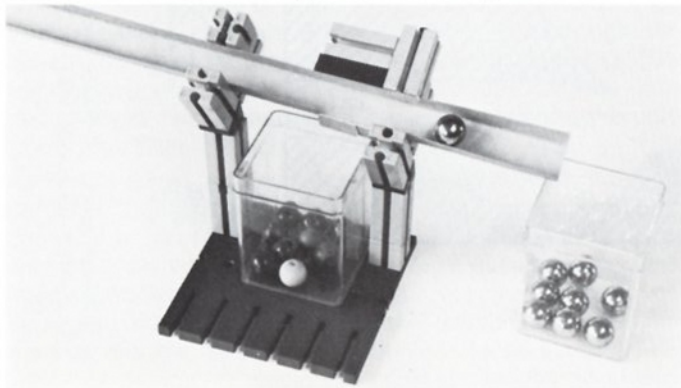


Abb. 11.7: Kugelbahn mit Fallklappe

Abb. 11.8: Sortieranlage mit Dauermagnet



In einigen Fällen besteht vielleicht Gelegenheit, eine Eier-sortiermaschine zu besichtigen.

Schema eines Münzprüfers, (Abb. 11.9): Die erste Münzüberprüfung erfolgt durch den *Einwurfschlitz* (1), der zu große und zu dicke Münzen zurückweist. Nach dem Passieren des Einwurfschlitzes laufen die Münzen auf einer *Einlaufrinne* (2) entlang, die am Boden einen *Fallschlitz* (3) besitzt. Durch diesen Schlitz, der schmaler sein muß als die „richtige“ Münze, fallen alle Geldstücke, die eine zu geringe Dicke aufweisen.

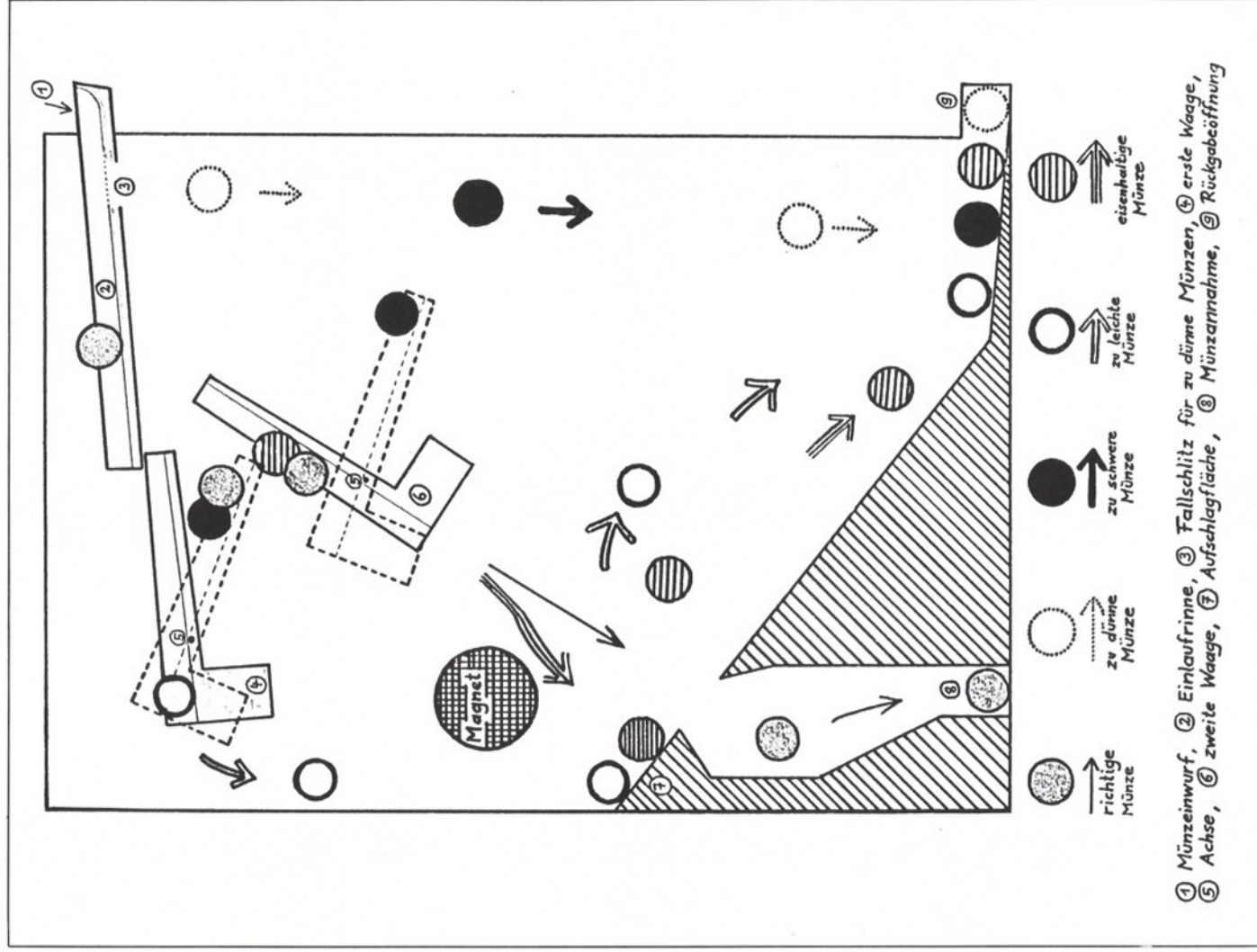
Von der Laufrinne rollen die Münzen auf die *erste Waage* (4). Bei zu leichten Münzen bleibt sie in Ruhestellung, so daß diese Geldstücke weiterrollen, nach unten fallen, von der *Aufschlagfläche* (7) abprallen und so zur *Rückgabeöffnung* (9) gelangen. Dagegen drücken alle Münzen mit dem richtigen Gewicht und alle Geldstücke, die schwerer sind, die Münzwaage (4) nach unten und rollen dann auf die *zweite Waage* (6). Diese sortiert zu schwere Münzen aus, indem sie sich senkt und die Geldstücke zur Rückgabeöffnung leitet. Die zweite Münzwaage (6) bleibt also nur bei Münzen mit „richtigem“ Gewicht in Ruhestellung.

Die „richtigen“ Münzen fallen von der zweiten Münzwaage in einen Schacht, der zur *Münzannahme* (8) führt.

Die letzte Prüfstation bildet der Magnet, der alle magnetisch beeinflussbaren Münzen (z. B. Münzen mit Eisenkern) aussortiert, indem er diese Geldstücke so weit anzieht, daß sie von der „Flugbahn“ der „richtigen“ Münzen abkommen, auf die *Aufschlagfläche* (7) prallen und dann zur *Rückgabeöffnung* (9) gelangen.

Das Schema veranschaulicht die Funktionsweise von Münzprüfern zwar gut, aber es entspricht nicht bis ins Einzelne dem Aufbau üblicher Münzprüfer. Soll ein Automat beispielsweise 5-DM- oder 2-DM-Stücke annehmen, muß er etwas anders arbeiten als das Schema, weil diese Münzen einen Eisenkern enthalten.

Abb. 11.9: Schema eines Münzprüfers



12 Ventilsteuerung bei Pumpen

Sachinformation

Die Kolbenpumpe stellt ein Anwendungsbeispiel für die Arbeitsweise von Ventilen dar. Diese Sachinformation gliedert sich deshalb in zwei Abschnitte: Ventile – Pumpen

Ventile

Ventile sind *Steuerorgane*, die sowohl *selbsttätig arbeiten* in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung des Mediums (Gas, Flüssigkeit), als auch durch äußere Einwirkung *bedient* werden unabhängig von der Strömung. Selbsttätig arbeitende Ventile reagieren entweder auf *Druck* oder auf *Sog* und sind in der Regel *Teller-, Kegel-, Kugel-, Nadel- und Ringventile* oder *Ventilklappen*. Sie arbeiten in Strömungsrichtung und sind entsprechend eingebaut (Abb. 12.1).

Von außen her bediente, also fremdgesteuerte Ventile, sind entweder *Schieber* oder *Hähne* (Abb. 12.2, 12.3); es können aber auch selbsttätig arbeitende Ventile sein, die *mit einer Steuervorrichtung* (Exzenter, Nocken, Daumen, Hebel) versehen sind. Schieber und Hähne verschließen oder öffnen quer zur Strömungsrichtung.

Ventile benutzt man als Strömungsregler (Strömungsmenge, Strömungsgeschwindigkeit) und als Absperrorgan (Unterbrechung des Stroms). Ferner verwendet man sie unter dem Aspekt der Sicherheit (Über- und Unterdruckventile, Überlaufsicherung durch Schwimmerventil).

Zu einem Ventil gehören das *Ventilgehäuse*, die *Ventilöffnung*, der *Ventilsitz* und das *Ventil* selbst. Das Gehäuse führt das Medium an die Ventilöffnung heran. Die Ventilöffnung wird nach der voraussichtlichen Strömungsmenge und Strömungsgeschwindigkeit ausgewählt. Der Ventilsitz ist der Form des Ventils angepaßt. Da die meisten der oben genannten Ventile einen starken Durchflußwiderstand an der Ventilöffnung haben, sind sie nur dort verwendbar, wo kleine

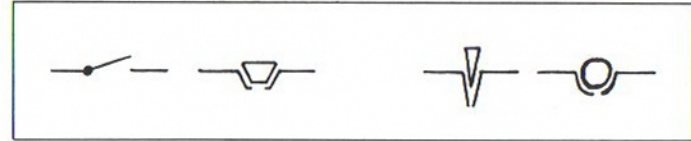


Abb. 12.1: Ventile: Klappe, Kegel, Nadel, Kugel

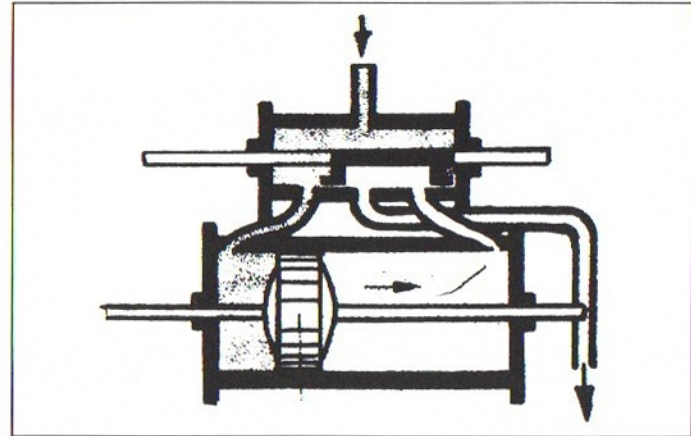
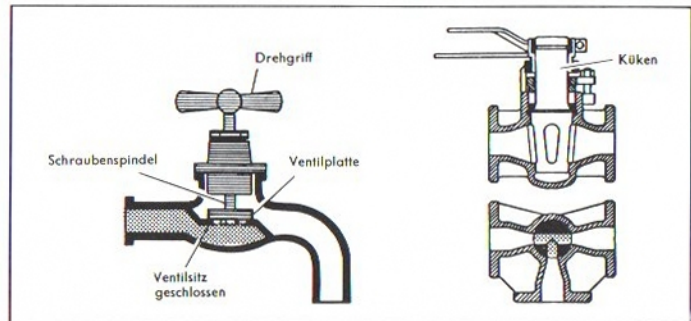


Abb. 12.2: Flach- oder Kolbenschieber einer Dampfmaschine

Abb. 12.3a: Hahnküken Abb. 12.3b: Dreivegehahn



Ventilöffnungen ausreichen und geringe Strömungsgeschwindigkeiten genügen. Andernfalls müssen Schieber und Hähne verwendet werden.

Schieber gibt es als Parallel- oder Keilschieber und als Flach- oder Kolbenschieber. Bei Parallel- oder Keilschiebern werden Dicht- oder Schieberplatten als Unterbrecher des Stroms in diesen hineingeschoben. Flach- oder Kolbenschieber werden bei Dampfmaschinen verwendet und öffnen oder schließen die Dampfeintritts- bzw. -austrittsschlitze, indem die Schieberplatten auf die Öffnung geschoben werden oder von ihnen herunter (Abb. 12.2).

Hähne arbeiten entweder mit Drehgriff und Schraubenspinde, wodurch die Ventilplatte in den Ventilsitz gedreht wird, oder mit zylindrischen bzw. konusförmigen Hahnküken, die durch eine Drehung von 90° den Strom freigeben oder unterbrechen. Das Küken kann als Zweiwege- oder Durchlaufhahn gearbeitet sein; unter bestimmten Bedingungen braucht man den T-förmig ausgearbeiteten Dreiwegehahn (Abb. 12.3).

Ventile gehören zu den technischen Bauelementen, die alte Kulturen schon früh verwendet haben. So gibt es Zeugnisse über den Einsatz von Ventilen bei den Griechen (250 v. Chr., Ventilkasten mit Windkessel von Ktesibios) und Römern (Klappen- und Kegelventile). Da die Ventile dieser Beweisstücke immer zu Pumpen gehören, hat das Ventil wahrscheinlich hier seinen Ursprung.

Pumpen

Pumpen sind Geräte oder Maschinen, die Flüssigkeiten oder Gase in einem Leitungssystem (Rohrleitungen, Kanäle) transportieren. Die Leistung einer Pumpe wird durch die Angabe von Förderhöhe und Fördermenge bestimmt. (In pipelines oder bei Zirkulationspumpen kann die Förderhöhe gleich Null sein.)

Der technisch wichtigste Pumpentyp sind die Pumpen mit Ventilsteuerung; unter diesen ist die Kolbenpumpe am verbreitetsten. Sie beruht auf dem Prinzip eines in einem Zylinder

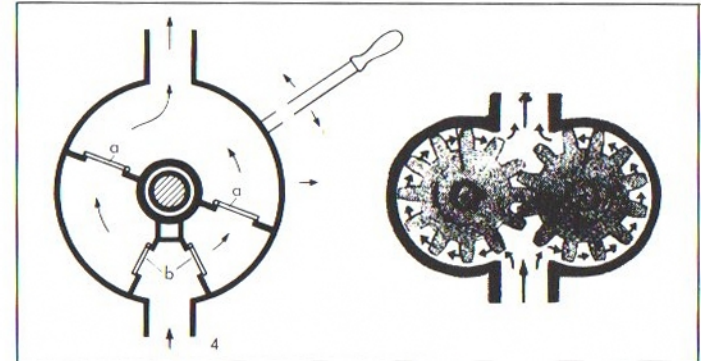


Abb. 12.4: Flügelpumpe Abb. 12.5: Kapselpumpe

der hin- und hergehenden Kolbens, der das Medium (z. B. Wasser oder Dampf) durch Druck und Sog zum Strömen bringt.

In der Flügelpumpe (Abb. 12.4) treten an die Stelle des Kolbens zwei um eine Achse schwingende Flächen („Flügel“) in die Funktion des Kolbens ein. Bei der Membranpumpe übernimmt eine Membran diese Aufgabe. Alle diese Pumpen bedürfen zum Funktionieren des Zusammenspiels von Ventilen.

Anderer technologische Funktionsprinzipien kommen in folgenden Pumpentypen zur Anwendung:

Rotorpumpen

Diese Pumpenarten arbeiten mit Vorrichtungen im Medienstrom, die sozusagen das Medium ergreifen und bedingt durch die Form weitertransportieren: mit der Fliehkraft arbeitende Schaufeln oder Kanalräder (Kreiselpumpe, radiale Verdrängung), ineinandergreifende *Spindeln* (Schnecken) oder *Zahnräder* (Kapselpumpe Abb. 12.5), axial wirkende Propeller oder Schrauben. Die Pumpen müssen, bevor sie in Tätigkeit gesetzt werden, mit dem Medium angefüllt sein, weil sie erst dann Medium nachsaugen können.

Treibmittelpumpen

Indem man der zu fördernden Flüssigkeit meist Druckluft oder Dampf beifügt, entsteht eine Strömung.

Bei der Mammutpumpe (Abb. 12.6a) wird durch eine in das Steigrohr eingeführte und in Strömungsrichtung weisende Leitung Druckluft in die Flüssigkeit gepreßt, die dadurch leichter wird und aufsteigt. Die Strahlpumpe (Abb. 12.6b) erzeugt den Flüssigkeitsstrom durch einen Strahl mit hohem Druck, der die Flüssigkeit „mitreißt“, so z. B. Dampf oder Gas.

Literatur

(1) Feldhaus, Die Technik, Sonderausgabe München 1970, 825 ff (2) Meyer-Nachschlagwerk, Wie funktioniert das? Mannheim 1971. S. 244 rororo-Techniklexikon, Taschenbuchausgabe Reinbek b. Hamburg 1972, Band 41,43

Herder, Die Technik – Wissen im Überblick, Autorenkollektiv, Freiburg 1969. Der Neue Brockhaus, 3. Auflage, Wiesbaden 1962, Band 4

Didaktische Gesichtspunkte

Bei der Pumpe bietet sich als Einstieg die Nacherfindung an, weil alle Schüler einfache Pumpen kennen (z. B. die Fahrradpumpe), die Arbeitsweise leistungsstarker Pumpen (Entwässerung/Brunnenförderung/Feuerwehr) jedoch unbekannt ist. Die Schüler greifen in ihren Überlegungen auf Vorstellungen zurück, die schon im Altertum entwickelt wurden. Sie verwerten aber auch ihre Erfahrungen und stellen außerdem eine Vielfalt von Lösungsmöglichkeiten vor, so daß der kulturhistorische Ansatzpunkt und die moderne Technik schon in der ersten Unterrichtsphase, sich gegenseitig ergänzend, aufeinandertreffen.

Lernschwerpunkt sind die Ventile. Im Falle der Kolbenpumpe kommen damit auch die physikalischen Probleme von Sog und Duck ins Spiel. Unterricht über Luftdruck, Vakuum,

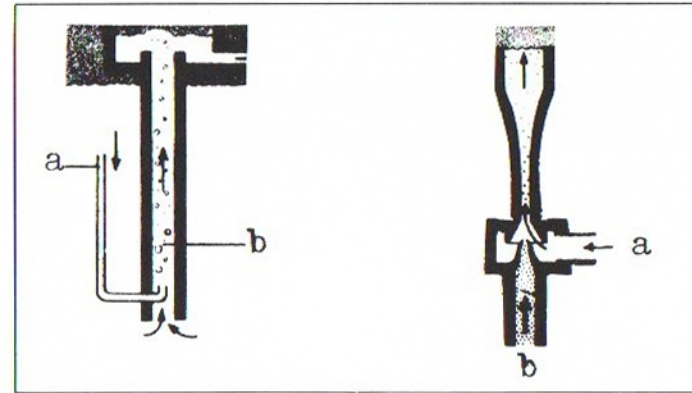


Abb. 12.6a: Mammutpumpe
a = Druckluft
b = Steigrohr

Abb. 12.6b: Strahlpumpe,
a = Medium
b = Treibmittel

den horror vacui, Versuche mit der Torricelli-Röhre, Beobachtungen am Quecksilberbarometer sollten tunlichst vorausgegangen sein. Bei einem guten Zusammenspiel zwischen Physikunterricht und Techniklehre ist es auch denkbar, ausgehend von der Konstruktion von Pumpenmodellen in die physikalische Behandlung des Problems einzutreten, darin der technikgeschichtlichen Entwicklung folgend. Wir haben angedeutet, daß die Schüler mit ihren Fragestellungen und Erfindungsvorschlägen einem solchen Weg sehr entgegenkommen.

Unser Unterrichtsbeispiel ist auf die Kolbenpumpe ausgerichtet. An ihre Stelle könnte die ebenso interessante Flügelpumpe treten, ohne daß der skizzierte Unterrichtsgang wesentlich abgewandelt werden müßte.

Abschließend einige Hinweise zu einem unterrichtstechnischen Problem. Mit den Teilen aus den Lernbaukästen läßt sich kein dichter Raum herstellen, weder luftdicht noch wasserdicht. Über- bzw. Unterdruck kann somit ohne wesentliche Verfremdung der fischertechnik-Teile nicht er-

zeugt werden. Dem Schüler ist aber die vom Über- bzw. Unterdruck abhängige Arbeitsweise der selbsttätig funktionierenden Ventile bewußt zu machen, damit er erkennt, daß die Anbringung eines auf Druck und eines auf Sog reagierenden Ventils nicht gleichgültig ist. Es ist also das Problem zu lösen, Sog und Druck ohne abgedichteten Raum simulierend darzustellen. Wir haben diese Demonstrationen mit Schaumgummi durchgeführt, das sehr eindrucksvoll auf Einwirkungen reagiert. Mit Hilfe der Federgelenksteine kann man eine sofortige Reaktion der Ventilkappen verzögern und somit verstärkt den ständig zunehmenden Über- bzw. Unterdruck beobachten. Als zusätzliches Hilfsmittel ist beiderseitiges Klebeband für das Saugventil erforderlich, damit zwischen dem „Medium“ und der Klappe eine Verbindung besteht.

Lernziele

Die Schüler sollen

- Hinweise zu kulturhistorischen Lösungen erhalten: Trinkwasserbeschaffung und Bewässerung (Ziehbrunnen, Schöpfräder, Kolbenpumpen) Feuerbekämpfung (Spritze, Balgpumpe, Kolbenpumpe)
- ein Vorverständnis von den Rotor- und Treibmittelpumpen bekommen.
- die Funktionsweise selbsttätig arbeitender Ventile erklären können.
- die Arbeitsweise einer Kolbenpumpe mit zwei Zylindern beschreiben können.

Aufgabenstellung 1

Erfindet ein Löschgerät, mit dem ihr Wasser über bestimmte Entfernungen hinweg an das Feuer heranbringen könnt. Macht von eurem Vorschlag eine Faustskizze mit Beschriftung.

Der Lehrer gebe diese Aufgabenstellung mündlich; er sollte möglichst das Wort *Spritze vermeiden*, um die Gedanken der Erfinder nicht von vornherein festzulegen.

Unterrichtsdurchführung 1

Arbeitsmittel

- Je 1 Schüler 1 Lernbaukasten u-t 1
- Je 2 Schüler 1 Großbauplatte
- Schaumgummi (ca. 30 bis 40 mm dick)
- Doppelseitiges Klebeband
- Selbstklebende Etiketten
- Arbeitsmappe der Schüler

Das Ergebnis der Erfinderarbeit war sehr positiv. Von 26 Vorschlägen waren nur sechs ohne konkrete Vorstellung von wichtigen Einzelheiten. Die zwanzig brauchbaren Beispiele, Abbildung 12.7 zeigt die Originalskizzen von 8 Schülern, gliederten sich wie folgt: sechs einfache Spritzen (Abb. 12.7a–c), fünf einfache Pumpen (Abb. 12.7d–f), eine Art Kreisel- oder Propellerpumpe viermal (Abb. 12.7g), eine Art Mammutpumpe ebenfalls viermal (Abb. 12.7 h). Außerdem war eine Kaufhaus-Löschanlage dabei, die durch einen Bimetallschalter geöffnet und von einem Wasserbehälter auf dem Dach gespeist wird.

Folgende Begriffe wurden in den Skizzen oder bei der Aussprache erwähnt: Einlaß und Auslaß, Saugen, Drücken, Kolben. Einlaß und Auslaß wurden bis auf eine Ausnahme in allen Vorschlägen mit Ventilen getrennt voneinander eingezeichnet. Das Vorwissen war so vielseitig und umfangreich, daß daran angeknüpft werden konnte. Nur die Spritzen und die mit Ventilen arbeitenden Pumpen wurden für die weitere Erarbeitung ausgewählt.

Aufgabenstellung 2

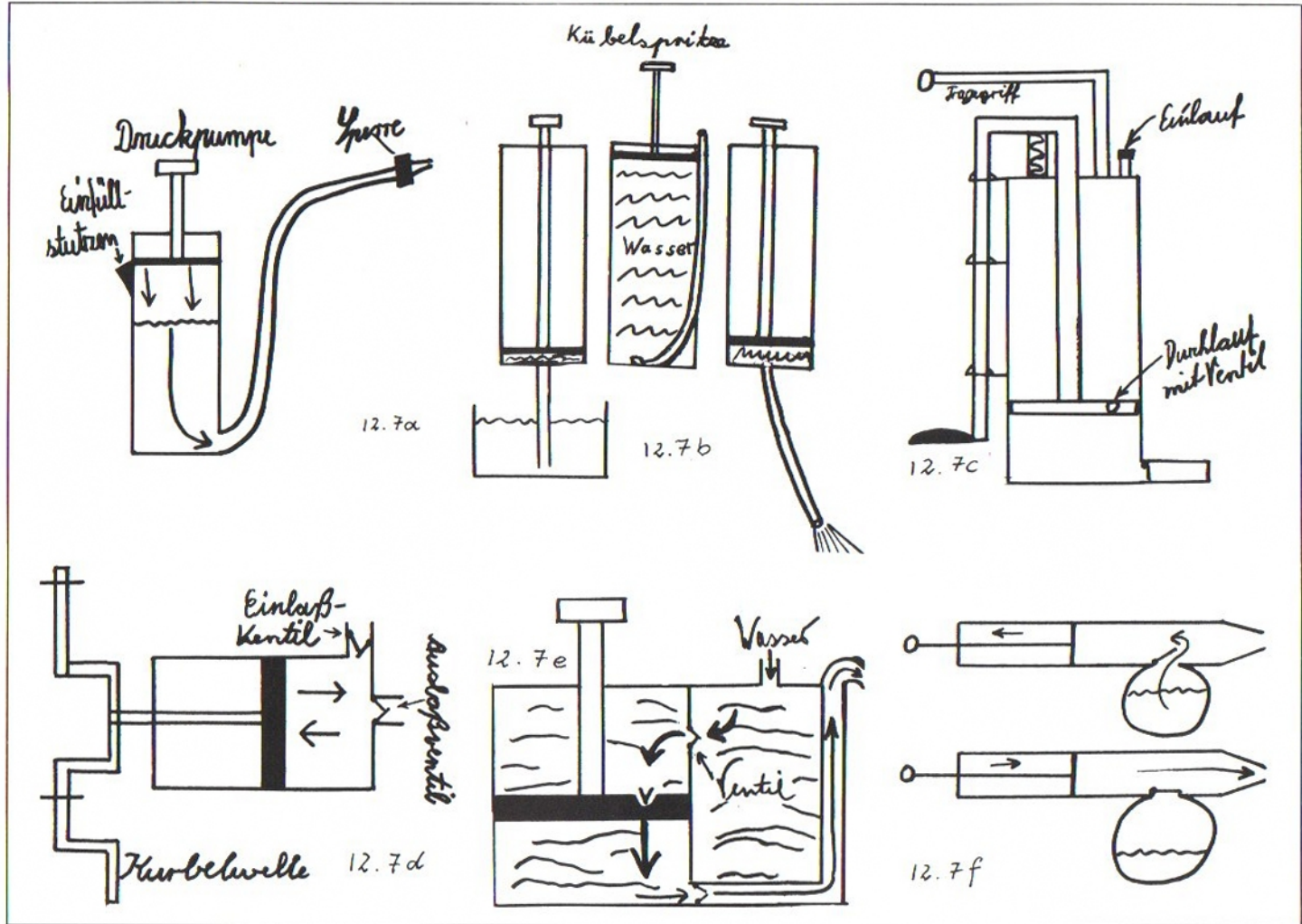
In einfachen Versuchen mit Wasser sollt ihr die Arbeitsweise einer Spritze genau beobachten. Benutzt erst die Gummiball-Spritze und anschließend die Luftpumpe.

Die Abbildung 12.8 wird gezeigt. Der Begriff *Spritze* steht im Mittelpunkt der Aussprache. Die Schüler erhalten daraufhin den Auftrag, zur nächsten Unterrichtsstunde Geräte mitzubringen, die man als Spritze benutzen kann: Gummiball-

Abb. 12.7: Original Schülerskizzen

Abb. 12.7a-c: einfache Spritzen

Abb. 12.7d-f: einfache Pumpen



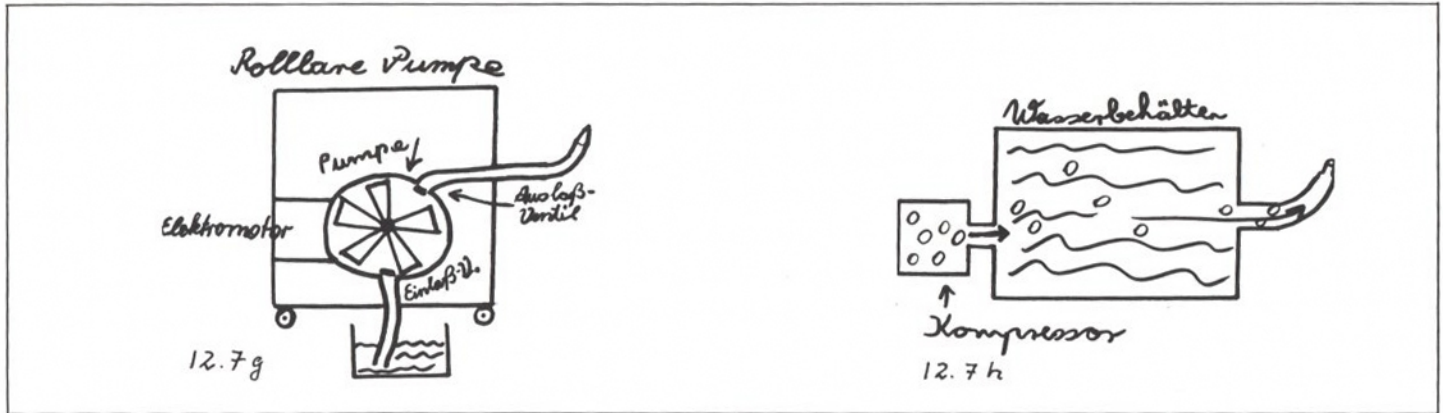


Abb. 12.7g: eine Art Propellerpumpe

Abb. 12.7h: eine Art Mammutpumpe



Abb. 12.8:
 Feuerspritze auf Wagen, nach Besson, Théa-
 tre des Instruments, Lyon 1578
 Die Spritze wird durch den Trichter mit Was-
 ser gefüllt. Ein wahrscheinlich in der Spritze
 befindlicher Kolben preßt das Wasser aus
 der Öffnung, indem er mittels Kurbel und
 Schneckengetriebe vorwärts geschoben wird.

Spritzen, Injektionsspritzen, Parfümzerstäuber, Wasserpistolen und Luftpumpen von Fahrrädern.

Unterrichtsdurchführung 2

Die Versuche sind zwar sehr einfach, die sorgfältige Auswertung ergibt aber eine Reihe von Erkenntnissen, die eine für die weitere Arbeit unerläßliche Basis bilden.

Die Beobachtungen der Schüler werden zusammengefaßt: Einfüllen oder Saugen und Ausdrücken sind zwei *hintereinander* erfolgende Arbeitsgänge.

Eine Öffnung für Einlaß und Auslaß bei der Spritze.

Einlaß und Auslaß *getrennt* bei der Luftpumpe (Abb. 12.9).

Zeitraubendes Verfahren durch periodisches, rhythmisches, stoßweises oder *pulsierendes* Spritzen oder Strömen.

Da diese Versuche die Vorgänge des Saugens und Drückens bewußt gemacht haben, werden die Schüler aufgefordert, diese genau zu beschreiben. Die Schüler erinnern sich dabei an den Physikunterricht und drücken sich deshalb recht exakt aus. Zusammen mit der Abbildung 12.9 werden folgende Merksätze in die Arbeitsmappe übernommen:

Einströmen: Beim Erweitern des Druckraumes verdünnt sich das darin vorhandene Medium – es entsteht ein *Unterdruck* mit dem Bestreben, das fehlende Medium anzusaugen.

Ausströmen: Durch das Zusammendrücken des Mediums entsteht ein *Überdruck* mit dem Bestreben zum Ausgleich an der schwächsten Stelle des Druckraumes.

Aufgabenstellung 3

Wie verhindert man, daß bei Druck das Medium wieder in den Einlaß gedrückt wird, bei Sog das Medium durch den Auslaß zurückkommt?

Alle notwendigen Begriffe für das Verständnis von Ventilen sind vorhanden. Mit dem Episkop wird ein Vorschlag gezeigt, der die Bauweise einer Pumpe zeigt, dem aber die

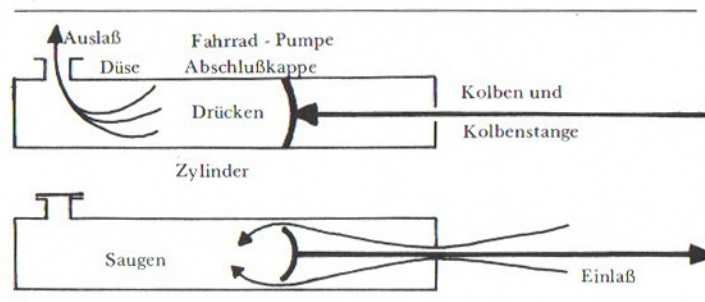


Abb. 12.9: a = Arbeitsweise einer Luftpumpe: Drücken
b = Arbeitsweise einer Luftpumpe: Saugen

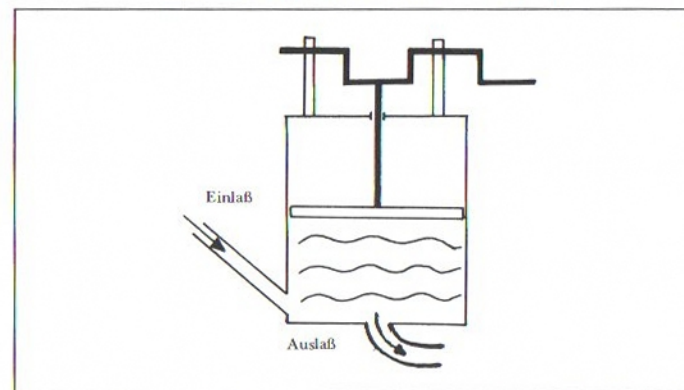


Abb. 12.10: Schülerskizze von einer Pumpe ohne Ventile

Ventile fehlten (Abb. 12.10). Sollte die Abbildung als Impuls nicht ausreichen, kann folgende Frage gestellt werden:

Unterrichtsdurchführung 3

Die Unterrichtsdurchführung 1 zeigte, daß viele Schüler über die Bedeutung und die Arbeitsweise von Ventilen schon recht gut Bescheid wußten, so daß sie in der ersten

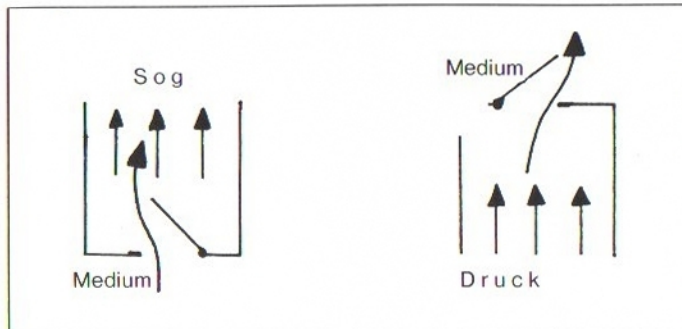
Phase des Unterrichtsgesprächs, das sich an die obige Frage anschloß, unberücksichtigt blieben, um den übrigen eine echte Chance geben zu können. Aus dieser Schülergruppe kamen unter anderen folgende Antworten:

Man muß in den Einlaß und in den Auslaß Hähne einbauen, die man immer im richtigen Moment auf- und zudreht. Das ist viel zu umständlich, das muß von alleine gehen. Beim Fahrradreifen kommt die Luft ja auch nicht wieder raus, da sitzt ein Ventil drin.

Beim Einlaß könnte man an dieser Stelle so eine Klappe anbringen, die nur aufgeht, wenn Wasser eingefüllt wird. (Diese Klappe wurde richtig angegeben, indem sie am Ende des Einlaßstutzens oben aufgehängt wurde und sich nur in den Behälter hinein öffnen ließ).

Die letzte Antwort war der Durchbruch, obwohl die Schüler Schwierigkeiten hatten, sich eine entsprechende Ventilklappe für den Auslaß vorzustellen. Hier konnten die anderen mit ausreichendem Vorwissen helfen. Außerdem wurden nun die Abbildung 12.7 d-f gezeigt. Die folgende Zusammenfassung wird zusammen mit der Abbildung 12.11 in die Arbeitsmappe der Schüler übernommen.

Abb. 12.11: Schematische Darstellung eines Saug- und Druckventils



Saugventil – es öffnet sich bei entsprechendem Sog und schließt sich bei nachlassendem Sog.

Druckventil – es öffnet sich bei entsprechendem Druck und schließt sich bei nachlassendem Druck.

Aufgabenstellung 4

Baut eine Pumpe, bei der Saug- und Druckventile in der richtigen Weise arbeiten.

Nach diesem Arbeitsauftrag muß darüber gesprochen werden, wie das Modell mit dem Lernbaukasten konstruiert werden kann, weil ein abgedichteter Raum nicht herstellbar ist.

Sog und Druck müssen auf andere Weise simuliert werden. Die Schüler schlugen Sand als Medium vor. Mit ihm kann jedoch nur Druck demonstriert werden. Auch das Gummiband mußte verworfen werden, weil es nur für den Sog geeignet ist. Ein guter Vorschlag waren Druck- und Zugfedern, die am Kolben und den Ventilen befestigt werden. Diese Federn standen allerdings nicht zur Verfügung. Von einigen Schülern kam dann der Vorschlag, Schaumgummi zu verwenden, der dann auch angenommen wurde. Beiderseitiges Klebeband wurde zur Verfügung gestellt, um die Verbindung mit dem Saugventil zu ermöglichen. Der Kolben oder der einfache Schieber sollten in das Schaumgummi eingebettet werden, um es in beide Richtungen bewegen zu können.

Unterrichtsdurchführung 4

Meistens zwei, aber auch drei oder vier Schüler arbeiteten zusammen. In den ersten Modellerprobungen galt die Aufmerksamkeit in der Hauptsache den Ventilen: Konstruktionsart und Aufhängung (Abb. 12.12, 13). Interessant an diesen Modellen war, daß sie mit nur einem Zylinder und somit stoßweise, pulsierend arbeiteten. Bei der Betrachtung fiel außerdem auf, daß sich viele Ventile in beide Richtungen bewegen ließen (Abb. 12.12). Als weiterer Fehler stellte

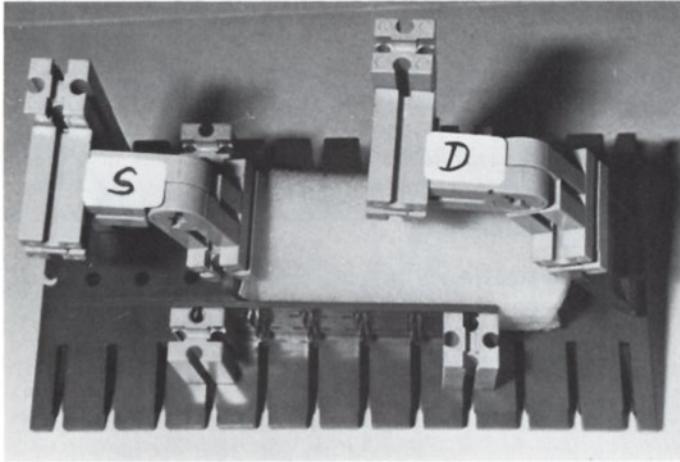


Abb. 12.12: Ventilklappen S = Saugventil, D = Druckventil

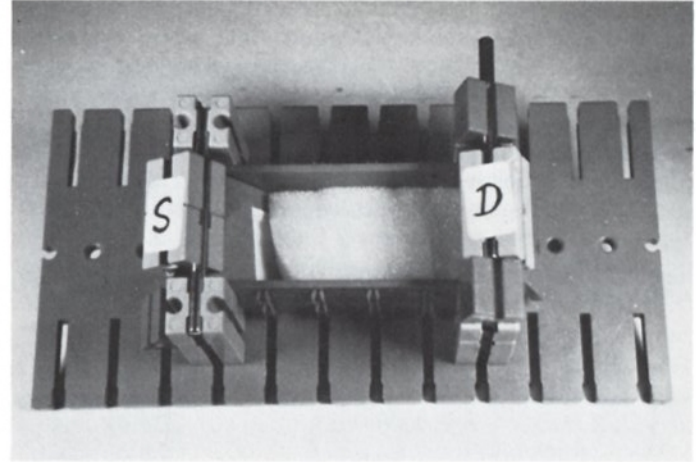


Abb. 12.13: Ventilklappen

Abb. 12.14: Richtig arbeitende Ventilklappen und Schieber als Kolben

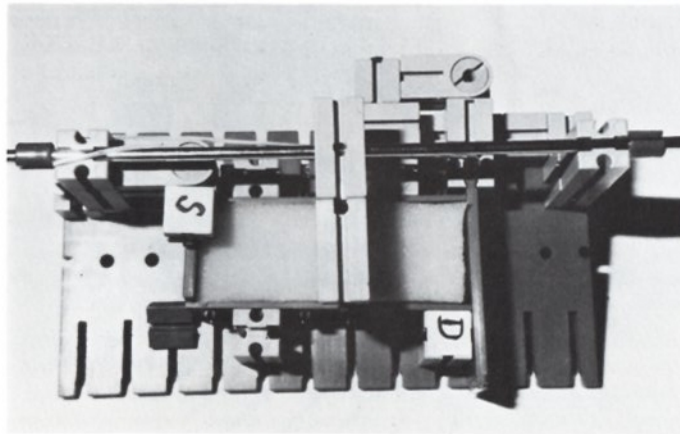
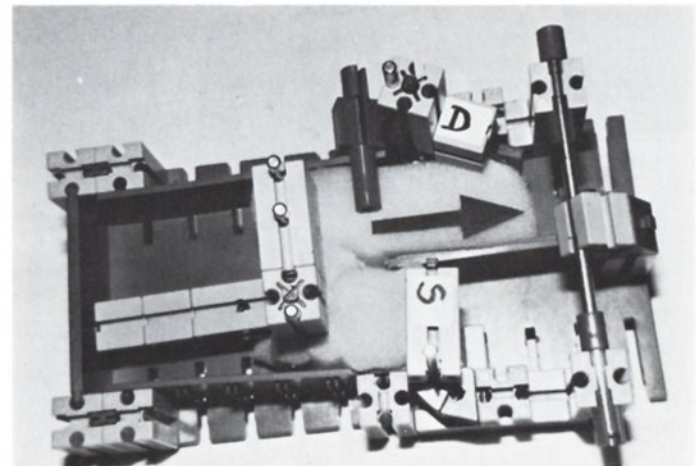


Abb. 12.15: Nebeneinander liegende Ventilklappen



sich heraus, daß das Medium vom Saugventil nicht zum Druckventile gelangen kann, wenn ein Kolben eingebaut wird (Abb. 12.14). In Abb. 12.15 wurde die Lösung dadurch versucht, daß der Schüler die Ventile nicht mehr gegenüber, sondern nebeneinander anordnete. Der oben genannte zweite Fehler wurde ebenfalls behoben. Die rhythmische, pulsierende Arbeitsweise gab den Schülern schwierige Fragen auf, so daß eine theoretische Besinnung unter Einbeziehung aller bisher gewonnenen Erkenntnisse eingeschaltet wurde. „Der Kolben müßte durchlässig sein.“ „Man braucht eben zwei Pumpen, die abwechselnd bedient werden.“

Abb. 12.16: Kolbenpumpe mit zwei Zylindern

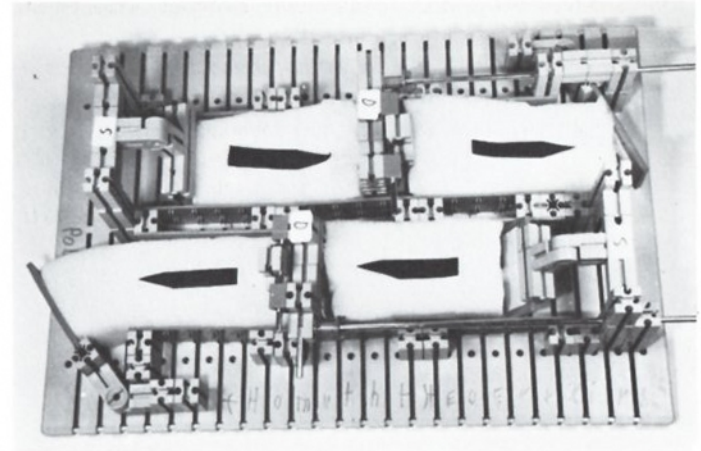
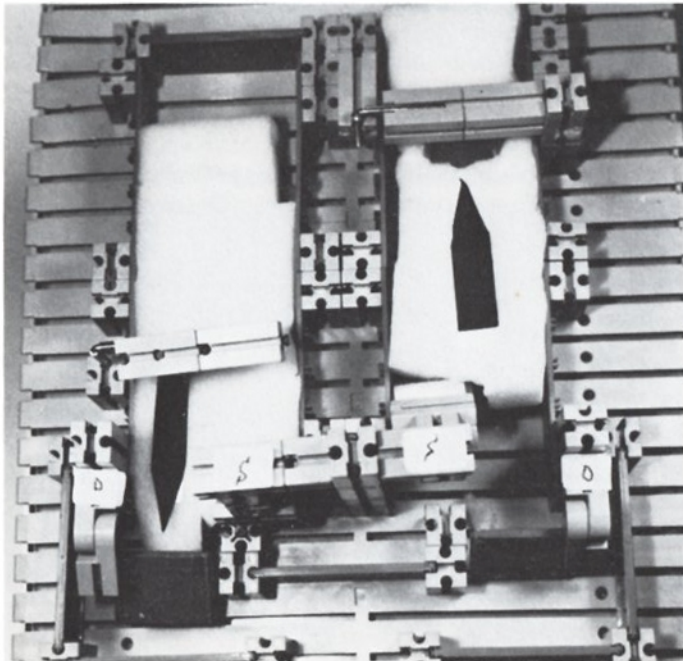
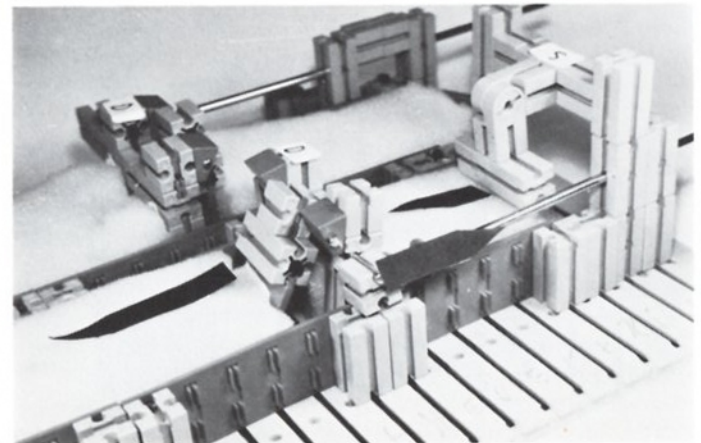


Abb. 12.17a: wie 16, jedoch mit Durchlaßventilen im Schieber

Abb. 12.17b: Demonstration der Durchlaßventile



„Dann kann man ja auch gleich zwei Zylinder nebeneinander setzen.“

Der Lehrer informiert die Schüler darüber, daß viele Pumpen des Mittelalters in dieser Weise funktionierten.

Der Modellbau wurde nun interessanter und vielseitiger. In Abbildung 12.16 liegen alle vier Ventile nebeneinander. Modell 12.17a ist nach dem Prinzip der ersten Versuche konstruiert, jedoch mit Druckventilen im Schieber (Abb. 12.17b), eine hervorragende Lösung.

Nach der Betrachtung dieser Zwischenergebnisse erfolgt der letzte Auftrag an die Schüler in Form eines Impulses:

Die Pumpe läßt sich auch mit einem Kolben bauen. Das Modell 12.18 wurde von zwei Mädchen hergestellt, und zwar mit einer Mittelwand, so daß zwei Zylinder vorhanden waren. Ohne Ventile im Kolben konnte es nicht funktionieren. Plötzlich stellten sie fest, daß die Mittelwand nur herausgenommen zu werden brauchte, um das geforderte Ergebnis zu erreichen.

Abbildung 12.19 weist die Ventile rechtwinklig zur Kolbenbewegung auf, was ungünstig ist, weil es unnötige Widerstände hervorruft.

Eine sehr sorgfältig durchdachte Lösung zeigt die Abbildung 12.20. Die Ventilöffnungen liegen dicht nebeneinander und öffnen sich in Strömungsrichtung, außerdem relativ kurze Kolbenwege bei großem Arbeitsraum. Ungünstig sind die langen Wege der Auslaß-Strömung.

An den Modellen der Abbildungen 12.19 und 12.20 läßt sich recht gut der Hinweis auf den Windkessel erklären. Die Schüler bemerkten zu der Frage, wann die Strömung des Mediums am gleichmäßigsten ist, daß der Strom unter ständig gleichbleibendem Druck stehen muß, was sich jedoch nicht mit den obigen Lösungen erreichen läßt. Es gibt immer dann einen deutlichen Druckabfall, wenn der Kolben die Bewegungsrichtung ändert.

Weil die Schüler durch den Modellbau immer noch stark in mechanischen Lösungsgestalten dachten, fielen ihnen

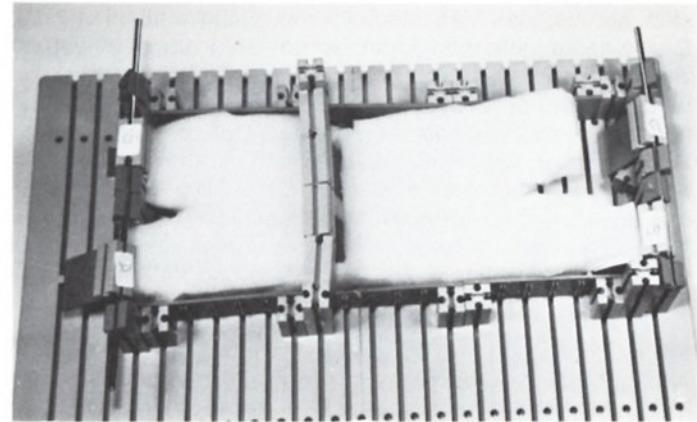
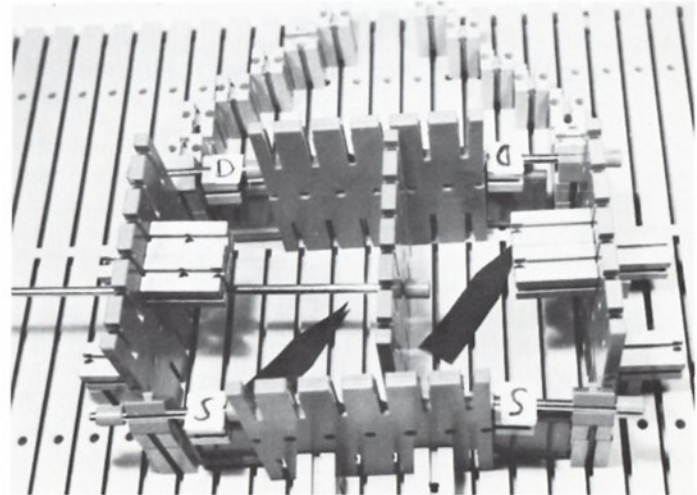


Abb. 12.18: Modell zweier Mädchen

Abb. 12.19: Ungünstige Lage der Ventile



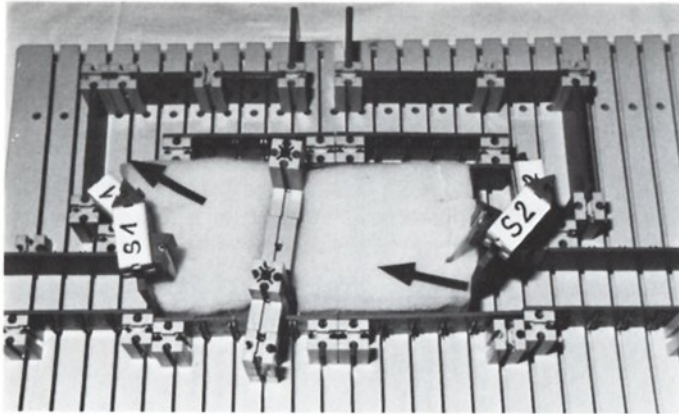
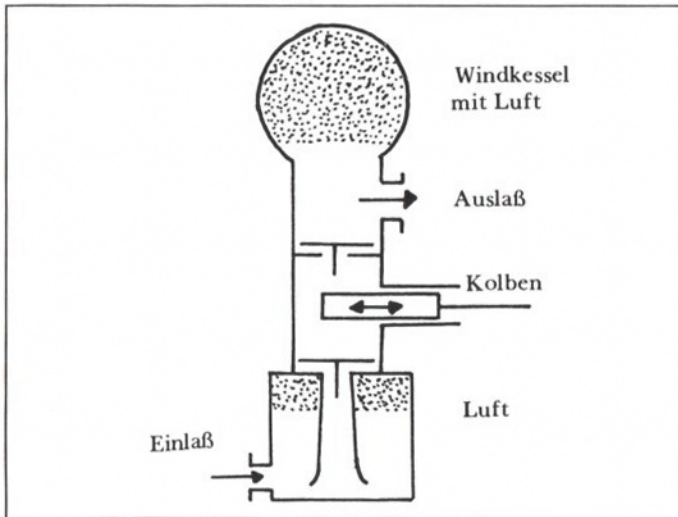


Abb. 12.20: Eine der besten Lösungen

Abb. 12.21: Arbeitsweise einer Kolbenpumpe mit Windkessel



brauchbare Vorschläge nicht ein. Der Lehrer zeigt deshalb die Abbildung 12.21 und fragt nach dem Sinn der zusätzlichen Einrichtung am Auslaß. Schülerantworten:

Die Kugel füllt sich mit Wasser, das beim Kolbenwechsel wieder rausfließt.

Dadurch ist die Strömung aber doch noch nicht besser! Der Behälter kann sich gar nicht ganz mit Wasser füllen, denn da ist ja noch Luft drin.

Jetzt weiß ich, die Luft wird zusammengedrückt, wenn da mehr Wasser reinkommt. Wenn nun der Kolben nicht mehr drückt, drückt die zusammengepreßte Luft das Wasser wieder aus dem Behälter raus.

Das ist dann genug, um den Druckabfall auszugleichen.

Die Lösung war gefunden, der Name *Windkessel* wird gegeben und der Wegfall beim Modellbau erklärt.

Zum Abschluß gibt der Lehrer einige Hinweise darüber, in welcher Weise Völker des Altertums ihre Pumpprobleme lösten. Die Schöpfwerke verschiedenster Art sollten erwähnt werden und die Tatsache, daß schon in dieser Zeit Ventile entwickelt wurden.

Realbezug

Die Anwendungsbeispiele sind zahlreich. In Orten mit einer freiwilligen Feuerwehr gehören unter Umständen der Jungfeuerwehr an. Diese Schüler haben bereits ein Fachwissen über Pumpen! Auf dem Lande gibt es überall noch Wasserpumpen für die Versorgung des Viehs und Jauchepumpen. Keine Baustelle ohne Pumpe, wenn das Grundwasser nachringt. Pumpen in Schrebergärten sind weit verbreitet – und mancher Schüler kennt die Pumpe als Utensil für das Aquarium!

Pfeiffer

13 Ventilsteuerung – Viertaktmotor

Sachinformation

Im Gegensatz zu den selbsttätig arbeitenden Ventilen geht es in diesem Beispiel um die Ventile mit Außensteuerung. Hierzu zählen alle Ventile mit Steuervorrichtung: Exzenter, Nocken, Daumen, Hebel, Parallel- oder Keilschieber, Flach- oder Kolbenschieber, Drehgriff oder Schraubenspindel, Hahnküken. Die Sachinformationen zum vorangegangenen Unterrichtsbeispiel gehen näher auf die einzelnen Ventilararten ein. Der gleiche oder willkürliche Arbeitsrhythmus soll hier unerwähnt bleiben, obwohl er Stoff liefert für interessante Unterrichtsbeispiele: hin- und hergehender Flach- oder Kolbenschieber bei der Dampfmaschine; der durch die Stellung des Schlagkolbens bediente Steuerhebel bei einem Dieselmotor; Zweitaktmotor. In diesem Beispiel wird die programmierte Steuerung von Ventilen besprochen. Die Sachinformationen zur programmierten Steuerung sind ausführlich dargelegt im Unterrichtsbeispiel von der Musikwalze im Band für das 5. und 6. Schuljahr dieser Reihe (1). Die Entstehung gewaltiger Kräfte im Verbrennungsmotor (Verdichtung und Verbrennung) machen eine Fremdsteuerung der Ventile erforderlich. Die Bedienungsvorrichtung besteht aus fünf Elementen: Mit *Keilriemen, Zahnrädern oder Ketten* wird die Drehbewegung der Kurbelwelle auf die *Nockenwelle* mit exzentrisch geformten Nocken übertragen. Die Nocken bewegen *Stößel* und *Stößelstange*. Von dieser wird der *Kipphebel* bedient, der das *Ventil* öffnet, indem er auf den *Ventilfederteller* drückt. Im Ruhezustand schließt die *Ventilfeder* das Ventil (Abb. 13.1).

Jeder Zylinder hat zwei Ventile, ein Einlaß- und ein Auslaßventil. Beide Ventile werden mit der auf das Steuerdiagramm abgestimmten Anordnung der Nocken bedient (Abb. 13.2).

Je nach Lage der Ventile unterscheidet man obengesteuerte und untergesteuerte Motoren. Entscheidend dabei ist eine Ebene, die auf dem oberen Totpunkt des Kolbens aufliegend gedacht werden muß. Deshalb hängen die Ventile im ersten Fall und stehen im zweiten Fall. Hängende Ventile können senkrecht oder schräg konstruiert sein. Das richtet sich nicht nur nach den Gaswegen, sondern auch nach der Bauweise des Motors: Reihenmotor (alle Zylinder nebeneinander), Boxermotor (Zylinder gegenüberliegend), V-Motor (Zylinder in zwei Reihen schräg zum Mittelpunkt der Kurbelwelle hin angeordnet) und Sternmotor (alle Zylinder im Kreis auf den Kurbelwellen-Mittelpunkt hin angeordnet).

Die Lage der Nockenwelle ist für die Bezeichnung der Konstruktionsart bzw. der Arbeitsweise des Motors ohne Bedeutung. Sie kann unten (in der Nähe der Kurbelwelle), seitlich (neben dem Zylinderblock) oder oben (über den Ventilen) liegen.

Der Viertaktmotor braucht für ein Arbeitsspiel vier Takte, was zwei Umdrehungen der Kurbelwelle gleichkommt. Der Ladungswechsel besteht aus Auspufftakt und Ansaugtakt. Die Verbrennung besteht aus dem Verdichtungstakt und dem Arbeitstakt.

Kritische Stellen im Arbeitsspiel sind der obere und der untere Totpunkt des Kolbens. Die volle Leistung des Motors wird nur dann erreicht, wenn die Ventile asymmetrisch zu den Totpunkten öffnen und schließen. Das einströmende Kraftstoff-Luft-Gemisch ist mit an der Abgasbeseitigung beteiligt, um den Brennraum absolut sauber zu spülen. Das Einlaßventil öffnet (E_o) also schon während der letzten Aufwärtsphase des Kolbens, während sich das Auslaßventil erst nach Überschreiten des oberen Totpunktes schließt (A_o). Andererseits kann die Abgasbeseitigung beginnen, wenn der höchste Wirkungsgrad der Verbrennung überschritten ist. Das ist schon vor dem unteren Totpunkt der Fall (A_u). Das Einlaßventil schließt (E_u) sich nach Über-

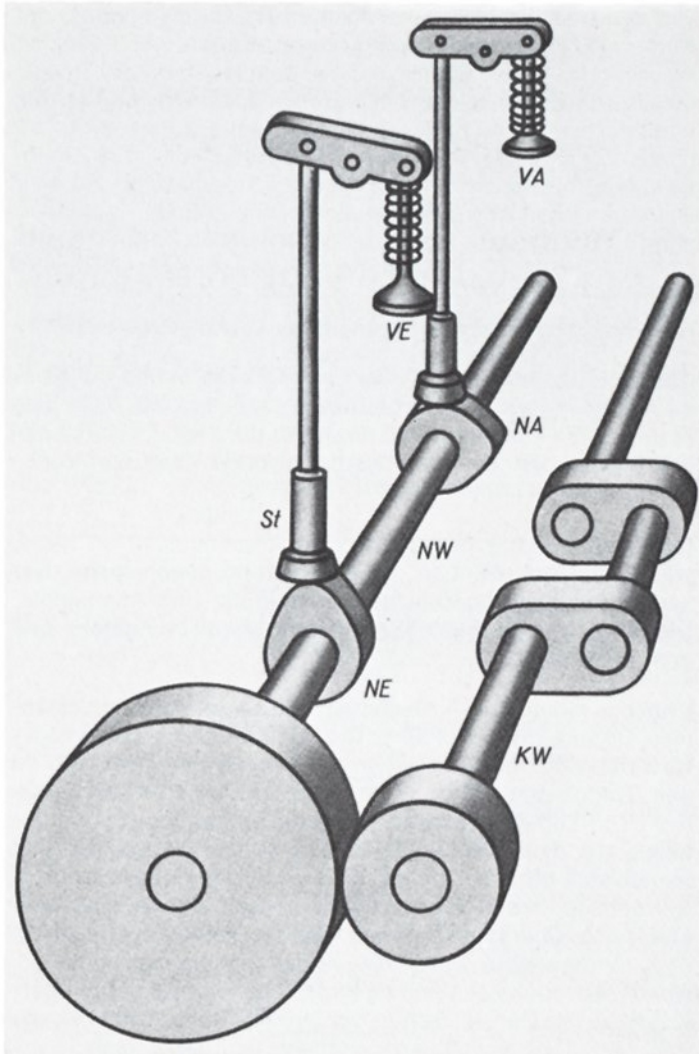


Abb. 13.1: Ventilsteuerung in Viertaktmotoren
 NE, NA = Nocken auf der Nockenwelle
 NW = Nockenwelle
 KW = Kurbelwelle
 St = Stößelstangen
 KH = Kipphebel
 VF = Ventilsfeder
 VE, VA = Ventile für Einlaß und Auslaß

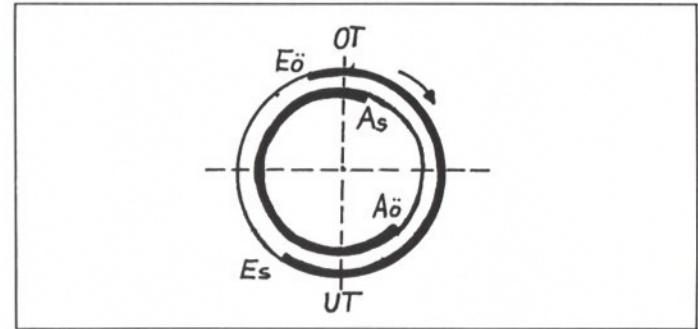


Abb. 13.2: Steuerdiagramm für das Öffnen und Schließen der Ventile eines Zylinders vom Viertaktmotor
 OT = Oberer Totpunkt
 UT = Unterer Totpunkt
 E_ö = Einlaßventil öffnet,
 E_s = Einlaßventil schließt
 A_ö = Auslaßventil öffnet,
 A_s = Auslaßventil schließt

schreiten des unteren Totpunktes, weil die Verdichtung erst bei der Aufwärtsbewegung möglich ist. Bis zum Verschließen strömt das Kraftstoff-Luftgemisch ein.

Die Zündung erfolgt nicht im oberen Totpunkt sondern kurz davor. Bis zum Erreichen des OT läuft die Verbrennung ab. Ist sie beendet, so ist die größte thermische Energie vorhanden, die nach Überschreiten des OT voll auf den Kolben

wirkt. Die Asymmetrie der Ventile beträgt 10 bis 20 Winkelgrade, die der Zündung 5 bis 10 Grad.

Zweitaktmotoren arbeiten etwas anders, da zwei Takte eingespart werden müssen. Der Arbeitstakt entspricht dem Viertakter; Auspuff, Einströmen des neuen Gases und Verdichten vereinigen sich zu einem Takt. Im Viertakter saugt der Kolben im 1. Takt durch entstehenden Unterdruck. Das ist beim Zweitakter nicht möglich, da das einströmende Gemisch die Abgase beseitigen muß. Deshalb wird das frische Gemisch in den Zylinder durch ein Gebläse hineingetrieben. Da außerdem der Kolben selbst das Öffnen und Schließen der Ein- und Auslaßschlitze übernimmt, kommt der Zweitakter ohne Ventile aus.

Ein Motor läuft um so ruhiger, je mehr Zylinder er hat, weil dann die Nichtarbeitstakte besser ausgeglichen werden.

Literatur

- (1) Pfeiffer, W. u. a.: Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr, Tümlingen, 1974, S. 130 ff
- (2) rororo-Techniklexikon, Taschenbuchausgabe Reinbek b. Hamburg 1972, Band 43
- (3) Meyer-Nachschlagewerk, Wie funktioniert das? Mannheim 1971
- (4) Herder. Die Technik – Wissen im Überblick. Autorenkollektiv, Freiburg 1969

Didaktische Gesichtspunkte

Dieses Unterrichtsbeispiel bildet mit dem vorigen eine Einheit; der Unterricht über Ventile und Pumpen sollte möglichst voraufgehen.

Unter den in Frage kommenden Motortypen ist der Reihomotor für die unterrichtliche Darstellung besonders geeignet; aus methodischen Gesichtspunkten ist von diesen wiederum der Viertaktmotor zu bevorzugen. Entsprechend ist unser Unterricht angelegt.

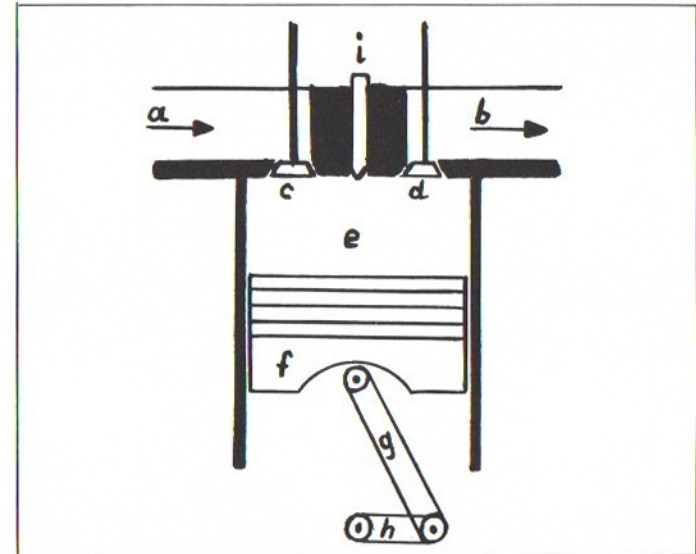
Für den Bau der Modelle standen keine Druck- und Zugfedern zur Verfügung. Ein gutes Ersatzmaterial sind Gummibänder oder Schaumgummi, wobei dem letzteren der Vorzug zu geben ist. (Gummiband hat zu kleine Angriffsflächen und verkantet somit leicht bewegliche Funktionsteile.)

Lernziele

Die Schüler sollen

- Einblick in den Aufbau des Motorblocks eines Vierzylinder-Ottomotors gewinnen: Zylinder, Kolben, Pleuelstange

Abb. 13.3: Skizze eines Zylinders vom Viertaktmotor
a = Einlaß, b = Auslaß, c = Einlaßventil, d = Auslaßventil, e = Arbeitsraum des Zylinders, f = Kolben, g = Pleuelstange, h = Pleuellager, i = Zündkerze



- ge, Kurbelwelle, Ein- und Auslaßventil, Nockenwelle, Stößelstangen, Kipphebel, Ventildfedern.
- den Rhythmus des Arbeitsspiels selbständig erarbeiten können.
- ein vereinfachtes Steuerdiagramm für die Ventile entwickeln können.
- die Erkenntnisse in Modellversuchen erproben.

Aufgabenstellung 1

Zeichnet in die Skizzen des Vorschlags 1 die Ventile und Bewegungsrichtungen des Kolbens so ein, wie die Arbeitsweise eurer Meinung nach im Motor ist. Die Ventile zeichnet so, wie es oben rechts angegeben ist. Die Bewegungsrichtung des Kolbens kennzeichnet mit dem entsprechenden Pfeil.

An der Tafel erscheint der Impuls: Verbrennungsmotor. Das Vorwissen wird stichwortartig an der Tafel gesammelt, mit Hilfe überall leicht zu beschaffender Querschnittsdarstellungen geordnet und ergänzt. Dabei entsteht eine vereinfachte, beschriftete Skizze (Abb. 13.3), die in das unterste Feld eines Arbeitsblattes eingetragen wird, das die Schüler nun erhalten (Abb. 13.4).

Das Blatt enthält dreimal vier Skizzen von Zylindern. In jeder Reihe ist jedoch immer derselbe Zylinder gemeint, den die Schüler so ergänzen sollen, daß die richtige Reihenfolge der einzelnen Vorgänge im Zylinder entsteht.

Unterrichtsdurchführung 1

Arbeitsmittel

- Je Schüler 1 Lernbaukasten u-t 1
- Je 2 Schüler 1 Großbauplatte
- Gummiringe, Schaumgummi (ca. 30 bis 40 mm dick)
- Arbeitsmappe der Schüler

Alle Schüler zeichneten mindestens drei Takte ein. Ein Takt blieb bei fast allen recht unklar: entweder der Verdichtungstakt oder seltsamerweise der Arbeitstakt. Es lag wohl daran,

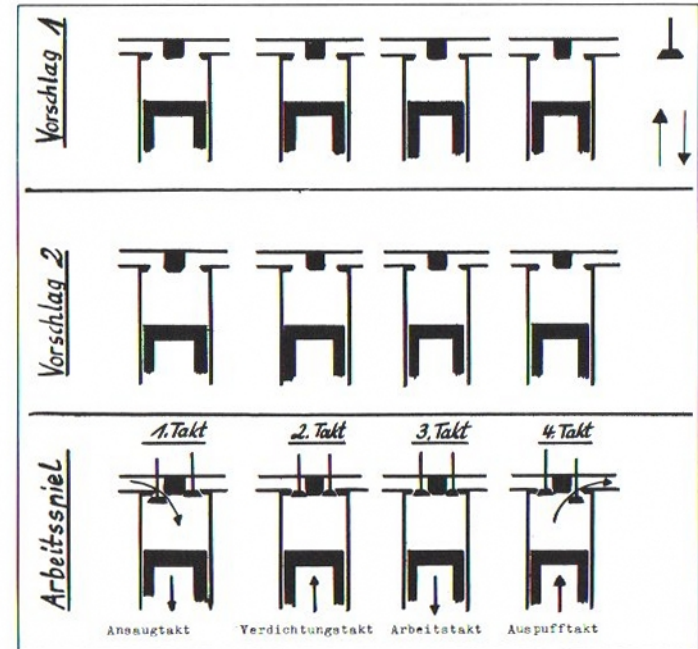


Abb. 13.4: Arbeitsblatt für die Schüler

daß die Konzentration allzusehr auf die richtige Stellung der Ventile ausgerichtet war. Entweder Öffnen und Saugen oder Öffnen und Drücken. Dazwischen gab es nicht viel.

Der Lehrer verwies darauf, daß etwas fehlte. Die Schüler sollten sich genau vorstellen, was geschieht und unter welchen Voraussetzungen es nur geschehen kann. Der Vorschlag 2 gilt als Berichtigung und soll außerdem mit Bezeichnungen für die einzelnen Takte versehen werden. Nun hatten die meisten die Notwendigkeit von vier Takten klar erkannt und den Verdichtungstakt als vollwertigen Vorgang einbezogen. Die Bezeichnungen für Verdichtungs- und Ar-

beitstakt waren teilweise recht interessant: Drucktakt, Kompression, Krafttakt, Antriebstakt.

Die dritte Reihe ist vorgesehen für die genaue Bezeichnung, die richtige Reihenfolge des Arbeitsspiel und die fehlerfreie Stellung der Ventile, um vor allen Dingen bei schwachen Schülern Fehler schon im Ansatz möglichst zu vermeiden.

Aufgabenstellung 2

Jeder Zylinder hat zwei Ventile, jedes Arbeitsspiel vier Takte. Zeichnet das Programm dafür in den Raum unter der dritten Reihe.

Bei entsprechender Vorbildung (1) haben die Schüler hierbei keine Schwierigkeiten. Sie stellen bald fest, daß nur das geöffnete Ventil interessiert. Z I in Abbildung 13.5 zeigt das Ergebnis an.

Wie muß das Programm aussehen bei 4 Zylindern und einer Zylinderfolge 1 - 3 - 2 - 4 ?

Unterrichtsdurchführung 2

Hier können Schwierigkeiten auftreten. Beim Programm für einen Zylinder kann die Taktfolge genau angegeben werden, d. h. E_0 beim Ansaugen und A_0 beim Auspuff. Setzt man nun alle vier Programme untereinander und überschreibt die Spalten mit den vier Begriffen des Arbeitsspiels, dann öffnet E von Z III beim Verdichtungstakt oder A von Z IV beim Arbeitstakt. Diese Verwirrung kann vermieden werden, wenn die Schüler erkennen, daß es zwar auch im Programm 4 Takte geben muß, sie wegen der zeitlichen Verschiebung aber immer einen anderen Platz im Programm einnehmen. Was für Z I Takt 2 ist, ist für Z II Takt 4. Überschriften der einzelnen Spalten sind also nicht möglich. Eine Hilfe kann jedoch sein, zusätzlich in die gekennzeichneten Felder E_0 und A_0 einzutragen, oder jeden Zylinder in der entsprechenden Arbeitsfolge durchzunummerieren. Ist diese Hürde überwunden, kommen die Schüler recht bald zur Lösung (Abb. 13.5).

Z I	E	1	2	3	4
	A	1	2	3	4
Z II	E	3	4	1	2
	A	3	4	1	2
Z III	E	4	1	2	3
	A	4	1	2	3
Z IV	E	2	3	4	1
	A	2	3	4	1

Abb. 13.5: Programm für die Steuerung der Ventile eines Viertakters

Aufgabenstellung 3

Dieses Programm soll nun auf eine Nockenwelle übertragen und in einem Modell erprobt werden. Gummiband bzw. Schaumgummi stehen als Ersatz für die Ventildfedern zur Verfügung. Die Ventile sollen hängend angebracht werden. Sehr gut können hier die Federgelenksteine aus den Lernbaukästen u-t 2 und u-t 3 eingesetzt werden.

Unterrichtsdurchführung 3

Die Schüler müssen zwei Konstruktionsprobleme lösen: die Ventile mit Rückholfederung und guter Führung; die Nockenwelle nach dem Programm gestaltet und mit guter Ventilbedienung. Da nicht genügend Material zur Verfügung stand, bauten einige Schüler das Modell nur für die Zylinder I, II und III. Eine Reihe von Schülern hatte Schwierigkeiten bei der Übertragung der Bewegung von der Nockenwelle auf das Ventil, da sich dieses *senkrecht* auf- und abbewegen sollte. Abbildung 13.6 zeigt diesen falschen Ansatz, der dann jedoch recht geschickt gelöst wurde (Abb. 13.7). Eine andere Möglichkeit wird auf der Abbildung 13.8 gezeigt. Bei den Abbildungen 7 und 8 schlenkerten die Ventile jedoch recht stark. Die abgebildeten runden Papierscheiben sollen den Zylinderkopf mit den beiden Ventilöffnungen andeuten. Abbildung 13.9 zeigt eine bessere Führung. Durch den Gummizug verkanteten die Ventilstangen allerdings recht oft.

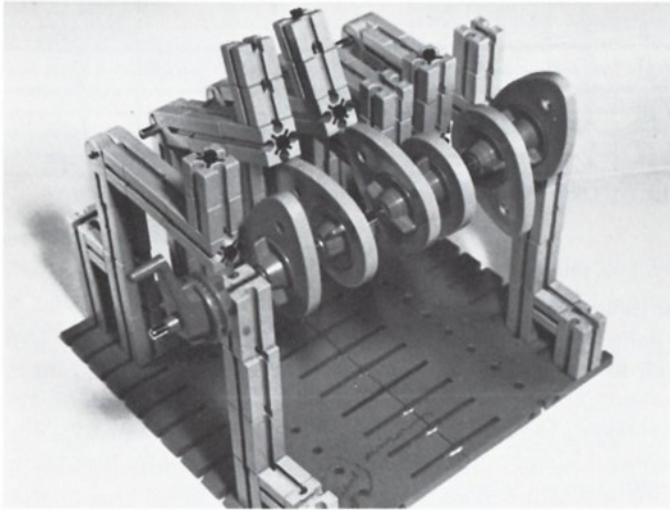


Abb. 13.6: Fehlkonstruktion

Abb. 13.7: Gelungene Neukonstruktion

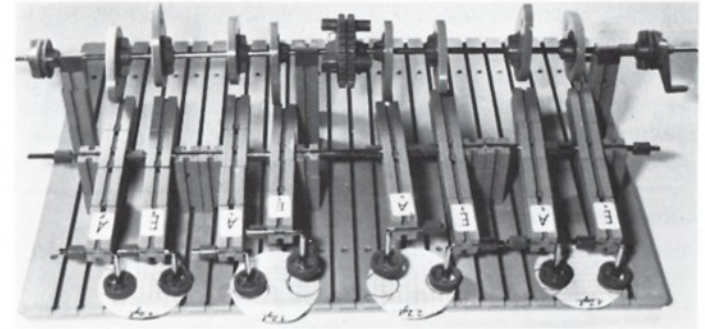
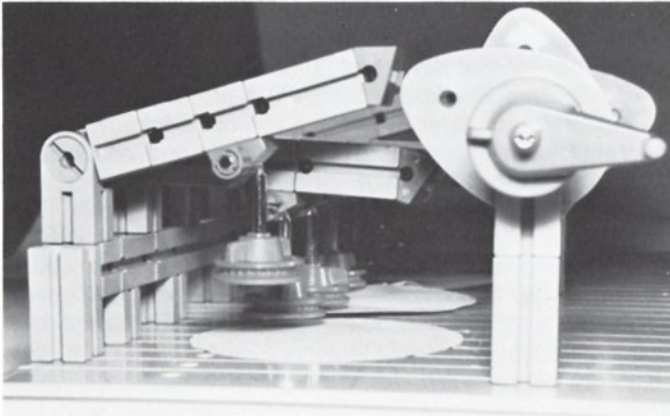
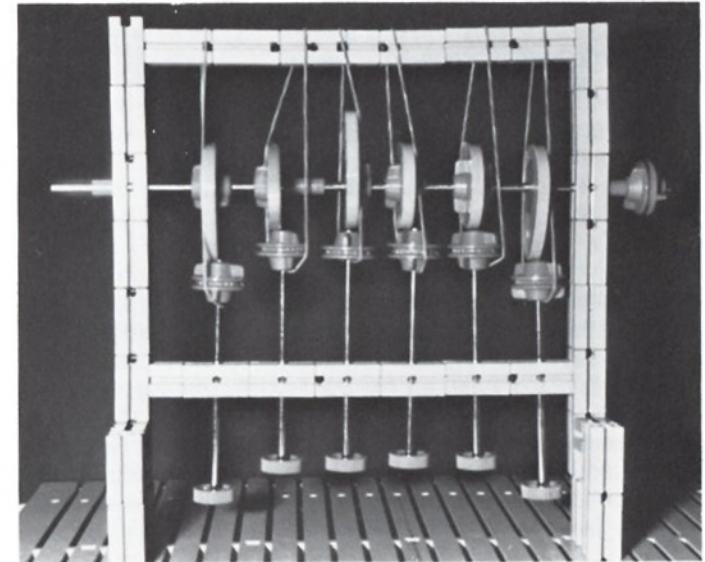


Abb. 13.8: Gute Lösung
A = Auslaßventil, E = Einlaßventil

Abb. 13.9: Ventile öffnen auftragsgemäß nach unten



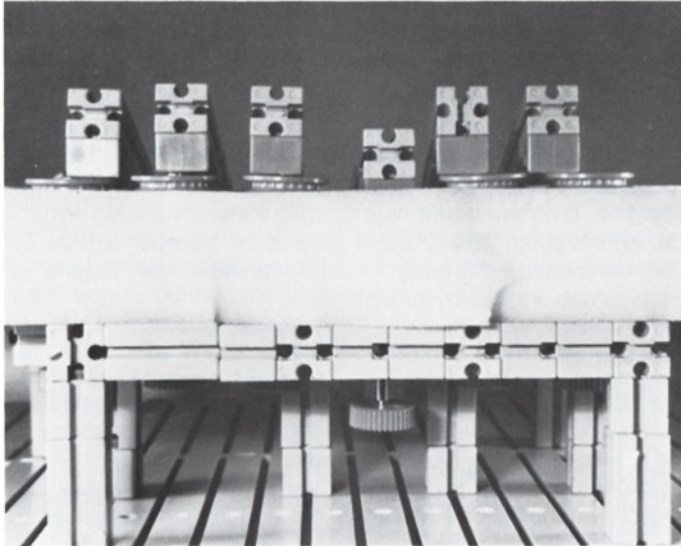


Abb. 13.10: Gut funktionierende Rückholfederung durch Schaumgummi

Schüler, die mit Schaumgummi arbeiteten (Abb. 13.10) hatten mit der Führung und der Rückholfederung keine Probleme. Ihnen machte einzig der Widerstand des Schaumgummis zu schaffen, weil die Konstruktion manchmal nicht in der Lage war, die Hebelkräfte zu erzeugen, die notwendig waren, um die Schaumgummischicht einzudrücken. Schneidet man kleine Schaumgummistücke für jedes Ventil gesondert, sind die Widerstände wesentlich geringer.

Je nach Leistungsfähigkeit der Gruppe stellt das hängende Ventil eine nicht leichte Aufgabe dar, denn die Bedienung ist wesentlich komplizierter als beim stehenden Ventil. Beim letzteren entfällt der Rückholmechanismus, weil es sowieso wieder herunterfällt. Daß auch hier stärkere Rückholkräfte erforderlich sind als durch das Eigengewicht gegeben, se-

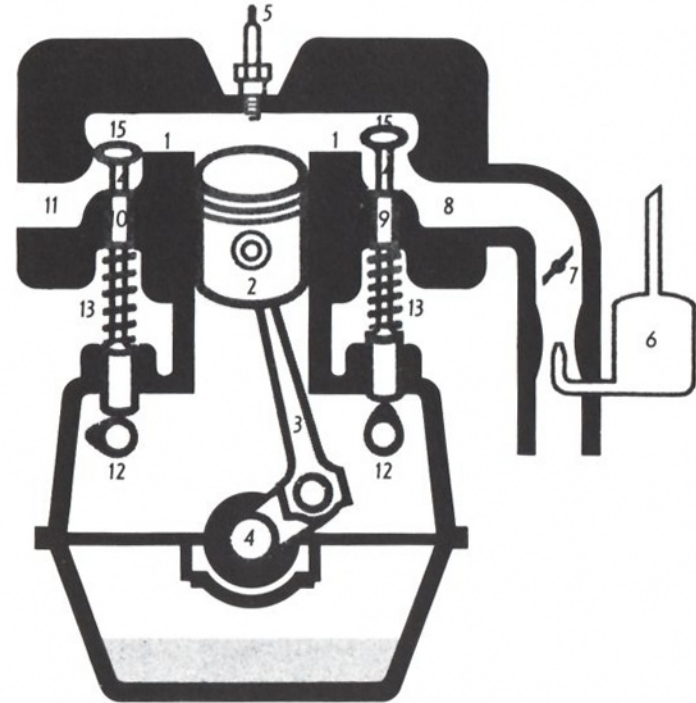


Abb. 13.11: Zylinder eines Viertaktmotors mit stehenden Ventilen

1 = Zylinder / 2 = Kolben / 3 = Pleuelstange / 4 = Kurbelwelle / 5 = Zündkerze / 6 = Vergaser / 7 = Drosselklappe / 8 = Ansaugleitung / 9 = Einlaßventil / 10 = Auspuffventil / 11 = Auspuffleitung / 12 = Nockenscheibe / 13 = Ventillfeder / 14 = Ventilstange / 15 = Ventilteller

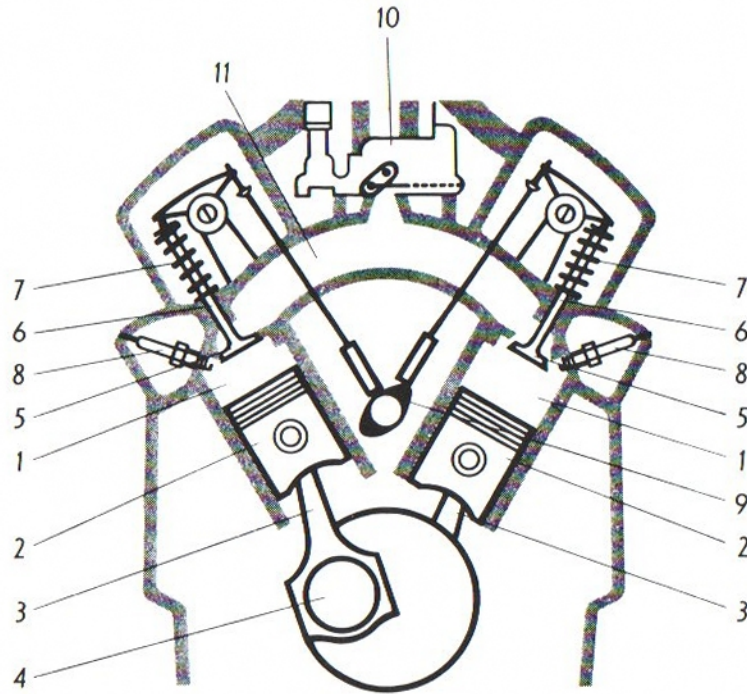


Abb. 13.12: Anordnung der Zylinder in einem V-Motor
 1 = Zylinder / 2 = Kolben / 3 = Pleuelstange
 / 4 = Kurbelwelle / 5 = Ventilteller / 6 =
 Ventilstange / 7 = Ventilsfeder / 8 = Zündkerze
 / 9 = Nockenscheibe / 10 = Vergaser /
 11 = Ansaugleitung

hen die Schüler ein. Es zu konstruieren, halten sie jedoch für reizlos (Abb. 13.11, 13.12).

Der aufmerksame Leser wird an mehreren Abbildungen bemerkt haben, daß die Ventile nach oben hin öffnen. Im Motor öffnen sie aber nach unten. Obwohl den Schülern dieser Umstand voll bewußt war, gelang vielen nicht die Umkehrung, wie sie auf den Abbildungen 13.9 und 13.10 dargestellt ist. Eine eigenständige Lösung hätten manche nur unter erheblichem Zeitaufwand gefunden. Deshalb wurde ihnen die richtige Stellung und Arbeitsweise der Ventile an gelungenen Modellen demonstriert.

Realbezug

Günstig ist es, wenn man einen schrottreifen Motor demonstrieren und die für diesen Unterricht relevanten Bauelemente freilegen kann. Die Schüler müssen darauf achten, daß die demontierten Teile übersichtlich beiseitegelegt werden, damit die nachträgliche Montage ohne Schwierigkeiten erfolgen kann. Die Empfindlichkeit der Ventile äußeren Einflüssen gegenüber macht es fast unmöglich, Ventilarbeit offen zu beobachten.

Pfeiffer

14 Fliehkraftkupplung

Sachinformation

Fliehkraftkupplungen sind *selbstschaltende* Reibkupplungen, die Drehmomente *kraftschlüssig* und *stoßfrei* übertragen. Im Stillstand und während des Anlaufens sind Motor (Antrieb) und Arbeitsmaschine (Abtrieb) bis zur Einschaltdrehzahl getrennt. Darin liegt ein entscheidender Vorteil der Fliehkraftkupplungen, denn dadurch ermöglichen sie es dem Motor, nahezu unbelastet anzulaufen, bevor er das Drehmoment auf die zweite Welle (Arbeitsmaschine) überträgt. Es können somit kleinere Motoren eingesetzt werden (Kostensparnis), weil keine extrem hohe *Anlaufleistung* (z. B. bei Dauerkupplungen) erforderlich ist.

Die für die Übertragung der Drehmomente erforderlichen Anpreßkräfte werden durch *Fliehkraft* erzeugt. Diese ist abhängig von der Masse des Fliehkörpers, seiner Geschwindigkeit und der Entfernung des Fliehkörpers vom Drehpunkt. Es gilt folgende Beziehung:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

F = Fliehkraft

m = Masse des Fliehgewichts

v = Umfangsgeschwindigkeit

r = Radius

Die Formel zeigt, daß die Fliehkraft – auch Zentrifugalkraft genannt – im Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit und damit auch im Quadrat der Drehzahl wächst.

Je nach der Art der verwendeten Fliehgewichte werden zwei Bauarten unterschieden, von denen wegen ihres Unterrichtsbezugs nur die Fliehkörperkupplungen näher erklärt werden sollen.

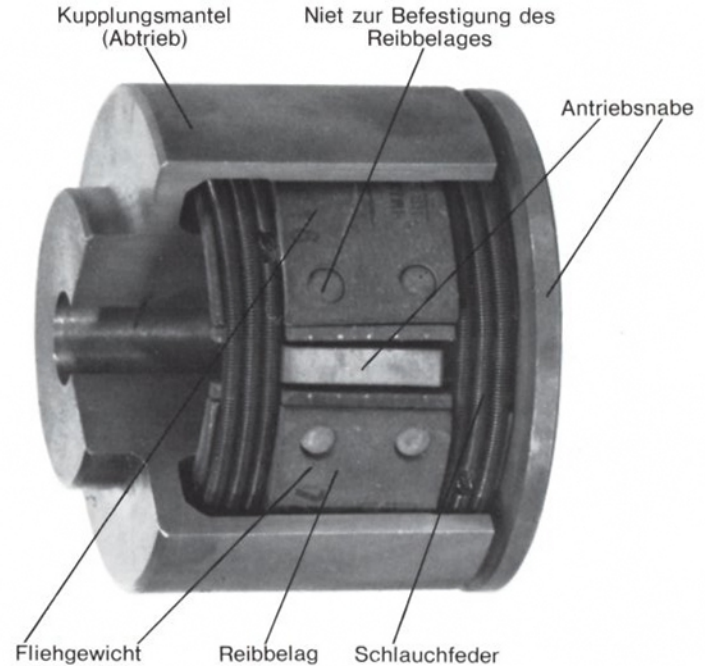


Abb. 14.1: Fliehkraftkupplung mit Schlauchfedern (H. Desch KG)

Fliehkörperkupplungen (vgl. dazu Abb. 14.1 und 14.2): Die schaufelradähnliche Antriebsnabe (1), die beispielsweise auf der Welle eines Elektromotors sitzt, nimmt vier gleich große Fliehgewichte (Backen, 3) mit. Damit die Kupplung sich erst dann automatisch einschaltet, wenn die jeweils gewünschte Einschaltdrehzahl erreicht ist, werden die vier backenförmigen Fliehgewichte (3) durch Schlauchfedern (5) zurückgehalten. Solange sind Antriebsnabe und Abtriebswelle völlig getrennt. Erst in dem Augenblick, in dem die Fliehkraft größer ist als die Federkraft, erfolgt der Kuppelvorgang. Werden statt der sechs Schlauchfedern we-

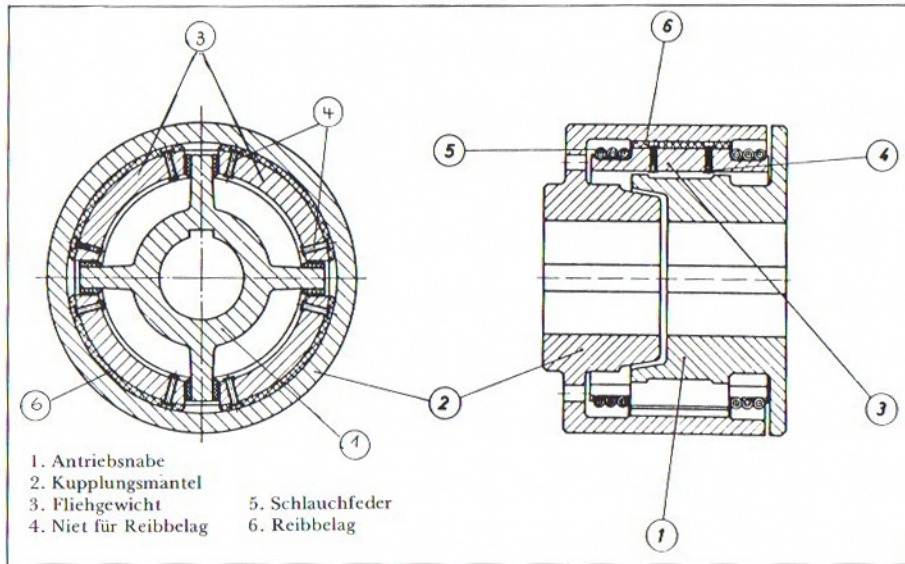


Abb. 14.2:

Quer- und Längsschnitt der Fliehkraftkupplung auf Abb. 14.1

1 = Antriebsnabe / 2 = Kupplungsmantel /
3 = Fliehgewicht / 4 = Niet für Reibbelag /
5 = Schlauchfeder / 6 = Reibbelag

niger eingesetzt, ist die Einschalt Drehzahl geringer. Mit wachsender Drehzahl preßt die Zentrifugalkraft die Fliehgewichte (3) mit ihren Reibbelägen (6) gegen den Kupplungsmantel (2; Abtrieb). Ist die Betriebsdrehzahl erreicht, wird das volle Drehmoment ohne Schlupf (= Rutschen), also ohne Leistungsverlust, kraftschlüssig und stoßfrei übertragen (vgl. auch Abb. 14.5)

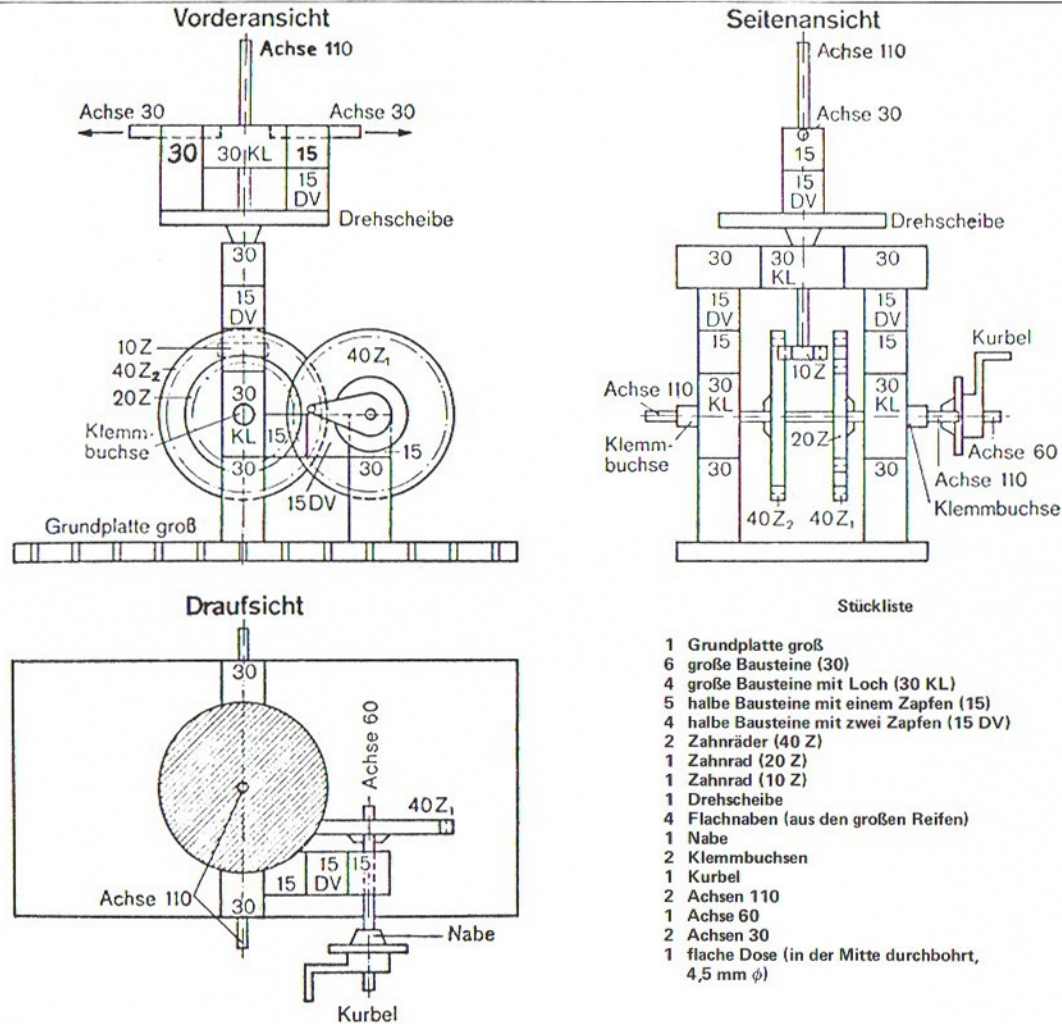
Die Fliehkraftkupplungen weisen viele Vorteile auf, wie z. B. schlupffreie Drehmomentübertragung, optimal niedriges Anfahrmoment, Robustheit, keine Wartung und Pflege,

Funktionsfähigkeit bei beiden Drehrichtungen. Fliehkraftkupplungen haben sich bewährt für:

- Antriebe, die einen *weichen Anlauf* verlangen, wie z. B. Aufzüge, Drahtzugmaschinen, Fräsmaschinen, Porzellan-Drehstühle, Rangierwinden, Spinnmaschinen, Spul- und Wickelmaschinen.
- Antriebe mit *großer Trägheit*, wie z. B. Bandsägen, Blechbiegemaschinen, Knetmaschinen, Kompressoren, Reißwölfe, Sägegatter, Stanzen.
- Antriebe, die *betriebsmäßig zur Blockierung neigen*, wie z. B. Bagger-Schaufelradantriebe, Brikettpressen, Fleischwölfe, Margarinekneter, Rührwerke, Schleusentore, Ziegeleimaschinen.
- Auch in der *Automobilindustrie* werden Fliehkraftkupplungen verwendet (DAF-Variomatic-Getriebe; vgl. Seite 25).

1 Um möglichst große Reibungskräfte zu erhalten und um damit das übertragbare Drehmoment zu erhöhen, werden auf die Fliehgewichte (3) Spezialbeläge genietet (4).

Abb. 14.3: Bauvorlage für das Modell einer Fliehkraftkupplung



- Stückliste**
- 1 Grundplatte groß
 - 6 große Bausteine (30)
 - 4 große Bausteine mit Loch (30 KL)
 - 5 halbe Bausteine mit einem Zapfen (15)
 - 4 halbe Bausteine mit zwei Zapfen (15 DV)
 - 2 Zahnräder (40 Z)
 - 1 Zahnrad (20 Z)
 - 1 Zahnrad (10 Z)
 - 1 Drehscheibe
 - 4 Flachnaben (aus den großen Reifen)
 - 1 Nabe
 - 2 Klemmbuchsen
 - 1 Kurbel
 - 2 Achsen 110
 - 1 Achse 60
 - 2 Achsen 30
 - 1 flache Dose (in der Mitte durchbohrt, 4,5 mm ϕ)

Literatur

1. Bauer, R.; Schneider, G.; Kaltofen, H.: Maschinenteile; Bd. II: Achsen, Wellen, Lager, Kupplungen, 2. verb. Aufl., Leipzig 1960, S. 272–273
2. Unterlagen der Firmen Bauscher GmbH & Co KG und H. Desch KG

Didaktische Gesichtspunkte

Diese Kupplungsart erweckt das Interesse der Schüler in hohem Maße. Das hängt höchst wahrscheinlich zum einen mit der Tatsache zusammen, daß dieses Gerät sich *selbstständig* einschalten kann, und zum anderen reizen die *Fliehkraft* und die mit ihr verbundenen Phänomene.

Der Unterrichtsgang beginnt sofort mit dem Nachbauen einer Zeichnung (Abb. 14.3); erst dann wird an Hand der fertiggestellten Modelle über das Prinzip der Fliehkraftkupplung und über ihre Anwendung gesprochen. Die für den Technik-Unterricht bedeutungsvollste Methode, nämlich problemorientierte Aufgaben zu stellen, wäre bei diesem Thema eine Überforderung. Deshalb wurde hier eine andere Arbeitsform gewählt, die zugleich das *Lesen technischer Zeichnungen* einübt: Das Lesen einer Werkzeichnung und ihre Übersetzung in ein technisches Objekt ist ein Denkkakt von hoher Qualität und ein grundlegendes Können bei der industriellen Fertigungsarbeit. Die Schüler hierfür auszubilden, sollte Aufgabe der Schule sein; die meisten Bundesländer haben dies inzwischen in ihren Richtlinien und Lehrplänen anerkannt. Hinzu kommt, daß das Arbeiten nach Zeichnung und Bauanleitung gerade bei einfallsarmen Schülern sehr beliebt ist, weil sie auf diese Weise eher eine Möglichkeit haben, zu einem Erfolgserlebnis zu kommen.

Lernziele

Die Schüler sollen

- nach technischer Zeichnung (drei Ansichten) eine Fliehkraftkupplung bauen können.

- imstande sein, den Kupplungsvorgang am nachgebauten Modell zu erkennen und zu erklären.
- das Übersetzungsverhältnis ausrechnen können (evtl. nur als Zusatzaufgabe).
- imstande sein, die Einzelteile einer Fliehkraftkupplung (technisches Realobjekt oder Bild davon) zu benennen und ihre Funktionsweise mit eigenen Worten zu erklären.
- folgende Begriffe verstehen und richtig anwenden können: Fliehkraft, Fliehkraftkupplung, Motorwelle, Antriebswelle, Abtriebswelle, Fliehgewicht, Drehzahl.

Aufgabenstellung

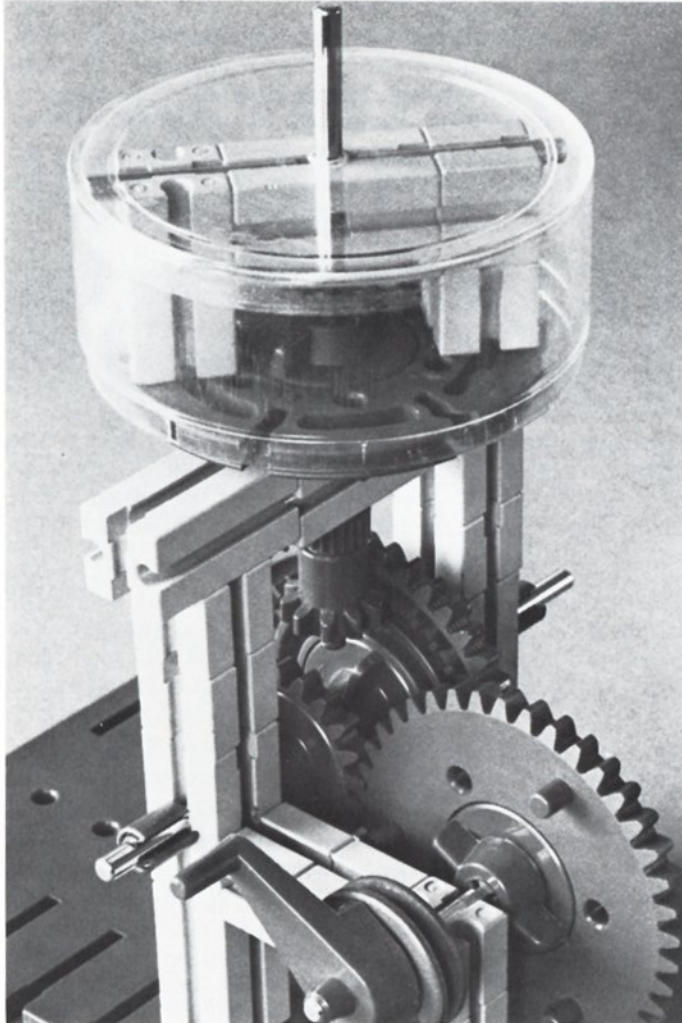
Du erhältst eine Abbildung (Abb. 14.3) mit drei verschiedenen Ansichten ein und derselben Maschine. Baue diese Maschine nach! Nimm zuerst alle in der Stückliste aufgeführten Bauteile aus deinem Kasten. Dadurch hast du eine Kontrolle: Wenn du alle diese Teile verbaut hast und deine Maschine funktioniert, hast du wahrscheinlich richtig nachgebaut.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, Bauvorlage (z. B. Fotokopie der Abb. 14.3), Tabaks- und Cremedosen, Kunststoffdeckel (Durchmesser 7 – 10 cm) mit einer Mittelbohrung von 4,5 mm; für die Herstellung einer Schleifscheibe: Sandpapier (80er Körnung), Alleskleber, Schere und Bleistift.

Die Schüler sollten *vorher* in die Grundlagen des technischen Zeichnens und der Symboldarstellung eingeführt worden sein (vgl. Seite 7). Zum Nachbauen und zum auswertenden Gespräch reicht eine Doppelstunde (90 Min.) aus; das Zurechtfinden in der Zeichnung bereitet den Schülern erfahrungsgemäß keine großen Schwierigkeiten. Um das Nachbauen zu erleichtern, sind die einzelnen Baukastenanteile in den Zeichnungen gekennzeichnet worden; aus Gründen der Übersichtlichkeit ist bei zwei Ansichten auf die Darstellung des Dosendeckels verzichtet worden.

Abb. 14.4: Modell nach Bauvorlage (vgl. Abb. 14.3)



Probleme gibt manchmal die Seitenansicht auf, weil dort zwei Wellen (Achse 110 und 60) und zwei Zahnräder (20 Z und 40 Z₁) übereinanderliegen. In diesen Fällen sollten die Schüler dazu angehalten werden, auch die Vorderansicht und Draufsicht zu studieren.

Schüler, die das Modell der Fliehkraftkupplung nachgebaut haben (Abb. 14.4) setzen eine (vom Lehrer) durchbohrte Dose auf ihr Modell und testen, ob dieses simulierte Arbeitsteil (zweite Kupplungshälfte) von den beiden Fliehgewichten (= Achsen 30) mitgenommen wird. Durchsichtige Kunststoffdosen (Verpackung für Lebensmittel u. a.) sind besonders gut geeignet, weil sich dann das Herausschleudern der Metallstäbe beobachten läßt.

Für schnell arbeitende Schüler empfehlen sich folgende *Zusatzaufgaben*:

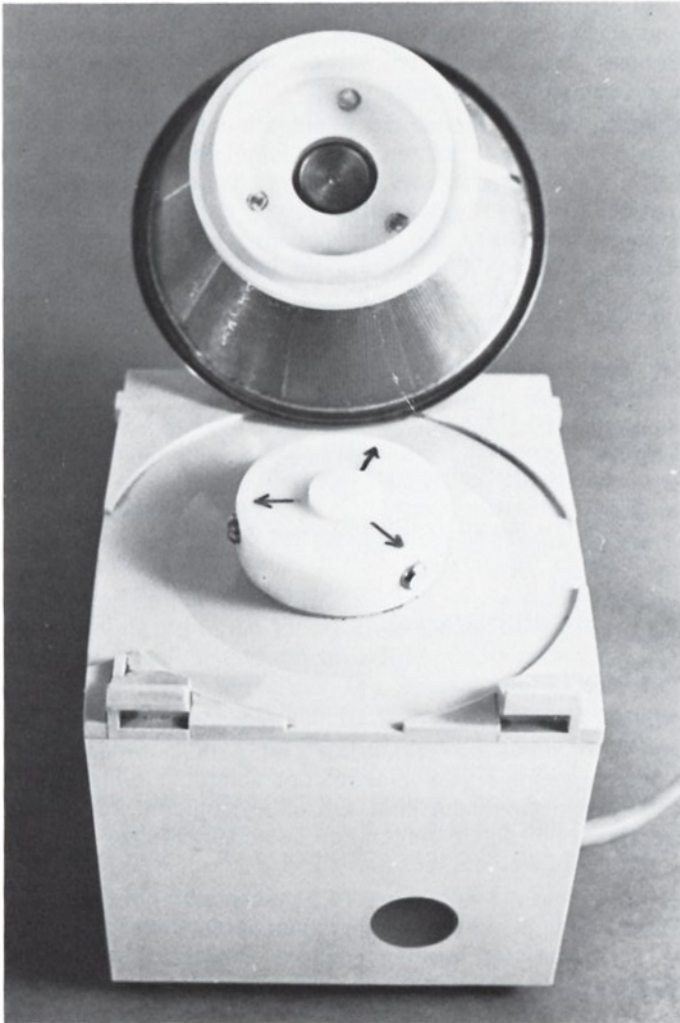
- Die flache Dose wird mit einer Scheibe aus Sandpapier (80er Körnung) beklebt. Mit dieser Schleifscheibe können Bleistifte angespitzt werden.
- Das Übersetzungsverhältnis wird ausgerechnet. (1. Stufe: Großes Zahnrad (40 Z) – kleines Zahnrad (20 Z) = 1 : 2; 2. Stufe: Tellerzahnkranz (32 Zähne, Z₂) – kleines Zahnrad (10 Z) = 1 : 3,2. Insgesamt beträgt das Übersetzungsverhältnis 1 : 6,4).

Realbezug

Eine Übertragung der am Modell gewonnenen Einsichten auf die technische Wirklichkeit ist sehr schwierig, weil Kupplungen meist verschlossen und versteckt in Maschinen und Geräte eingebaut sind. Ein unterrichtlicher Zugang ist eigentlich nur durch Demontage oder Bildvorlagen zu erreichen.

Entsafter wie auf Abbildung 14.5 lassen sich auf Grund der Fliehkraftkupplung sehr leicht demontieren; dabei zeigt sich: In der Mitte des weißen Kastens (Motorblock) ist eine Kunststoffscheibe zu sehen, die fest auf der Motorwelle (Antrieb) sitzt. Beim Drehen des Motors werden die drei

Abb. 14.5: Fliehkraftkupplung eines Entsafters



durch Pfeile gekennzeichneten Metallstifte aus der Kunststoffscheibe herausgeschleudert und durch die Fliehkraft gegen den glatten Innenrand des Schnitzelwerks gepreßt, dessen Unterseite auf Abbildung 14.5 zu sehen ist. Die Metallstifte sind so gesichert, daß sie im Zustand der Demontage nicht herausfallen können. Da das Arbeitsteil (Schnitzelwerk) beim Zusammenbau des Gerätes lediglich auf die Kunststoffscheibe gestülpt zu werden braucht, ist die für die Reinigung solcher Geräte notwendige Demontage denkbar einfach.

Die Fliehkraft ist der zentrale physikalische Begriff in diesem Unterricht. Sie ist möglichst umfassend zu verdeutlichen. Dazu gehört auch die Beschäftigung mit der Benennung dieser Kraft: „Wer flieht?“. Zur Veranschaulichung dienen: Herumschleudern eines halbvollen Wassereimers, Kurven von Autos oder Fahrrädern, Milchzentrifuge, Honigschleuder, Drehascher (Aschenbecher, dessen Boden sich drehend nach unten bewegt), Kettenkarussell, „Teufelsrad“ und „Rotor“, die alle drei vom Jahrmarkt her bekannt sind. Beim „Rotor“ „kleben“ die Menschen auf Grund der Fliehkraft an einer sich schnell drehenden Wand.

Vollmers

15 Querverstrebungen

Sachinformation

Die *Querverstrebung* – auch Diagonale genannt – ist jenes Bauelement, das ein Fachwerk starr macht.

Das *Fachwerk* ist ein flächiges Bauelement – Fachwerkscheibe; im Hausbau: Mauerfläche –, das aus „Stäben“ (Trägern, Stangen, Balken) besteht. Das Fachwerk steht unter Druck- und Zugkräften und es muß Scherspannungen aushalten. Durch den Zusammenbau von Fachwerkscheiben entstehen raumbildende Bauten: Brücken, Gittermasten, Fachwerkhäuser. Dachkonstruktionen (Dachwerke) sind sehr häufig Fachwerkgebilde.

Eine Fachwerkscheibe besteht aus dem oberen und dem unteren Gurt, den dazwischen eingesetzten Pfosten und diagonalen Streben. Diese Streben stabilisieren das Fachwerk: sie verhindern, daß sich das Fachwerk unter seitlichem Druck verschiebt; sie nehmen einen Ausgleich der wirkenden Druck- und Zugkräfte u. a. vor. Faßt man alle Konstruktionen, die Fachwerke enthalten (Brücke, Haus, Mast usw), als Tragwerke zusammen, so läßt sich die technische Funktion der Querverstrebung beschreiben als *Stabilisierung von Tragwerken*.

Eine zweite Funktion der Querverbindung besteht darin, abzustützen und dadurch Türmen, Masten, Pfählen, Zäunen Standfestigkeit und Kippsicherheit zu verleihen.

Die Punkte, in denen Querverstrebungen auf Gurte, Träger, Balken oder andere Bauelemente stoßen, heißen Knoten. In diesen Verbindungsstellen treffen die verschiedenen Kräfte, die auf das Fachwerk einwirken, zusammen. Man nennt sie Knotenlasten. Je gleichmäßiger die Gesamtkräfte auf diese Knotenpunkte verteilt sind, desto besser ist die Tragfähigkeit bzw. Standfestigkeit der betreffenden Konstruktion.

Betrachtet man Fachwerke geometrisch, so zeigt sich, daß man sich die meisten als aus *Dreiecken* zusammengesetzt vorstellen kann. Wo das nicht der Fall ist, so bei mancher Fassade eines Fachwerkhäuses, spielen doch einzelne Dreiecke eine Rolle (oder lassen sich zumindest durch die Parallelverschiebung einer Verstrebung herstellen). Die Funktion der Querstrebe läßt sich geometrisch plausibel machen:

Jede Querstrebe kann als Seite in einem Dreieck aufgefaßt werden. Das Dreieck aber als erstes Gebilde in der Reihe der Vielecke ist das einzige Vieleck, das sich ohne Veränderung seiner Seiten nicht verändern läßt. Es ist stabil. Ein Quadrat z. B. läßt sich bei konstanter Seitenlänge in ein Parallelogramm verwandeln, die höherzahligen Vielecke lassen beliebige Variationen der Form zu – nur das Dreieck ist starr. Wo also Dreiecke eine Konstruktion bestimmen, sind entsprechende statische Eigenschaften zu erwarten.

Ingenieur und Architekt arbeiten mit Kraftvektoren – einem auf geometrischer Basis entwickelten Darstellungsverfahren von Kräften vermittelt Pfeilen, deren Länge und Richtung Größe und Richtung einer Kraft beschreiben. Mehrere Kräfte addieren sich in ihrer Wirkung zu einer Wirkungslinie oder Resultante, die nach dem Prinzip des Parallelogramms der Kräfte ermittelt wird. In der Unterrichtsbeschreibung wird darauf zurückgegriffen, so daß sich hier weitere Ausführungen erübrigen.

Literatur

- (1) rororo-Techniklexikon (Taschenbuchausgabe) Band 21, S. 981, Band 2, S. 252 ff und Band 18, S. 409 f
- (2) Herder, Die Technik – Wissen im Überblick, Freiburg 1969
- (3) fischertechnik-hobby, Band 1–3 und Band 1–5
- (4) Hörner, Horst; Kaufmann, Fritz: Handbuch III, Statische Probleme bei Brücken, Türmen und Masten, Tumlingen und Braunschweig 1975

Didaktische Gesichtspunkte

Die Querverstrebung muß von ihrer Funktion her deutlich gemacht werden: Verbesserung der Kippsicherheit und Verhinderung der Verschiebbarkeit im Fachwerk. Beide Einstiegsmöglichkeiten sind gleichwertig. In diesem Unterrichtsbeispiel wurde die Querverstrebung als Abstützung eingeführt, weil sich einerseits gleich zu Beginn der Unterrichtsarbeit das Dreieck als statisch bestimmtes Minimalfachwerk ergibt und andererseits der einfache Pfahl zu einem Gittermast erweitert werden kann. Am abgestützten Pfahl kann man die Wirkungslinie einer gerichteten Kraft aufzeigen, am Gittermast lassen sich Druck-, Biege-, Knick- und Verdrehungsbeanspruchung demonstrieren. Er ist somit ein ähnlich interessantes Bauwerk wie die Brücke. Gartentore, Fachwerkhäuser, Schaukelgerüste, Achterbahnbauten können das Thema erweitern.

Lernziele

Die Schüler sollen

- die Bedeutung der Querstrebe als Bauelement erklären können (Kippsicherheit und statisch bestimmtes Fachwerk).
- die Querverstrebung in Modellversuchen so verwenden, daß eine hohe Biege- und Knickbeanspruchung erreicht wird.
- imstande sein, folgende Fachbegriffe richtig zu verstehen und anzuwenden: Druck-, Zug-, Torsionsspannungen/Fachwerkobergurt, Fachwerkuntergurt, Pfosten, steigende und fallende Fachwerkstrebe, Knoten/Windverband, Gittermast/Richtung einer Kraft, Wirkung einer Kraft.

Aufgabenstellung 1

Es wird eine Aufgabe fingiert, durch die erkannt werden soll, welches die statischen Bedingungen sind, um einen Eckpfahl, der in zwei Richtungen Zugkräften ausgesetzt ist,

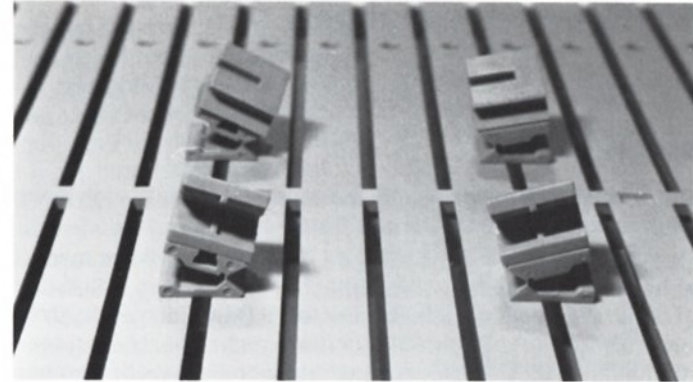


Abb. 15.1: Doppelscharnier

standfest zu machen: Die Großbauplatte soll mittels vier Pfählen und einer Schnur „umzäunt“ werden. Zu diesem Zweck wird auf jede Ecke ein Doppelscharnier gesetzt, und zwar so, daß sich die unteren Scharniere jeweils zur Längsseite hin öffnen, die darüber gesetzten zur Schmalseite hin (Abb. 15.1). Darauf sollen Winkelträger gesteckt werden, die alle mit einem Band zu verbinden sind.

Unterrichtsdurchführung 1

Arbeitsmittel

Je Schüler ein Lernbaukasten u-t s
Je zwei Schüler eine Großbauplatte
Federwaagen (100 p)
Bindfaden

Das richtige Aufstecken der Scharniere (Abb. 15.1) ist nicht immer problemlos und sollte vom Lehrer kontrolliert werden, damit alle Schüler die gleichen Ausgangsbedingungen haben. Der aufgesteckte Winkelträger kann nun zur Längsseite hin umkippen, zur Schmalseite hin und auch diagonal zur Mitte der Platte hin. Alle drei Richtungen sind für das sich

anschließende Unterrichtsgespräch von Bedeutung. Selbstverständlich ist es unmöglich, den Zaun der obigen Aufgabenstellung entsprechend zum Stehen zu bringen. Das aber ist die Absicht. Beim Hantieren mit den vier Eckpfosten sollen den Schülern die drei Kipprichtungen bewußt werden und sich einprägen.

Der Lehrer fragt nun: *Wie kann man die Standfestigkeit der Zaunpfähle erreichen?*

Die Schüler nennen sofort die Abstützung zur Längs- und zur Schmalseite hin.

Anschlußfrage des Lehrers: *Würde man auch mit einer Stütze auskommen?* Voreilige Schüler schlugen vor, eine Stütze wieder zu entfernen und merkten sofort, daß die Standfestigkeit verloren ging. Diejenigen, die aufmerksam die Kipprichtung diagonal zur Mitte hin beobachtet hatten, erahnten zwar die Lösung auf diesem Wege, waren aber unsicher:

Zur Mitte hin geht es ja nicht, da würde der Pfahl immer noch seitwärts umkippen. Das meine ich auch, weil ja die Kräfte nach hier und hier (also zu den beiden Seiten hin) wirken.

Der Boden für die Erkenntnisgewinnung bezüglich des Kräfteplans ist vorbereitet. Die Abbildung 15.2 wird an der Tafel entwickelt, ohne die Resultierende. Die Schüler werden nun aufgefordert zu erklären, was mit dem Pfahl geschieht, wenn er nicht genug Standfestigkeit hat. Die Antwort – er fällt um und beschreibt dabei einen ungefähr rechten Winkel – fällt den meisten Schülern nicht schwer.

Zu weiterer Klärung wird ein Freihandversuch vorbereitet (Abb. 15.3): An einen Kasten oder ein ähnliches Objekt (möglichst nicht größer als eine Streichholzschachtel) werden zwei Endchen Schnur befestigt, an dem das Objekt über eine Tischplatte gezogen werden soll. Das soll in der Weise geschehen, daß die Schnüre um etwa 45 Grad auseinander gespreizt sind. Lehrer vor Beginn des Versuchs:

Wenn man an den Schnüren zieht, bewegt sich der Kasten. Welche Richtung schlägt er ein – schräg nach links oder nach rechts?

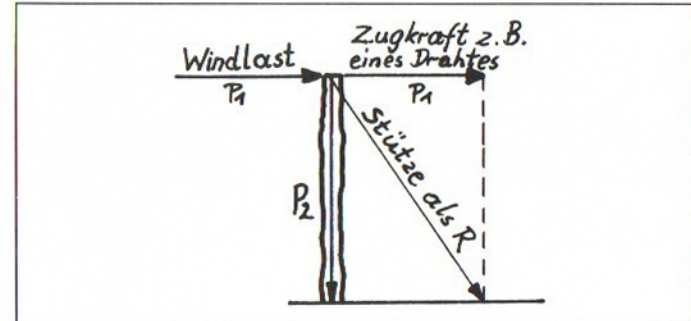


Abb. 15.2: Die Stütze in ihrer Funktion als Resultierende

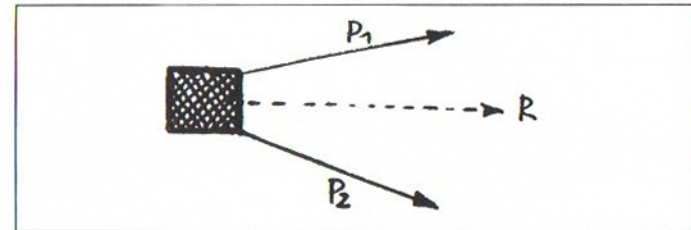


Abb. 15.3: Gleichlange Bänder ziehen mit gleicher Kraft (P_1 und P_2) einen Baustein über den Tisch, dessen Weg auf der Resultierenden verläuft

Die meisten Schüler verneinen beide Möglichkeiten und behaupten, daß sich der Stein geradeaus bewegt, d. h. auf der Mittellinie des durch die Bänder gebildeten Winkels entlangrutscht. Diese Behauptung wird sofort durch die Ausführung des kleinen Versuchs bestätigt. Der Lehrer nennt den Begriff *Wirkungslinie* und schreibt ihn an die Tafel. Es folgt die Information, daß sich verschieden gerichtete Kräfte auf einer Linie treffen, die man auch die *Resultierende* (Hinweis auf das Wort Resultat im Mathematik-Unterricht!) nennt. Anhand eines zweiten Versuchs merken die Schüler dann auch, daß sich die Wirkungslinie verschiebt, wenn die

Größe der Kräfte verändert wird. Sie verlagert sich zur größeren Kraft hin. Der Lehrer sagt den Schülern hierzu, daß man die Kraftpfeile ähnlich wie im Raumlehreunterricht maßstabsgerecht zur gemessenen Kraft aufzeichnet. Die Abbildung 15.4 erscheint an der Tafel mit der Aufforderung, die Resultierende zu ermitteln. Die Schüler können nur schätzen, so daß der Lehrer die Lösung mit Hilfe des Parallelprogramms erklärt. Jetzt ist der Zeitpunkt gekommen, wieder über den Zaunpfahl zu sprechen.

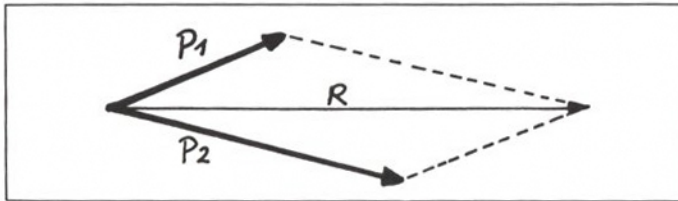
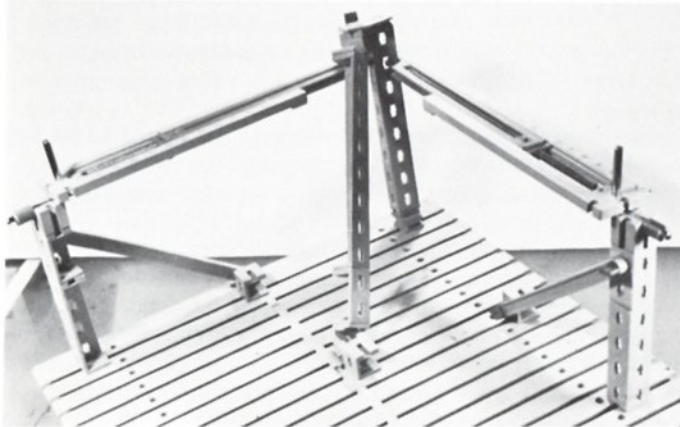


Abb. 15.4: Resultierende verschieden starker Kräfte P_1 und P_2

Abb. 15.5: Diagonale Abstützung des Eckpfostens



Lehrer: *Wir greifen noch einmal zurück auf die Frage, ob auch eine Abstützung genügen würde. Wo wäre diese anzubringen?* Die Aufmerksamkeit der Schüler wird auf ein Anschauungsmodell (Abb. 15.5) des Lehrers gelenkt (Draufsicht). Zwei Zugkräfte wirken rechtwinklig zueinander auf den Pfahl ein. Die Schüler kommen darauf, daß auch aus der Vogelperspektive heraus ein Kräfteplan gezeichnet werden kann, in dem die Resultierende diagonal in die Bauplatte hineinzeigt. Gemäß dieser Resultierenden muß die Abstützung angebracht werden. Da alle möglichen Kräftepläne für den Zaunpfahl als Flächen einen Raum umschließen, kann den Schülern gesagt werden, daß sich Kräftepläne auch für mehrere Kräfte aufstellen lassen, die nicht alle in einer Ebene liegen. Neben den Wirkungslinien in der Fläche gibt es auch Wirkungslinien im Raum.

Aufgabenstellung 2

Der Zaun soll mit einem Tor versehen werden. Die Scharnierseite soll aus einem Flachträger bestehen, für die übrigen Teile sind Streben zu benutzen.

Unterrichtsdurchführung 2

Die Konstruktion der Türangeln ist nicht ganz einfach, so daß der Lehrer Hilfestellung geben sollte (Abb. 15.6). Recht schnell stellte sich heraus, welcher Schüler die vorausgegangene Phase verstanden hatte und die gewonnenen Erkenntnisse umzusetzen in der Lage war. Der Lehrer weist auf Fehlkonstruktionen hin, indem er kurz mit dem Finger die entsprechenden Tore belastet. Die ursprünglichen Modelle der Abbildung 15.7 wurden zwar von den Schülern sofort verändert, zusätzliche Streben brachten jedoch nichts ein (linkes Tor), dicht nebeneinander aufgeschraubte Flachträger machten das Tor (rechts) zu schwer. Der Schüler war selbst unzufrieden, vor allem über den Materialverbrauch.

Gelungene Tore mit ein- oder zweifacher Diagonalverstrebung dienten der Besprechung (Abb. 15.6). Die Schüler mit falschen Torkonstruktionen erkannten ihren Fehler und

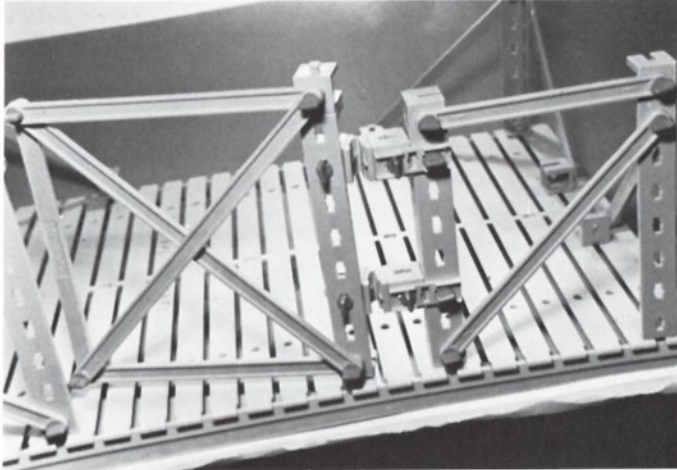
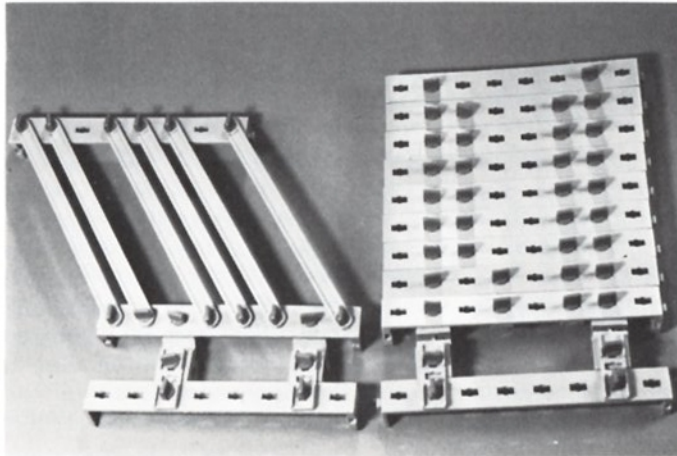


Abb. 15.6: Gelungene Konstruktion des Tores

Abb. 15.7: Zwei Fehlkonstruktionen des Tores



merkten, daß man die Erkenntnisse über die Wirkungslinie beim Zaunpfahl auch hier anwenden kann. Eine Tafelskizze mit der Druckkraft im äußeren Pfosten und den überwiegenden Zugkräften im oberen und unteren Gurt hilft bei der Aufindung der Resultierenden. Beim Vergleich mit dem Zaunpfahl fällt auch noch ein anderer Aspekt auf. Ein Strebenkreuz im Tor ist gar nicht notwendig, eine Diagonale genügt, die das Tor in zwei Dreiecke aufteilt. Das Dreieck hat also eine besondere Bedeutung. Den Schülern wird bewußt, daß das Dreieck die kleinste, in sich stabile Figur (in der Fläche) ist, wenn man mit geraden Teilen baut. Keine Seite dieses Dreiecks ist beweglich, alle sind starr, es ist somit das Grundelement des Fachwerkes. Ein Merksatz bildet die Zusammenfassung:

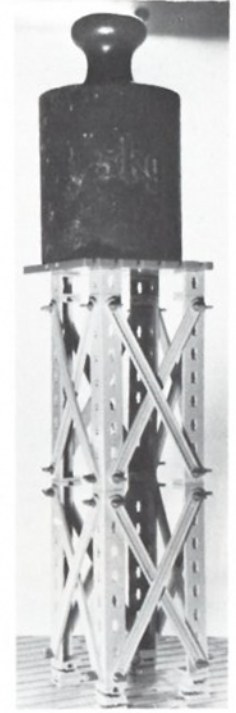
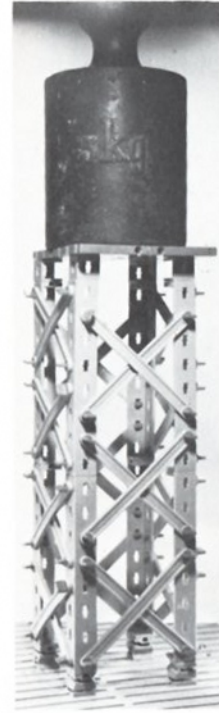
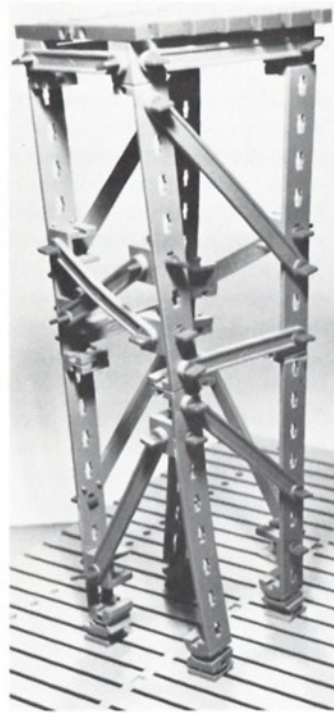
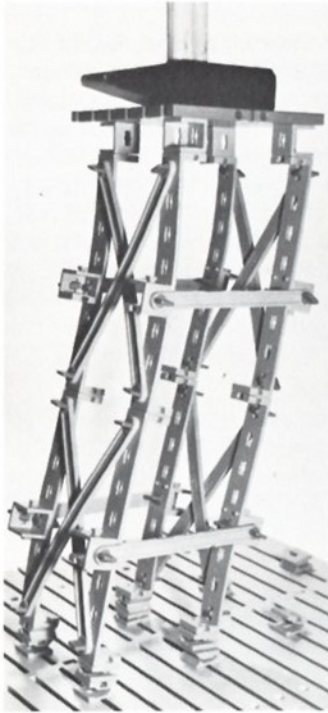
Das Dreieck ist in sich stabil, so daß es Druck- und Zugspannungen (Zaunpfahl, Gartentor) aufnehmen und ableiten kann. Es ist das kleinste verschiebungsfeste Fachwerk; man sagt, es ist statisch bestimmt. Am stärksten sind die Knotenpunkte belastet, so daß man von Knotenlast spricht.

Aufgabenstellung 3

Baut einen Aussichtsturm. Er steht wieder auf den Doppelscharnieren. Damit die kleine Grundplatte als Plattform daraufgesetzt werden kann, müssen die Scharniere 5 cm voneinander entfernt sein. Benutzt für die Pfosten Flachträger und versucht, dem Turm mit Streben soviel Stabilität wie möglich zu geben, damit er belastet werden kann.

Unterrichtsdurchführung 3

Es geht um die Beanspruchung auf Biegung und Knickung sowie um Torsionsspannungen. Deshalb müssen die Bauelemente so labil wie möglich sein. Es kam zu seltsamen Denkkombinationen. Zwei Seiten des Modells auf der Abbildung 15.8 sind einwandfrei stabil geworden durch gekreuzte Streben. Die beiden anderen Seiten wurden nur mit rechtwinklig eingesetzten Streben versehen. Die Demonstration



Von links nach rechts:

Abb. 15.8: Zwei Seiten des Turmes sind statisch instabil

Abb. 15.9: Turm unter Torsionsspannungen

Abb. 15.10: Stabiler Turm, Verstrebung zu dicht

Abb. 15.11: Stabiler Turm, oberstes Feld nicht stabilisiert

132 Abb. 15.12: Einwandfreie Konstruktion

mit einer Belastung von nur ungefähr 300 g zeigt die Verschiebbarkeit dieser Seiten, sehr deutlich aber auch die Biegung und bei höherer Belastung die Gefahr einer Knickung. Abbildung 15.9 weist ein Durcheinander von Bauweisen auf ohne erkennbares System. Da der Schüler jedoch sehr nachlässig bei der Auswahl der Strebenlänge verfuhr, entstand im Turm eine Drehung, die somit den anderen deutlich vor Augen geführt werden konnte und der Begriff der Torsionsspannung keine Schwierigkeiten bereitete. Aus den Fehlern ergaben sich folgende Bedingungen an den Neubau des Turmes:

Nur das Dreieck verleiht Standfestigkeit
Nur das Dreieck verhindert Biegung und Knickung
Gleichmäßige Felder in der Konstruktion sorgen für gleichmäßige Belastbarkeit.

Der zweite Merksatz wird in die Arbeitsmappe übernommen:
Ein aus Dreiecken gebildetes Fachwerk ist geeignet, einer Beanspruchung auf Biegung und Knickung standzuhalten und Torsionsspannungen auszugleichen bzw. abzuleiten.

Der Turm wird noch einmal gebaut. Statt der Flachträger werden die stabileren Winkelträger benutzt. Er soll einer Belastung von 5 kp standhalten.

Abbildung 15.10 sehr stabil; Verstrebung muß nicht so dicht sein.

Abbildung 15.11 stabil genug; immer noch ungleiche Felder; oberer Teil statisch nicht sicher genug.

Abbildung 15.12 einwandfreie Konstruktion.

Auf die Knotenplatten wurde bewußt verzichtet, um die Schüler nicht schon dadurch zu einer gleichmäßigen Einteilung der Felder zu zwingen, weil dies das Resultat ihrer eigenen Überlegungen sein sollte. Die Besprechung der fertigen Modelle wird durch einige wichtige Bezeichnungen ergänzt:

Die Bauweise der Modelle 15.10 bis 15.12 nennt man Gittermast. Eine solche Fachwerkseite, waagrecht liegend, z. B. über älteren Brücken, nennt man Windverband, weil er die seitlich einwirkenden Windlasten abzuleiten hat.

Dritter Merksatz:

Grundsätzlich besteht ein Fachwerkträger aus dem Ober- und Untergurt, den dazwischen eingesetzten Pfosten und den steigenden oder fallenden Streben.

Dazu gehört eine Skizze, die dem Merksatz gemäß beschriftet wird.

Aufgabenstellung 4

Erkundet in eurer Umgebung, wo überall Fachwerk und speziell das statisch bestimmte Dreieck verwendet worden sind, um Bauwerke stabil zu machen.

Unterrichtsdurchführung 4

Das Ergebnis der Erkundung war erfreulich ertragreich; als Objekte mit Fachwerkskonstruktion wurden erkannt:

Fachwerkhäuser, Brücken, Kräne, Leitungsmasten (Überlandleitung), Sendemast, Jägerhochsitze, Baugerüste, Feuerwehrlaternen, alte Stalltüren und Gartenpforten, Möbel, Dachstühle.

Eintragungen in die Arbeitsmappe schlossen das Thema ab (Schema einer Fachwerkbrückenkonstruktion; Fachbegriffe in einer Liste zusammengefaßt; Zusammenstellung der Beispiele aus der heimatlichen Umwelt).

Pfeiffer

Hinweise zur Unterrichtsorganisation

Baukästen von einem Kollegen *verwalten* lassen.

Jeden Baukasten und die dazugehörige große, rote Grundplatte *fortlaufend numerieren* (Klebeetikett, Filzstift oder auflösende Tusche); dies hat folgende Vorteile:

- Der Schüler erhält stets denselben Kasten und fühlt sich für dessen Vollständigkeit stärker verantwortlich.
- Wenn Baukasten-Modelle ausgestellt werden sollen oder nicht im Unterricht fertiggemacht werden konnten, lassen sich später das Modell (mit numerierter Grundplatte) und (unvollständiger) Baukasten leicht einander zuordnen.
- Die Zahlen auf dem Baukasten ermöglichen den Einsatz eines Kontrollbogens (siehe unten).

Wenn die Schüler keine *Erfahrungen* mit dem Baukastenmaterial haben, sollten ein bis zwei Doppelstunden für das Kennenlernen der Bauelemente und ihrer Verbindungsmöglichkeiten eingeplant werden (z. B. Freies Bauen).

Für das *Einräumen* die ersten drei Male etwa 20 Minuten, später zehn Minuten berücksichtigen.

Sollten Bauelemente verlorengehen, lassen sie sich *einzel*n nachkaufen (z. B.: Fischer-Werke, 7244 Tumlingen/Waldachtal 3).

Zusatzmaterialien zur Ergänzung der Baukastenelemente bereithalten; Gummiringe (Verpackungsmaterial), dünner Bindfaden, Schere, Klebeband, Aktendeckelkarton.

Muster eines Kontrollbogens (DIN A 4), der jedem Baukasten beigelegt werden sollte.

Baukasten Nr.

Datum	Name	Klasse	vollständig/es fehlt:	geprüft

Kontrolle des Lernerfolgs

Die nachfolgenden Aufgaben sind in erster Linie als Möglichkeit gedacht, die Lernleistungen der Schüler zu überprüfen. Diese Verwendung ist jedoch nicht zwingend. Es sind auch andere Einsatzsituationen und Absichten denkbar.

- Die Aufgaben können gemeinschaftlich im Frontal- oder Gruppenunterricht gelöst werden. Dann vertiefen und festigen sie das behandelte Beispiel.
- Mit der gleichen Zielsetzung können die Schüler die Aufgaben im Hause bearbeiten.
- In Prüfungssituationen gegeben, erhält der Lehrer Auskunft über die Effektivität des Unterrichts und der Schüler über seine Leistung.
- Zu Prüfungsarbeiten zusammengestellt, geben die Aufgaben dem Lehrer zusätzliche Hilfen für die Zensurenfindung. Denn es ist problematisch, Zeugnisnoten nur aus den Konstruktionsleistungen herzuleiten, da die Modelle den *positiven* Lerneffekt von Fehllösungen und die Ergebnisse des auswertenden und weiterführenden Unterrichts nicht anzeigen.

Die Fragen und Aufträge sind zumeist so abgefaßt, daß die erworbenen Kenntnisse und Einsichten *nicht nur abgefragt* werden, sondern unter neuem Blickwinkel angewandt werden müssen. Sie fragen somit nach Selbstständigkeit im Denken und nach einem weiterwachsenden Verständnis der im Unterricht durchdachten und im praktischen Tun bewältigten technischen Sachverhalte.

1 Grundlagen des Technischen Zeichnens

1. Zeichne eine Streichholzschachtel in der Dreitafelprojektion.
2. Zeichne folgende technische Symbole in zwei Ansichten: Kegelzahnrad, Riemenscheibe, zwei ineinandergreifende Stirnräder.

3. Zeichne die Vorder- und Draufsicht des vor dir stehenden Modells (Abb. 1.4).

2 Stufenrädigertriebe

1. Bei dem Getriebe (Abb. 2.K 1) sollen sich An- und Abtriebswelle gleichsinnig drehen. Zeichne die erforderlichen Bauteile ein!

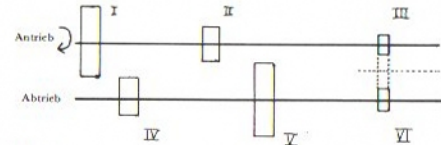


Abb. 2.K 1

Lösung: gestrichelt eingezeichnet

2. Welche Räder des gezeichneten Getriebes müssen bei einer Übersetzung ins Schnelle ineinandergreifen?
Antwort: Rad I und IV
3. Beschreibe, wie bei Wechselrädigertrieben unterschiedliche Übersetzungen erreicht werden.
Antwort: siehe „Realbezug“ (Seite 17)

3 Stufenlos verstellbares Getriebe

1. Zeichne das Zugmittel in der Stellung des größten Übersetzungsverhältnisses also mit der schnellsten Abtriebsdrehzahl ein!

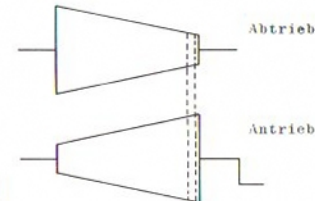


Abb. 3.K 1

Lösung: Die richtige Lösung ist gestrichelt eingezeichnet.

2. Berechne den Stellbereich in diesem Getriebe!
(Abb. 3.K 2)

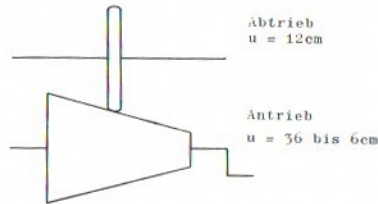


Abb. 3.K 2

Lösung: Die Verstellmöglichkeiten reichen von 1 : 3 bis 2 : 1.

3. Beschreibe das Bewegungsverhalten des Abtriebrades, wenn es langsam über den Mittelpunkt des Antriebstellers bis zur anderen Seite geschoben wird! (Abb. 3.K 3)

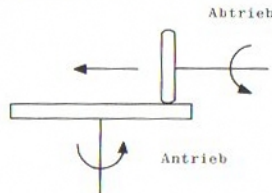


Abb. 3.K 3

Lösung: Seine Drehzahl verringert sich allmählich bis zum Stillstand (im Mittelpunkt des Antriebstellers). Mit umgekehrter Drehrichtung steigt die Drehzahl dann wieder an.

4. Vergleiche die Bauweise des DAF-Getriebes mit den in unserem Unterricht entstandenen Zugmittelgetrieben!

Antwort:
DAF-Getriebe

Schülerkonstruktionen

Zugmittel zwischen zwei Kegelradpaaren
Kegelräder verstellbar
flache Kegel

großer Stellbereich

Zugmittel über zwei Kegelräder
Zugmittel verstellbar
verhältnismäßig spitze Kegel
verhältnismäßig kleiner Stellbereich

4 Schrittgetriebe

1. Beschrifte das Malteserkreuzgetriebe (Abb. 4.K 1). Kennzeichne die Drehrichtung durch Pfeile.

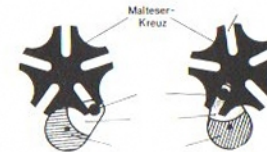


Abb. 4.K 1

Lösung: Siehe Seite 27, Abb. 4.1.

2. Beschreibe, wie bei Filmprojektoren der Film transportiert wird.

Antwort: Siehe „Realbezug“ (Seite 33).

3. Erkläre die Funktionsweise deines Schrittgetriebe-Modells unter Zuhilfenahme einer von dir angefertigten technischen Zeichnung.

5 Scheibenwischer

1. Welche Zeichnung stellt eine Kurbelschwinge dar (Abb. 5.K 1)? Miß nach!

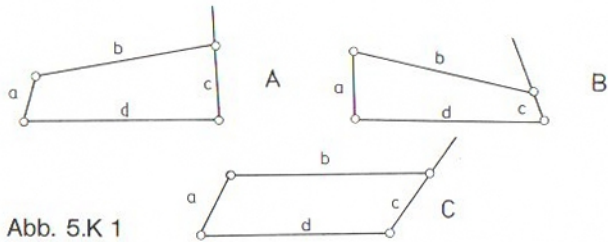


Abb. 5.K 1

Antwort: Zeichnung A

2. Zeichne in beide Getriebe (Abb. 5.K 2) das Verbindungs-glied zwischen den beiden Wischern ein,
 a – daß sich die Wischer parallel,
 b – daß sich die Wischer entgegengesetzt bewegen.

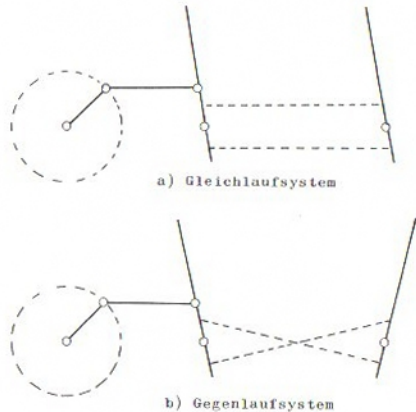


Abb. 5.K 2

Lösung: gestrichelt eingezeichnet

3. Vergleiche die Anwendung der Kurbelschwinge im Scheibenwischer und im Fußantrieb einer Nähmaschine.
 Antwort: Siehe Angaben Seite 43.

6 Aufwickelmaschine

1. Die Abbildung (Abb. 6.K 1) zeigt drei Spulen im Quer-schnitt. Auf welcher Spule liegen die Fäden richtig?

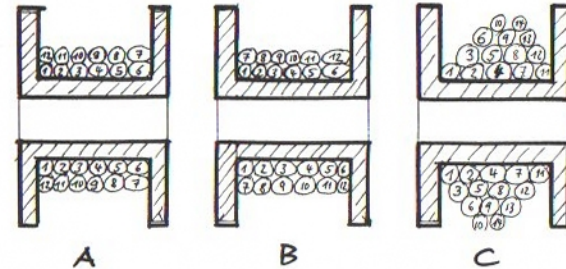


Abb. 6.K 1

Antwort: Spule A

7 Windräder

1. Die Zeichnung (Abb. 7.K 1) zeigt den Querschnitt eines Windradflügels. Die waagerechten Pfeile zeigen die Windrichtung an. Wie bewegt sich der Windradflügel:
 nach oben (a),
 nach unten (b),
 gar nicht (c).

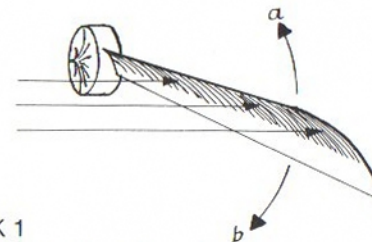


Abb. 7.K 1

Lösung: Er dreht sich nach oben.

2. In welche Richtung müßte sich der Flügel drehen, wenn er – zu einem Ventilator gehörend – einen Luftstrom von rechts nach links erzeugen sollte:
nach oben wegdrehen (a),
nach unten wegdrehen (b),
mit diesem Flügel nicht möglich.
Lösung: Der Flügel muß sich nach unten wegdrehen.

3. Erkläre den Unterschied zwischen der Bockwindmühle und einer Windmühle mit drehbarer Haube.
Antwort:
Bei der Bockwindmühle wird die gesamte Mühle auf die Windrichtung eingestellt. Bei Windmühlen mit drehbarer Haube wird nur der obere Teil mit der Windradachse der Windrichtung angepaßt.

4. Wofür braucht man bei Windrädern eine Überlastungssicherung?
Antwort:
Bei zu hohen Windstärken schützt die Überlastungssicherung das Windrad vor Zerstörung, weil es sich zu schnell drehen müßte. Die Flügel werden dann so eingestellt, daß sich das Windrad nicht mehr drehen kann.

5. Die Zeichnung (Abb. 7.K 2) zeigt ein Schaufelrad mit zwei Schaufeln. Die waagerechten Pfeile bezeichnen die Windrichtung. Wie bewegt sich das Schaufelrad:
rechts herum (a),
links herum (b),
es kann sich nicht drehen.

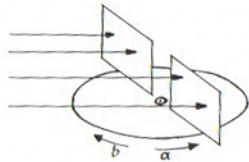


Abb. 7.K 2

Lösung: Es kann sich nicht drehen.

6. Begründe deine Antwort und mache, wenn nötig, Änderungsvorschläge.
Antwort:
Das Schaufelrad kann sich nicht drehen, da der Winddruck an beiden Seiten wirkt. Die Schaufeln der Gegenseite müßten sich umlegen, sobald sie sich in entgegengesetzter Richtung bewegen. Das kann mit nur einseitig arbeitenden Scharnieren geschehen. Andererseits kann man Leitschaukeln anbringen, die den Wind auf nur eine Seite des Schaufelrades lenken.

8 Speziallenkungen

Aufgabe 1

Wodurch wird bei einem Einkaufswagen im Selbstbedienungsladen eine Änderung der Fahrtrichtung bewirkt, wenn der Wagen geschoben wird?

Antwort:

- a) Herumschwenken des hinteren Teiles zur entgegengesetzten Seite.
b) Festhalten der einen Wagenseite und Weiterschieben der anderen.

Aufgabe 2

Die Skizze (Abb. 8.K 1) stellt einen Stab dar, an dem vorne ein Rad befestigt ist, das sich mit Hilfe des Drehgelenkes (D) um 360° schwenken läßt. An welche Seite des Stabes schwenkt das Rad, wenn man den Stab nach rechts bewegt?

- a) An die rechte Seite
b) an die linke Seite

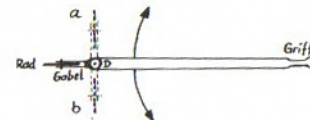


Abb. 8.K 1

Antwort: An die linke Seite

Aufgabe 3

Begründe deine Antwort!

Antwort:

Wenn der Stab nach rechts bewegt wird, bleibt das Rad erst noch einen Moment stehen und gerät somit zwangsläufig an die linke Seite des Stabes.

Aufgabe 4

Wann fährt das Rad der obigen Skizze garantiert geradeaus ?

- Wenn man das Rad zieht.
- Wenn man das Rad schiebt.

Antwort: Wenn man das Rad zieht.

Aufgabe 5

Begründe deine Antwort!

Antwort:

Wird das Rad gedrückt, kann es durch seinen Reibungswiderstand und kleinste Richtungsveränderungen des Stabes aus der Spur ausbrechen und nach hinten umschlagen. Dann allerdings fährt es garantiert geradeaus, weil es von der Stabspitze gezogen wird. Eine gezogene Deichsel oder Radgabel folgt immer der Zugrichtung.

Aufgabe 6

Warum sind bei bestimmten Fahrzeugen Kupplungen bzw. Differential- oder Ausgleichgetriebe für die Lenkung erforderlich?

Antwort:

Die Lenkung erfolgt dadurch, daß eine Seite des Fahrwerkes abgebremst oder zum Stillstand gebracht werden muß, während die andere weiterfährt.

9 Das Türschloß

- Zu welchen Schloßtypen gehören die abgebildeten (Abb. 9.K 1) Schlüssel?

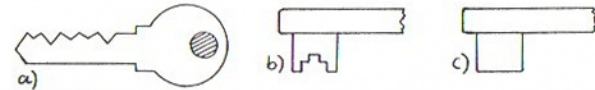


Abb. 9.K 1

Antwort:

Zylinderschloß (a), Mehrzuhlhaltungsschloß (Chubb-schloß) (b), Buntbarschloß (c)

- Ordne die abgebildeten Schlüssel (Abb. 9.K 2) entsprechend dem Sicherheitsgrad von der geringsten zur höchsten Sicherheit.

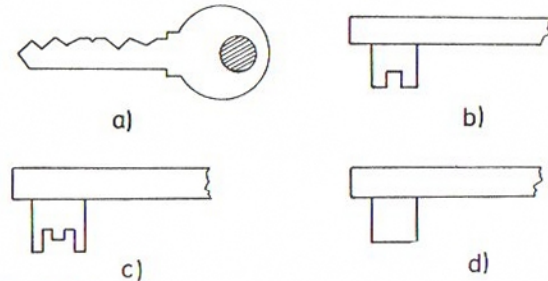


Abb. 9.K 2

Antwort: d, b, c, a

- Was muß in dem zugehörigen Mehrzuhlhaltungsschloß verändert werden, wenn es vom Schlüssel a auf den Schlüssel b (Abb. 9.K 3) umgestellt werden soll?



Abb. 9.K 3

Antwort:

Die untere (am Riegel liegende) und die mittlere Zuhlhaltung müssen ausgetauscht werden.

- Zeichne zu diesem Schlüssel (Abb. 9.K 4) die Sperrstifte!

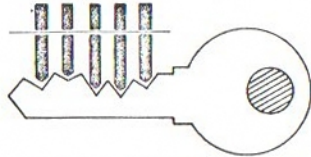


Abb. 9.K 4

Lösung: Die Sperrstifte sind eingezeichnet

10 Signal und Schranke

Aufgabe 1

Die Regelung des Schienenverkehrs ist mit Sicherheitseinrichtungen versehen, die einen unbedachten Eingriff eines Menschen verhindern sollen. Auch die Geräte und Maschinen deines Werkraumes sind geschützt vor unüberlegter Benutzung. Sieh dir die Sicherheitsvorkehrungen genau an und schreibe sie auf.

Antwort:

Z. B. der Steckbolzen der Hebelblechschere, die Schutzschiene der Papierschneidemaschine, die Abdeckung des Sägeblattes an der Kreissäge, der Funken- und Splitterenschutz an der Schleifmaschine usw.

Aufgabe 2

Die in der Antwort von Aufgabe 1 aufgezählten Sicherheitsvorkehrungen können recht einfach beseitigt werden und verlieren damit ihre Schutzfunktion. Kennst du Schutzvorrichtungen an Maschinen und Geräten, die unbedingt zuverlässig arbeiten müssen wie bei der Eisenbahn, um große Gefahren abzuwenden?

Antwort:

Z. B. Lichtschranken bei Pressen und Webstühlen, Rücklauf der Aufzugtüren bei Hindernissen, Schutzschalter im Dekkelrand elektrischer Kaffeemühlen usw.

Aufgabe 3

Was ist erforderlich, damit ein Seil in verschiedene Richtungen umgelenkt werden kann?

Antwort: Rollen

Aufgabe 4

In der Skizze (Abb. 10.K 1) siehst du ein Seil, das zu einem Vorsignal führt und an den Stellen 1, 2, 7 und 8 horizontal umgelenkt, an den Stellen 3, 4, 5, 6 und 9 vertikal umgelenkt werden muß.

Zeichne kleine Ellipsen an den Stellen, an denen waagrecht liegende Rollen eingesetzt werden müssen, und kleine Kreise dorthin, wo senkrecht stehende Rollen hingehören.

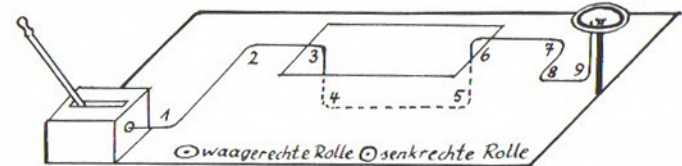


Abb. 10.K 1

Aufgabe 5

In welcher Reihenfolge werden vom Stellwerk aus folgende Einrichtungen bedient: Vorsignal, Weiche, Hauptsignal, Schranke.

Begründe anschließend deine Reihenfolge.

Antwort:

Weiche – Schranke – Vor- und Hauptsignal gleichzeitig.

Die Weiche kann schon eine längere Zeit vor Anknft des Zuges gestellt werden. Die Schranke wird in der von der Signalordnung vorgeschriebenen Zeit vor Anknft des Zuges geschlossen. Erst dann dürfen die Signale auf Fahrt gestellt werden. Aufgrund der Bremswege müssen die Signale gleichzeitig umgestellt werden.

11 Kugelsortieranlage

1. Die von dir gebaute Kugelsortieranlage trennte die Kugeln nach ihrem Gewicht. Welche Maschinen und Geräte kennst du, die auf ein bestimmtes Gewicht reagieren?

Antwort:

Münzprüfer, Eiersortiermaschinen, Abfüllwaagen; Türen von z. B. Supermärkten öffnen sich beim Betreten einer Platte; Fahrstühle und Kräne besitzen einen Überlastungsschutz.

2. Die Abbildung (11.K 1) zeigt eine Kugelsortieranlage mit einer Fallklappe in der Laufrinne. Trage ein, in welchen Behälter die Holzkugeln und in welchen die Stahlkugeln fallen.

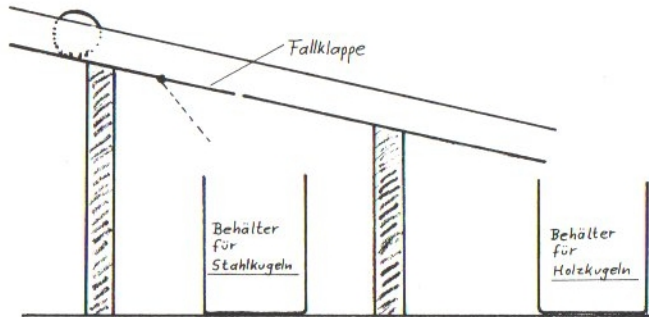


Abb. 11.K 1

Antwort: Die Lösung ist bereits eingetragen.

3. Die nebenstehende Abbildung (11.K 2) zeigt das Schema eines Münzprüfers. Zeichne von jeder der fünf angegebenen Münzsorten jeweils vier in die Zeichnung ein.

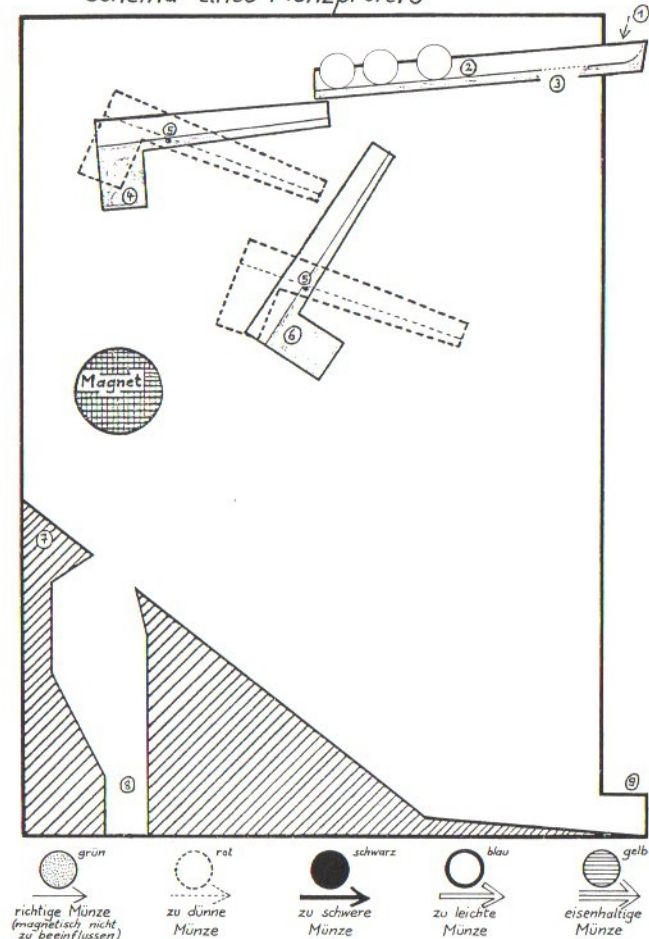
Antwort: Vergleiche Abbildung 11.9 auf Seite 100.

4. Den Schülern liegt die Abbildung 11.K 2 vor! Ergänze folgende Sätze: Der Fallschlitz sortiert zu *dünne* Münzen aus. Die erste Waage sortiert zu *leichte* Münzen aus. Die zweite Waage sortiert zu *schwere* Münzen aus. Der Magnet sortiert *eisenhaltige* Münzen aus.

Antwort: Die Lösungen sind kursiv eingetragen.

Abb. 11.K 2

Schema eines Münzprüfers



① Münzeinwurf ② Einlaufrinne ③ Fallschlitz für zu dünne Münzen ④ erste Waage
⑤ Achse ⑥ zweite Waage ⑦ Aufschlagfläche ⑧ Münzannahme ⑨ Rückgabeöffnung
Aufgabe: Zeichne von jeder Münzsorte jeweils 4 so in die Zeichnung ein, daß sich der Weg einer Münze verfolgen läßt. Benutze Farben.

12 Ventilsteuerung bei Pumpen

1. Bezeichne die abgebildeten Ventile (s. Abb. 12. 4) nach ihrer Funktion.

Antwort: a = Druckventile, b = Saugventile

2. Welche Ventilart (Bauart) ist abgebildet?
Antwort: Ventilkappen
3. Die Abbildung zeigt eine Flügelpumpe. Beschreibe die Arbeitsweise, erkläre den Namen.

Antwort: Die Flüssigkeit wird durch Hin- und Herschwenken der Kolbenflügel bei entsprechendem Ventilspiel gefördert.

4. Wie wird beim Tauchen mit einem Schnorchel verhindert, daß beim Untertauchen Wasser in den Schnorchel fließt? Erkläre mit Hilfe einer Zeichnung!
5. Wie arbeitet die abgebildete Hubpumpe (Abb. 12.K 1)? Zeichne die entsprechenden Ventile (Buntstift) ein!

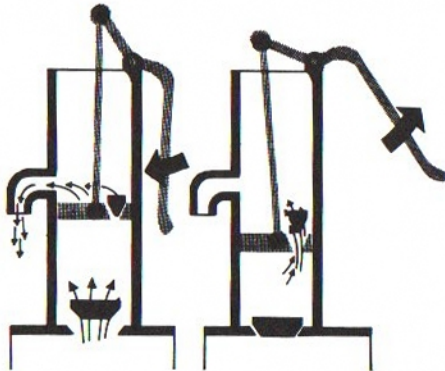


Abb. 12.K 1

13 Ventilsteuerung beim Viertaktmotor

1. Wie heißen die mit Nummern bezeichneten Teile des Motors (Abb. 13.K 1)?

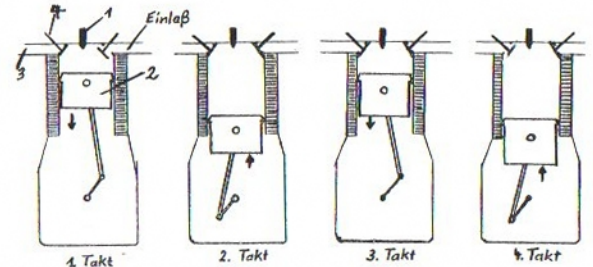


Abb. 13.K 1

Antwort: 1 = Zündkerze, 2 = Kolben, 3 = Auslaß, 4 = Ventil

2. Wie heißen die vier Takte des Viertaktmotors?
Antwort: Ansaugtakt, Verdichtungstakt, Arbeitstakt, Auspufttakt
3. Welcher Bauteil des Motors steuert die Ventile?
Antwort: Die Nockenwelle
4. Welche Vorzüge hat ein 6-Zylinder-Motor gegenüber einem 4-Zylinder?
Antwort: Größere Laufruhe durch gleichmäßigere Einwirkung auf die Kurbelwelle.

14 Fliehkraftkupplung

1. Nenne Beispiele für die Wirkung der Fliehkraft.
Antwort: Siehe Realbezug, S. 125.
2. Alle Fliehkraftkupplungen bestehen aus einem Antriebs- teil (der unmittelbar mit dem Motor verbunden ist) und einem Arbeitsteil (auf dem z. B. ein Ventilator sitzt). An welchem Teil müssen die Fliehgewichte sitzen?
Antwort: Am *Antriebsteil*, damit die Fliehgewichte überhaupt wirksam werden können; andernfalls würde sich das Arbeitsteil niemals bewegen können.

15 Querverstrebungen

1. In den abgebildeten Kränen (Abb. 15.K 1) fehlt jeweils ein Bauelement, so daß der Ausleger einer Belastung nicht standhalten kann. Vervollständige die Zeichnungen und schreibe dazu, welchen Kräften die zusätzlichen Bauelemente ausgesetzt sind.

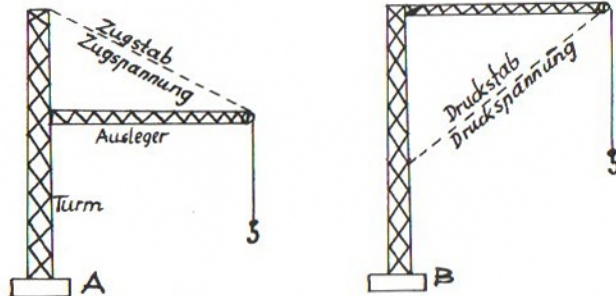


Abb. 15.K 1

Lösung:

Kran A mit Zugstab versehen; untersteht Zugspannung.
Kran B mit Druckstab versehen; steht unter Druckspannung.

2. Unter welchen Spannungen steht der Ausleger des Krans A?
Antwort: Unter Druckspannungen
3. Erkläre für den Turmkran (Abb. 15.K 2) die Funktion der Bauteile 1, 2 und 3.

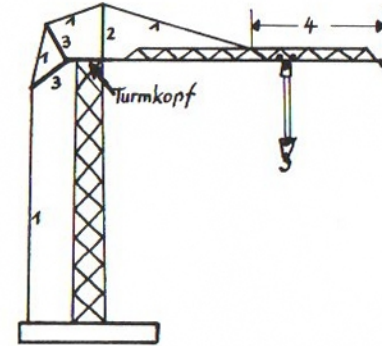


Abb. 15.K 2

Antwort:

Die Linie 1 ist ein Seil oder ein Gestänge, an dem der Ausleger hängt. Es kann den Ausleger jedoch nur halten, wenn es mit Hilfe der Stäbe 2 und 3 weit um den Turmkopf herumgeführt wird. Auf diese Weise ist es in der Lage, die Zugkräfte aufzunehmen, die durch die Belastung des Auslegers entstehen. Ein Teil des Auslegers, der Stab 2 und das Seil oder Gestänge 1 bilden zusammen ein statisch bestimmtes Dreieck.

4. Wie ist der vordere Teil des Auslegers (4) vor dem Knicken und Brechen gesichert?

Antwort:

Er ist als stabiles Fachwerk (Gittermast) konstruiert, das aus statischen Dreiecken besteht.