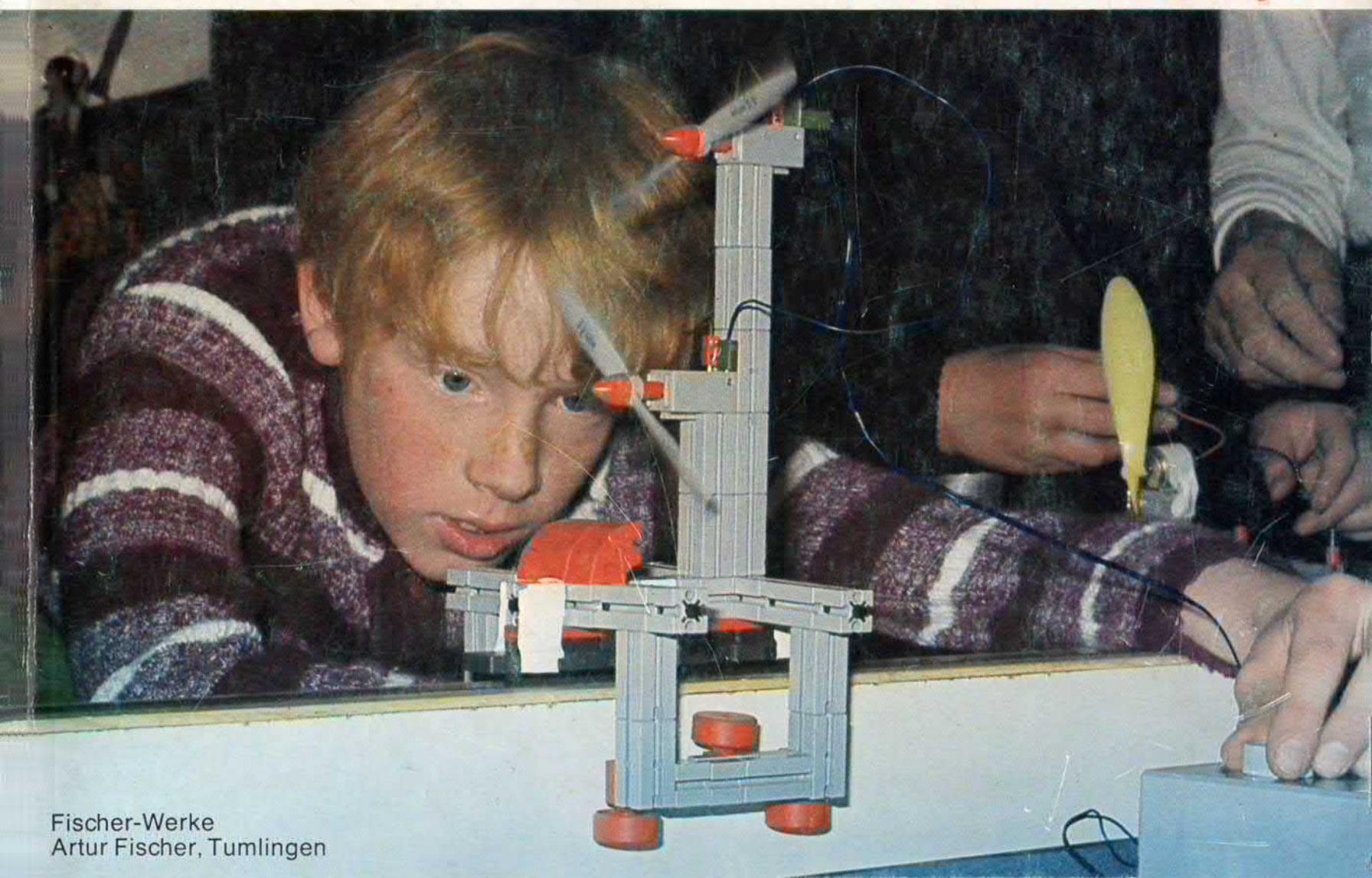


Werner Pfeiffer Jan Rolff Carl Schietzel
Winfried Schmayl Christian Vollmers

Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr



Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung im 5. und 6. Schuljahr

Werner Pfeiffer Jan Rolff Carl Schietzel
Winfried Schmayl Christian Vollmers

Unterrichtsbeispiele
zur technischen Bildung
im 5. und 6. Schuljahr

– ein Erfahrungsbericht

Fischer-Werke Artur Fischer, Tumlingen
Georg Westermann, Braunschweig

© by Fischer-Werke Artur Fischer, Tumlingen 1974

ISBN-Nr. 3-14-168004-3

Art.Nr. **6392856**

Herstellung: Karl Wachholtz Verlag, Neumünster

Inhalt

Vorwort	7
Einleitung	9
Beispiel 1: Drehbewegungen geradlinig weiterleiten	18
Beispiel 2: Drehbewegungen im Winkel weiterleiten	24
Beispiel 3: Drehbewegungen umformen	29
Beispiel 4: Die Schleifmaschine	36
Beispiel 5: Die Waschstraße	41
Beispiel 6: Die Seilwinde	50
Beispiel 7: Der Wagenheber	58
Beispiel 8: Der Gabelstapler	66
Beispiel 9: Die Seilbahn	71
Beispiel 10: Die elektrische Säge	80
Beispiel 11: Der Ventilator	86
Beispiel 12: Die Ramme	92
Beispiel 13: Der Magnetkran	102
Beispiel 14: Der elektrische Türöffner	106
Beispiel 15: Die Magnetschwebebahn	111
Beispiel 16: Die Blinkleuchte	124
Beispiel 17: Die Musikwalze	130
Kontrolle des Lernerfolges	138

Unmittelbar nachdem die „Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule“ veröffentlicht waren, begannen die Vorbereitungen für Unterrichtsversuche in der anschließenden Schulstufe. *Hermann Raabe* wendete sich der Eingangsstufe und dem Kindergarten zu und schied deshalb aus dem Arbeitsteam aus; drei neue Mitarbeiter wurden dafür hinzugewonnen, nämlich *Werner Pfeiffer*, *Jan Rolff* und *Winfried Schmayl*. Die ersten Beratungen galten der Entwicklung des Programms. Die vorgelegten 17 erprobten Unterrichtsbeispiele decken es in etwa ab. Für die Darstellung einigten sich die Verfasser wie im Grundschulbuch wieder auf ein Schema. Es wurde beachtet, aber deutlicher als in den Grundschulbeispielen ist die eigene Handschrift der Verfasser erkennbar.

Dieses Buch ist wie sein Vorgänger ein *Erfahrungsbericht*: Schulpraktiker, die es erarbeitet haben, wenden sich an Schulpraktiker, die nach Hilfen und Anregungen suchen. Die methodischen Konzepte für den Unterricht gehen in allmählichem Übergang aus den Unterrichtsformen der Grundschule hervor, und der Lehrer, der bereits in der Grundschule gearbeitet hat, sieht sich in dieser Hinsicht nicht eigentlich vor neue Probleme gestellt. Anders sieht die Sache hinsichtlich des technologischen Sachwissens aus, auf das der Unterricht sich gründet. Hier wachsen die Anforderungen sprunghaft. Die Sachinformationen, die jedem Unterrichtsbeispiel vorangestellt sind, haben deshalb zum Teil einen beträchtlichen Umfang. Vielen Firmen, die uns Informationsmaterial zur Verfügung gestellt haben, ist für die erwiesene Hilfe der Dank auszusprechen. Wir sind für Aus-

künfte und für die Überlassung von Bildmaterial, Konstruktionsunterlagen und Prospekten verpflichtet den Firmen August Bilstein, Ennepetal; Brüder Girak, Korneuburg bei Wien; Hochleistungs-Schnellbahn Studiengesellschaft, Ottobrunn; Ferra-Technik, Dauchingen; Krauss-Maffei AG, München; Fried. Krupp, Essen; Magnetfabrik Bonn; Menck & Hambrock, Hamburg; Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, München; Pfaff-Silberblau Hebezeugfabrik KG, Augsburg; E. A. Storz KG Maschinenfabrik, Tuttlingen; Traunsteinwerkstätten Josef Swoboda, Schloß Oberweis, Österreich; Valvo GmbH, Hamburg. Für ausführliche Informationsgespräche danken wir Herrn K. Ruschmeyer (Valvo) und Herrn Ingenieur W. Köhn (Menck & Hambrock).

In den Fällen, wo der Unterricht nicht in den eigenen Klassen durchgeführt werden konnte, danken wir für die Unterstützung unserer Unterrichtsversuche Frau Christa Herbig, Herrn Paul Kattanek und Herrn A. Kutschker.

Nachdem sich die Unterrichtsbeispiele für die Grundschule in der Praxis offenbar als hilfreich erwiesen haben, übergeben wir diesen zweiten Erfahrungsbericht der pädagogischen Öffentlichkeit mit der Gewißheit, daß auch er dem Unterricht Impulse verleihen und von den Lehrern als ein Helfer bei ihrer täglichen Arbeit begrüßt werden wird; denn bei der Benutzung erkennen sie bald: hier wird von Klassenzimmer zu Klassenzimmer gesprochen – was könnte mehr Vertrauen erwecken?

Technik-Unterricht im 5. und 6. Schuljahr

Unterrichtsforschung mit technischen Baukästen

Die in diesem Band veröffentlichten Unterrichtsbeispiele sind für das 5. und 6. Schuljahr vorgesehen; sie schließen an früher veröffentlichte Beispiele für die Grundschule an.¹ Die Beispiele gehören zum Lernbereich Technik/Arbeit und beschreiben Unterrichtsmöglichkeiten, die auf der Verwendung technischer Baukästen beruhen. Die Beispiele sind von erfahrenen Lehrern gründlich erprobt worden. Sie haben sich unter Unterrichtsbedingungen, wie sie heute in der Regel vorgefunden werden, in verschiedenen Schulen bewährt. Bei der Beurteilung der Leistungen ist zu bedenken, daß intellektuell besonders begabte Schüler, die auch im Technik-Unterricht zur Leistungsspitze zu gehören pflegen, nach Beendigung der gemeinsamen Grundschulzeit auf das Gymnasium übergewechselt sind.

Einstufung in den Lehrplan

Die in Vorschlag gebrachten Themen sind unserer Meinung nach für die Klassen 5 und 6 besonders gut geeignet. Das gilt mit der Einschränkung, daß vorher in der Grundschule mit technischen Baukästen gearbeitet worden ist. Sofern das nicht geschehen ist, wäre dem Unterricht besser gedient, wenn erst einmal ein Teil der Grundschulthemen erarbeitet würde.

Die vorgeschlagenen Themen lassen sich ausnahmslos auch in späteren Schuljahren und einige auch bereits in der Grundschule erfolgreich unterrichten. In höheren Klassen werden sich sogar im Regelfall differenziertere Arbeitsergebnisse von durchschnittlich höherem Niveau ergeben als in den Klassen 5 und 6, von der Grundschule zu schweigen. Aber von diesem Effekt ist in einem Lehrplan aus einleuchtenden Gründen nicht uneingeschränkt Gebrauch zu ma-

chen, weil dem *Einstufungsgebot des Lehrplans* zu genügen ist. Es erfordert, zur Entlastung der oberen Lehrplanregion Themen, die hier zweifellos ihre höchste didaktische Effizienz erreichen würden, möglichst jüngeren Klassen zuzuordnen, wenn die Themen für diese Jahrgänge zu motivieren sind und gesichert ist, daß durch den Unterricht technisches Denken ausgebildet wird, die technischen Kenntnisse allgemeiner Natur sich mehren und das kritische Beurteilungsvermögen für die gesellschaftlich-humane Funktion der Technik entwickelt wird.

Zuordnung in den Gesamtkomplex Technik/Arbeit

Die hier dargestellten Unterrichtsbeispiele sind aus dem Gesamtkomplex Technik/Arbeit unter dem Gesichtspunkt ausgewählt worden, daß für sie *technische Baukästen das optimale Arbeitsmittel* sind. Die Unterrichtsbeispiele sind also als Elemente eines überfassenden Gesamtlehrplans zu verstehen¹, in dem die Anzahl der Themen größer ist und auch die gesellschaftlich-politischen Aspekte der Technik zur Geltung kommen.

Freiheit und Strukturzusammenhang

Die Beispiele bilden also kein geschlossenes System und wollen ausdrücklich als Ermunterung verstanden werden, auch andere als die in Vorschlag gebrachten Themen zu bearbeiten, oder Themen eines besonderen Interesses (unter zwangsläufiger Reduktion anderer) längerfristig als vorgesehen zu verfolgen – dies um so mehr, als der Themenkomplex im Laufe der Zeit unter dem Eindruck neuer Erfahrungen sicherlich noch mancher Revision unterworfen werden wird.

1) H. Raabe, C. Schietzel, Chr. Vollmers, Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule – ein Erfahrungsbericht. Fischer-Werke Artur Fischer, Tübingen, und Georg Westermann, Braunschweig 1972.

Wo früher bearbeitete Themen wieder aufgegriffen werden, wird eine didaktische Tendenz verstärkt – von J. Bruner als *Prinzip der didaktischen Spirale* bezeichnet –, die beim weiteren Ausbau der Lehrgänge für die Schuljahre ab Klasse 7 planmäßig in Ansatz gebracht werden muß. Verdeutlichen wir diesen Lerntrend zur *rekapitulierenden Vertiefung und Verflechtung* des Wissens an einem Beispiel:

Der Kran als Beispiel für die didaktische Spirale

Ein fundamentaler und konstanter Gegenstand kindlichen technischen Interesses ist der Kran. Er ist ein exemplarisches Objekt der Technik, ein technisches Symbol. Der Kran ist ein Lerngegenstand, der zwischen Kindheit und Erwachsensein mehrfach im Unterricht erscheinen sollte:

In der Eingangsstufe (5. und 6. Lebensjahr) und im 1. und 2. Schuljahr der Grundschule alter Zählung identifiziert sich das Kind mit dem Kran bauend und spielend, indem es noch nicht zwischen den durch das technische Objekt, daß es als ein Spielzeug hergestellt hat, und den von der Person vollzogenen Funktionen unterscheidet und in der Konstruktion eines Krans Form und Bewegungsabläufe nur als große „Gebärde“, nicht jedoch technologisch nachbildet. Als erste werden in der Regel die Funktionen des Hebens und Senkens des am Seil hängenden Lasthakens nachgestaltet.

In der vierten Klasse der Grundschule läßt sich feststellen, daß die Schüler einen großen Entwicklungsschritt gemacht haben. Jetzt erweisen sich an den Modellen die wichtigsten technologischen Zusammenhänge des Krans als durchschaut: Kippsicherheit, Auslage, Drehungen, Formstabilität, Seilzüge sind als Konstruktionsprobleme begriffen und finden ihre altersgemäße Lösung.

In der fünften, spätestens sechsten Klasse sollte das Thema am Spezialfall der Seilwinde erneut aufgegriffen werden, jetzt vielleicht, wie wir es Seite 55 vorschlagen, indem das Konstruieren nach der zeichnerischen Vorlage geübt wird. In höheren Klassen sollte das Thema wieder erscheinen, um daran die Hebelgesetze der Physik aus einem konkreten

technischen Sachverhalt heraus zu entwickeln. Für die oberste Schulstufe ist der Kran ein ausgezeichnetes Objekt für elektromechanische, elektronisch-kybernetische und differenzierte mechanische Konstruktionsprobleme.

Konstruieren – ein Erkenntnisprozeß

Für die Unterrichtsbeispiele der Klassen 5 und 6 liegt der Akzent im *Bereich des Mechanischen*. Die Anforderungen im Bereich der Elektrizitätslehre (Beispiel 10, 11, 14, 16), des Magnetismus (Beispiel 13, 15), der Akustik (Beispiel 17) sind ergänzend, aber stehen nicht im Mittelpunkt. Für den zentralen Bereich „Mechanik“ nimmt der Unterricht im Gegensatz zur Grundschularbeit bereits den Charakter des *Lehrgangs* an (Beispiele 1 bis 3; 5). Es wird ein technologisches Fundament in der Getriebelehre gelegt, das für die Folge-themen die Voraussetzung für deren sachgerechte konstruktive Durcharbeitung ist. Die Schüler konstruieren dabei erfahrungsgemäß so erfindungsreich, selbstkritisch und sachverständig, als ob ihnen die hinter ihren Konstruktionen liegende Physik und Technologie bekannt wäre. Tatsächlich sind ihnen aber die physikalischen und auch die technologischen Prinzipien ihrer Konstruktionen noch weitgehend verborgen und müssen erst allmählich ans Licht gezogen werden. Zunächst einmal ist jetzt und vermutlich auch noch für die folgenden Jahre in den Produkten kreativer technischer Arbeit durch handelndes Tun und Vorstellungskraft eine Einsicht verwirklicht, die weiterreicht, als sie der junge Konstrukteur gedanklich klar formulieren, also sprachlich ausdrücken kann. Angesichts dieser Situation ist bewußt zu machen: Bauen-Konstruieren, wenn es den Schüler schöpferisch beansprucht, ist bereits *als solches* ein Lern- und ein Erkenntnisprozeß: Im Vollzug der technischen Konstruktionen realisieren die Schüler funktionale Zusammenhänge, und zwar konkret technische wie formal logische: *Bauen und Konstruieren ist sowohl eine manuelle technische als auch eine Erkenntnisfunktion*.

Funktionsgetreue Modelle

Im Vergleich zu den in der Grundschule, besonders bis Klasse 3, hergestellten Modellen zeigt sich in den Ergebnissen der Klassen 5 und 6 eine große Leistungssteigerung, die allerdings beim ersten Blick auf die Objekte oder deren Abbildungen nicht immer gleich bemerkt werden kann. Die Modelle der Elf- und Zwölfjährigen erfassen die technischen Funktionen nicht mehr nur in den markanten Bewegungen oder gar nur als Nachbildungen technischer Formen, sondern sie stellen **funktionsgetreue** Verwirklichungen von Konstruktionsideen dar. Es gelingt ihnen zwar noch nicht, eine Maschine als ganze detailliert nachzubauen oder zu entwerfen und als Modell herzustellen, aber technische Einzelfunktionen werden einwandfrei konzipiert und ausgeführt. Die Phase der Stellvertretung, in der die aushelfende Hand oder gar der redende Mund die im Modell ausgefallene Funktion übernimmt, ist überwunden.

Unterstützung durch den Baukasten

Diese Versachlichung der Konstruktionsprodukte in Richtung auf die technische Qualität wird möglich durch die Unterstützung, die das Material der Baukästen gibt. Die Baukastenelemente, hergestellt aus einem „Werkstoff nach Maß“, sind von hoher Festigkeit und Präzision, und dadurch wird ein Zwang in Richtung auf Klarheit und Exaktheit der Konstruktionen ausgeübt. In jedes einzelne Bauelement ist ein Höchstmaß technischer Funktionsmöglichkeiten eingegeben, und indem die Bauelemente innerhalb eines Gesamtsystems technologisch und methodisch aufeinander abgestimmt sind, bilden sie ein didaktisches Material sehr hoher Wirksamkeit. Ein Begleiteffekt, der jedoch von großer Bedeutung ist, liegt darin, daß die Bauelemente der Konstruktionskästen infolge ihrer Normierung fast völlig von ablenkender und zeitraubender Zurichtearbeit entlasten und damit Kräfte für die zentralen Leistungen des Technik-Unterrichts freisetzen. Die Schüler des 5. und 6. Schuljahres ha-

ben einen Entwicklungsstand erreicht, der sie befähigt, die technologischen Investitionen des Materials nun auch *voll auszunutzen*.

Ergänzendes Material

Es gibt Fälle, wo die Materialien der technischen Baukästen der Ergänzung bedürfen: für die Einwölbung eines Modells einer Halle eignet sich kein Material besser als flexibler Karton; für gewisse Brückenkonstruktionen sind biegsame Leisten, für andere zugfeste Schnüre unentbehrlich; für Turm- oder Baugerüste können Holzstäbe und Bindedraht alle anderen Materialien übertreffen; Zeiger werden am zweckmäßigsten aus dünnem Alublech geschnitten. Wo solche Materialien zur Ergänzung der Baukästen herbeigezogen werden, erweitern sie die Verwendungsmöglichkeiten des Basismaterials.

Lernen im didaktischen Regelkreis

Da das Baukastenmaterial im Unterricht sofort präsent ist – das Austeilen dauert bei älteren Kindern nur noch wenige Minuten – und alle Vorbereitungsarbeit und Zurichtungsarbeit fast entfällt, wird *die Energie der Schüler unabgelenkt auf den Erfindungsauftrag, das Konstruktionsproblem und die Realisierung im Modell konzentriert*. Die Folge davon ist ein relativ konstanter *typischer Unterrichtsablauf*, der durch drei Phasen gekennzeichnet ist:

- Phase 1: Entwurf und Konstruktion Modell (1)
- Phase 2: Kritik und neuer Entwurf (2)
- Phase 3: Konstruktion des Entwurfs (2) Modell (2)

Die Phase 3 des Prozesses ist offen: eine Phase 4 kann sich analog der Phase 2 anschließen – und so fort. Wir haben das Beispiel eines offenen *didaktischen Regelkreises* vor uns, der durch den Motor der Kritik neue kreative Impulse auslöst

und dadurch zu fortlaufenden Verbesserungen oder Neufassungen führt, die mit einem vorläufig vollendeten Werk abschließen.

Weil im Unterricht nun aber jeder Schüler seinem persönlichen Rhythmus folgt, kommt es nicht zu einer äußerlich markanten Gliederung nach Phasen, die dieses Schema durch deutliche Einschnitte kenntlich machen würde. Die Phasen bezeichnen die den Unterricht bewegenden inneren Kräfte, aber sie veranschaulichen nicht dessen sinnfällige Etappen, und so sind sie in den einzelnen Unterrichtsbeispielen nicht direkt aufzuweisen.

Rationale Durchdringung mittels der Sprache

Erfindung und Konstruktion innerhalb des didaktischen Regelkreises reichen nicht aus, den Prozeß und das Produkt der Erfindungs- und Gestaltungsarbeit geistig völlig zu erfassen. Durch *Versprachlichung* – mündlich, aber auch schriftlich – muß auf noch weiterreichende gedankliche Durchdringung hingewirkt werden.

Unterrichtsgespräche spielen dabei die Hauptrolle. Im Vollzug solcher Gespräche sind fachsprachliche Begriffe, Bezeichnungen und Wendungen *bei der passenden Gelegenheit* einzubringen. Die derart *im Sprachvollzug* hereingenommenen Sprachelemente sind nicht von Anfang an eindeutig und scharf. Sie bleiben in ihrer Verwendung auch zunächst an konkrete Situationen solcher Art gebunden, innerhalb derer sie bewußt geworden sind. Aber nur auf diesem indirekten Wege läßt sich erreichen, daß die neuen Sprachelemente einen konkreten Inhalt bekommen und in die Denkprozesse *aktiv* hineingezogen werden und nicht nur Begriffsballast bilden.

Ein wichtiges Mittel der Sprach- und Denkerziehung ist darin zu sehen, *erläuternde und zusammenfassende Texte* zu erarbeiten. Die Zusammenfassungen am Ende der einzelnen Kapitel sind als Muster solcher Texte zu verstehen. Solche Zusammenfassungen gewinnen eine optimale Form,

12 wenn sie *gemeinsam in der Klasse* erarbeitet werden.

(Deutschstunden können kaum besser als durch die Erfüllung solcher Aufträge genutzt werden.)

Sprechen und Schreiben direkt an der konkreten Sache sind hervorragende Stimulanten zur Aktivierung und Sensibilisierung der Denk- und Sprachkraft von Schülern, die infolge von Milieuschäden oder aus anderen Gründen sprachlich im Rückstand sind. Diese Schüler gerade verfügen häufig über einen bemerkenswerten Fundus an technischem Sachwissen, der ihnen beim Sprechen zu Hilfe kommen kann (siehe auch Seite 13).

Rechnen und Zeichnen

Die Möglichkeiten für *sachbezogenes Rechnen* sind noch verhältnismäßig gering. Das Unterrichtsbeispiel 3 (Drehbewegungen umformen) stellt vielleicht den reinsten Anwendungsfall dar. Auch das Beispiel 6 (Die Seilwinde) macht – Auswertung von Messungen mit der Federwaage – Rechnungen notwendig. In den anderen Beispielen steht dem mathematischen Durchschauen der technischen Probleme entgegen, daß die von der technischen Sachlage geforderten Rechnungen mit den mathematischen Kenntnissen und der Rechenfertigkeit elf- und zwölfjähriger Schüler noch nicht gelöst werden können.

Zahlreicher als für Mathematik und Rechnen sind die Möglichkeiten der elementaren technischen Problemanalyse durch die *Zeichnung*. Ausgangspunkt wird im Normalfall wahrscheinlich die freie zeichnerische Gestaltung einer Maschine im zugehörigen Milieu sein (Beispiel 6: Seilwinde; Beispiel 11: Ventilator) oder eines größeren Szenariums mit Maschinen, Bauwerken und den agierenden Menschen (Beispiel 5: Waschstraße; Beispiel 8: Gabelstapler; Beispiel 9: Seilbahn). Von diesen „Malereien“ führt der Weg allmählich an die technische Zeichnung heran, indem zunächst etwa Installationen, Draufsichten, Aktionsphasen gezeichnet werden – immer noch ohne festliegende Zeichen und Schemata.

Ein anderer, für die Entwicklung technologischen Denkens

möglicherweise fruchtbarerer Weg ist die Verwendung der *vorliegenden Konstruktionszeichnung*, nach deren Anleitung ein Modell zu konstruieren ist (Beispiel 6: Seilwinde). Die Zeichnung wird in diesen Fällen von den Schülern zwar nur rezeptiv, aber deshalb durchaus nicht notwendig passiv aufgenommen! Erst in den folgenden Schuljahren allerdings wird das „Lesen“ und Umsetzen technischer Zeichnungen zu einem entscheidenden Teil des Unterrichts werden.

Organisationsprobleme

Unterricht mit technischen Baukästen ist mit ungeteilten Klassen im Klassenraum möglich. Natürlich wird ein solcher Unterricht nicht dieselben Lernerfolge zeitigen und nicht dieselbe Freude machen wie Unterricht in geteilten Klassen und bei ausreichendem Arbeitsplatz und -material. Aber daß Unterricht immerhin möglich ist, sagt nicht wenig über die didaktisch stimulierende Wirkung dieses Lernmittels wie über seine Fähigkeit aus, *von sich aus*, also allein durch die Tatsache, daß es benutzt wird, den Unterricht zu organisieren. Ihre volle Wirksamkeit entfalten die technischen Baukästen erst, wenn es die Lehrkraft mit nicht mehr als 15 bis 18 Schülern (Halbklassen; Kurse) zu tun hat. Bei solchen Schülerzahlen hat der Pädagoge Zeit, sich intensiv um einzelne Schüler oder Arbeitsgruppen zu kümmern, nicht nur im Augenblick auszuhelfen, sondern Arbeitswege in vollem Ablauf zu verfolgen. In dieser Weise nicht nur Nothelfer, sondern midentkender Berater zu sein, wird auch deshalb möglich, weil der Lehrer nicht durch Zurichtearbeit, durch Werkzeugwechsel und ähnliche Nebentätigkeiten in Beschlag gelegt wird. Konflikte sind bei diesem Unterricht ausgesprochen selten, und meistens entsteht ein ruhiges, oft ein heiteres Arbeitsklima.

2) Raabe, Schietzel, Vollmers, Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule, S. 18 f.

Schwächere Schüler

Zu einem guten Unterrichtsklima trägt nicht unerheblich bei, daß das Konstruieren mit technischen Baukästen besonders auch die *schwächeren Schüler* anregt und daß auf diesem Gebiet das Leistungsgefälle, das den auf sprachliche und mathematische Fähigkeiten beschränkten Unterricht auszeichnen wird, stark verringert, in Einzelfällen sogar umgekehrt werden kann. Der negative Sog, verursacht durch Lernverdrossenheit, Unaufmerksamkeit, vorschnelle Ermüdung, Gedankenlosigkeit, Flüchtigkeit und Störsucht, wird in diesem Unterricht zu einem kaum noch merklichen Faktor reduziert und weit durch die Arbeitsfreude kompensiert, die sich bei der Mehrzahl der Schüler bei dieser Art Unterricht einzustellen pflegt.

Für *Gastarbeiterkinder*, wenn sie anfänglich nur wenige Worte Deutsch verstehen, ist die technische Werkarbeit oft zunächst das einzige Fach, in dem sie voll mitmachen können und von dem aus sich deshalb der Zugang in andere Lernbereiche öffnen läßt.

Bestätigung früherer Erfahrungen

Allgemein gilt, daß die positiven Erfahrungen über Arbeitsstimmung, Zusammenarbeit, Teilnahme von Mädchen, schwache und gestörte Schüler, die vor zwei Jahren mit anderen Schülern in der Grundschule gemacht worden sind, sich für die Schuljahre 5 und 6 bestätigt gefunden haben.² Dabei versteht es sich, daß der Unterricht im Bereich Technik/Arbeit nicht auf den Einsatz technischer Baukästen beschränkt bleiben darf. Dann nutzt sich dieses Arbeitsmittel wie jedes andere, das man überstrapaziert, ab. Unsere Erfahrungen gehen dahin, daß *man dem technischen Baukästen etwa ein Drittel der zur Verfügung stehenden Gesamtzeit zubilligen kann*, wobei die in Vorschlag gebrachten Realbegegnungen, die sprachliche Arbeit, gegebenenfalls das Rechnen und Zeichnen und die Lernkontrolle mit inbegriffen sind (siehe Seite 138).

Ausrüstung mit Lernmaterial und richtige Verwaltung

Der Unterrichtserfolg hängt von einer *ausreichenden Ausrüstung* mit Baukästen und von deren zweckmäßiger Verwaltung ab. Die Minimalausrüstung sieht für je zwei Schüler einen Baukasten u-t 1 vor. Eine solche Ausstattung kann jedoch nur als Behelf gelten. Im Normalfall sollte jeder Schüler über einen Baukasten u-t 1 verfügen können. Höchst wünschenswert ist die Ergänzung des Grundmaterials durch einige Kästen u-t 2 (Motor). Wir haben beobachten können, daß bereits Schüler des 1. Schuljahres ihre Konstruktionen motorisiert haben; im 5. und 6. Schuljahr werden Motoren in Kürze zu selbstverständlichen Konstruktionselementen. Wie der Baukasten u-t 3 eingesetzt werden kann, zeigen die Beispiele 13 (Der Magnetkran), 14 (Der elektrische Türöffner) und 16 (Die Blinkleuchte). Der Baukasten u-t S ist nur bei der Konstruktion von Rammen (Beispiel 12) eingesetzt worden. Zweifellos hätte er eine breitere Verwendungsmöglichkeit auch schon in den Klassen 5 und 6.

Zur *Verwaltung* gehört zunächst die Kontrolle am Ende jeder Unterrichtszeit. Es erfordert etwas Geduld, auf die Nachzügler beim Einsortieren zu warten. Trotz sorgfältiger Kontrolle gehen im Laufe der Zeit Bauteile verloren, die ersetzt werden müssen, damit die Schüler selbst den Kontrollvorgang unterstützen können. Die Kontrollmaßnahmen werden unterstützt, wenn die Kästen nummeriert sind und die Verantwortung des einzelnen Schülers dadurch noch gezielter festgelegt werden kann. Von kleineren Bauteilen sollte ein Vorrat gehalten werden. Alle Bauteile können einzeln nachgekauft werden.

In der Schule ist zweckmäßig ein Lehrer für die Verwaltung der Kästen verantwortlich. Wenn jeder Lehrer ohne Kontrolle an die Kästen herankommen kann, geht erfahrungsgemäß bald die Übersicht verloren, und ein beträchtlicher Teil der Bauelemente verschwindet dann.

Der erste Einsatz; Vorkenntnisse

Vor dem ersten plamäßigen Einsatz der Baukästen, ob in der Grundschule oder ob in der Mittelstufe, muß den Schülern Gelegenheit zum probierenden Umgang mit dem Material gegeben werden. Die Einübung erfordert etwa eine Doppelstunde. Für die Lehrkraft gilt dasselbe. Hier sind die Anforderungen also minimal. Anders sieht es für den Lehrer hinsichtlich der technologischen Fachkenntnisse aus, z. B. über Getriebe oder die Funktionsweise einer Ramme, einer Seilbahn, eines Magnetkrans. *Ohne ausreichende Sachkenntnisse vermag der Lehrer seiner Aufgabe nicht gerecht zu werden.* Es ist ein Anliegen dieser Veröffentlichung, entsprechende Sachinformationen zu vermitteln (siehe auch Seite 7).

Auswahl der Unterrichtsbeispiele

Es werden 17 Unterrichtsbeispiele dargestellt, die ein lockeres didaktisches Gewebe bilden, dem folgende Eigenschaften zugesprochen werden:

- Mit den Themen werden Unterrichtsgegenstände erfaßt, die – didaktisch gesehen – *exemplarisch* sind und die *repräsentativ* sind für die Welt der Technik. Aus einer größeren Anzahl erprobter Themen werden solche mitgeteilt, die sich als didaktisch besonders lohnend und als relativ frei von methodischen Schwierigkeiten erwiesen haben. Sie behandeln zumeist einen vollständigen technischen Sinnzusammenhang (Apparat, Maschine, System); die Unterrichtsgegenstände spiegeln ein Stück technischer Wirklichkeit.
- Die Themen sind derart zusammengestellt, daß darin die technische Welt *möglichst mannigfaltig* angesprochen wird und daß *möglichst viele methodische Grundformen* des Lernens aktiviert werden.

Darstellung der Unterrichtsbeispiele

In der Darstellung der Unterrichtsbeispiele mischen sich lehrplangemäße Hinweise und Vorschläge mit Erfahrungsberichten. Demzufolge haben auch subjektive Momente des Stils und subjektive Auffassungen Ausdruck gefunden. Zum Zwecke einer übersichtlichen Information folgt die Unterrichtsbeschreibung einem *Schema*. Aber von Beispiel zu Beispiel, wobei die ersten drei eine einheitliche Gruppe bilden, sind unterschiedliche didaktische Schwerpunkte gesetzt und nach Möglichkeit immer wieder andere methodische Ansätze verfolgt worden. Hinzu kommt die Variation im Sachgegenstand, der vom Ventilator über die Magnetschwebebahn bis zur Musikwalze reicht. So ist von Thema zu Thema – trotz wiederkehrender typischer Unterrichtselemente (siehe unten) – ein belebender Wechsel gesichert, der dem Unterricht die für den Lernerfolg notwendige Spannung verschafft.

Schema der Unterrichtsbeschreibung

Die Darstellung der Beispiele folgt einem siebengliedrigen Schema:

- Sachinformation
- Didaktische Gesichtspunkte
- Lernziele
- Aufgabenstellung
- Unterrichtsdurchführung
- Realbezug
- Zusammenfassung

Zu diesen einzelnen Punkten merken wir das Folgende an:

● Sachinformation

In diesem ersten Abschnitt der Unterrichtsbeschreibung werden die notwendigen Sachauskünfte erteilt. Es werden keine Voraussetzungen in bezug auf technologische Spezialkenntnisse gemacht; wohl aber wird davon ausgegan-

gen, daß der Lehrer über ein physikalisches Grundwissen verfügt und für die Phänomene der Technik aufgeschlossen ist. Der sich informierende Leser wird bald erkennen, wie nützlich Firmenzeitschriften, Prospekte, Webeanzeigen, Darstellungen in der Tagespresse und in Illustrierten sein können, und wir fügen hinzu, daß solches Material unter Mit hilfe der Schüler verhältnismäßig leicht zu beschaffen ist. Wenn es nützlich werden soll, muß es vorausschauend besorgt werden.

Die Sachinformationen sind auf den Lehrer abgestellt. Sie sollen keinesfalls unverarbeitet an die Schüler weitergegeben werden! Wo so vorgegangen würde, müßte der Unterricht zu leerem Wortgeklingel entarten, und die technischen Baukästen würden statt für kreative Konstruktionen für formale technische Fingerübungen verwendet werden – ein bestürzender Gedanke!

Die ergänzende Literatur ist entsprechend diesen Gesichtspunkten ausgewählt worden.

● Didaktische Gesichtspunkte

Die didaktischen Gesichtspunkte umreißen die didaktische Absicht des Themas; sie geben methodische Hinweise unter Beachtung lernpsychologischer Erkenntnisse, die während der Unterrichtsversuche gewonnen worden sind. Sie begründen Aufbau und Akzentsetzung des Unterrichts.

● Lernziele

In den Lernzielen sind die didaktischen Leitgedanken des betreffenden Unterrichts und die aus ihnen abzuleitenden Detailaufgaben unter dem Gesichtspunkt des Überblicks und der Kontrolle zusammengefaßt. Durch ihre Systematik gefährden sie den Unterricht insofern, als die Gefahr besteht, daß die Lernzieltabelle für das nachahmenswerte Verlaufsschema des Unterrichts gehalten wird.

Lernziele lassen sich auch noch anders mißverstehen. Man könnte meinen, sie ließen sich „durchnehmen“ und sie könnten als bewältigt abgehakt werden, wenn die Lernkontrolle positiv ausgefallen ist. Der Ort der Nennung eines

Lernziels markiert nur jene Station auf einem langen Weg, auf der das bezeichnete Anliegen besonders betont im Unterricht zur Sprache kommen soll. Aber alle Begriffe, Regeln und Beispiele, die auf solche Weise einmal als Lernziel auf der Bühne des Unterrichts gestanden haben, würden bald hinter die Kulissen und in Vergessenheit geraten, wenn sie nicht *immer wieder in den Unterricht eingebracht* würden. *Lernziele sind eine ständige Aufgabe!*

● Aufgabenstellung

In der Aufgabenstellung wird jeweils ein Konstruktionsauftrag entwickelt. Die Aufgabe ist so gestellt, daß die fruchtbare Mitte zwischen vager Allgemeinheit und einengendem Zwangsweg gefunden wird. Wie solche *aktivierenden Lösungsspielräume* beschaffen sind, ist den Unterrichtsbeispielen zu entnehmen. Es gibt keine Regeln dafür, wie solche produktiven Aufgabenstellungen gefunden werden. Wir können hier nur darauf aufmerksam machen, daß damit über Gelingen oder Mißlingen des Unterrichts entschieden wird. Dem Anfänger kann es nicht schaden, daß er sich bei seiner Vorbereitung die Aufgabe schriftlich fixiert und den Einstieg in den Unterricht auf diese Weise absichert.

● Unterrichtsdurchführung

Die Beschreibung des Unterrichts besteht aus einer kurzgefaßten Darstellung seines Verlaufs. Die *Bilddokumente* sind dabei so zugeordnet, daß der Leser einen *Überblick über charakteristische Schülerarbeiten* (Lösungen und Fehlösungen) erhält. Die abgebildeten Modelle zeigen, was unter normalen Bedingungen etwa im Unterricht erreichbar ist und was der Lehrer in seiner eigenen Klasse voraussichtlich erwarten kann. Der didaktische Inhalt der Abbildungen wird allerdings nur wahrgenommen, wenn man die dargestellten Modelle mit Geduld bis ins einzelne analysiert.

● Realbezug

Der Unterricht muß ständig um die Verknüpfung mit dem Leben, mit der Umwelt bemüht sein, also den Anschluß an Fragestellungen, Phänomene und Objekte der *technischen*

Wirklichkeit herstellen. Der Unterricht darf sich nicht auf das reine Konstruieren und spielende Erproben von Modellen beschränken; *ist ein Modell „in die Welt gesetzt“, so ist es als „wirkliche“ Ramme, als wirklicher Gabelstapler, Wagenheber aufzusuchen, gegebenenfalls auch vorher.*

Der Unterricht mit technischen Baukästen ist gekennzeichnet durch *Nacherfinden und Konstruieren*; er entnimmt seine Anstöße, Motivationen und seine Vorbilder der technischen Realität. Zu ihr kehrt der Unterricht zurück, nachdem er die Phasen vertiefenden Lernens durch Erfinden und Konstruieren durchlaufen hat. Dabei sind jetzt *im Modell Erkenntnisse gespeichert*, mit deren Hilfe die Maschinen und Apparate der technischen Wirklichkeit in einer vorher nicht ermöglichten Klarheit und Differenzierung technologisch erschlossen werden können.

Wenn die Modelle in dieser Weise sozusagen „an die Wirklichkeit gehalten“ werden, so sind sie doch nicht daran zu messen. Ein Modell ist also zum Beispiel nicht danach zu beurteilen, ob der in ihm realisierte Konstruktionsgedanke in der Wirklichkeit eine Entsprechung habe. Kinder sind, richtig angeregt, so reich an Ideen, daß ihre *schöpferische Phantasie die wirkliche Welt übertrifft*. Der spielerische Charakter des Denkens darf durch den Realbezug nicht beschränkt werden.

● Zusammenfassung

Die Unterrichtsbeispiele schließen mit einer *Zusammenfassung für den Schülerab*. In diesen Texten sind die Lernziele in die Denkperspektiven und Sprechweisen der Schüler transformiert. Unsere Textvorschläge muß man sich um jene lebendig persönlichen Zusätze ergänzt denken, in denen die besonderen Vorgänge und Erfahrungen der einzelnen Arbeitsgruppen aufgeschrieben sind (siehe Seite 12).

Solche Fixierung der Arbeitsergebnisse hat einen hohen Wert für die Sprachbildung und Denkschulung; in neueren Lehrplänen wird das ausdrücklich anerkannt. Gleichwohl läßt sich eine Zusammenfassung in einem Text gegenwärtig nicht in jedem Fall anstreben; der Zeitdruck spricht dagegen. Es muß ja mit in Betracht gezogen werden, daß für man-

ches Unterrichtsbeispiel auch noch die zeitraubende Anfertigung von Zeichnungen, daß Bildanalysen, daß zusätzliche physikalische Experimente gefordert werden oder jedenfalls wünschenswert sind.

Lernkontrolle

Vom 5. Schuljahr an scheint eine objektive Lernkontrolle erreichbar zu sein. Im letzten Teil unserer Veröffentlichung sind dafür Vorschläge unterbreitet. Die Lernkontrolle sollte so beschaffen sein, daß weniger abfragbares Wissen überprüft wird als *Denkfragen* gestellt werden. Wir bieten ein Gerüst von Fragen und Aufgaben an, das entsprechend den jeweiligen konkreten Unterrichtsverhältnissen ergänzt und variiert werden müßte. Heute ist in fast jeder Schule die Möglichkeit gegeben, entsprechende Testbögen mit geringem Aufwand herzustellen. Die Schüler nehmen solche Kontrollen ernst, und sie unterziehen sich ihnen keineswegs widerwillig.

Schlußbemerkung

Vor zwei Jahren haben wir unsere Erfahrungen in der Grundschule folgendermaßen zusammengefaßt:

„Das im allgemeinen frohe Unterrichtsklima, die ausdauernde und disziplinierte Aktivität der Kinder, die wir im Unterricht wahrnahmen, sind uns ein sicheres Anzeichen dafür, daß hier Möglichkeiten eines neuen Unterrichts vorliegen, der unsere Schule mit einfachen Mitteln einen großen Schritt nach vorn bringen kann.“

Der Unterricht in den weiterführenden Klassen 5 und 6 hat diese Feststellung uneingeschränkt bestätigt. Es erfüllt uns mit Befriedigung, zu sehen, wie die didaktisch planvolle Entwicklung eines neuen Lernmittels zur Reform des Unterrichts beizutragen vermag.

1 Drehbewegungen geradlinig weiterleiten

Sachinformation

Mechanische Systeme zum Übertragen oder Umformen von Bewegungen nennt man Getriebe. Sie gehören zu den Grundbausteinen, aus denen sich Maschinen zusammensetzen. Die einzelnen Getriebeglieder laufen in Lagern und führen daher genau festgelegte, zwangsläufige Bewegungen aus. Die vielfältigen technischen Erfordernisse haben zu zahlreichen Getriebvarianten geführt, die sich auf insgesamt sechs Grundtypen zurückführen lassen.

Schraubengetriebe (Beispiel: Schraubstock)

Kurbelgetriebe (Beispiel: Scheibenwischer)

Rädergetriebe (Beispiel: Uhr)

Zugmittelgetriebe (Beispiel: Kettenantrieb beim Fahrrad)

Kurvengetriebe (Beispiel: Nockenwelle zur Ventilsteuerung in Verbrennungsmotoren)

Sperrgetriebe (Beispiel: Hemmwerk in der Pendeluhr)

Getriebe, deren bewegliche Glieder nur Drehungen vollführen, zählen zu den gleichförmig übersetzenden Getrieben. Sie bewirken meist eine Veränderung von Drehzahl und Drehmoment.

Gleichförmig übersetzende Getriebe

Rädergetriebe (kürzere Wellenabstände)	Zugmittelgetriebe (größere Wellenabstände)
Zahnrad- getriebe	Reibrad- getriebe
(form schlüssig)	(kraft- schlüssig)

Ketten- und
Zahnriemen-
getriebe

(form-
schlüssig)

Riemen- und
Seilgetriebe

(kraft-
schlüssig)

Zahnradgetriebe bestehen in ihrer einfachsten Form aus zwei miteinander kämmenden Zahnrädern – eines für den

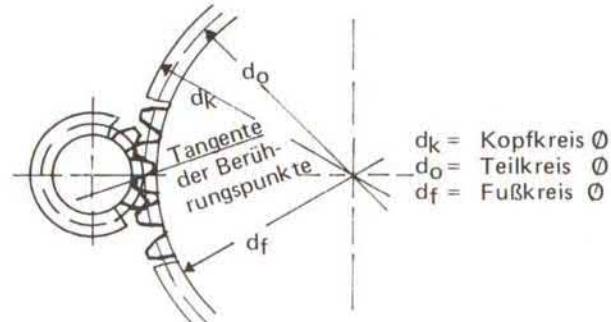


Abb. 1.1 Verzahnung

Antrieb, eines für den Abtrieb –, die in einem Gestell gelagert sind. Die ineinanderreibenden Zahnräder rollen im jeweiligen Berührungszeitpunkt zweier Zähne ohne Gleiten aufeinander ab. Alle Berührungszeitpunkte liegen auf dem sogenannten Teil- oder Wälzkreis (Abb. 1.1). Die Bewegungs- und Kraftübertragung wird also durch die Form der Übertragungsglieder erreicht, sie heißt deshalb formschlüssig.

Bei *Reibradgetrieben* erfolgt die Übertragung dagegen durch Reibkraft. Die Räder werden so stark aneinandergepreßt, daß die an der Berührungsstelle auftretende Reibung den Kraftschluß herstellt (kraftschlüssige Übertragung). Die übertragbare Kraft hängt dabei von der Größe des Anpreßdrucks ab. Bei allen kraftschlüssigen Getrieben entsteht ein gewisser Schlupf, d. h., das angetriebene Rad hat an der Berührungsstelle eine etwas geringere Geschwindigkeit als das treibende Rad. Für die Drehrichtung gilt folgende Gesetzmäßigkeit: Zwei einander berührende Räder drehen sich immer gegenläufig. Sollen sie sich gleichsinnig drehen, müssen sie auseinandergerückt und ein Zwischenrad muß eingeschaltet werden.

Für die Übertragung von Drehbewegungen über größere Entfernung werden zwei durch ein Zugmittel verbundene Räder benutzt. Als Zugmittel dienen Riemen, Seile und Ketten. Ketten- und Zahnriemengetriebe übertragen Bewegungen formschlüssig und schlupffrei. Sie erzeugen im Betrieb

mehr oder weniger laute Geräusche. Die formschlüssig arbeitenden Zugmittel- und Zahnradgetriebe eignen sich besonders zur Übertragung großer Kräfte.

Riemen- und Seilgetriebe arbeiten kraftschlüssig durch Haftreibung. Die Reibkraft zwischen Riemen und Rad hängt ab von der Spannung des Riemens und dem Reibungswert zwischen Riemen und Radmaterial. Die Riemenspannung wird manchmal durch Andrücken eines dritten Rades, einer Spannrolle, erhöht. Das bedeutet jedoch zusätzliche Belastung und stärkerer Verschleiß für die Lager. Ohne die Spannung vergrößern zu müssen, erhöht sich die Anpreßkraft, wenn man den Querschnitt des Riemens trapezförmig wählt (Keilriemen). In diesem Fall werden die Kräfte von den Wangenflächen des Keils übertragen. Ein weiterer Vorteil des Keilriemens im Vergleich zum Flachriemen ist der geringere Platzbedarf. Denn Flachriemen müssen, um die nötige Haftreibung zu erzielen, recht breit sein.

Der Schlupf der Riementriebe erweist sich bei Maschinen als nützliches Sicherheitsmoment, weil bei einer übergrößen Belastung keine Kräfte mehr übertragen werden. Riementriebe gestatten infolge ihrer Elastizität ein weiches Anlaufen bei gutem Durchzugsvermögen. Da sie sich im Laufe der Zeit dehnen, muß eine der beiden Wellen sich nachstellen lassen.

Literatur (Themen 1 bis 4)

Egen, H.; Neumann, H.: Programmierter Werkunterricht, Stuttgart 1970

Hagedorn, L.: Konstruktive Getriebelehre, 2. Auflage, Hannover 1965

Kraemer, O.: Getriebelehre, 4. Auflage, Karlsruhe 1966

Mehrgardt, O.: Die Werkaufgabe Nr. 40, 41, 67, 145, Wolfenbüttel

Vollmers, Chr.: Ein Lehrgang zur technischen Grundbildung in: Westermanns Pädagogische Beiträge 10/1970

Didaktische Gesichtspunkte

Getriebe sind in der Maschinentechnik von grundlegender Bedeutung. Sie gehören auch im Technikunterricht zu den unverzichtbaren Inhalten. Elementare getriebetechnische Erfahrungen sind oft Voraussetzung, um konstruktiv maschinentechnische Probleme lösen oder maschinentechnische Funktionen verstehen zu können.

Die ersten vier Unterrichtsbeispiele bilden eine Einheit. Sie führen in die Getriebelehre ein und können als Lehrgang verstanden werden. Die Aufgaben zwei bis vier enthalten jeweils Elemente der vorangegangenen Aufgabe, so daß sie auch Übungs- und Wiederholungscharakter haben. Das ist deshalb notwendig und begründet, weil hier für weitere Themen dieses Buches Grundlagen geschaffen werden sollen, die nicht bei allen Schülern durch einmaliges Unterrichten hergestellt werden können.

Da Getriebe universelle Anwendung finden, ergibt sich keine exemplarische Zuordnung zu einer bestimmten Maschine. Sie werden aus diesem Grund im folgenden als technische Elemente isoliert erarbeitet, d.h. ohne in einen technischen Sinnzusammenhang, eine konkrete Zwecksetzung eingebettet zu sein. Die Aufgabenstellungen sind daher formal gehalten. Das bedeutet aber keineswegs, daß sie für Schüler ohne Anreiz wären. Unser Unterricht hat im Gegen teil gezeigt, daß die Themenstellungen gern aufgenommen wurden und zu angestrengtem Bemühen um eine Lösung geführt haben.

Die Beschränkung auf Elementhaftes enthält einen großen Vorteil. Sie erlaubt, weil sehr einfache und leicht vergleichbare Modelle entstehen, fachtechnische Grundbegriffe anschaulich einzuführen und sich in ihrem richtigen Gebrauch zu üben. Oft haben die Schüler schon Vorkenntnisse. Vieles muß allerdings zurechtgerückt, berichtigt, in jedem Fall aber geordnet werden.

Lernziele

Konstruieren verschiedener Getriebe zur Bewegungs- und Kraftübertragung; dabei Erkennen der Lagerungs-, Führungs- und Gestellprobleme

Erkennen und Erklären der Wirkungsweisen der einzelnen Getriebeformen

Erkennen von Getrieben in der Umwelt

Begriffe: Stirnrad, Reibrad, Zugmittel, Getriebe, Welle, Kurbel, Lager, Gestell, Antrieb, Abtrieb, formschlüssig, kraftschlüssig, Schlupf

Aufgabenstellung

Lagere eine Welle in einem Gestell und treibe sie mit einer Kurbel an. Übertrage die Drehbewegung auf eine zweite parallele Welle.

Dazu demonstriert der Lehrer mit zwei Rundstäben die Bedeutung von „parallel“. Denn vielen Schülern dieses Alters ist der Begriff nicht geläufig. Gegebenenfalls kann auch eine einfache Zeichnung die Aufgabe verdeutlichen.

Unterrichtsdurchführung

Material: Baukästen u-t 1

Der Baukasten lässt drei prinzipiell unterschiedliche Lösungen zu: Zahnrad-, Reibrad- und Zugmittelgetriebe, wobei das Zugmittel ein Gummiband oder die Spiralfeder ist.

Die häufigste Lösung war das Zugmittelgetriebe (Abb. 1.2, 1.3). Das mag so zu erklären sein: Beim Stellen des Problems zweifelten viele Schüler im ersten Moment, ob die Aufgabe überhaupt zu bewältigen sei. Sie konnten sich nicht vorstellen, wie das Mitdrehen der zweiten Welle über den Zwischenraum erreicht werden könnte. Auf der Suche nach einer Lösung stießen sie dann auf die Spiralfeder als sinnfälliges Mittel zur Überbrückung der Entfernung.

Die Gruppe, deren Konstruktionen hier abgebildet sind, arbeitete erst zum zweiten Mal mit dem Baukasten. Soweit Rädergetriebe verwirklicht wurden, entstanden Schwierigkeiten, die Zahnräder zum Eingreifen zu bringen und bei den Reibrädern den erforderlichen Andruck zu erreichen. Ein zu großer Abstand hat das Abreißen der Drehbewegung und ein zu starkes Anpressen Schwerfälligkeit zur Folge. Die Schwierigkeiten sind zu meistern, indem eine oder auch

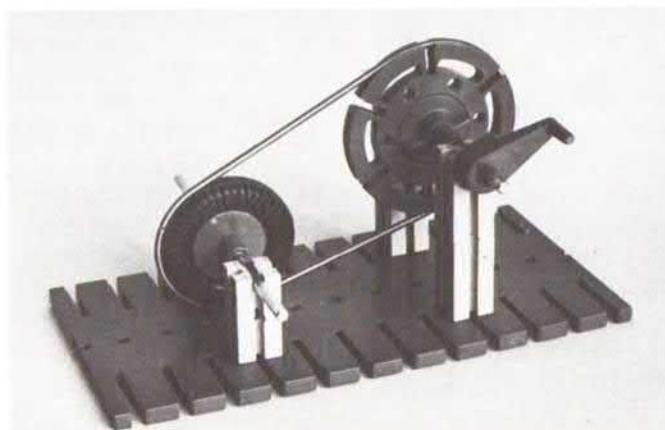


Abb. 1.2 Zugmittelgetriebe

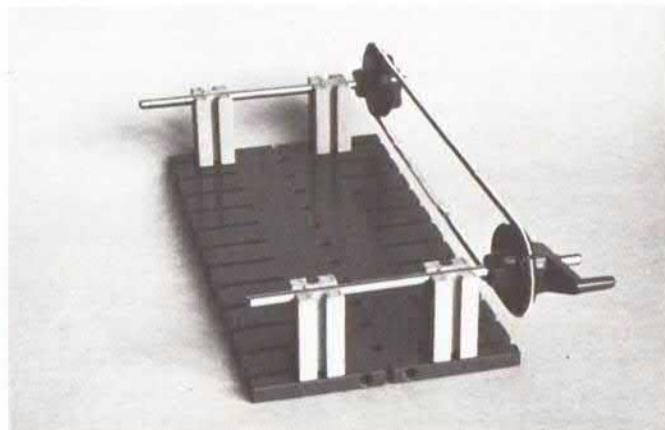


Abb. 1.3 Zugmittelgetriebe: die Wellen sind nicht gegen axiales Verschieben gesichert

beide Wellen verschiebbar gelagert werden (Abb. 1.4, 1.5 rechts). Der unterste Baustein jeder Gestellsäule kann mit seinem schwarzen Zapfen in den Rillen der Grundplatte hin- und herbewegt werden, so daß der Abstand der Wellen stufenlos verstellbar ist. Beim Modell der Abbildung 1.5 links wurde versucht, durch den Einsatz von vier Reibrädern die Reibfläche zu vergrößern und dadurch die Bewegung zuverlässiger zu übertragen.

Bei den Zugmittelgetrieben erwies es sich als nachteilig, die Wellen einseitig zu lagern. Die zum sauberen Funktionieren nötige Andruckkraft ist immerhin so groß, daß ungesicherte Bauteile leicht aus ihrer richtigen Lage gezogen werden. Außerdem ist die Parallelität der Wellen nicht mehr gegeben. Dieser Mangel wurde schon beim Bauen offenkundig; deshalb behoben ihn mehrere Schüler ohne Hinweis. Bei einem sehr hohen Gestell reichte allerdings auch die doppelte Wellenlagerung nicht aus (Abb. 1.6). Eine weitere unnötige Belastung erfährt bei dieser Konstruktion das Gestell dadurch, daß die Riemenscheiben außerhalb der Lager angebracht sind anstatt zwischen ihnen.

Zu Beginn der Auswertung wurden die Modelle zunächst in Gruppen nach dem Funktionsprinzip zusammengestellt. Es

wurde geklärt, was das Gemeinsame der Getriebe in jeder Gruppe ist und wie jeweils die Kraftübertragung erreicht wird. Die Frage nach der Güte des Funktionierens führte zur Erörterung der Lagerungsprobleme: Wellenlagerung zweiseitig und verschiebbar, Sicherung der Wellen gegen axiale Verschiebung durch Klemmbuchsen. Die Beobachtung der Drehrichtung führte zur Feststellung: Bei Zahn- und Reibradgetrieben drehen sich zwei einander berührende Räder entgegengesetzt. In Zugmittelgetrieben drehen sich die Räder in der gleichen Richtung. Kreuzt man das Zugmittel, wird die Drehung gegensinnig (Abb. 1.7).

Die Kurbel wurde zumeist nicht über eine Nabe gesteckt. Das beeinträchtigte hier noch nicht die Funktion. Wenn aber später größere Kräfte auf die Antriebswelle gebracht werden müssen, ist das unbedingt notwendig. Deshalb ist es ratsam, die Schüler gleich auf diese Möglichkeit hinzuweisen.

Realbezug

Beziehungen zur realen Technik werden hauptsächlich dadurch hergestellt, daß die Schüler ihre entsprechenden Vor-

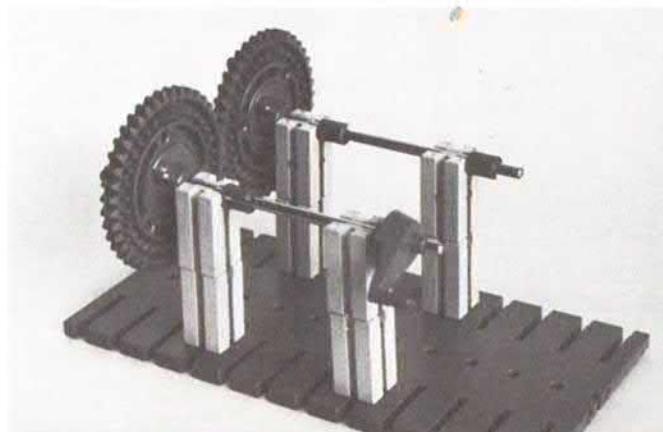


Abb. 1.4 Zahnradgetriebe mit verschiebbar gelagerten Wellen

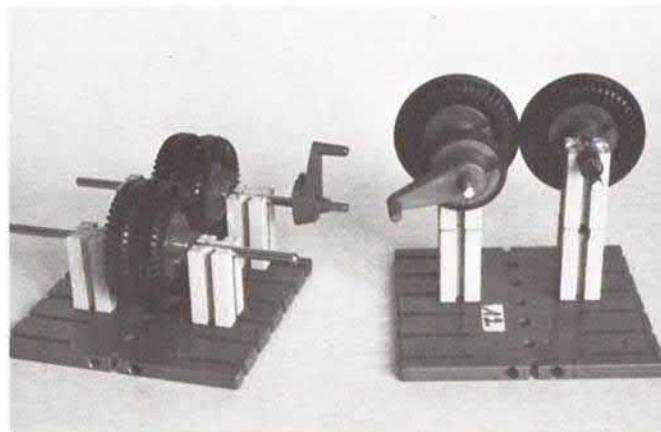


Abb. 1.5 Reibradgetriebe

kenntnisse unter den erarbeiteten Ordnungsgesichtspunkten aktualisieren. Sie zählen also auf, wo sie in der Umwelt Getriebe kennen, die Kräfte mit Hilfe von Zahnrädern, Reibrädern und Zugmitteln weiterleiten. Es bietet sich an, einfach zu beschaffende Getriebe anzusehen oder Abbildungen zu zeigen.

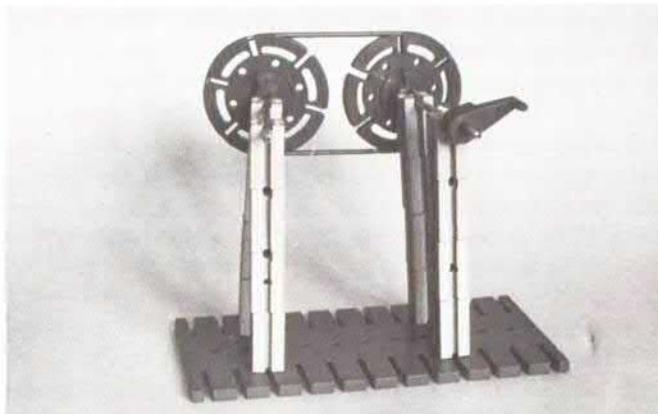
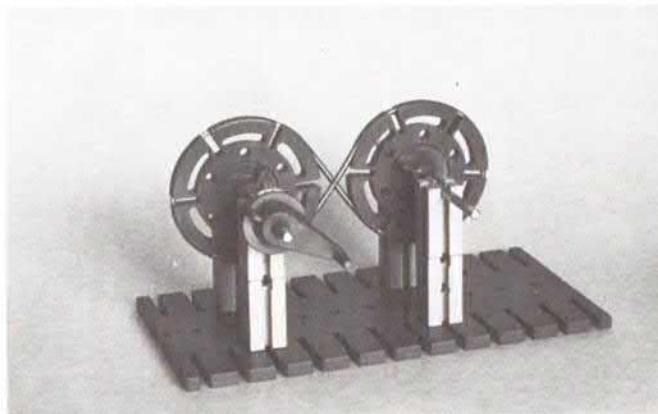


Abb. 1.6 Zugmittelgetriebe in unzureichend gesichertem Gestell



22 Abb. 1.7 Gekreuzter Zugmitteltrieb

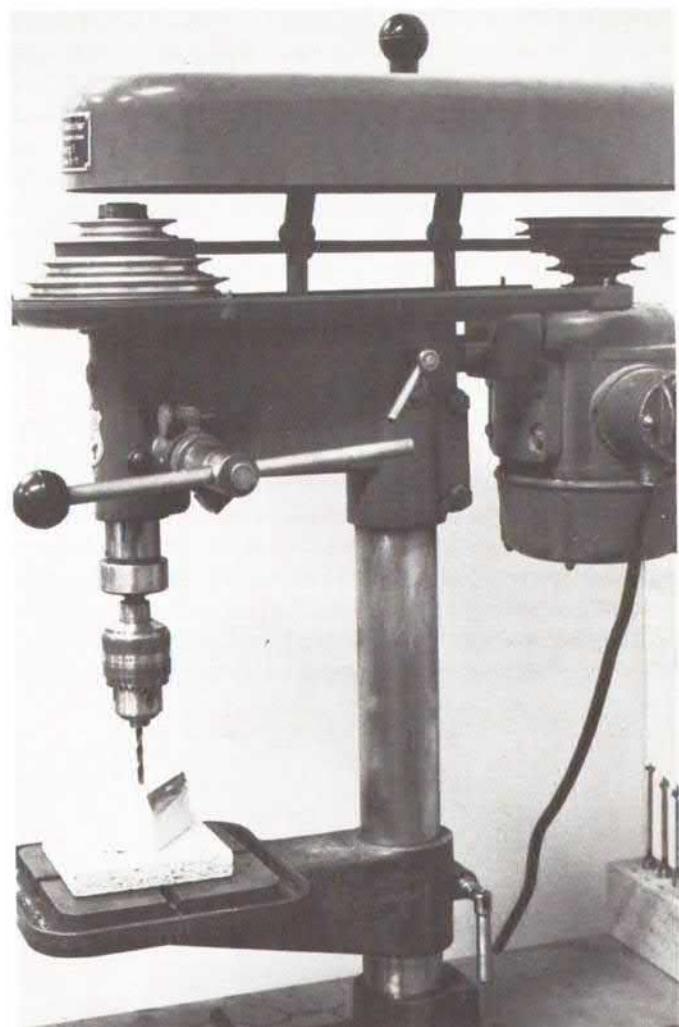


Abb. 1.8 Über Keilriemen angetriebene Standbohrmaschine

Zugmittelgetriebe:

Fahrrad (Kettentrieb), Lichtmaschine-Automotor (Keilriemen), Nähmaschinenantrieb, Standbohrmaschine (Abb. 1.8), Nockenwellenantrieb-Automotor (Zahnriemen)

Reibradgetriebe:

Antrieb des Fahrraddynamos, Umspulvorrichtung an der Nähmaschine (Abb. 1.9), Antrieb des Tellers beim Plattenspieler

Zahnradgetriebe:

Uhrwerke, Handbohrmaschine, Fahrradklingel, Spielzeug mit Federaufzug, Autogetriebe, elektrische Bohrmaschine (Abb. 1.10)

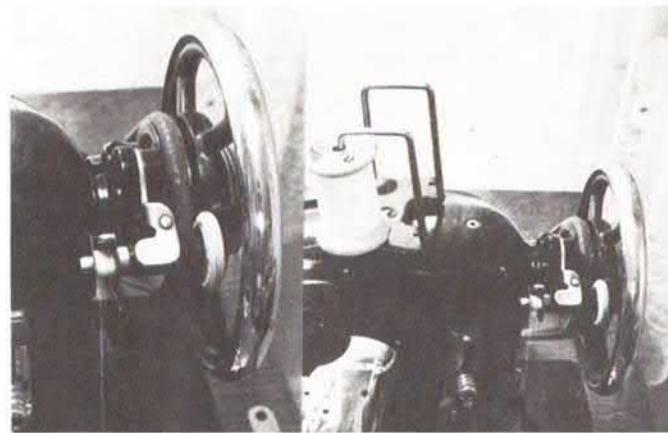


Abb. 1.9 Umspulvorrichtung an der Nähmaschine

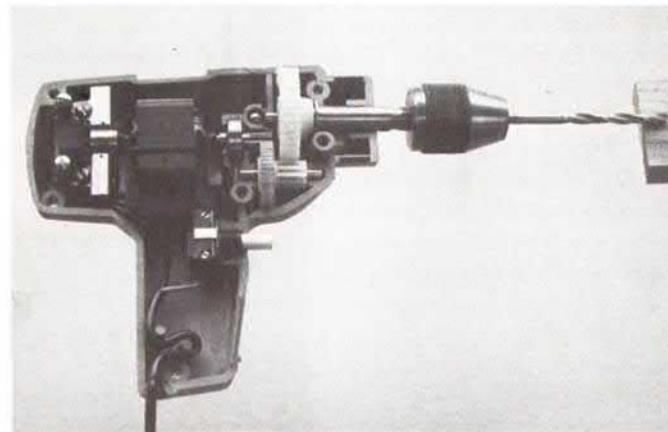


Abb. 1.10 Elektrische Bohrmaschine für Kinder

Zusammenfassung für den Schüler

In Maschinen ist es oft nötig, Drehbewegungen weiterzuleiten. Dafür gibt es unterschiedliche Vorrichtungen, die der Ingenieur Getriebe nennt. Man unterscheidet Zahnrad-, Reibrad- und Zugmittelgetriebe. Bei Zahnradgetrieben greifen die Räder mit ihren Zähnen ineinander (sie kämmen) und übertragen so die Drehung. Reibräder müssen gegeneinandergepreßt werden und sich reiben, um eine Kraft zu übertragen. Bei Zugmittelgetrieben sind die Räder durch ein biegssames Zugmittel (Seil, Riemen, Keilriemen, Kette, Gummiband) verbunden. Je strammer das Zugmittel gespannt ist, um so besser wird die Kraft weitergeleitet, um so mehr werden aber auch die Lager beansprucht. Reibräder, Riemens und Seile (kraftschlüssige Zugmittel) rutschen, wenn sie überbelastet werden. Die Erscheinung heißt Schlupf. In formschlüssigen Getrieben dagegen werden bei Überbelastung Getriebeteile zerstört.

Schmayl

2 Drehbewegungen im Winkel weiterleiten

Sachinformation

Häufig fordert die Maschinenkonstruktion, Bewegungen im Winkel weiterzuleiten. Dann liegen die Wellen nicht parallel, sondern sie schneiden sich. Der Winkel kann dabei festliegen und braucht nicht verändert zu werden, oder er muß stufenlos innerhalb eines bestimmten Bereiches verstellbar sein.

Für die formschlüssige Winkelübertragung verwendet man in der Regel Zahnräder, deren Grundform ein Kegelstumpf ist (Kegelzahnräder). Eine andere Möglichkeit besteht darin, ein Stirnzahnrad mit einem zylindrischen Rad kämmen zu lassen, das an seinen Seitenflächen verzahnt ist (Kronenrad). Relativ einfach ist die winklige Übertragung mit Reibrädern. Es kommt neben der Schaffung eines ausreichenden Andrucks nur darauf an, durch entsprechende Formgebung der Räder die Reibfläche möglichst groß zu halten. Auch kraftschlüssige Zugmittel können in fast jedem Winkel geführt werden. Sie müssen dann über Lenkrollen laufen. Gelenkwellen (Kardangelenke) ermöglichen sogar eine Veränderung während des Betriebs. Der Übertragungswinkel muß allerdings etwas größer als 90° sein. Es lassen sich jedoch leicht mehrere Gelenke hintereinanderschalten. In der Praxis werden oft zwei Gelenke und eine Zwischenwelle – die zum Längenausgleich manchmal ausziehbar ist – eingesetzt, weil bei nur einem Kardangelenk die gleichförmige Antriebsdrehung zu einer ungleichförmigen Abtriebsdrehung wird.

Didaktische Gesichtspunkte

Die Hauptelemente der vorigen Aufgabe tauchen erneut auf. Hinzu kommt als ein nicht allzu schwieriges Zusatzproblem, eine Drehung im Winkel weiterzuleiten. Die Wiederholung ist insofern von Bedeutung, als bei vielen Schülern im La-

gern der Räder und Wellen, vor allem aber im Bau eines stabilen Gestells noch Unsicherheiten bestehen. Sie erhalten nun Gelegenheit, dies zu üben; gleichzeitig können sie weitere Getriebeformen realisieren. So gewinnen sie Sicherheit in Konstruktionshandlungen, deren Beherrschung später vorausgesetzt wird.

Da der Baukasten zu dieser Aufgabe fünf grundverschiedene Lösungen gestattet, sollte jeder Schüler wenigstens zwei davon bauen.

Lernziele

Konstruieren von Winkelgetrieben

Bekanntwerden mit Kegelzahnräder und dem Kardangelenk

Erkennen, daß der Übertragungswinkel zwischen den Wellen bei bestimmten Lösungen unveränderlich, bei anderen veränderbar ist

Nennen der Einsatzorte und Einsatzgründe von Winkelgetrieben in der Technik

Begriffe: Kegelzahnrad, Gelenkwelle (Kardangelenk), elastisches Gelenk, Lenkrollenriementrieb

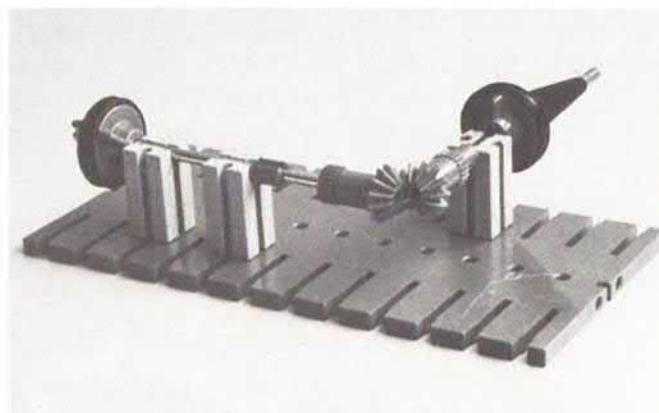


Abb. 2.1 Kegelzahnradgetriebe

Aufgabenstellung

Baue ein Getriebe, in dem die beiden Wellen nicht parallel liegen, sondern einen Winkel miteinander bilden. Dein Getriebe soll also eine Drehbewegung um die Ecke leiten können. Man kann das mit Zahnrädern, Gummirädern, Zugmitteln oder einem besonderen Gelenk des Baukastens erreichen, das extra diesem Zweck dient.

Versuche, zwei verschiedene Lösungen zu finden.

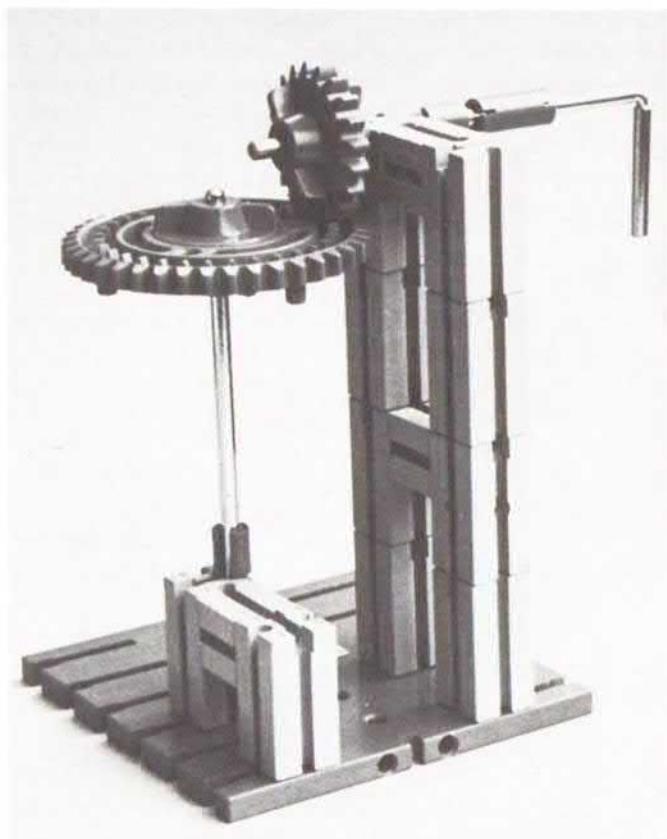


Abb. 2.2 Kronenradgetriebe

Unterrichtsdurchführung

Material: Baukästen u-t 1, Ventilgummi.

Da die Aufgabenstellung auf das Kardangelenk hinweist, wurde es von vielen Schülern als eine der beiden geforderten Lösungen gewählt. Sie wollten es – was der Baukasten nahelegt – im rechten Winkel anbringen, machten aber gleich die Erfahrung, daß es keinen Übertragungswinkel von 90° und darunter zuläßt. Der Einsatz eines Bausteins mit rotem Zapfen führte zum Ziel. Von sich aus versuchte kein Schüler einen Zugmitteltrieb. Erst nach Aufmunterung durch den Lehrer wagten sich zwei heran und schafften es mit ein wenig Hilfestellung auch.

Die Modelle wurden gruppiert und unter den Gesichtspunkten betrachtet: Wie groß ist der Übertragungswinkel, und ist er veränderlich?

Lösung 1: Kegelzahnradgetriebe; die Wellen schneiden sich im rechten Winkel (Abb. 2.1).

Lösung 2: Kronenradgetriebe; ein Stirnrad greift in den seitlichen Zahnkranz eines großen Zahnrades; rechtwinkelige Übertragung (Abb. 2.2).

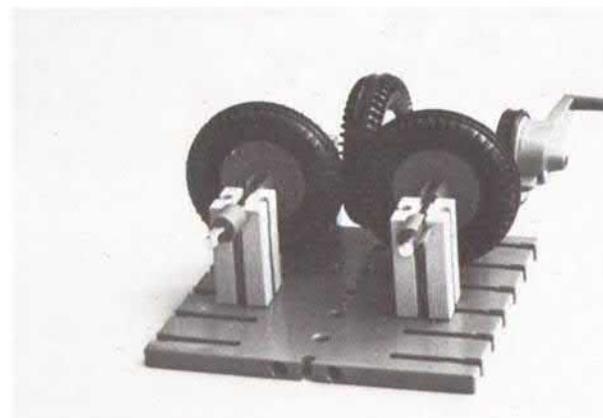


Abb. 2.3 Reibradgetriebe

- Lösung 3: Reibradgetriebe; Übertragungswinkel veränderbar (Abb. 2.3).
- Lösung 4: Lenkrollenriementrieb; im „Knick“ muß das Zugmittel über zwei Rollen geführt werden, die sich dabei entgegengesetzt drehen; beliebiger Übertragungswinkel (Abb. 2.4).
- Lösung 5: Kardangelenk; der Winkel muß größer als 90° sein, kann aber in diesem Bereich beliebig verändert werden (Abb. 2.5).

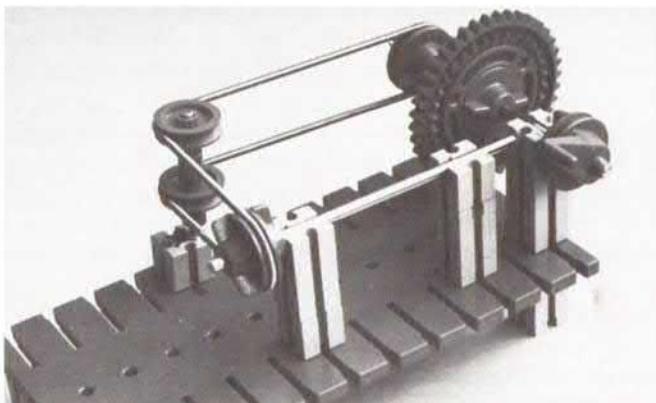


Abb. 2.4 Lenkrollenriementrieb

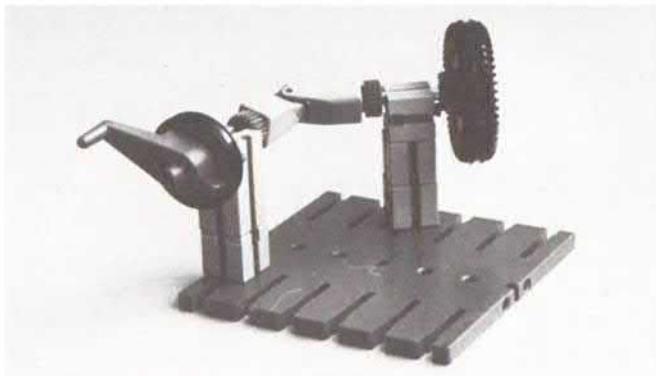


Abb. 2.5 Kardangelenk

Abb. 2.6 zeigt das spontane Experiment eines Schülers. Mit der Feder aus einem Kugelschreiber schuf er eine elastische Welle, die einwandfrei die Drehung weiterleitete. Auch mit Hilfe kleiner Schlauchstücke (Ventilgummi) läßt sich eine elastische Welle darstellen.

Auf Abb. 2.7 wurden zwei Stirnräder winkelig zum Kämmen gebracht. Daß diese Konstruktion unbefriedigend ist, wird sofort offenkundig, wenn man die Kurbel schnell dreht. Den Grund, die mangelhafte Verzahnung, erkannten die Schüler gleich.

Auch die Kombination von Stirnrad und Reibrad (Abb. 2.8) ist technisch eine unechte Lösung. Dieses Modell war jedoch voll funktionsfähig, da die Reibräder des Baukastens durch ihr Seitenprofil wie Zahnräder wirken.

Zur Erweiterung und Übung bietet sich eine Wettbewerbsaufgabe an: *Eine Drehung soll so oft wie möglich um die Ecke geführt werden.*

Realbezug

Es wird an die aus der vorangegangenen Aufgabe schon bekannten realen Getriebe unter dem Aspekt des Übertragungswinkels erinnert. Im Gespräch wird nach den Gründen geforscht, warum eine winkelige Übertragung stattfindet.

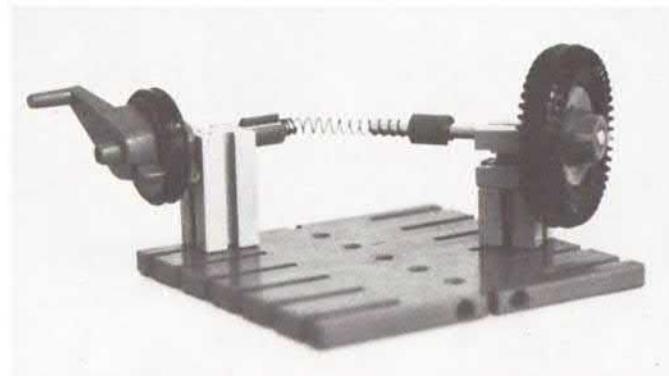


Abb. 2.6 Feder als elastische Welle

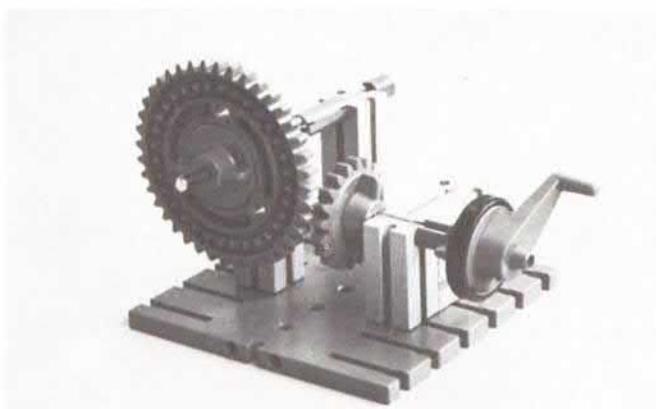


Abb. 2.7 Fehllösung: die Verzahnung ist mangelhaft

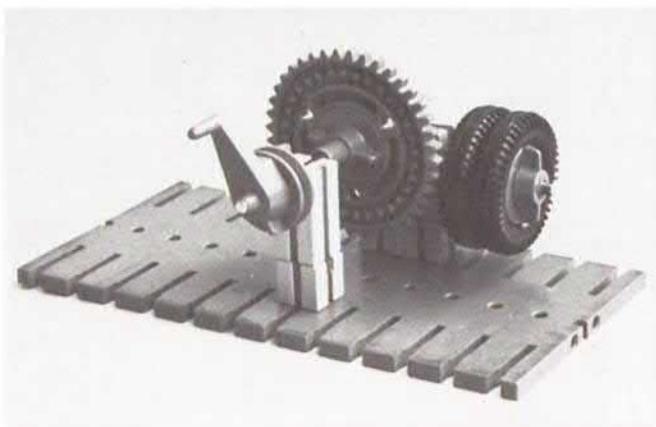


Abb. 2.8 Kombination von Zahnrad und Reibrad: technisch eine unechte Lösung

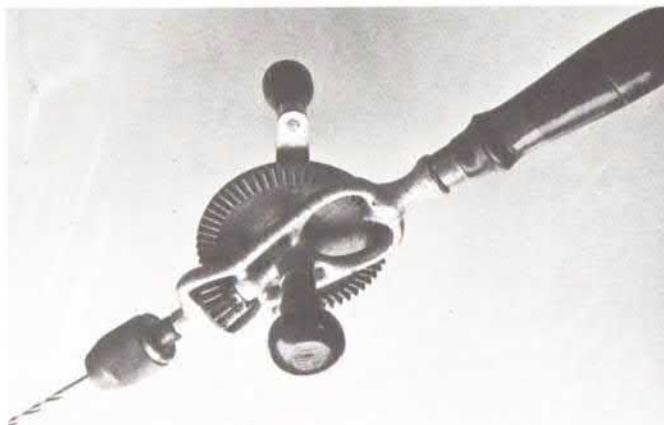


Abb. 2.9 Handbohrmaschine

Beispiele

Handbohrmaschine: Die Winkelübertragung erleichtert die Handhabung. Wenn der Bohrer senkrecht dreht, ist es bequemer, die Kurbel waagerecht zu betätigen (Abb. 2.9).

Fahrraddynamo: Die Welle des Dynamos könnte auch parallel zur Achse des Vorderrades laufen. Doch würde eine Anbringung in dieser Lage sehr unpraktisch sein.

Sicherheitslenksäule: Bei der Lenksäule vieler Autos haben die Kardangelenke eine Sicherheitsaufgabe. Sie fangen bei einem Unfall den Stoß auf, der Fahrer wird nicht aufgespießt wie durch eine starre Säule (Abb. 2.10).

Kardanwelle bei LKWs: Sie leitet die Kraft des Motors auf die niedriger liegende Hinterachse. Zusätzlich fängt sie die Federbewegungen der Hinterachse auf.

Nicht verwirklicht werden kann mit dem Baukasten u-t 1 das Schneckengetriebe, bei dem sich die Wellen überlagern (nicht in einer Ebene liegen). Es findet in der Technik häufig Verwendung, weil es stark untersetzt und sich gut zur Übertragung großer Kräfte eignet. Schneckengetriebe sind selbsthemmend und können sich deshalb nur in einer Richtung drehen, d.h., nur die Schnecke ist antreibbar (Abb. 2.11).

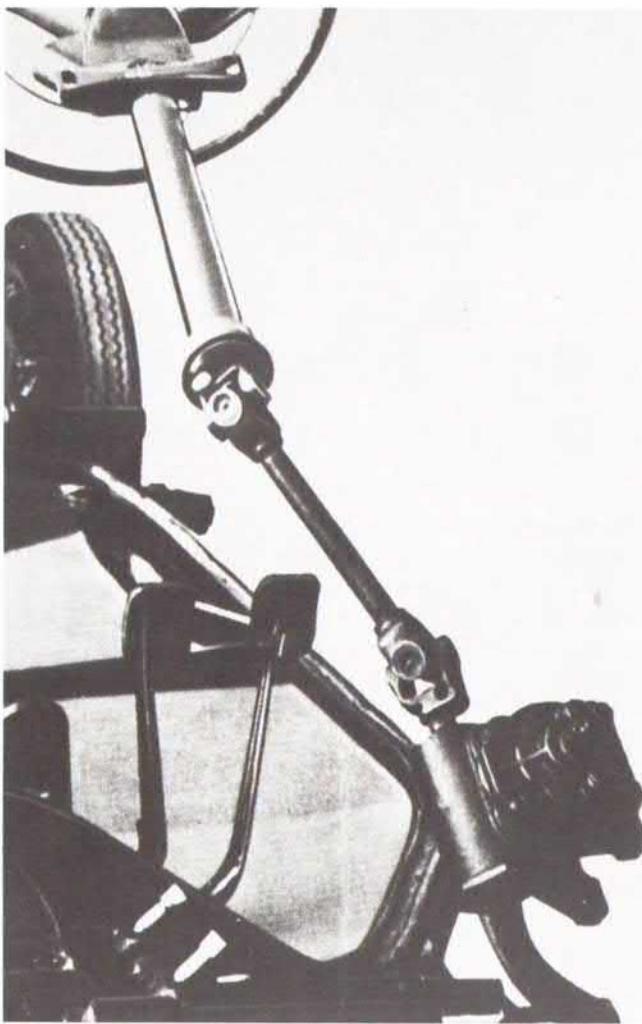


Abb. 2.10 Sicherheitslenksäule eines PKW

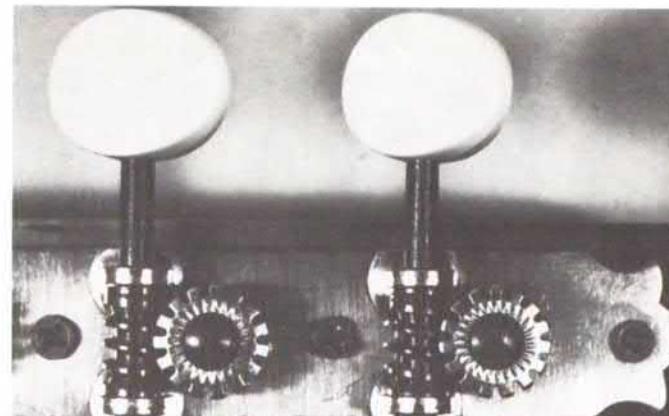


Abb. 2.11 Schneckengetriebe zum Spannen der Saiten (Gitarre)

Die elastische Welle, die ein Schüler durch eine Feder darstellte (Abb. 2.6), entspricht in der Realität den biegsamen Wellen, die aus zusammengedrehten Stahldrähten bestehen und zum Übertragen kleiner Kräfte zwischen Wellen beliebiger Anordnung dienen. Sie werden z.B. als Tachometerwelle oder zum Antrieb von Bohrköpfen (Abb. 2.12) eingesetzt.

Zusammenfassung für den Schüler

Es gibt mehrere Möglichkeiten, Drehbewegungen im Winkel weiterzuleiten, sie also um die Ecke zu lenken. Häufig werden dazu besonders geformte Zahnräder verwendet; sie heißen Kegelzahnräder. Auch ein Stirnrad kann Drehungen winkelig weitergeben. Dann muß das zweite Rad an der Seite verzahnt sein (Kronenrad). Reibräder zur Winkelübertragung haben entweder Kegelform oder sie wirken als Stirn- und Kronenrad (z.B. Fahrraddynamo). Werden Zugmittel um die Ecke geleitet, müssen sie im Knick über zwei Rollen, die Lenkketten, geführt werden. Das Kardangelenk kann nur in Winkeln von mehr als 90° übertragen. Doch ist der Winkel dann auch während des Betriebes verstellbar.

Schmayl

3 Drehbewegungen umformen

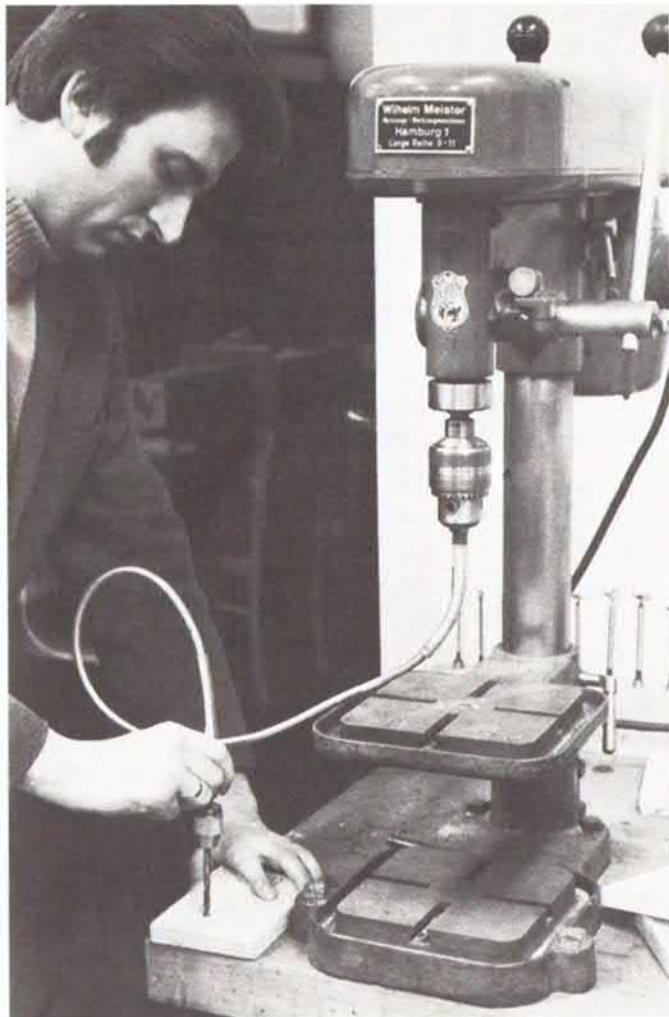


Abb. 2.12 Über eine elastische Welle angetriebener Bohrer

Sachinformation

Durch den Einsatz unterschiedlich großer Räder werden in gleichförmig übersetzen Getrieben Drehzahl und Drehmoment verändert. Man spricht dann von einer Übersetzung.

1. Verändern der Drehzahl (Drehgeschwindigkeit)

Treiben sich zwei verschieden große Räder, so drehen sie sich unterschiedlich schnell. Trotzdem haben beide die gleiche Umfangsgeschwindigkeit, d. h., alle Punkte auf den Umfängen der Räder drehen sich gleich schnell. Das ist leicht einzusehen, wenn man sich vorstellt, daß z. B. in Zahnradgetrieben ein Zahn des einen Rades jeweils nur einen Zahn des nächsten Rades weiterschiebt. Die Abweichungen der Drehzahlen pro Zeiteinheit ergeben sich aus den unterschiedlichen Umfängen der Räder.

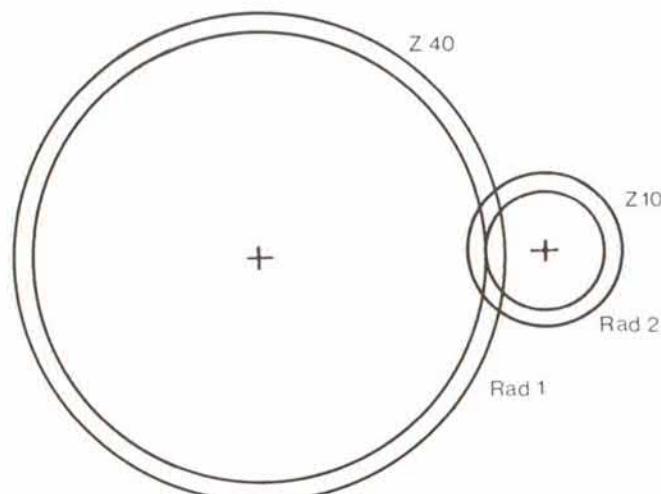
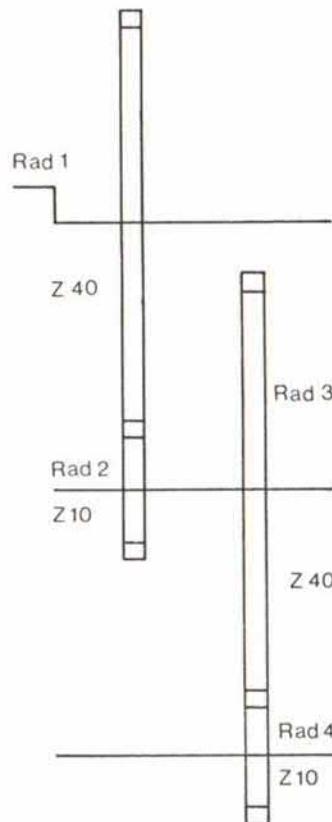


Abb. 3.1 Unterschiedlich große Räder verändern die Drehzahl

Treibt also z. B. ein Zahnrad mit 40 Zähnen (Rad 1) ein anderes mit nur 10 Zähnen (Rad 2), dann entspricht 1/4 Umfang von Rad 1 dem ganzen Umfang von Rad 2. Bei einer ganzen Umdrehung von Rad 1 dreht sich Rad 2 viermal (Abb. 3.1). Dieses Verhältnis der Drehzahlen ist das Übersetzungsverhältnis. Es beträgt in unserem Beispiel 1:4. Treibt umgekehrt ein kleines Rad ein großes, so wird die Drehgeschwindigkeit herabgesetzt. Es liegt dann eine Übersetzung ins Langsame vor (Untersetzung). Die Drehzahlen verhalten sich jeweils umgekehrt wie die Durchmesser oder Umfänge der Räder.



30 Abb. 3.2 Zweistufige Getriebe (Übersetzung 1:16)

Berechnung:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{u_2}{u_1}$$

i = Übersetzungsverhältnis

n = Drehzahl

d = Raddurchmesser (bei Zahnradern, Teilkreisdurchmesser, siehe Abb. 1.1)

Z = Zahl der Zähne

u = Umfang

Bei der Kombination mehrerer Einzelübersetzungen zu einem mehrstufigen Getriebe multiplizieren sich die Übersetzungsverhältnisse. Dabei müssen aber Rad 2 und Rad 3 auf einer Welle sitzen (Abb. 3.2). Die Gesamtübersetzung ist dann das Produkt der Einzelübersetzungen.

Berechnung:

$$i_G = \frac{n_A}{n_E} = i_1 \cdot i_2 = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3}$$

i_G = Gesamtübersetzungsverhältnis

n_A = Anfangsdrehzahl

n_E = Enddrehzahl

2. Verändern des Drehmoments

Am Hebel wird das Produkt aus Kraft mal Kraftarm Drehmoment genannt. Nun kann man jedes Rad in einem Getriebe als gleichmäßigen Hebel mit der Achse als Drehpunkt auffassen. Dementsprechend erhält man das Drehmoment, wenn der Radius mit der Kraft multipliziert wird, die am Umfang (bei Zahnradern am Teilkreis) angreift. Stehen unterschiedlich große Räder im Eingriff, ist die Umfangskraft stets gleich ($F_{u1} = F_{u2}$). Am größeren Rad ergibt sich jedoch wegen des größeren Radius ein größeres Drehmoment (Abb. 3.3).

Berechnung:

$$M_1 = F_{u1} \cdot r_1$$

$$M_2 = F_{u2} \cdot r_2$$

M = Drehmoment

F_u = Umfangskraft

r = Radius

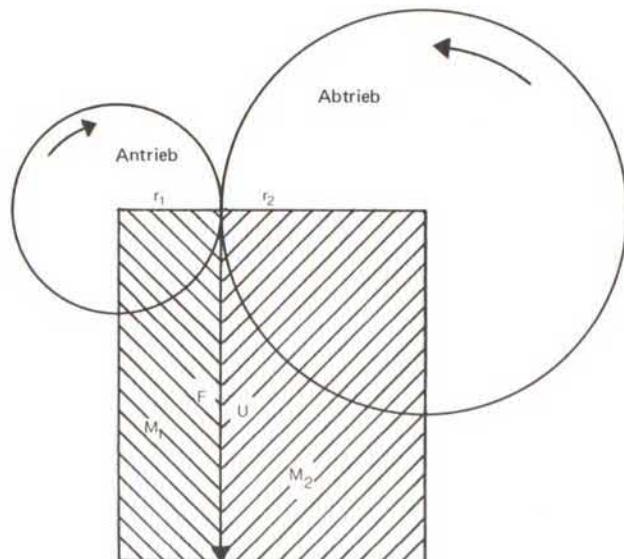


Abb. 3.3 Drehmomente bei einstufigem Getriebe

Mit Rädergetrieben ist es also möglich, das Drehmoment zu vergrößern, indem der Kraftarm (Radius des angetriebenen Rades) verlängert wird. Nach der goldenen Regel der Mechanik muß dafür aber ein längerer Kraftweg (langsamer Drehzahl des angetriebenen Rades bzw. häufigere Drehung des treibenden Rades) in Kauf genommen werden. Die Drehmomente verhalten sich wie die Durchmesser oder Umfänge (Zähnezahlen) der Räder.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Didaktische Gesichtspunkte

Es empfiehlt sich, die Übersetzung in zwei Schritten zu erarbeiten, von denen jeder eine Doppelstunde in Anspruch nimmt. Zuerst wird von den Schülern die einstufige Überset-

zung gefordert, bei der nur zwei Räder zusammenspielen. An diesen leicht durchschaubaren Modellen erkennen sie die Ursachen der Drehzahlveränderung und lernen Übersetzungen berechnen. In der zweiten Doppelstunde wird dann der Bau eines zusammengesetzten Getriebes aufgegeben. Bei unseren Versuchen hat sich immer wieder gezeigt, daß von der einstufigen Übersetzung zur Verwirklichung einer mehrstufigen ein Sprung besteht, den viele Schüler erst nach eindeutigen Hinweisen bewältigen. Eine große Hilfe ist es, nicht von der Drehzahl der Räder, sondern immer nur von der Drehzahl der Wellen bzw. Achsen zu sprechen. Das erspart den Schülern den Denkschritt, daß alle auf einer Welle sitzenden Räder sich gleich schnell drehen, wobei der Umfang der Räder keine Rolle spielt. Daß dieser relativ einfache Sachverhalt nicht bewußt wird, ist meist der Grund, wenn die Konstruktion komplizierterer Getriebe nicht gelingt. Während die Drehzahlveränderung durch eine Übersetzung sichtbar ist, von den Schülern schnell entdeckt wird und auch leicht gemessen werden kann, bleibt die Drehmomentveränderung zunächst verborgen. Es ist aber möglich, diese Erscheinung im Gespräch zu streifen. Aus eigenen Erfahrungen – etwa von der Ketteneschaltung am Fahrrad her – werden die Schüler beisteuern können, daß die Übersetzung ins Schnelle mehr Kraft erfordert, durch die Untersetzung dagegen Kraft gespart werden kann. Das Wirken der Hebelgesetze dabei kann noch nicht durchschaute werden.

Lernziele

Konstruieren einer einstufigen und einer mehrstufigen Übersetzung

Erkennen, daß die Drehzahl der Räder von ihrem Umfang abhängt

Berechnen von Übersetzungsverhältnissen

Begriffe: Drehzahl, Übersetzung, Untersetzung, Übersetzungsverhältnis, Umfangsgeschwindigkeit, mehrstufiges Getriebe

Aufgabenstellung 1

Baue ein Getriebe mit zwei parallelen Wellen für Antrieb und Abtrieb. Das Getriebe soll die langsame Drehung der Antriebswelle in eine schnellere Drehbewegung der Abtriebswelle umwandeln.

Aufgabenstellung 2

Versuche nun, eine möglichst schnelle Drehung der Abtriebswelle zu erreichen, also eine möglichst hohe Übersetzung zu bauen (mindestens 1:8). Dazu dürfen alle verfügbaren Gummi- und Zahnräder benutzt werden.

Unterrichtsdurchführung

Material: Baukästen u-t 1, Klebeband

Obwohl in den vergangenen Stunden schon zum Teil Übersetzungen ins Schnelle gebaut worden waren, bedeutete die neue Aufgabe trotzdem ein Problem, für das die allermeisten Schüler zunächst keine Lösung wußten. Sie hatten die vor-

her gebauten Modelle immer nur unter dem Aspekt des jeweiligen Arbeitsauftrages betrachtet und überprüft. Auf die Drehzahlen hatten sie dabei nicht geachtet. Die meisten Lösungen waren Zugmittelgetriebe und dann Zahnradgetriebe, bei denen das große Zahnrad (Z40) und das mittlere (Z20) eingesetzt wurden. – In den Zugmittelgetrieben kam das Bemühen um ein stabiles Gestell zum Ausdruck, das der Kraft der Spirale widerstehen sollte. Auf Abbildung 3.4 setzte der Schüler jeweils zwei Steine zum Abstützen neben die beanspruchten Lagersteine. Die stabilisierende Wirkung ist gering, da die Stützen auch nur in der Grundplatte verankert sind und mit den Lagersteinen keine Verbindung haben (etwa durch Verbindungsstücke). Weil auf beiden Wellen eine Kurbel angebracht ist, konnten wir bei der Auswertung an diesem Modell feststellen, daß durch die Umkehrung von Antrieb und Abtrieb aus einer Übersetzung ins Schnelle eine Übersetzung ins Langsame wird. Auf Abbildung 3.5 ist dem Schüler für den Antrieb ein sehr stabiler Gestellteil gelungen, während die Lagersteine des Abtriebs deutlich erkennbar nach innen gezogen werden. Die Kombination von Z40 und Z20 (Abb. 3.6) ist die einfachste Zahnradübersetzung, weil die Zahnräder ohne ver-

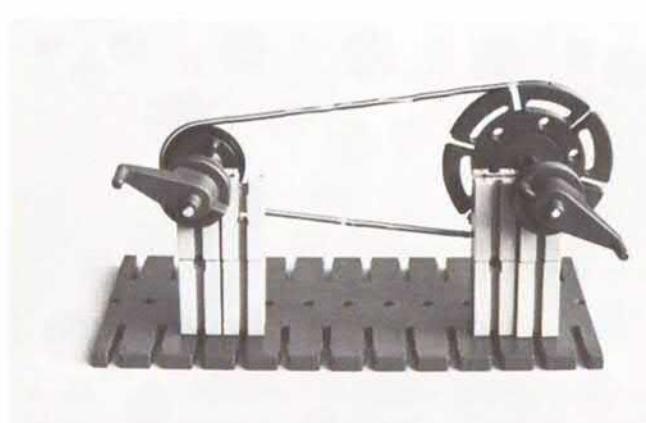


Abb. 3.4 Übersetzung 1:1,9; bei Benutzung der linken Kurbel 1,9:1

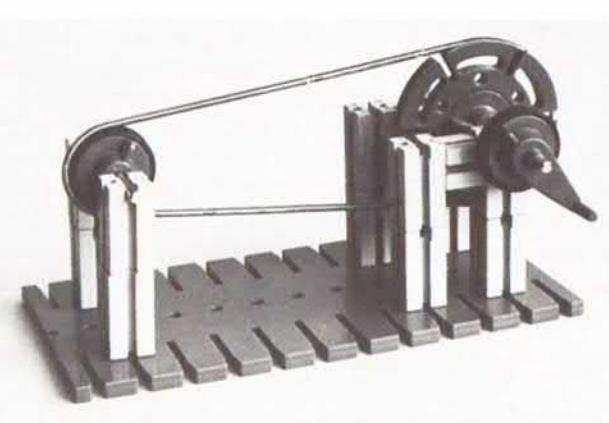


Abb. 3.5 Übersetzung 1:1,9

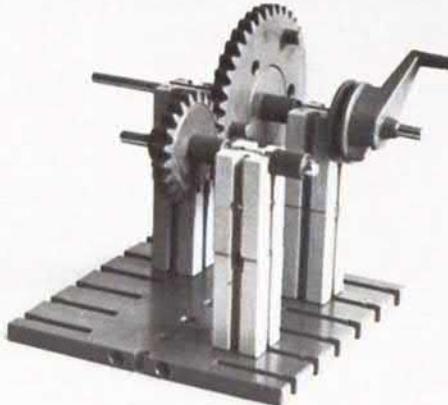


Abb. 3.6 Zweifache Übersetzung

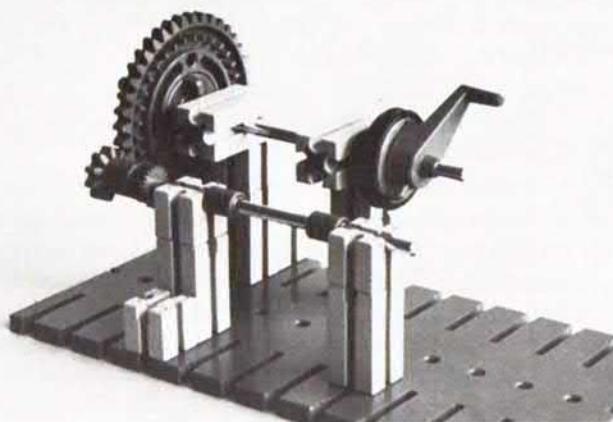


Abb. 3.8 Übersetzung 1:4; Antriebs- und Abtriebswelle verschiebbar gelagert

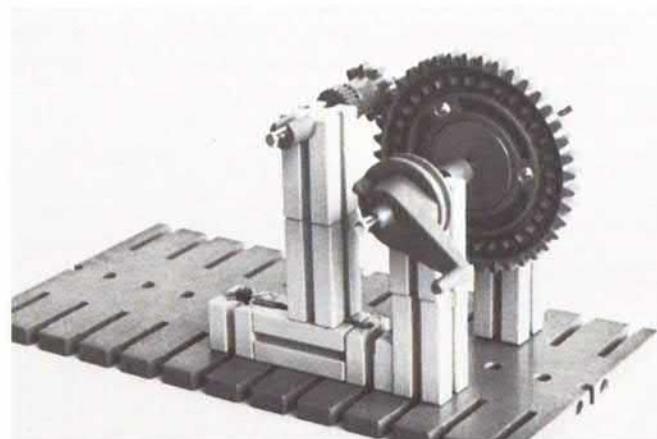


Abb. 3.7 Vierfache Übersetzung; Abtriebswelle verschiebbar gelagert

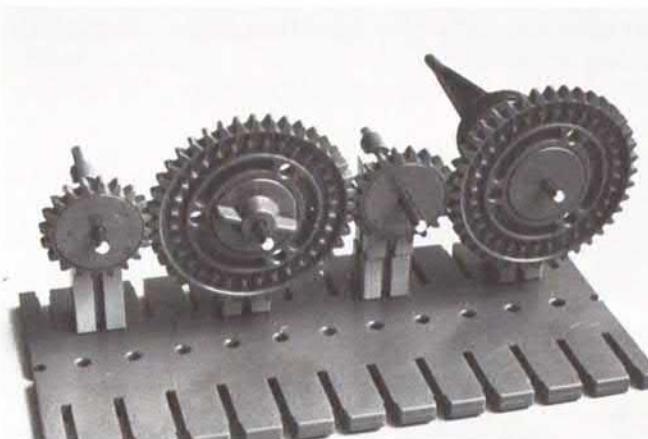


Abb. 3.9 Übersetzung 1:2; uneffektive Kombination zweier Getriebestufen

schiebbare Wellenlagerung einwandfrei kämmen. Es war deswegen eine häufige Lösung. Abb. 3.7 und 3.8 zeigen Übersetzungen von 1:4. Diese Lösung ist nur möglich, wenn sich eine der beiden Wellen verschieben läßt. Auf Abbildung 3.7 kann man die Abtriebswelle verschieben, auf Abbildung 3.8 sogar beide Wellen.

Die Konstruktionen wurden folgendermaßen verglichen: Die Abtriebswelle erhielt eine Klebemarke. Dann wurde gezählt, wie oft sich die markierte Welle bei einem Umschwung der Kurbel dreht. Im Gespräch wurde nach den Gründen für die Drehzahlerhöhungen geforscht. Das Zählen der Zähne bzw. das Messen der Radumfänge waren Anstöße, die die Schüler auf den richtigen Weg brachten. In einem weiteren Schritt wurde das Berechnen des Übersetzungsverhältnisses eingeführt und geübt.

Die Konstruktion eines mehrstufigen Getriebes enthält für Schüler dieser Altersstufe erhebliche Schwierigkeiten. Im Verlauf des Bauens zeichnete der Lehrer eine Skizze ähnlich der Abbildung 3.2 an die Tafel. Trotz dieser massiven Hilfe gelang einigen Schülern keine Lösung. Oft wurden mehrere Getriebestufen so hintereinandergeschaltet, daß jedes Rad

auf einer Welle saß. An der Stelle, wo zwei Stufen zusammenstoßen, entsteht eine Untersetzung, die die vorher gewonnene Drehzahlerhöhung wieder aufhebt (Abb. 3.9). Die Übersetzung des ganzen Getriebes ist in einem solchen Fall so groß wie die der am stärksten übersetzenden Einzelstufe. Diesen Fehler zu erkennen und seine Ursache zu erklären, war ein wichtiger Punkt des auswertenden Gesprächs. Denn ein so kleiner Effekt beim Einsatz so vieler Zahnräder fordert die Fragen der Schüler geradezu heraus.

Die 16fache Übersetzung der Abbildung 3.10 entstand in Partnerarbeit zweier Mädchen. Da sie sehr schnell damit fertig waren, versuchten sie, auf eine noch höhere Übersetzung zu kommen. Durch den Anschluß einer weiteren Stufe aus zwei Reibrädern gelang ihnen ein Übersetzungsverhältnis von 1:25 (Abb. 3.11). Damit war auch fast die Grenze des Baukastens erreicht. Bei einer vierten Stufe muß die Kurbel unter solchem Kraftaufwand gedreht werden, daß die Räder nicht mehr fest auf den Wellen sitzen, sondern sich ohne sie drehen. Im Modell der Abbildung 3.12 kämmen die beiden letzten Zahnräder nicht mehr einwandfrei, hauptsächlich wegen der einseitigen Lagerung der Abtriebswelle.

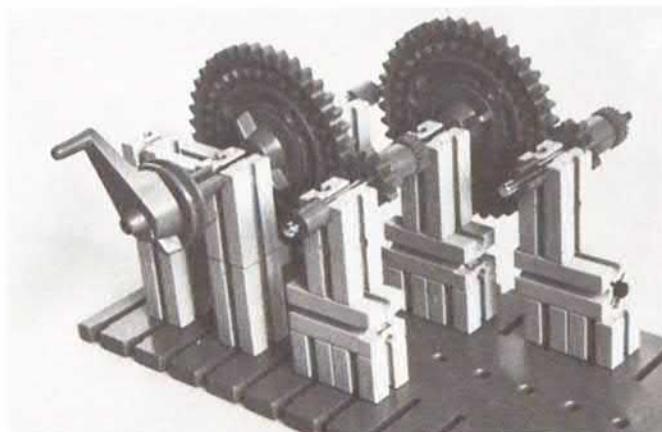


Abb. 3.10 Mehrstufige Übersetzung 1:16

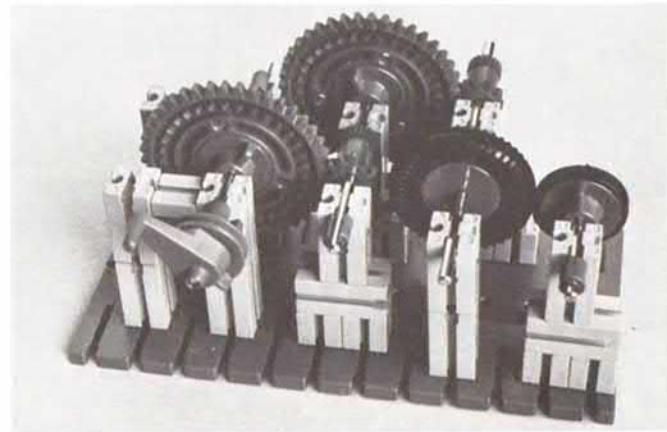


Abb. 3.11 Erweiterung von Abb. 3.10 mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:25

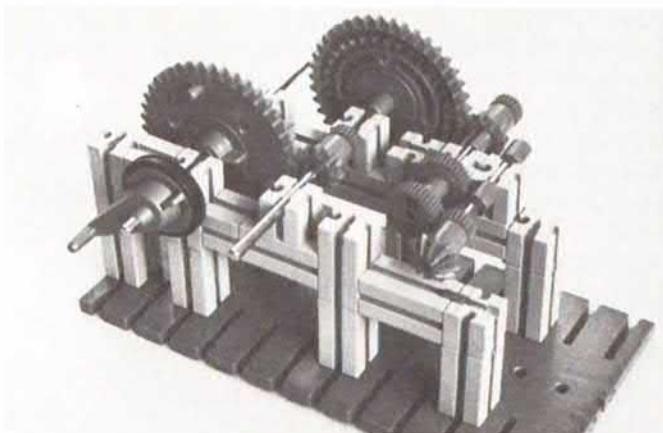


Abb. 3.12 26fache Übersetzung

Damit die Schüler eine gewisse Sicherheit im Errechnen von Übersetzungen erreichten, schloß eine Phase mit Rechenübungen dieses Themas ab. Nach gegebenen Zähnezahlen, Umfängen, nach Zeichnungen und Abbildungen waren die Übersetzungsverhältnisse einfacher und zusammengesetzter Getriebe zu ermitteln.

Realbezug (siehe unter „Die Schleifmaschine“)

Zusammenfassung für den Schüler

Mit der Übersetzung kann die Drehgeschwindigkeit geändert werden. Dazu sind verschiedene große Räder nötig. Wenn ein großes Rad ein kleineres antreibt, dreht sich das kleinere schneller als das große. Man spricht dann von einer Übersetzung ins Schnelle. Treibt umgekehrt ein kleines Rad ein größeres an, handelt es sich um eine Übersetzung ins Langsame (Untersetzung).

Teilt man den Umfang (oder die Zähnezahl) des angetriebenen Rades durch den Umfang (Zähnezahl) des Treibrades,

erhält man das Übersetzungsverhältnis. Es zeigt an, um wieviel das Getriebe die Drehzahl erhöht. Mehrere einfache Getriebe können zu einem mehrstufigen Getriebe zusammengesetzt werden. Das Gesamtübersetzungsverhältnis errechnet sich, indem man die Übersetzungen der einfachen Getriebe multipliziert.

Schmayl

4 Die Schleifmaschine

Sachinformation

Gleichförmig übersetzende Getriebe kennen außerordentlich viele Anwendungsgebiete. Das ist einmal darin begründet, daß die Drehbewegung eine äußerst günstige Kraftübertragung ist. Zum anderen aber liefert der Antrieb (Motor, Wasser, Wind, Muskelenergie) selten die Kraft in der Form und Dosierung, wie sie am Arbeitsorgan der Maschine gebraucht wird. Die Drehgeschwindigkeit kann zu niedrig sein, dann wird sie durch ein Übersetzungsgetriebe erhöht (Fahrrad). Sie kann zu hoch sein, dann vermindert eine Untersetzung sie (Autogetriebe). Oder es wird ein hohes Drehmoment gebraucht, obwohl nur ein geringer Krafteinsatz möglich ist. Dann wird das Drehmoment von einer Untersetzung erhöht. (Seilwinde).

Getriebe formen also mechanische Energie in die benötigte Größenordnung, Bewegungsrichtung und Bewegungsgeschwindigkeit um. Schaltgetriebe können diese Werte, zum Teil während des Betriebes, verstetigen. Welche Getriebekonstruktion im Einzelfall benutzt wird, hängt in erster Linie von der technischen Zwecksetzung ab. (Siehe auch unter Sachinformation „Drehbewegungen geradlinig weiterleiten“.) Daneben sind auch wirtschaftliche Aspekte maßgebend. Für die Fülle der Anwendungssituationen ist im Laufe der Technikgeschichte eine erstaunliche Vielfalt von Getriebeformen entwickelt worden, die durch Verwendung neuer Werkstoffe immer noch vergrößert wird (z.B. Zahnriemen aus Kunststoff).

Didaktische Gesichtspunkte

Dieses Thema stellt die Konstruktion eines Getriebes unter die Anforderungen einer Bedarfssituation. Das zu bauende Getriebe erhält als Hauptteil einer Arbeitsmaschine eine genau umrissene Funktion, die für die Leistungsfähigkeit der Maschine entscheidend ist. Die Getriebefunktion wird im

Gespräch erläutert und geklärt. Die Aufgabe der Schüler besteht nun darin, vom Zweck der Maschine her sich für eine geeignete Getriebeart und ein günstiges Übersetzungsverhältnis zu entscheiden. Außerdem kommt es in höherem Maß auf die Qualität der Bauausführung, vor allem des Gestells, an als bei den Themen vorher. Denn die Ausführungsqualität beeinflußt sehr deutlich den Wirkungsgrad der Maschine. Es genügt jetzt nicht mehr, wenn sich die Räder gerade noch drehen, sie müssen das unter stärkeren Belastungen und über längere Zeit tun. Andernfalls kann mit der Maschine eben nicht geschliffen werden. Die Notwendigkeit, ihre Bemühungen auf den Maschinenzweck abzustimmen, ist für die Schüler nicht nur eine neue Forderung, sie ist zugleich auch Motivation.

Die allgemeinere Zielsetzung dieses Themas ist es, Einsatzgründe und -orte von Getrieben erkennen zu helfen, indem das Augenmerk der Schüler auf die Rolle des Getriebes in einer Maschine gelenkt wird.

Lernziele

Konstruieren eines funktionstüchtigen Schleifmaschinenmodells

dazu: Wahl der geeigneten Getriebeart und eines günstigen Übersetzungsverhältnisses, Bau eines den Belastungen gewachsenen Gestells

Erkennen von Übersetzungsfällen in der Umwelt und Berechnen der Übersetzungsverhältnisse

Kennenlernen des allgemeinen Bauprinzips von Maschinen und Wiedererkennen dieses Prinzips in der Realität

Begriffe: Energieteil, Getriebe, Arbeitsteil, Arbeitsorgan, Gestell, Gehäuse

Aufgabenstellung

Baue eine Schleifmaschine, mit der sich Bleistifte anspitzen lassen. Benutze für die Schleifscheibe oder den Schleifstein Schmirgelpapier oder -leinen.

Nach der Nennung der Aufgabe zeigt der Lehrer, wie man für eine Schleifscheibe ein rundes Stück Schleifpapier (mittlere bis grobe Körnung) auf eine Drehscheibe setzen kann: In die Mitte des Schleifpapierkreises wird ein Loch geschnitten, das etwas kleiner als die Naben des Baukastens ist. Mit einer Flachnabe wird das Schleifleinen auf der Drehscheibe festgeklemmt. Zur Herstellung eines „Schleifsteins“ wird ein Streifen Schmirgelleinen über eine Seiltrommel gerollt und an den beiden Enden mit sich selbst verklebt (Kontaktkleber). Die Seiltrommel soll dabei nicht mit dem Kleber in Berührung kommen.

Gesprächsweise wird geklärt, daß Schleifscheibe oder Schleifstein durch ein Getriebe in eine schnelle Drehung versetzt werden muß.

Unterrichtsdurchführung

Material: Baukästen u-t 1 und Zusatzmaterial: Schleifpapier, Schleifleinen, Kontaktkleber, Bleistifte

Mit Konstruktionen, in denen keine schweren Fehler stecken, kann ohne weiteres ein Bleistift angespitzt werden. Dieses „wirkliche Funktionieren“, die überprüfbare Maschinenleistung übt großen Reiz aus und animiert zum Verbessern der Modelle.

Es zeigte sich, daß die formschlüssige Kraftübertragung durch Zahnradübersetzungen den reibschlüssigen Zugmitteltrieben eindeutig überlegen ist. Auf Abbildung 4.1 ist die Reibung des Bleistiftes am Schleifkörper größer als die Haftreibung zwischen Spirale und Riemenscheiben, so daß die Scheiben durchdrehen und der Kraftfluß unterbrochen ist. Deshalb ist diese Arbeit nicht voll funktionsfähig, obwohl das Gestellproblem hervorragend bewältigt wurde. An der Gestellproblematik scheiterte ein Mädchen, das die Schleifscheibe in die Waagerechte legte (Abbildung 4.2). Wenn der Bleistift auf die Schleifscheibe gedrückt wird, halten die Wellen der Belastung infolge ihrer einseitigen Lagerung nicht stand. Sie weichen aus, und die Zahnräder kämmen

nicht mehr. Eine Fehllösung ist auf Abbildung 4.3 zu sehen. Hier findet keine Drehzahlerhöhung statt. Das Getriebe ist sinnlos. Eine gerade noch funktionierende Konstruktion zeigt die Abbildung 4.4. Die gewählte Übersetzung von 1:16 erwies sich als fast zu hoch. Wenn man den Bleistift stärker andrückt, werden die Kräfte auf den Wellen so groß, daß die

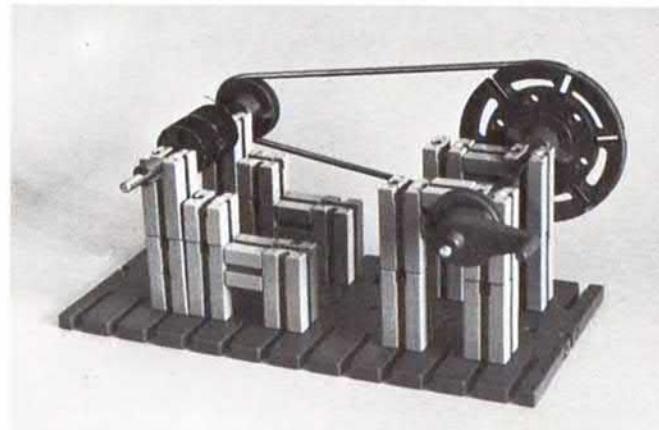


Abb. 4.1 Wegen des Zugmitteltriebs funktionsunfähige Lösung

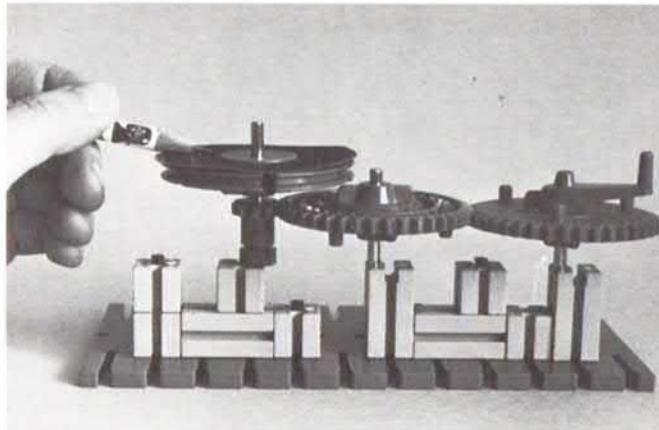


Abb. 4.2 Waagerecht laufende Schleifscheibe

Klemmverbindung der Naben nicht mehr hält. Als sehr günstige Übersetzungen stellen sich die Verhältnisse von 1:4 und 1:8 heraus.

Zu seiner Schleifmaschine (Abbildung 4.5) baute dieser Schüler eine Werkstückhalterung, mit der das Werkstück gleichmäßig gegen die Schleifscheibe bewegt werden kann.

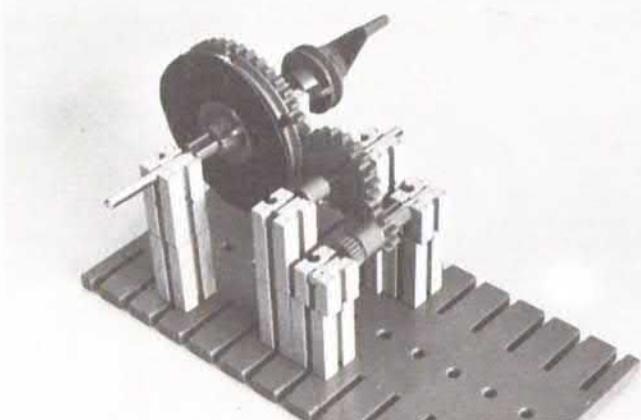


Abb. 4.3 Fehllösung: das Getriebe ist nutzlos

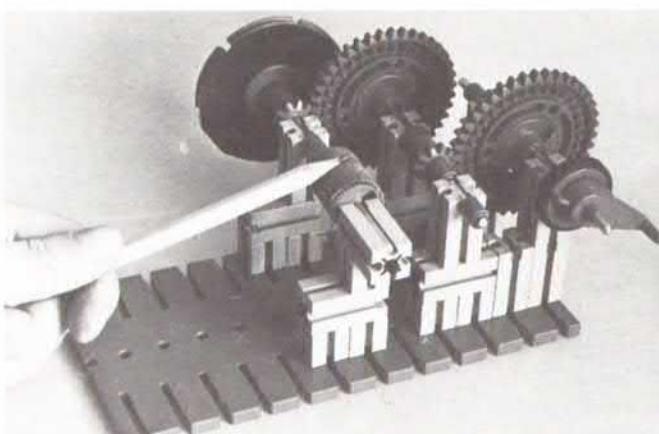


Abb. 4.4 Schleifmaschine mit „Schleifstein“ und „Schleifscheibe“

Die Arbeit der Abbildung 4.6 ist ebenso originell wie komplex. Vom Antrieb her wird die Drehung zunächst im rechten Winkel umgeleitet, sodann geteilt und auf zwei Abtriebswellen gebracht, auf denen zwei sich gleichsinnig drehende Schleifsteine sitzen. Dabei findet eine Übersetzung von 1:2,5 statt. Das Werkstück wird, zwischen die Schleifsteine gehalten, von zwei Seiten gleichzeitig bearbeitet. Dieses Modell entspricht einer Spitzenlosschleifmaschine, bei der die Schleifkörper allerdings entgegengesetzt laufen. Der Abstand zwischen ihnen ist regelbar. Mit Spitzenlosschleifmaschinen können Werkstücke schnell, genau und wirtschaftlich rundgeschliffen werden.

Am Beispiel ihrer Konstruktionen kann den Schülern das allgemeine Bauprinzip von Maschinen erläutert werden, denn die Modelle enthalten alle Hauptteile einer Maschine:



Dieses Schema ist auf fast alle Maschinen übertragbar und eine brauchbare Erkenntnishilfe, wenn der Unterricht vom Modell auf die Untersuchung von Originalmaschinen übergeht.

Realbezug

Der Vergleich mit einer originalen Handschleifmaschine (Abb. 4.7, 4.8) ergibt eine deutliche Parallelität zu den Schülerarbeiten bei Antrieb, Getriebe und Schleifstein. Das Gestell dagegen ist in der Realität viel einfacher und zweckmäßiger. Es ist zum Gehäuse ausgeformt, das die Lager für Wellen und Achsen enthält und die Getriebeteile vor Verschmutzung schützt.

Weitere Anwendungsbeispiele:

Übersetzung ins Schnelle

Fahrradantrieb, Handbohrmaschine (Abb. 4.9), Umspulvorrichtung für Filme, Tonbandgerät, Wurfrolle an der Angel. Bei Wäscheschleuder, Ventilator und elektrischer Schleifmaschine liegt keine Übersetzung vor; die Arbeitsteile sitzen direkt auf der schnelldrehenden Welle des Elektromotors.

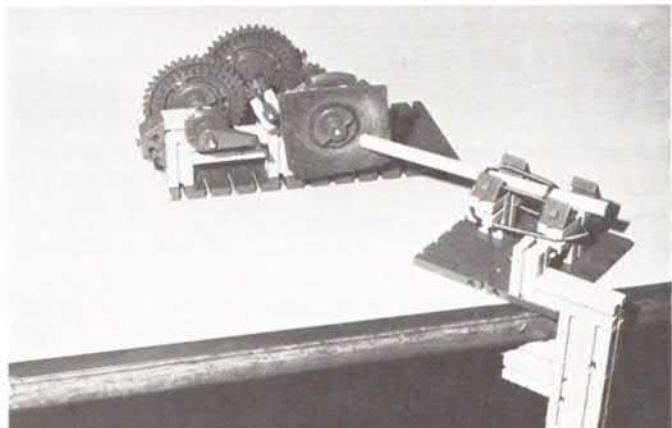


Abb. 4.5 Schleifmaschine mit Werkstückhalterung

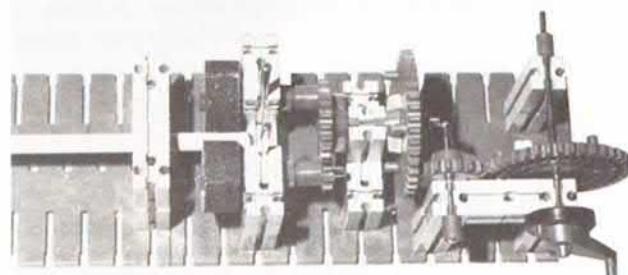


Abb. 4.6 Modell einer Spitzenlosschleifmaschine

Übersetzung ins Langsame

Autogetriebe, Seilwinde, Aufzug – Die meisten Elektromaschinen haben eine Übersetzung ins Langsame, um die schnelle Drehung des Motors herabzusetzen: elektrische Bohrmaschine, Plattenspieler, Küchenmaschinen, Alles-schneider (Abb. 4.10).



Abb. 4.7 Handschleifmaschine

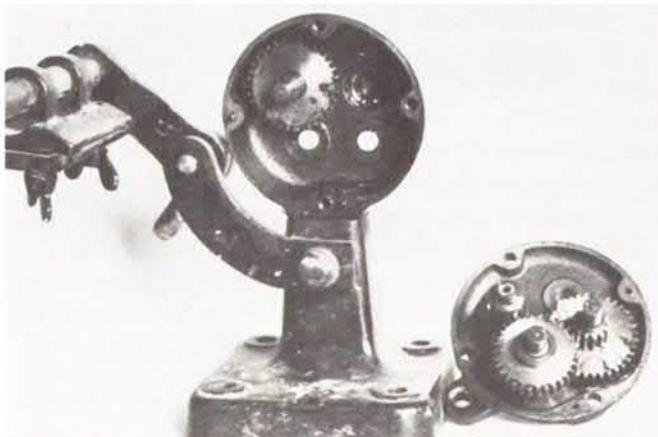


Abb. 4.8 Getriebe einer Handschleifmaschine

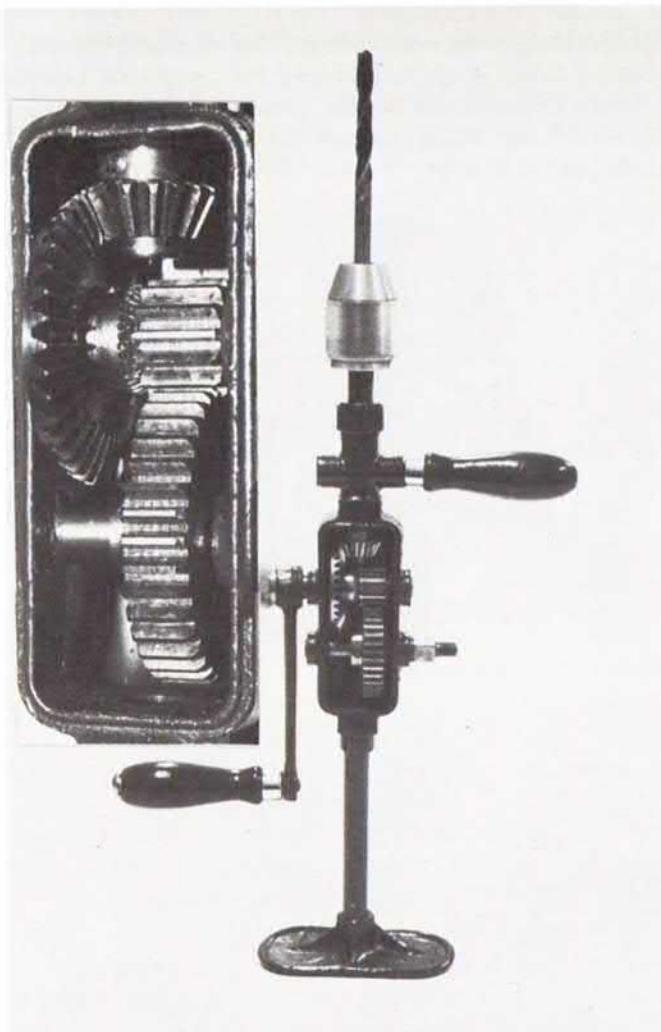


Abb. 4.9 Handbohrmaschine mit mehrfachem Getriebe

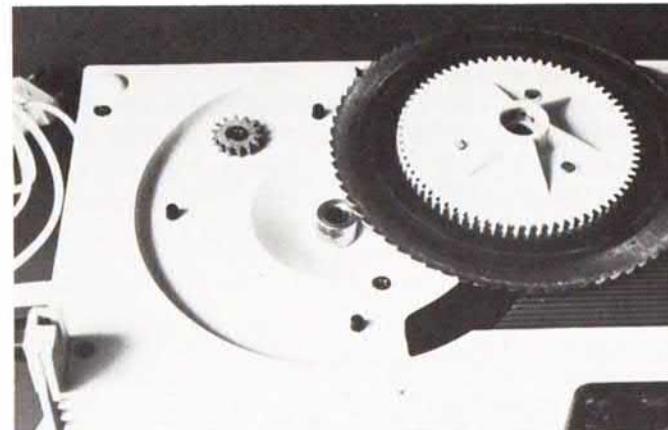


Abb. 4.10 Elektrischer Allesschneider mit abgenommenem Messer (Übersetzung 99:1). Das kleine Zahnrad wird über eine Schnecke vom Motor angetrieben, das große sitzt unmittelbar am Schneideblatt

Zusammenfassung für den Schüler

In der Technik gibt es eine große Zahl verschiedener Getriebe. Welches man in eine Maschine einbaut, hängt von der Aufgabe ab, die das Getriebe in der Maschine hat. Danach richtet sich auch das Übersetzungsverhältnis. Bei unseren Schleifmaschinen waren Zahnradgetriebe besonders geeignet, weil sie die notwendige Kraft am besten übertrugen. Zugmittel- und Reibradgetriebe drehten zu leicht durch. Für eine gute Schleifwirkung, so war zu vermuten, müßte eine möglichst hohe Übersetzung günstig sein. Doch durfte man die Übersetzung nicht höher als 1:16 wählen, weil die Baukastenteile dann nicht mehr die Belastung aushielten und die Kraftübertragung abriß.

Getriebe sind Hauptbestandteile sehr vieler Maschinen. Sie übertragen Bewegungskräfte von Antrieb zum Arbeitsorgan der Maschine. Dabei wandeln sie die Bewegung in die Form um, wie sie am Arbeitsteil benötigt wird.

Schmayl

5 Die Waschstraße

Sachinformation

Das Thema dieser U-Einheit weist auf die gegenwärtig vollendete Form von Waschanlagen hin (Abb. 5.1).

Erst mit zunehmender Motorisierung im Bereich der Personenkraftwagen während der sechziger Jahre entwickelte sich dieser Industriezweig, der es ermöglichte, Kraftfahrzeuge in kurzer Zeit zu waschen, was jedoch anfangs ohne besondere Pflege und teilweise nur unbefriedigend erfolgte. Daraus entwickelten sich recht schnell technisch reifere Lösungen, weil mehr Automation und gründlichere Pflege verlangt wurden.

Einerseits unterscheidet man *feststehende* und *bewegliche* Anlagen, andererseits Anlagen, in die das Kraftfahrzeug *hineinfährt* oder durch die es *hindurchfährt*. Die Waschstraßen gehören zu den letztgenannten. Die Zahl der Arbeitsgänge hängt von der Konstruktionsart und der Größe der Anlage ab.

Der zentrale Arbeitsgang ist das *Waschen* ohne oder mit 2 bis 5 rotierenden Bürstenwalzen, die in vertikaler und horizontaler Lage angebracht sind. Das Zentrum der Bürsten besteht aus einem perforierten Rohr, durch das klares oder mit Shampoo versehenes Wasser bei einem Druck von ca. 5 atü auf den Wagen gesprührt wird.

Der zweite wichtige Arbeitsgang ist die *Trocknung* durch meist 3 Gebläse oder mit chemischen Mitteln.

Neben diesen Haupt-Arbeitsgängen sind zwei weitere möglich. Stark verschmutzte Stellen des Wagens werden vor dem Waschgang mit einer *Sprühanlage* behandelt, aus deren Hochdruck-Sprühpistolen ein Fächerstrahl mit Waschlauge oder Klarwasser austritt. Nach dem Waschgang erfolgt bei größeren Anlagen die gesonderte *Konservierung* des Wagens durch Düsen eines zusätzlich installierten Bogens.

Federungen, Gegengewichte oder hydraulische Zylinder sorgen für eine gute Anpassung der Bürsten an die Wagen-

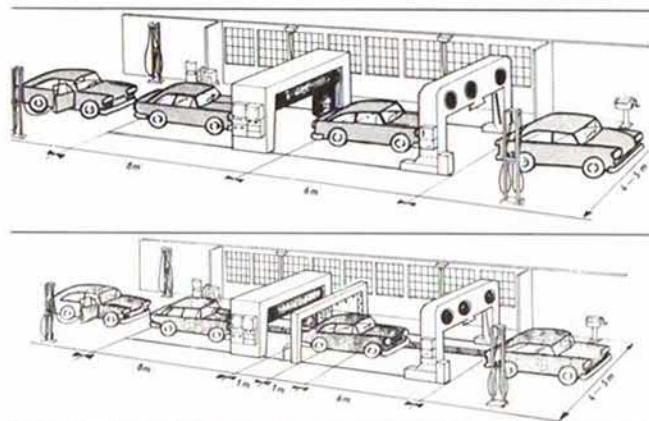


Abb. 5.1 Ein PKW in der Waschstraße

form. Muß das Fahrzeug in großen Anlagen transportiert werden, bewerkstelligt das entweder ein *Überbodenkettenzug*, ein *Schiebesystem* oder eine *Mitnehmerkette*.

Im einzelnen unterscheidet man folgende Anlagen:

- feststehende Bogen- oder Portalanlagen;
- selbstfahrende Portal- oder Kreiswaschanlagen auf Schienen;
- kleine Waschstraßen;
- Schnellwaschstraßen.

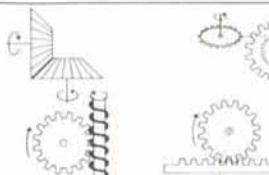
Bei der Anschaffung einer Anlage sind gründliche Überlegungen zur Rentabilität unumgänglich, da die Investitionskosten zwischen ca. 10 000 DM und ca. 150 000 DM liegen. Bevölkerungsdichte, Stammkundschaft, Bedienungspersonal und die mögliche Konkurrenz sind entscheidende Faktoren. Programmgesteuerte Schnellwaschstraßen können 20–30 Wagen pro Stunde abfertigen. Diese Frequenz muß aber auch öfters annähernd erreicht werden, wenn sich die Anschaffungskosten in Gewinn umwandeln sollen.

Beim Gespräch über Autowaschanlagen sollten die Gedanken den Umweltschutz nicht übergehen. Schon jetzt kann wohl gesagt werden, daß Waschanlagen umweltfreundlich sind, da sie die Bodenverschmutzung der Handwäsche vor der Garage vermeiden. Sollte eine dahin gehende gesetzli-

che Regelung getroffen werden, wird die Bedeutung der Waschanlagen sprunghaft steigen. Dann jedoch wird der Nachteil offenkundig: Die Anlagen haben einen teilweise enormen Wasserverbrauch, der bei ca. 25 Kubikmeter pro Stunde liegen kann. Wasseraufbereitungsanlagen sollten deshalb schon heute zur Ausstattung gehören (1).

Didaktische Gesichtspunkte

Für den Unterricht ist die Waschstraße das interessantere Objekt innerhalb der Auswahl von Waschanlagen, weil hierbei mehrere Arbeitsgänge zu beachten sind, die unter dem Stichwort *Getriebe* zusammengefaßt werden. Für die

Name verwendeter Elemente	Art der Übertragung	Prinzip	Skizze
Antriebswelle Kurbelwelle	direkt direkt	Welle Welle	
Kette, Seil, Keilriemen, Flachriemen, Zahnriemen	geradlinig gekreuzter Riemen: Umkehrung der Drehrichtung	Zugmittel	
Reibräder Stirnzahnräder	geradlinig gerade Radzahl: Umkehrung der Drehrichtung	Rädergetriebe Zahnradgetriebe	
Kegelzahnräder Zahnrad mit Tellerzahnkranz Schnecke und Zahnrad Zahnrad und Zahnstange Reibräder	abgewinkelt abgewinkelt abgewinkelt abgewinkelt abgewinkelt	Zahnradgetriebe Zahnradgetriebe Zahnradgetriebe	
Kardanwelle	direkt, allseitig abwinkelbar in einem best. Bereich	Welle	
Rolle und Riemen oder Seil	abgewinkelt	Zugmittel	
Zahnräder oder Riemenscheiben mit unterschiedlichem Durchmesser (auch Reibräder)	Über- oder Unter- setzung (mit und ohne Umkehrung der Drehrichtung)	Zahnrad- oder Zugmittelgetriebe	 schnell langsam langsam schnell

Durchführung dieses Themas ist die Kenntnis der Getriebearten notwendig, die in der Tabelle der Abbildung 5.2 abgedruckt sind (2). Bei der Erarbeitung sollten möglichst viele Getriebearten an Geräten und Maschinen aus der Umwelt der Kinder vorgestellt und auch beobachtet werden können. Es muß ebenfalls bekannt sein, welche Stellung das Getriebe innerhalb der Baugruppen einer Arbeitsmaschine einnimmt und welche Aufgaben es erfüllt. Folgende Merksätze stehen im Zusammenhang mit der Abbildung 5.3:

- Eine Maschine ist ein Gerät, das genau vorherbestimmte Arbeiten selbsttätig verrichten kann.
- Das Getriebe gibt die Energie vom Antrieb an den Abtrieb weiter, indem es sie unter Umständen umformt.
- Das Getriebe verbindet das Arbeitsteil mit dem Energieteil.
- Das Getriebe ist das *Herzstück* einer Maschine, variabel und anpassungsfähig.



Abb. 5.3 Baugruppen einer Arbeitsmaschine

- 1) Kurzinformationen mit guten Zeichnungen und Photos in dem „Merkblatt 392 – Stahl, Tankstellen-Ausrüstungen-Waschanlagen“, zu beziehen durch Beratungsstelle für Stahlverwendung, 4 Düsseldorf 1, Kasernenstraße 36. 1. Aufl. 1967.
- 2) Quellenangaben: Wie funktioniert das? Meyer-Nachschlagewerk, Mannheim 71 / Die Technik, Wissen im Überblick, deutsche Ausgabe, Chefredaktion Udo Becker, Freiburg 1969/Technisches Werken, Praktische Arbeitslehre 9. Schj., Knopff-Selzer, Donauwörth 1969/Lehrhandbuch für den technischen Werkunterricht, Bd. 1, Stührmann-Wessels, Weinheim 1970/ Der neue Brockhaus, Wiesbaden 1962, 3. Aufl., Bd. 2 u. 5.

Die Hinführung zur eigentlichen Konstruktionsaufgabe kann so erfolgen, daß man stufenweise Einzelaufgaben lösen läßt:

- Einen um 90° abgewinkelten Antrieb;
- Funktion des Fahrzeugtransports;
- Konstruktion einer senkrechten und einer waagerechten Bürste.

Eine andere vorbereitende Aufgabe kann die Konstruktion einer mehrere Arten umfassenden Getriebekombination sein:

- Das Getriebe führt durch einen Getriebetunnel um einen Arbeitsplatz herum, weil die Maschine (z. B. eine Polier- oder Schleifscheibe), die am Fließband benutzt wird, ihren Antrieb mit anderen Maschinen teilen muß (Abb. 5.4 und 5.5).

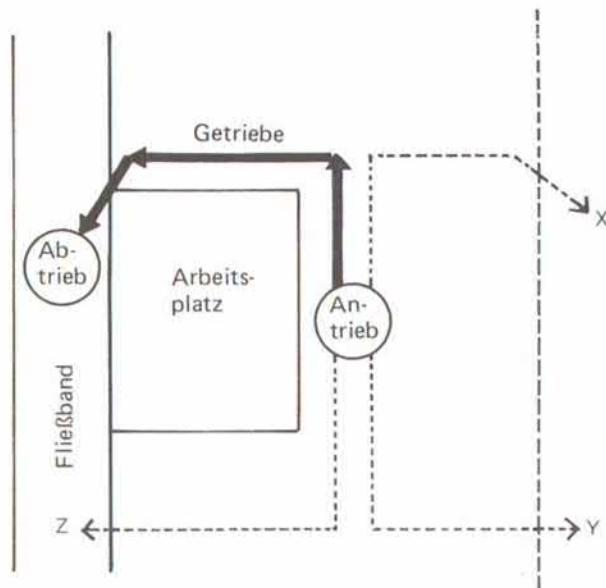


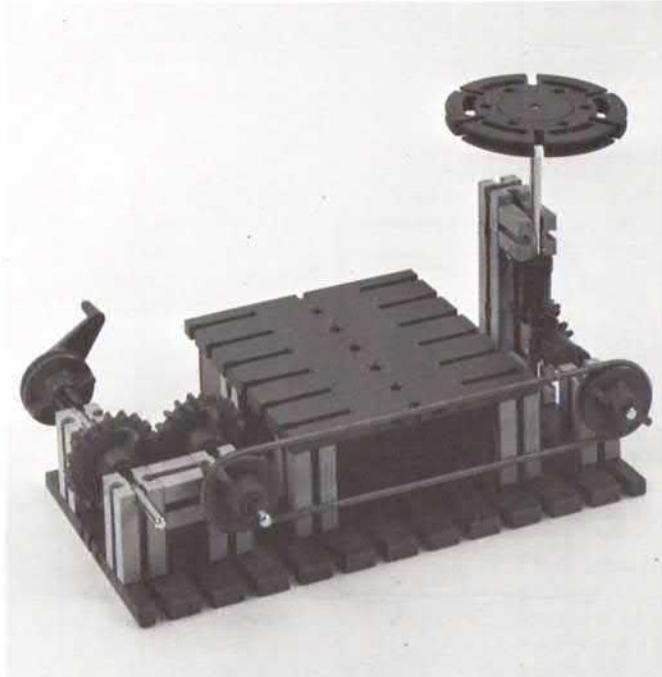
Abb. 5.4 Getriebeskizze (Tafel und Werkmappe)

Lernziele

- Kennenlernen verschiedener Getriebearten
- Möglichkeiten der Getriebearten in kleineren Modellen erproben
- Bezeichnungen einzelner Maschinenelemente einprägen
- Informationen über Waschanlagen sammeln
- Getriebekombinationen für das Modell Waschstraße konstruieren

Erste Aufgabenstellung

An der Tafel erscheint der Impuls *Autowaschstraße*, zu dem sich die Kinder äußern. Der Lehrer ergänzt die Beiträge der Schüler durch spezielle Informationen. Wenn die Mögliche-

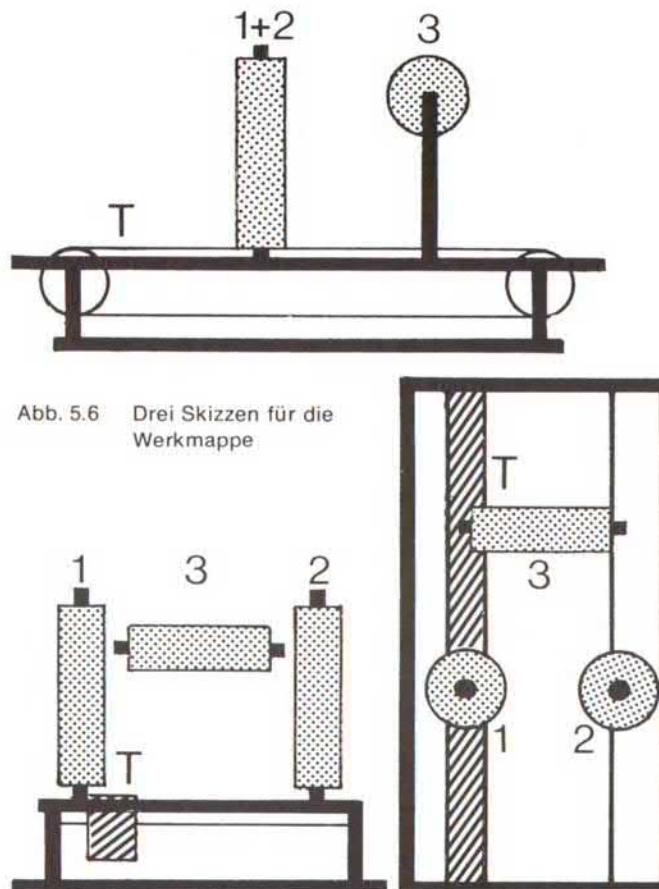


44 Abb. 5.5 Getriebekombination um einen Werkplatz herum

keit besteht, sollte auch eine Anlage besichtigt werden. Die Ergebnisse des Vorgesprächs werden in die Werkmappe übernommen, womöglich mit Skizzen.

Zweite Aufgabenstellung

Die Arbeitsgänge einer Waschstraße werden wiederholt. In der Regel sind es der Transport, die Vorbäsche, die Haupt-



wäsche mit drei Bürsten, die Konservierung und die Trocknung. Um die Schüler nicht zu verwirren, werden die Vorwäsche und die Konservierung gestrichen. Da die Trocknung im Modell nur ein funktionsloses Gestell abgibt, gilt die Konzentration den Bürsten und dem Transport.

Die Schüler erhalten den Auftrag, ein Modell mit diesen beiden Funktionen zu bauen, wobei zwei Bedingungen gestellt werden:

- Alle Teile der Waschstraße sollen durch einen einzigen Antrieb in Bewegung gesetzt werden.
- Das Getriebe muß so konstruiert werden, daß für das hindurchfahrende Auto keine Gefahren entstehen.

Unterrichtsdurchführung 1

Material: u-t 1; Zusatzmaterial: Schaumgummi, Gummibänder, Karton.

Aufgrund der Vorgespräche entstehen an der Tafel drei Skizzen, die in die Werkmappe übernommen werden (Abb. 5.6).

Die von den Kindern mitgebrachten Spielzeugautos lassen erkennen, daß das Modell auf der großen Grundplatte gebaut werden kann. Als Fahrbahn und Abdeckung des Getriebetunnels dient ein Stück Graupappe (5 cm breit), das an den vier Ecken auf Bausteinen aufliegt. Für die Bürsten nimmt man Schaumgummi.

Gleich zu Beginn der ersten Versuche kann eine Diskussion darüber entstehen, ob die Antriebswelle senkrecht (für Bürste 1 und 2) oder besser waagerecht (für Transport und Bürste 3) liegen muß. Es stellt sich bald heraus, daß das von der benötigten Antriebskraft abhängt. Deshalb ist die waagerechte Konstruktion die bessere, weil der Transport und die Weitergabe des Antriebs zur horizontalen Bürste 3 mehr Energie erfordern als die Bürsten 1 und 2.

Die Schüler beschäftigen sich dann entweder nur mit dem senkrechten Komplex oder nur mit dem waagerecht liegenden. Bisher bewirkten die kleinen Funktionsmodelle eine fortlaufende Umformung oder Ablenkung, ohne daß ein-

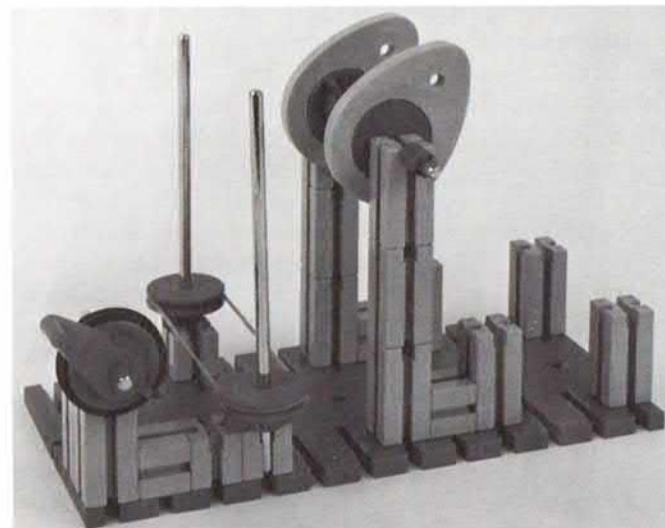


Abb. 5.7 Versuch, das Problem der dritten Bürste zu lösen

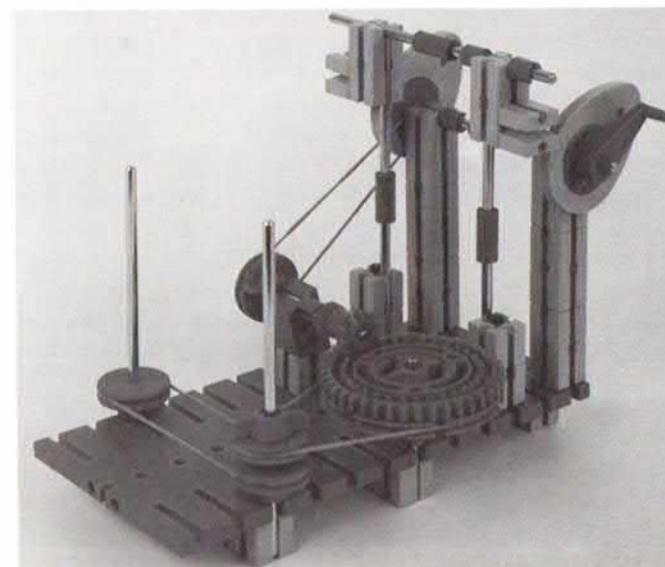


Abb. 5.8 Ein eindrucksvolles Zwischenergebnis

zelne Getriebeelemente sonstige Aufgaben zu erfüllen hatten. Bei diesem Modell kommt es nun nicht nur auf die Weitergabe der Energie an, es muß auch berücksichtigt werden, daß fast jedes Getriebeelement eine zusätzliche Aufgabe zu erfüllen hat. Dieser Tatbestand kann viele Kinder am Anfang verwirren, da die nun zusätzlich belasteten Getriebeelemente nicht mehr so arbeiten, wie sie es sonst von kleineren Modellen gewohnt waren. Wo sonst ein Reibrad oder ein schwaches Zugmittel genügte, versagt diese Lösung nun. Man kann an dieser Stelle von der Anhäufung von Schwierigkeiten sprechen, die sicherlich auch zutrifft, sich aber erfahrungsgemäß nicht als solche auswirkt, da sich die Schüler erfreulicherweise mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad intensiver konzentrieren und im technischen Denken üben. Die Abbildungen 5.7 bis 5.9 zeigen etwas von der gedanklichen Arbeit, die von den Schülern geleistet werden muß. Abbildung 5.7 stellt einen ehrgeizigen Versuch vor, das Problem der dritten Bürste zu lösen, obwohl keine Teilaufgabe über die Primitivstufe hinauskommt. Abbildung 5.8 zeigt ein großartiges Zwischenergebnis. Obwohl für die Bürste 3 noch kein Antrieb gebaut wurde, läßt sie sich bereits auf und ab bewegen. Das Zugmittelgetriebe für die Bürsten 1 und 2 bewirkt eine Übersetzung. Waagerechter und senkrechter Komplex sind miteinander verbunden. Der Transport fehlt noch, die Höhenunterschiede (auch hinsichtlich der noch einzubauenden Fahrbahn) wurden noch nicht aufeinander abgestimmt. Das Modell der Abbildung 5.9 zeigt eine Reihe von geschickten Ansätzen: Tellerzahnkranz für den rechten Winkel, Übersetzung für die Bürsten 1 und 2, niedrige Konstruktion mit möglichst wenig Material. Tellerzahnkranz und kleines Zahnrad sind aber noch nicht richtig montiert.

Dritte Aufgabenstellung

Mit den bisherigen Ergebnissen erfolgt eine Aussprache über Probleme, Mängel und gute Ideen. Daraus ergeben sich drei Niveaugruppen, in die sich die Schüler selbst eingruppieren.

Baut ein neues, verbessertes Modell, das wahlweise folgende Bedingungen erfüllt:

- Einfaches Funktionieren aller Teile.
- Schnellere Umdrehungszahl der Bürsten mit Übersetzungen.
- Die horizontale Bürste hebt und senkt sich, um sich der Form des Autos anpassen zu können.

Unterrichtsdurchführung 2

Material: u-1; Zusatzmaterial: Schaumgummi, Gummibänder, Karton.

Der Lehrer muß den Kindern Mut zur Selbstbeschränkung machen, damit nicht einige an ehrgeizigen Plänen scheitern. Die in dieser Phase entstehenden Modelle dienen der Zusammenfassung und abschließenden Beurteilung. Die Antriebswelle auf Abbildung 5.10 ist nach ökonomischen Gesichtspunkten konstruiert. Die Bürsten 1 und 2 fehlen noch. Die Exzenter heben die mit dehnbarem Zugmittel (Gummiband) angetriebene Welle für die dritte Bürste im entsprechenden Rhythmus. Abbildung 5.11 zeigt ein kom-

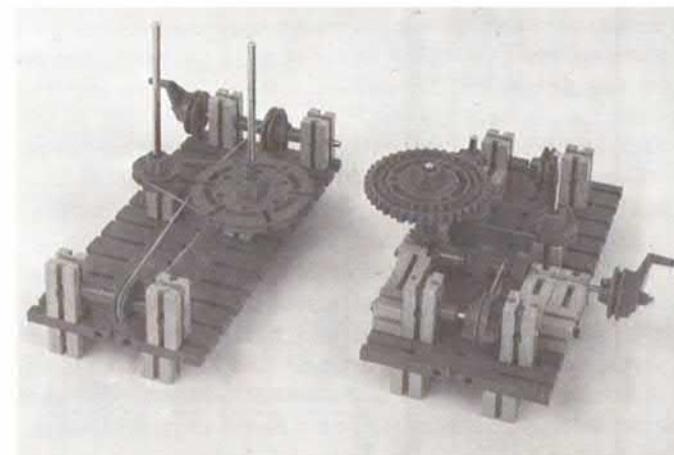


Abb. 5.9 Eine fast vollendete Lösung

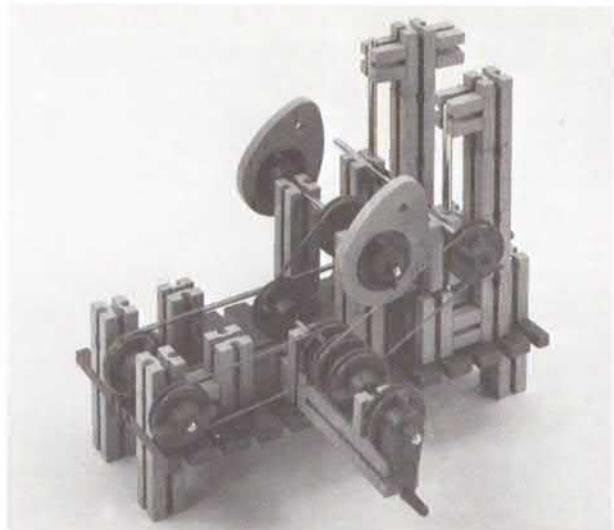


Abb. 5.10 Weiterentwicklung erster Versuche

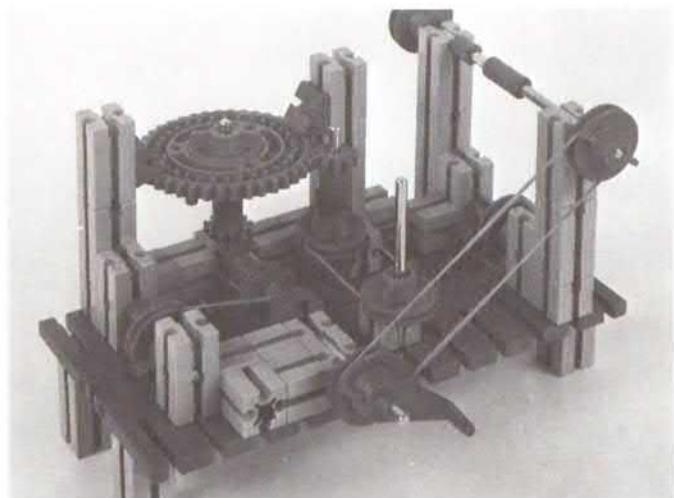


Abb. 5.11 Eine Weiterentwicklung wie 5.10

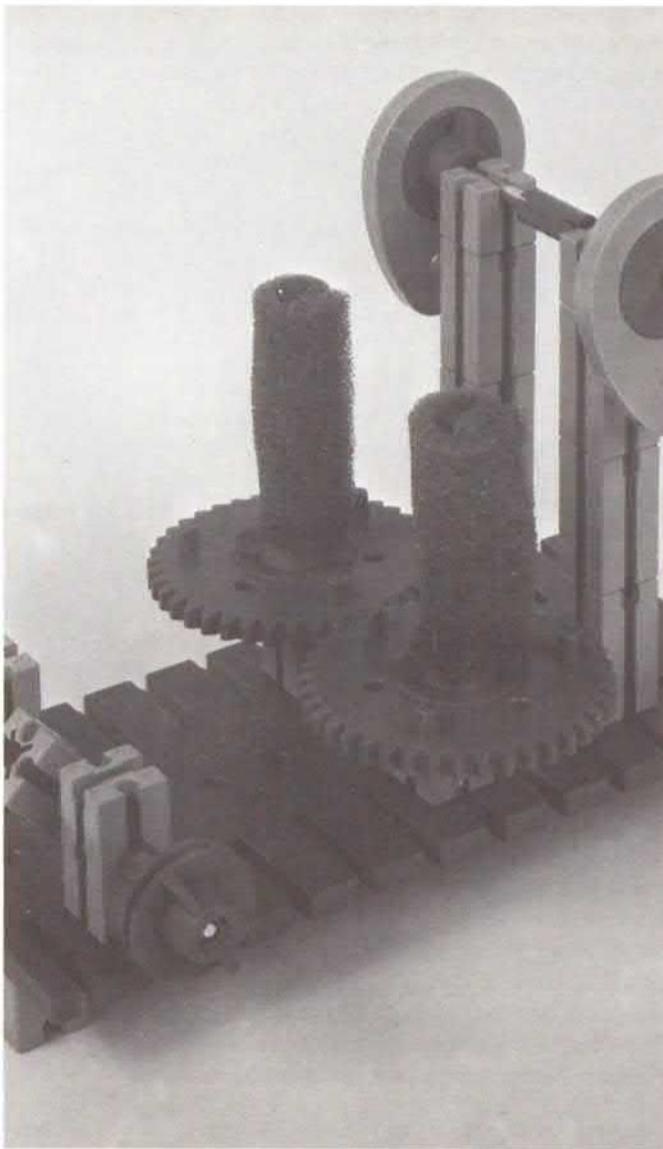


Abb. 5.12 Erster hilfloser Versuch

plettes Getriebe für alle Arbeitsgänge: Bürste 3 für gleichbleibende Höhe konstruiert. Bürsten 1 und 2 mit Übersetzung. In den Abbildungen 5.12 bis 5.14 wandelt sich Hilflosigkeit am Anfang zu Lösungsformen, die zwar unvollkommen sind (Bürste 3, Weitergabe der Energie an Bürsten 1 und 2 durch Reibung), aber doch einen deutlichen Fortschritt zeigen. Konzentriertes Nachdenken erbrachte die Lösung der Abbildungen 5.15 bis 5.17. Beide Komplexe werden durch eine Welle angetrieben; Kurbel an der die größte Energie erfordernden Stelle; Kraftübertragung mit möglichst geringem Energieverlust. Der Transport bleibt unbefriedigend.

Anspruchsvolle Getriebekombinationen – Abbildungen 5.10 und 5.11, Weiterentwicklungen erster Versuche – Abbildungen 5.12 bis 5.14, und konsequent zu Ende geführte Modelle – Abbildungen 5.15 bis 5.17 – spiegeln das Bemühen wider, alle technischen Möglichkeiten zu erfassen und sie in den Griff zu bekommen.

Viele Schüler spüren den Zwang zur Unterordnung der technischen Konstruktion unter die Bedingungen des praktischen Zwecks einer Maschine. Dieser Aspekt ist für alle bewußt zu machen, indem Beispiele aus der Umwelt benannt werden:

- Der Handmixer muß so konstruiert werden, daß er von der Hausfrau bequem gehalten, einfach bedient und daß er ohne Behinderung in einer Schüssel arbeiten kann. – In der Handbohrmaschine paßt sich das Getriebe der arbeitsgünstigen Pistolenform an. – In der elektrischen Zahnbürste ist das Getriebe so angeordnet, daß das Gehäuse als griffiger Stab geformt werden kann. – Die Entwicklung der Taschen- oder Armbanduhr ist ein klassisches Beispiel für die Anpassung des Getriebes an die Wünsche der Benutzer. – Die Unterbringung des Getriebes in automatischem Spielzeug erfordert ebenfalls eine geschickte Konstruktion (z. B. tanzende Puppen, ferngelenkte und ferngesteuerte Autos).

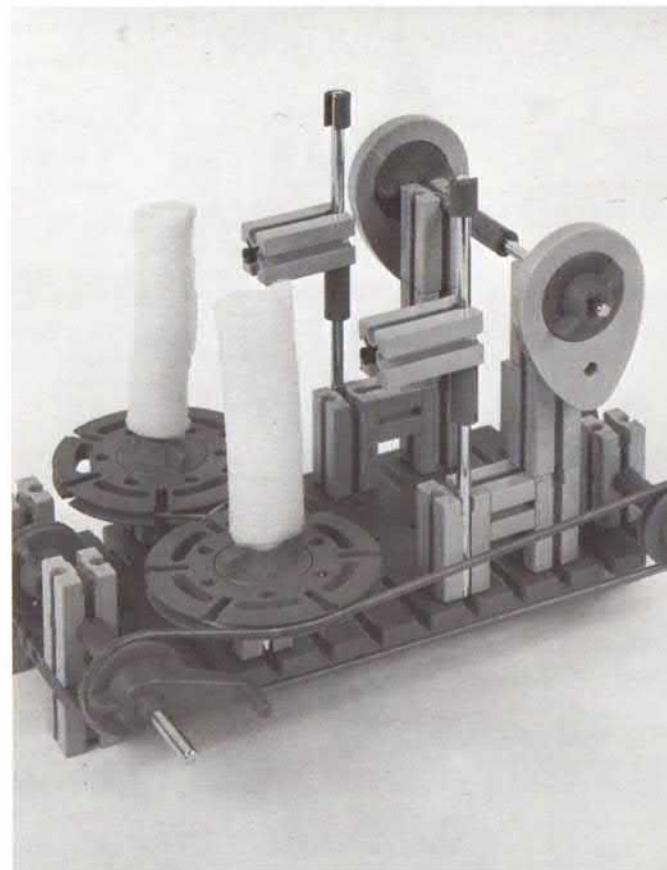


Abb. 5.13 Fortschritt gegenüber 5.12

Zusammenfassung

Feststehende Bogen- und Portalanlagen, selbstfahrende Portal- oder Kreiswaschanlagen, kleine Waschstraßen und Schnellwaschstraßen sind die zur Zeit gängigen Auto-Waschanlagen, deren zentraler Arbeitsgang das Waschen ist. Je nach Größe kommen die Vorwäsche, die Konservierung, die Trocknung und der Fahrzeugtransport hinzu. Der

Waschgang kann mit 1–5 Bürsten durchgeführt werden. Anlagen mit allen Arbeitsgängen nennt man Schnellwaschstraßen. Um in einem Modell alle Arbeitsgänge mit einem Antrieb bedienen zu können, ist eine *Getriebekombination* notwendig, die aus *Wellen*, *Zugmitteln*, *Reibrädern* und *Zahnräder* bestehen kann und die *Kraft* vom *Energieteil* (Antrieb) zum *Arbeitsteil* (Abtrieb) weiterleitet. Dabei kann die *Energie* *geradlinig* oder *abgewinkelt* weitergegeben werden, sie kann aber auch verändert werden in ihrer *Drehrichtung* (*Umkehrung*) und in ihrer *Drehgeschwindigkeit* (*Über- und Untersetzung*). *Sicherheit* am Arbeitsplatz und Anpassung an den zur Verfügung stehenden *Raum* sind die äußersten Bedingungen, unter denen das Getriebe konstruiert werden muß. Es erweist sich als äußerst *variabel* und *anpassungsfähig*.

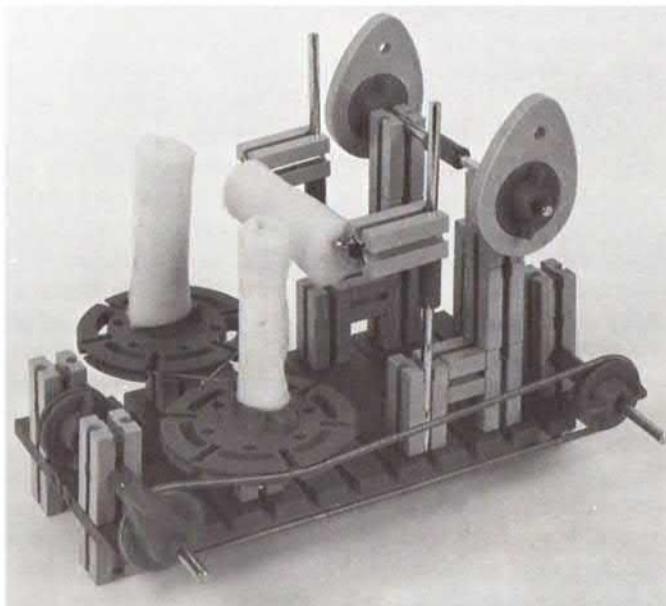


Abb. 5.14 Die fertige Lösung

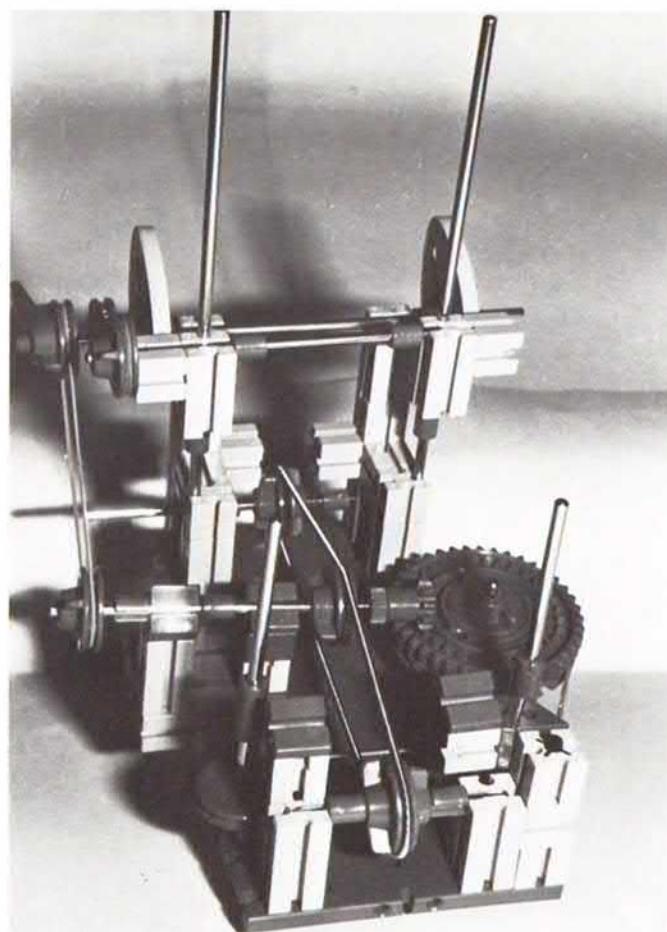


Abb. 5.15 Die technisch reifsten Lösungen haben nur einen einzigen Antrieb

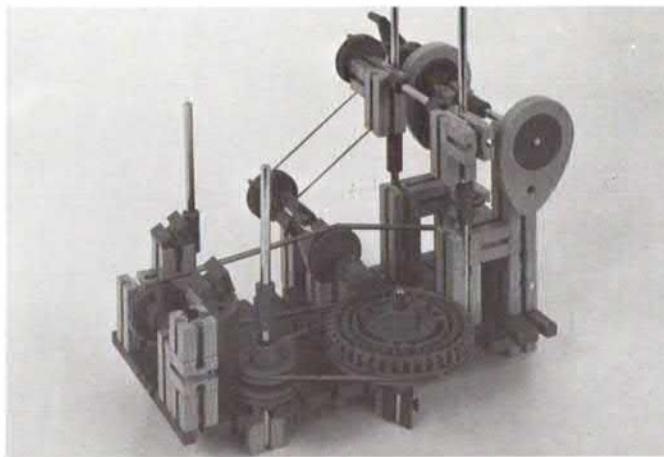


Abb. 5.16 Parallelbeispiel zu 5.15 und 5.17

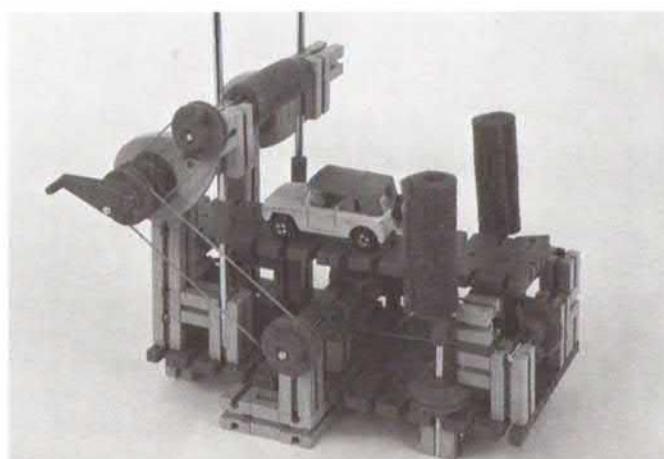


Abb. 5.17 Das dritte überragende Beispiel, in einer Reihe mit 5.15 und 5.16

6 Die Seilwinde

Sachinformation

Aufbau und Verwendung: Die Seilwinde ist ein elementares, der Menschheit seit Jahrtausenden vertrautes Hebezeug. Jede Winde (vgl. Abb. 6.1) besteht aus *Seiltrommel* zum Aufwickeln des Seiles, *Antrieb*, *Gesperre* (z. B. Sperrklinke), *Untersetzungsgetriebe* zur Kraftersparnis und *Gestell* zur Lagerung aller Teile.

Seilwinden ermöglichen beliebige Hubhöhen und eine große Arbeitsgeschwindigkeit. Einfache Handwinden werden in Speichern und industriellen Betrieben, auf dem Bau und bei Montagen benutzt. Bei handbetriebenen Winden wird ein Kurbelantrieb verwendet wie bei allen *handbetriebenen Maschinen*, z. B. Gewürzmühle, Fleischwolf, Schleifstein, Bohrmaschine, Schneebesen (beim Fahrradpedal übernimmt der Fuß die Arbeit der Hand). Als Elektrozüge sind die Winden ein universal einsetzbares Hebegerät für kleine und mittlere Lasten; als Spill-Winden dienen sie hauptsächlich zum Verschieben von Eisenbahnwaggons, zum Ankerlichen, zur Bedienung der Ladebäume auf Schiffen; in jeden Kran sind sie als Hubwinden eingebaut.

Wirkungsweise und Berechnungsgrundlagen: Die kraftsparende Wirkung der Seilwinde ist eine Hebelwirkung. Bei einer einfachen Handwinde, bei der Seiltrommel und Handkurbel auf derselben Welle sitzen, handelt es sich um einen Hebel mit Last- und Kraftarm.

An der Seilwinde herrscht ein Kräftegleichgewicht, wenn die *Drehmomente* M_K und M_L gleich groß sind (Abb. 6.2). Wobei unter Drehmoment M_K das Produkt aus angreifender Kraft K und dem Kraftarm R sowie unter Drehmoment M_L das Produkt aus der Last L und dem Lastarm r zu verstehen ist: $M_K = K \cdot R$; $M_L = L \cdot r$; $M_K = M_L$.

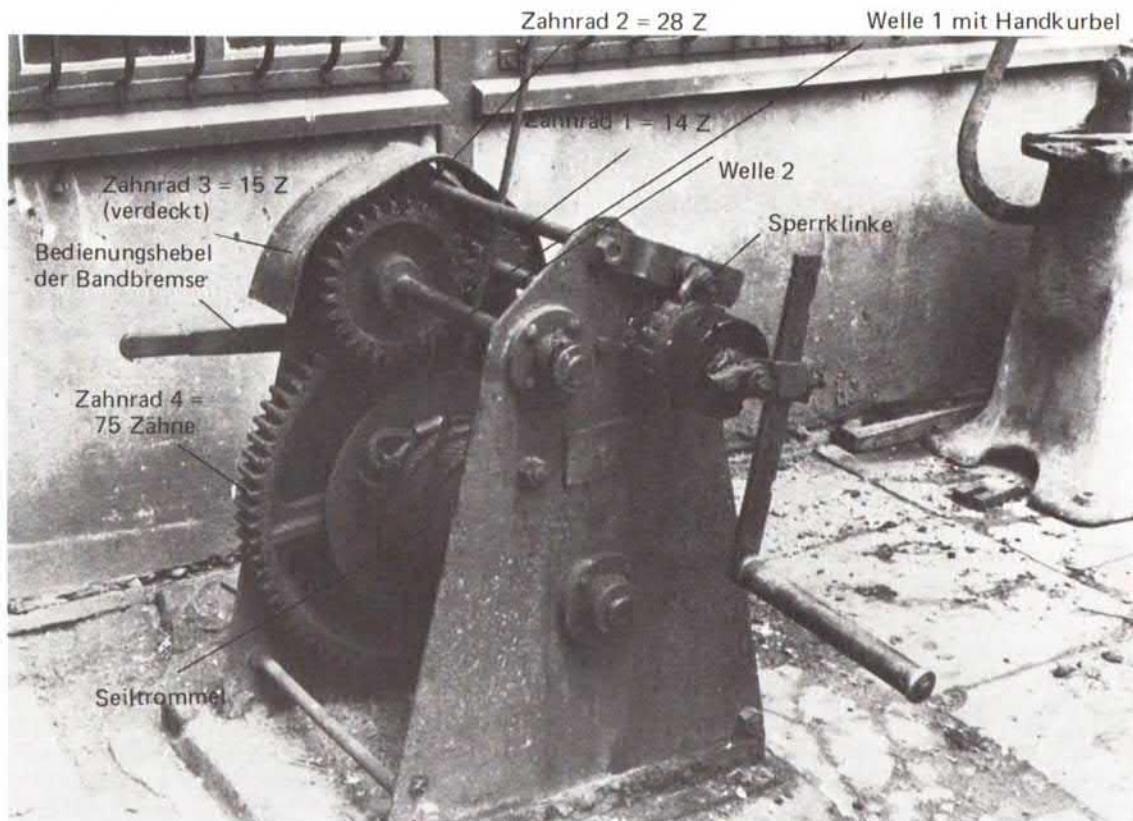


Abb. 6.1
Handwinde mit
Zahnradvorgelege

Da die Kurbel (Kraftarm) stets um ein Vielfaches länger ist als der Trommelradius (r), ist es mit Seilwinden möglich, Lasten zu heben, die größer sind als die eingesetzte Kraft. Wenn beispielsweise die Kurbel 40 cm und der Trommelradius 10 cm betragen, dann kann eine Last von 200 kp (bei Vernachlässigung der Reibung) mit einem Krafteinsatz von 50 kp angehoben werden.

Nach der „Goldenen Regel der Mechanik“ kann auf diese Weise zwar Kraft, aber keine „physikalische“ Arbeit gespart werden; denn das, was an Kraft gespart wird, geht dafür an Weg verloren. Wenn also in unserem Beispiel die Kurbel ein-

mal um 360° gedreht und damit um 251,2 cm (Kurbelkreisumfang = $2 \cdot 40 \cdot 3,14$ cm) bewegt wird, dann wird die Last jedoch nur um ein Viertel, nämlich um 62,8 cm (Trommellumfang = $2 \cdot 10 \cdot 3,14$ cm), angehoben.

Zum Antrieb wird gewöhnlich eine, bei größeren Lasten werden zwei Handkurbeln verwendet, an denen bis zu 4 Personen arbeiten können. Der Radius der Handkurbel beträgt im allgemeinen 40 cm, da das für die meisten Menschen optimale Bedingungen für die schwere Arbeit des Drehens der Kurbel schafft. Bei manchen Seilwinden (Abb. 6.1) lässt sich die Länge der Kurbel verstetlen.

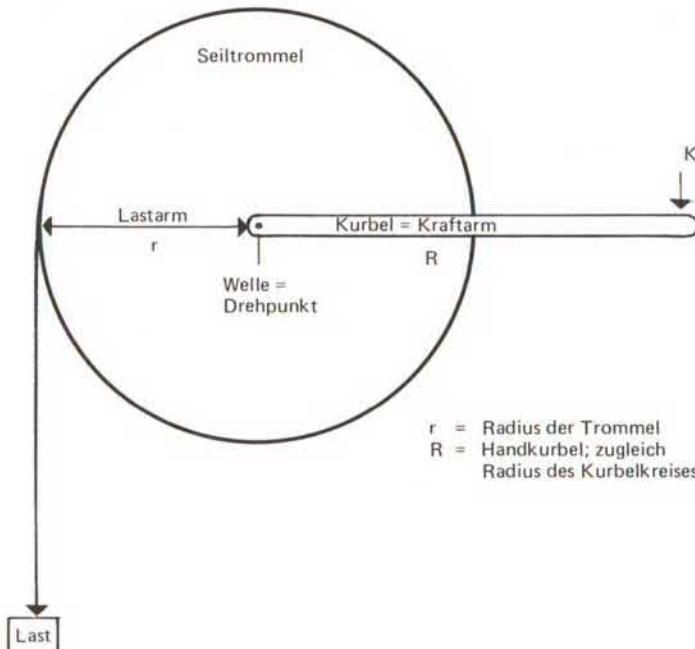


Abb. 6.2 Kräfteverhältnisse an der Seilwinde

Die durch die Kurbel erreichte Kraftersparnis wird bei den meisten Winden durch ein Zahnradvorgelege¹⁾ stark vergrößert; durch derartige Untersetzungen lassen sich mit Handwinden bis zu 5 t anheben.

Gesperre: Das Abstürzen einer angehobenen Last wird bei Handwinden im allgemeinen durch ein *Gesperre* (Sperrwerk) verhindert. Bei Motorwinden übernehmen *Bremsen* (z. B. Band-, Backen-, Scheiben-, Fliehkräftebremsen) die entsprechende Funktion. Gesperre müssen *selbsttätig* funktionieren²⁾, damit sie von der Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals unabhängig sind. Zwei Arten von Gesperren sind zu unterscheiden:

Klinkengesperre (Zahngesperre): Diese Sperrwerke (vgl. Abb. 6.3) bestehen aus der *Sperrklinke* (Beanspruchung auf Druck) oder dem *Sperrhaken* (Beanspruchung auf Zug) so-

wie dem *Sperrrad*. Die Zähne des Sperrrades müssen so geformt und die Klinke muß so angeordnet sein, daß die Klinke beim unbeabsichtigten Zurücklaufen der Last selbsttätig (durch Eigengewicht oder Federdruck) in die nächste Zahnlücke hineinfällt, um dem Lastrückdruck entgegenzuwirken. Zum Senken der Last wird die Sperrklinke dann mit der Hand in die gestrichelte Position umgeklappt.

Klemmgesperre (Reibungsgesperre): Dieses Gesperre besteht aus der glatten *Sperrscheibe* und dem *Sperrdaumen*. Im Gegensatz zum Klinkengesperre hat es den Vorzug, geräuschlos und stufenlos zu arbeiten. Dabei wirkt der Sperrdaumen wie ein Keil: Beim Heben der Last schleift der Da-

1) Das aus vier Zahnrädern bestehende Vorgelege der auf Abbildung 1 gezeigten Seilwinde bewirkt eine zehnfache Untersetzung.

2) Winden können mit *Sicherheitskurbeln* versehen werden, die das Absenken der Last sofort abstoppen, wenn die Kurbel losgelassen wird. Das ist deshalb eine wichtige Sicherheitseinrichtung, weil es beim Absenken der Last immer wieder zu schweren Arm- und Beinbrüchen kommt: Der Lastrückdruck ist zu stark, der Mann an der Winde kann die Handkurbel nicht mehr halten, die Kurbel schlägt mit großer Wucht zurück und trifft dann nicht selten Arme oder Oberschenkel.

Auszug aus der „Unfallverhütungsvorschrift Winden“:

„§ 4 (1) Winden, die zum Heben von Lasten dienen, müssen so eingerichtet sein, daß die Last nicht unbeabsichtigt zurücklaufen kann. Als Heben von Lasten gilt auch das Ziehen von Lasten auf schrägen Ebenen.“

„(2) Die Einrichtungen (Abs. 1) müssen selbsttätig und möglichst stoßfrei wirken. Sie müssen so angeordnet sein, daß sie gegen unzulässige Eingriffe geschützt sind und durch Witterungseinflüsse nicht unbrauchbar werden.“

„§ 12 (1) Handbetriebene Trommelwinden müssen so eingerichtet sein, daß die Kurbeln nicht zurückslagen können. Kurbelrückslagsicherungen müssen fest eingebaut sein und das gefahrlose Heben und Senken der Last bei jeder Übersetzung zwischen Kurbel- und Lastwelle sicherstellen.“

„§ 19... Der Bedienungsstand darf sich nicht im Gefahrenbereich des Tragmittels oder der Last befinden.“

„§ 22 Das Befördern von Personen mit der Last oder dem Lastaufnahmemittel ist verboten.“ (In besonderen Fällen kann die Berufsgenossenschaft Ausnahmen zulassen.)

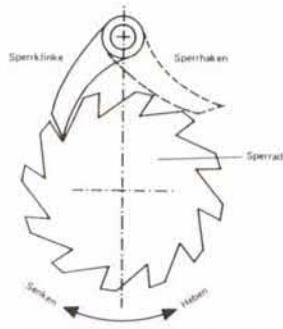


Abb. 6.3 Klinkengesperre

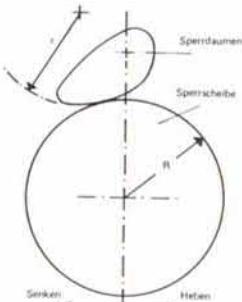


Abb. 6.4 Klemmgesperre

men lose auf der Scheibe; beim Senken wird er von der glatten Scheibe festgezogen, weil der durch sein Eigengewicht auf die Scheibe drückende Daumen so lange nach rechts (Abb. 6.4) mitgenommen wird, bis die Reibung zwischen Scheibe und Daumen so groß geworden ist, daß die Sperrscheibe und damit auch die Last zum Stillstand kommen.

Literatur:

1. Ernst, Hellmut: Die Hebezeuge, Bd. 1 Grundlagen und Bauteile, 8. Aufl., Braunschweig 1971 (Gesperre)
2. Ernst, Hellmut: Die Hebezeuge, Bd. 2 Winden und Krane, 6. Aufl., Braunschweig 1966 (Winden)
3. fischertechnik hobby, Experimente und Modelle, hobby 1, Bd. 1, Tumlingen: Fischer-Werke, o. J. (Winden, Gesperre)
4. Strathausen, Ewald: Hebemaschinen, Bd. 1 Entwerfen und Berechnen der Einzelteile, 2. Aufl., Braunschweig 1960 (Sperrwerke)
5. Strathausen, Ewald: Hebemaschinen, Bd. 2 Kran-Triebwerke, 3. Aufl., Braunschweig 1963 (Handwinden)
6. Unfallverhütungsvorschrift Winden, Tiefbau-Berufsgeossenschaft, 8 München 60, Am Knie 6, 8 S.

Didaktische Gesichtspunkte

Es empfiehlt sich, das Thema Seilwinde möglichst früh im Unterricht zu behandeln, weil damit wichtige Grundlagen für andere Themen geschaffen werden, wie Kran, Kranwagen, Lastenaufzug, Gabelstapler, Zugbrücke, Wagenheber.

Das Kernproblem dieser Aufgabe besteht darin, den Schülern bewußt zu machen, daß sich mit der Seilwinde eine Last heben läßt, die wesentlich schwerer ist, als daß sie der Mensch ohne diese Maschine heben könnte. Leider lassen sich die Kräfteverhältnisse an der Seilwinde und damit die physikalisch zugrunde liegenden Hebelgesetze am Modell *quantitativ* nicht erfassen; denn trotz der hohen Paßgenauigkeit der Baukastenelemente ist die Reibung der Welle in den Lagern so groß und auch schwankend, daß keine auswertbaren Meßergebnisse zustande kommen. Wir beschränken uns deshalb auf die *qualitative* Feststellung, daß bei größerem Kurbelkreis schwerere Lasten gehoben werden können als bei kleinerem.

Im Gegensatz zu der Form einer *problemorientierten Aufgabenstellung*, die für die Grundschule vorgeschlagen worden ist³⁾, ist dieses Thema gut geeignet, das Konstruieren nach einer zeichnerischen Vorlage zu üben. Da dieses Unterrichtsverfahren sehr zeitökonomisch ist, können die Schüler abschließend ihre Seilwinde mit einer Sperrvorrichtung versehen und damit zugleich das Thema „Wagenheber“ vorbereiten. Die Kraftersparnis wird in einer kleinen Experimentierreihe mit der Federwaage gemessen. Die Werte dieser Meßreihe sind in eine Tabelle einzutragen oder werden eventuell auch zu einer graphischen Darstellung verarbeitet.

3) Vgl. dazu Raabe, Schietzel, Vollmers, Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule, Tumlingen und Braunschweig 1972, „Die Seilwinde“, S. 29–34.

Lernziele

Die Schüler sollen

- die Funktionsweise einer Seilwinde und die Ursache der Kraftersparnis erklären können.
- Beispiele für die Anwendung der Seilwinde und der Handkurbel in der technischen Realität benennen können.
- imstande sein, nach zeichnerischer Vorlage das Modell einer Seilwinde zu konstruieren.
- in der Lage sein, für ihr Seilwinden-Modell ein Gesperr zu bauen.
- über die einfachsten Unfallverhütungsvorschriften informiert sein.
- folgende Begriffe verstehen und richtig anwenden können: Seilwinde, Winde, Seil, Trommel, Seiltrommel, Seilrolle, Lasthaken, Kurbel, Handkurbel.

die Kurbel festgehalten werden muß (Federwaage), in die vorbereitete Tabelle für die Versuche ein.

Erfinde eine Vorrichtung, die dafür sorgt, daß sich die Seiltrommel und das Zahnrad nur in einer Richtung drehen lassen. Eine solche Sperrvorrichtung muß die Last in jeder beliebigen Höhe halten können.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, Federwaage oder Kraftmesser (100–1000 g), dünner Bindfaden, kleine Beutel mit Sand (oder andere Gewichte), ein Schülerarbeitsblatt (Abb. 6.5) mit technischer Zeichnung.

Das Nachbauen nach zeichnerischer Vorlage ist sehr beliebt; das gilt insbesondere für schwache und schwierige Schüler, die ohnehin nur schwer für Schularbeiten zu begei-

Aufgabenstellung

Die Schüler – sie arbeiten partnerschaftlich zusammen – erhalten einen Arbeitsbogen (Abb. 6.5); nacheinander werden ihnen dann in einer Doppelstunde (90 Min.) folgende drei Aufträge gestellt:

Auf dem Arbeitsbogen siehst du zwei verschiedene Ansichten ein und derselben Seilwinde. Nimm zuerst einmal alle in der Stückliste aufgeführten Baukastenteile aus deinem Kasten und bau die Seilwinde nach. Wenn kein Teil übriggeblieben ist und deine Seilwinde funktioniert, hast du richtig nachgebaut.

Wenn du mit dem Nachbauen fertig bist, befestige die große Grundplatte mit einer Schraubzwinge am Tisch und prüfe, ob sich die Seilrolle und die Welle mit der Seiltrommel leicht drehen lassen. Hänge dann verschiedene Gewichte (z. B. Sandbeutel) an den Lasthaken und halte die Kurbel jeweils mit einer Federwaage fest. Achte darauf, daß Kurbel und Federwaage einen rechten Winkel bilden. Trage das jeweilige Gewicht am Lasthaken und die entsprechende Kraft, mit der



Abb. 6.6 Meßreihen mit der Federwaage

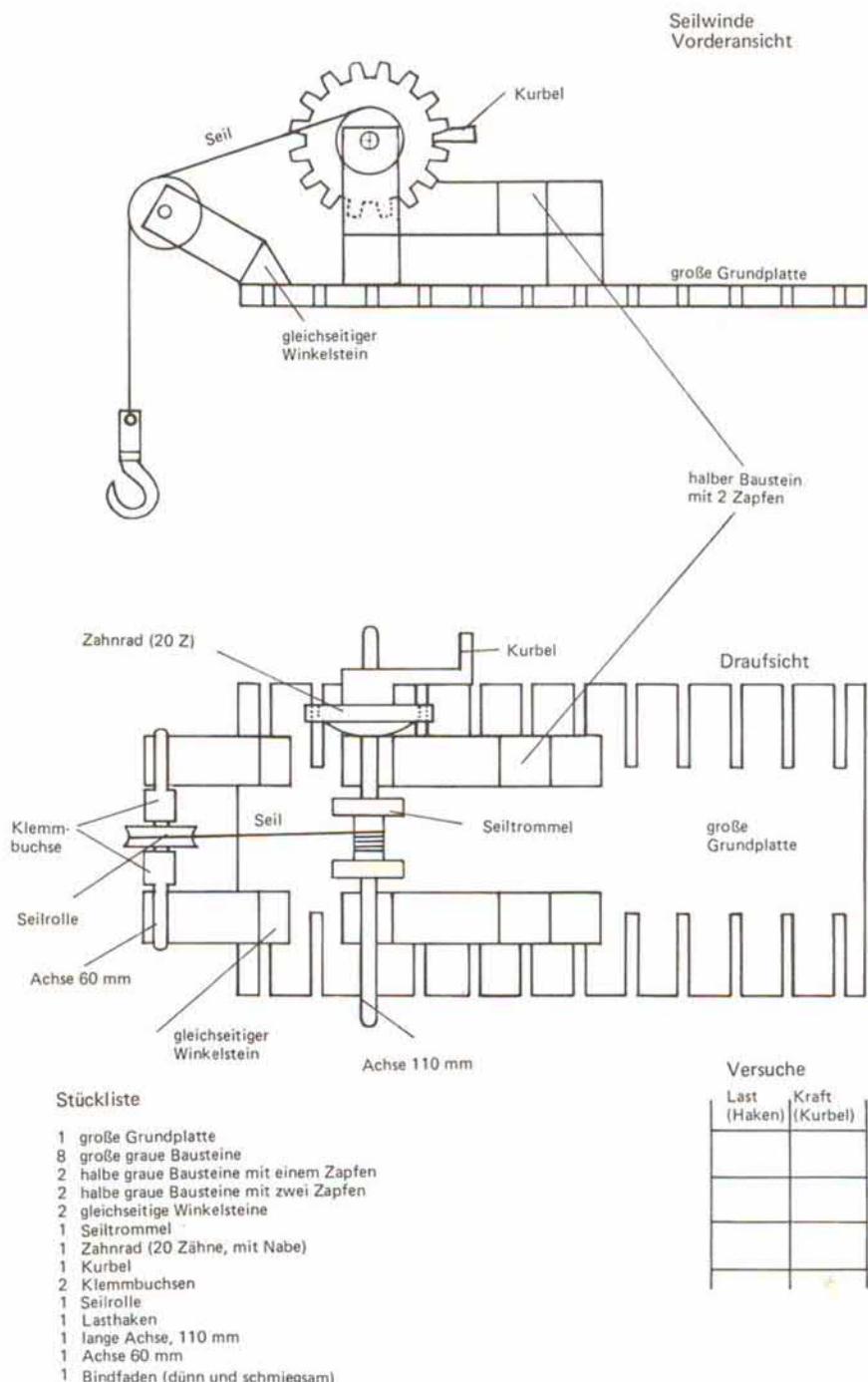


Abb. 6.5 Arbeitsbogen

stern sind. Im allgemeinen reichen für das Heraussuchen der Bauteile und für den Zusammenbau der Seilwinde 20–45 Minuten aus, so daß für die Messungen mit der Federwaage und für die eigenständige Konstruktion eines Gesperres noch reichlich Zeit zur Verfügung steht.

Für die Meßversuche eignen sich ohne weiteres die in den naturwissenschaftlichen Sammlungen vorhandenen Federwaagen und Gewichte. Wir haben zusätzlich auch die von den Fischer-Werken angebotenen Kraftmesser (Abb. 6.6) benutzt, deren Meßbereich (0–100 g) sich durch einfaches Auswechseln der Feder auf 0–1000 g erweitern läßt. Handhabung und Funktionsweise der Federwaagen sind in wenigen Minuten erklärt (Warnung vor Überdehnung der Feder!). Als Gewichte eignen sich u. a. mit Sand gefüllte Kunststoffbeutel (etwa 200 g, 400 g und 600 g).

Die Experimente beginnen mit dem Wiegen der Beutel und dem Eintragen des Gewichts in eine Tabelle (Abb. 6.5). Dann wird jeweils ein Beutel am Lasthaken befestigt, die Kurbel der Seilwinde mit dem Haken der Federwaage festgehalten und der Meßwert abgelesen. Die Schüler müssen darauf achten, daß Kurbel und Federwaage einen *rechten Winkel* bilden; andernfalls ergibt es zu hohe Meßwerte, weil entsprechend der Zerlegung nach dem Kräfteparallelogramm ein falscher Kraftvektor gemessen wird. *Es muß immer senkrecht zum Radius (in Richtung der Tangente) gemessen werden!*

Es genügt, wenn die Schüler bei diesen Versuchen erkennen: *Beim Heben von Lasten mit der Seilwinde kann Kraft gespart werden, weil der Radius beim Kurbelkreis größer ist als bei der Seiltrommel.* Denn trotz der hohen Paßgenauigkeit der Bauelemente ist die Reibung doch noch so hoch, daß sich aus den gefundenen Meßwerten (Tabelle in Abbildung 6.5) keine quantitativen Gesetzmäßigkeiten an der Seilwinde ableiten lassen.

Ein wichtiges und nicht zu schwieriges Zusatzproblem besteht in der Konstruktion eines Gesperres. Aus diesem Grund ist bereits am nachgebauten Modell ein *Zahnrad*, weil sich damit eine Sperrvorrichtung am leichtesten verwirklichen läßt. Wenn sich die von unseren Schülern entwickelten

Lösungen auch konstruktiv stark unterschieden, so traten doch nur zwei im Prinzip verschiedene Lösungen auf.

Das eine Lösungsprinzip bestand einfach darin, daß immer dann, wenn das Zahnrad und damit auch die Seiltrommel gesperrt werden sollten, eine Achse, ein Baustein oder etwas anderes zwischen die Zähne des Zahnrades geschoben wurde (Abb. 6.7).

Das andere Lösungsprinzip dagegen, für das sich die meisten unserer Schüler entschieden, arbeitete bereits *selbsttätig*. Mit einem Gelenkstein wurde eine *Sperrklinke* konstruiert, die ein unbeabsichtigtes Zurücklaufen der Last verhinderte. Wenn die Last gesenkt werden sollte, wurde die Sperrklinke mit der Hand angehoben. Bei dem Modell der Abbildung 6.8 haben die beiden Konstrukteurinnen zusätzlich eine zweite Kurbel und zur Erhöhung der Sicherheit eine weitere Sperrklinke angebracht, wodurch allerdings ein zweites Zahnrad erforderlich wurde.

Ein *Klemmgesperre*, das sich durchaus aus den Bauteilen des Grundkastens (u-t 1) konstruieren ließe (Exzenter scheibe = Sperrdaumen, vgl. Abb. 6.4), wurde von keinem unserer Schüler entworfen. Das liegt vermutlich daran, daß Beispiele dafür aus der Umwelt kaum bekannt sind, die Funktionsweise dieses Gesperres viel schwieriger zu erfassen ist als diejenige des Klinkengesperres und zudem durch das Zahnrad an der Seilwinde eine andere Lösung nahegelegt wird.

Realbezug

Maschinen: Ankerwinden, Winden für die Ladebäume auf Schiffen, Winden an Kränen, Treckern u. a., vergleiche auch Abbildung 6.1.

Handkurbel: Kaffee- und Gewürzmühlen, Handschleifsteine, Bohrmaschinen, Trommelwinden, Fleischwolf, Filmtransport beim Fotoapparat, Angelspinne, Umspulvorrichtung für Filme.

Bei folgenden Geräten ist das kraftsparende Prinzip der Kurbel ebenfalls angewendet worden: Schlüssel, Saitenspann-

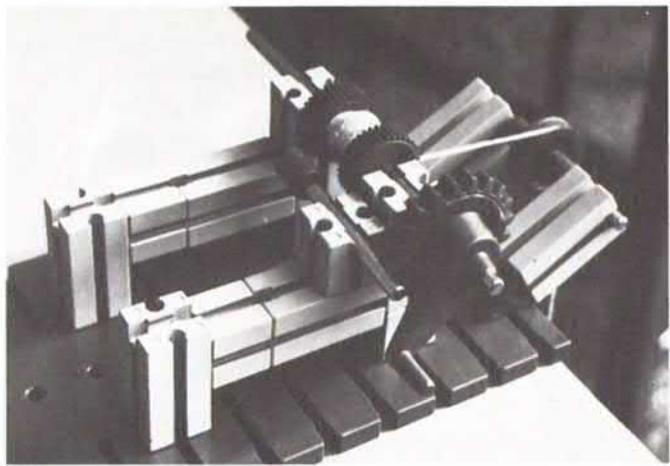


Abb. 6.7 Klaus H. und Bernd W., Kl. 5

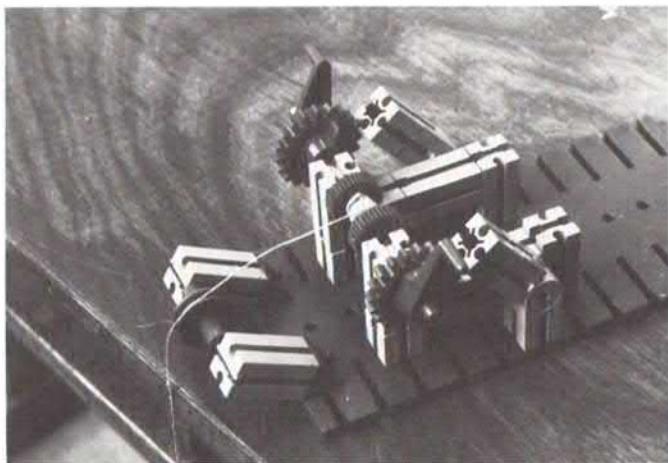


Abb. 6.8 Claudia R. und Helga S., Kl. 5

vorrichtung bei Musikinstrumenten, Spanner für Drahtzäune, Lenkstange und Pedal beim Fahrrad.

Klinkengesperre: Aufziehsperrren bei Uhren, Drehkreuze und Drehtüren, Sperrklinken an Winden (vgl. Abb. 6.1).

Klemmgesperre: Klemmvorrichtungen an Rolläden, Rücktrittbremse beim Fahrrad, Seitenwandtafeln in Schulen mit einer Leiste zum Festklemmen von Bildern, Klemmplatten-Wagenheber.

Die Beispiele sollten nach Möglichkeit von den Schülern gefunden werden; eventuell in Form einer Hausaufgabe.

Zusammenfassung für den Schüler

Winden dienen zum Heben und Senken oder auch zum Heranziehen von Lasten. Am bekanntesten ist die *Seilwinde*; bei diesem Windentyp wird das Seil, an dem die Last befestigt ist, über eine Trommel aufgewickelt.

Sowohl die Handwinden als auch die mit Elektromotor angetriebenen Seilwinden sind ein vielseitig einsetzbares Hebegeärt für kleine und mittlere Lasten. Sie werden zum Verschieben von Eisenbahnwaggons, zum Ankerlichen und zur Bedienung der Ladebäume auf Schiffen eingesetzt; in jeden Kran sind sie zum Heben und Senken der Last eingebaut.

Alle Winden müssen aus Sicherheitsgründen ein *Gesperre* haben, das die angehobene Last in jeder Höhe halten kann. Gut bekannt sind die *Klinkengesperre*. Hierbei gleitet beim Anheben der Last eine *Sperrklinke* über ein Sperrrad. Senkt sich die Last um nur ein kleines Stück, so rastet die Klinke in eine Zahnlücke des Sperrades ein. Eine andere Möglichkeit ist das stufenlos arbeitende *Klemmgesperre*. (Zusammen mit diesem Text sollten die Abbildungen 6.3 und 6.4 für die Schüler vervielfältigt werden.)

Vollmers

7 Der Wagenheber

Sachinformation

Wagenheber sind Hilfsgeräte, die es ermöglichen, auch außerhalb einer Werkstatt ein Fahrzeug zum Zwecke einer kleinen Reparatur (z. B. Reifenwechsel) anzuheben. Alle PKWs werden vom Werk mit einem Wagenheber ausgeliefert; dabei handelt es sich aus Kostengründen stets um *mechanisch* wirkende Hebezeuge. Dagegen werden in Garagen, Werkstätten und Fabriken meistens hydraulische Wagenheber eingesetzt. Dieser Wagenheber-Typ gehört zur Ausrüstung nahezu aller LKWs und Omnibusse. Man rechnet die Wagenheber zu den *Winden*, die zusammen mit den Flaschenzügen und Kränen zu den *Hebezeugen* gehören.

Zahnstangenwinden sind am bekanntesten und verbreitetsten in Form von tragbaren Stahlwinden und Wagenwinden; sie werden für solche Aufgaben eingesetzt (z. B. Montage-, Gleishebebeiten), bei denen Lasten (bis zu 20 t) nur eine kurze Höhe anzuheben sind (Hubhöhe bis 400 mm). Da diese Winden tragbar sein müssen, sind sie möglichst leicht (etwa 10–60 kg) und kompakt gebaut. Die meisten Windentypen sind genormt (Stahlwinden für 1,5–10 t Tragfähigkeit), so daß alle Einzelteile austauschbar sind (Abb. 7.1).

Angetrieben werden die Zahnstangenwinden meistens durch eine Handkurbel. Für das in die Zahnstange eingreifende Rad werden kleinste Zähnezahlen gewählt (4 Zähne). Dadurch läßt sich ein hohes Übersetzungsverhältnis herstellen, das nötig ist, wo mit Handkraft große Lasten angehoben werden sollen. Je nach Bauart und Tragvermögen werden zwischen Handkurbelantrieb und Zahnstange bis zu 3 Stirnrad-Vorgelege eingesetzt.

Früher wurde die Last stets durch die bewegliche Zahnstange angehoben. Heute sind die Zahnstangen meistens fest mit der Bodenplatte verbunden (Abb. 7.1); Bei dieser zur Zeit verbreitesten Bauart wird die Last durch das bewegliche Gehäuse angehoben. Bei beiden Windentypen ruht die Last entweder auf einem am oberen Ende sitzenden *Horn* oder auf einer seitlich angebrachten *Pratze* (Klaue).



Abb. 7.1 Stahlwinde mit Sicherheitskurbel

Die verhältnismäßig hohen Zahnstangenwinden (ab 700 mm Bauhöhe) wurden früher zum Anheben von hochachsigen Wagen und Kutschen verwendet. Heutzutage werden als Wagenheber nur Schraubenwinden, Scherenheber, Klemmplattenheber und hydraulische Hebezeuge eingesetzt, die letzteren meistens nur in Werkstätten und bei schweren Fahrzeugen.

Schraubenwinden: Bei den Schraubenwinden wird die Last von einer *Schraubenspindel* getragen, die mit Handhebel, Ratsche, Kegelzahnräder oder Schnecke in einer Mutter bewegt wird. Ein Gesperre (vgl. S. 52f) ist bei dieser Windeart nicht erforderlich, da die Schraubenspindeln *selbsthemmend* sind. Um die Schraubenwinden möglichst niedrig bauen zu können, ohne dabei an Hubhöhe einzubüßen, baut man auch Zwei- und Dreispindelheber (Abb. 7.2), bei denen sich eine zweite und eine dritte Spindel teleskopartig herausdrehen lassen.

Unter den vielen Bauarten von Wagenhebern, die zum Bordwerkzeug eines jeden PKWs gehören, sind die *Seiten-Wa-*

genheber am verbreitetesten. Viele von ihnen arbeiten ebenfalls mit einer Spindel.

Ein völlig anderer Wagenhebertyp, der mit einer waagerecht wirkenden Spindel arbeitet, ist der Scherenheber (Abb. 7.3), der bis zu 1000 kp anheben kann. Seine niedrige Anfangshöhe und sein großer Hub (bis zu 35 mm) ermöglichen ein bequemes Arbeiten.

Klemmplattenheber sind ihrer einfachen Bauweise wegen besonders preisgünstig; sie arbeiten als Seiten-Wagenheber und werden z. B. jedem VW-Personenwagen ab Werk beigegeben (Abb. 7.4). Die Klemmplatten-Wagenheber arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie z. B. die Schraubzwingen: Die Last wird durch *Verkanten* an einer Führungschiene (Standrohr) am Abrutschen gehindert. Um einen Wagen anzuheben, wird der Tragarm in eine der beiden Wagentüllen, die sich jeweils an der Seite des Wagens (VW, Porsche) befinden, bis zum Anschlag hineingeschoben; dann wird das Standrohr bis zum Boden nach unten gedrückt. Zum Heben wird die Betätigungsstange in die Hubtülle gesteckt und auf- und abwärts bewegt. Hierbei wird die Klemmplatte 1 gegen das Standrohr verklemmt und der Lastbügel (mit dem Wagen) angehoben. Nach jedem Hub übernimmt die Klemmplatte 3 die Funktion des Haltens, und die Feder 1 drückt die Klemmplatte 1 wieder in die obere Ausgangsposition. Dieser Vorgang, der sich mit jeder Auf- und Abbewegung der Betätigungsstange wiederholt, wird so oft durchgeführt, bis die gewünschte Hubhöhe erreicht ist.

Das Absenken des Wagens geschieht, indem die Bedienungsstange in die Senktülle gesteckt und abwärts gedrückt wird. Dabei wird die Klemmplatte 2 gegen das Standrohr geklemmt und die Klemmplatte 3 gelöst, so daß sich der Lastbügel um ein Stück senken kann. Um die Last weiter zu senken, muß die Senktülle in die Ausgangsstellung gebracht und dann erneut abwärts bewegt werden. Die Feder 2 hat die Aufgabe, die Klemmplatte 3 in Haltefunktion zu bringen; die Feder 3 hält den Tragarm in der erforderlichen Anfangsstellung.

Hydraulische Hebezeuge finden immer breitere Verwen-



Abb. 7.2 Dreispindelheber von 6 t Tragkraft

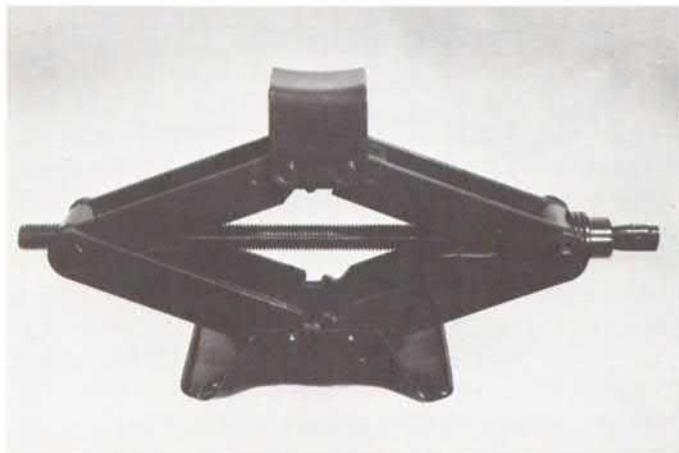


Abb. 7.3 Scherenheber

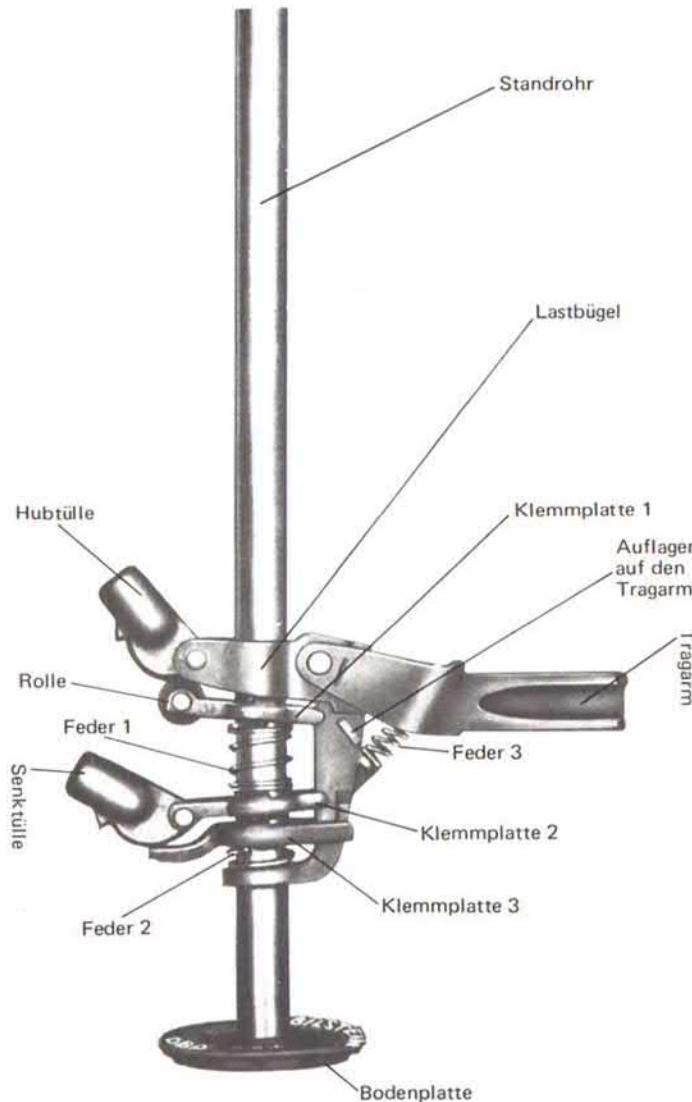


Abb. 7.4 Klemmplatte-Wagenheber

dung, weil sie trotz ihres geringen Eigengewichts und kleiner Abmessungen Lasten bis zu 300 t anheben können. Ihre Wirkung beruht auf der Kraftübertragung mittels Flüssigkeiten (meist Öl). Da wir hier nicht näher auf ihre Funktionsweise eingehen können, verweisen wir zur weiteren Information auf Literatur Nr. 2, Seite 53.

Gesperre, die in erster Linie für Zahnstangenwinden von Bedeutung sind (vgl. Abb. 7.1), werden ausführlich im Beispiel „Die Seilwinde“ (vgl. Seite 50) beschrieben.

Literatur siehe Seite 53

Didaktische Gesichtspunkte

Das Thema „Wagenheber“ ist sehr realitätsbezogen, und das Interesse dafür ist bei Schülern leicht zu wecken. Die Funktionsfähigkeit der Wagenheber-Modelle sollte an Spielzeug-Autos erprobt werden. Das hat allerdings zur Folge, daß die Schüler genaugenommen *Hebebühnen* konstruieren. In unserem Unterricht haben wir jedoch nicht zwischen Wagenheber und Hebebühne unterschieden.

Bei der Konstruktion der Wagenheber-Modelle sind zwei technische Probleme zu lösen:

Es ist eine Hebevorrichtung zu bauen, die mit geringer Kraft ein „schweres“ Objekt anhebt;
es ist ein Gesperre zu konstruieren, das die angehobene Last auf jeder Höhe sicher hält.

Die Kraftersparnis (vgl. dazu auch Beispiel 6 „Die Seilwinde“, S. 56) wird am Modell nicht erkennbar, weil zu kleine Lasten angehoben werden.

Es empfiehlt sich, dieses Thema erst *nach* der „Seilwinde“ durchzunehmen, damit die Kenntnis von Gesperren vorausgesetzt werden kann; andernfalls sind die Schüler leicht überfordert, wenn sie zusätzlich zu den Konstruktionsproblemen der Hebevorrichtung noch mit einem zweiten für sie neuen technischen Problem konfrontiert werden.

Lernziele

Die Schüler sollen

- das Modell einer Hebevorrichtung mit Gesperre konstruieren können.
- imstande sein, Wagenheber sachverständig zu benutzen.
- die Funktionsweisen verschiedener Typen von Wagenhebern beschreiben und dabei die Wirkungsweise von Klinken- und Klemmgesperren erklären können.
- folgende Begriffe erwerben und richtig gebrauchen können: Klinkengesperre, Sperrklippe, Hebebühne, Hubhöhe, Zahnstange, Seiten-Wagenheber, Zahnstangenwinde, Schraubenwinde, Scherenheber, Klemmplatten-Wagenheber.

Aufgabenstellung

Baue das Modell eines Wagenhebers, mit dem ein „schweres“ Fahrzeug hochgehoben werden kann. Das Fahrzeug muß auf jeder Höhe automatisch gehalten werden können.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, dünner Bindfaden, kleine Spielzeugautos; soweit vorhanden: lange Stahlachsen und Zahnstangen aus dem u-t 2, Großbauplatte

Zu Anfang sollte kurz geklärt werden, worauf es beim Wagenheber ankommt (Bau einer Hebevorrichtung und eines Gesperres). Als kleine Konstruktionshilfe diene der Hinweis auf die langen Achsen des Baukastens als Führungsstangen für die Hebevorrichtung und auf die Zahnstangen als geeignete Hebeelemente. Erfolgt der Hinweis auf die Zahnstangen nicht, dann löst der größte Teil der Schüler das Problem der Hebevorrichtung wahrscheinlich mit Seilwinde und Seilen (Abb. 7.5 bis 7.8). So ähnelt beispielsweise das Modell 7.5 eher einem Kran als einem Wagenheber: An zwei „Seilen“

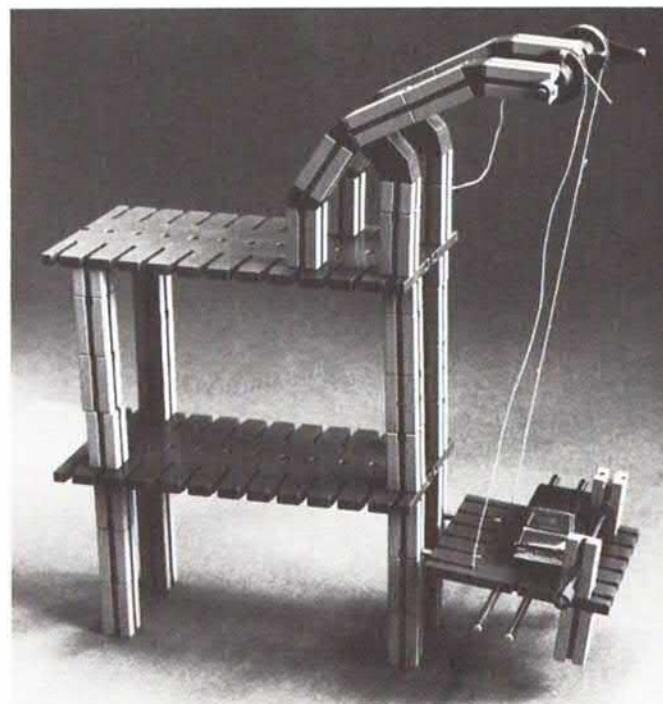


Abb. 7.5 Werner F. und Wolfgang W., Kl. 5

läßt sich die Hebebühne, die durch zwei Winkelachsen im Gerüst geführt wird, bis zur Zwischenetage emporheben. Die Modelle 7.6 und 7.7 arbeiten mit vier „Seilen“, um ein gleichmäßiges Anheben der Hebebühne sicherzustellen. Für die Kinder ist es ziemlich schwierig, vier Bänder so zusammenzuknoten, daß alle gleich lang sind. Bei beiden Konstruktionen gleitet die Hebebühne an vier Achsen auf und ab; auch haben die Schüler an eine Auffahrrampe und an eine seitliche Sicherung gegen das Abstürzen der Fahrzeuge gedacht.

Als Gesperre wird bei Modell 7.6 eine Stange vor die Handkurbel geschoben. Bei der Konstruktion 7.7 wird die Hebebühne durch eine halbe Drehung der Kurbelwelle angehoben; um diese Position beizubehalten zu können, wird die im

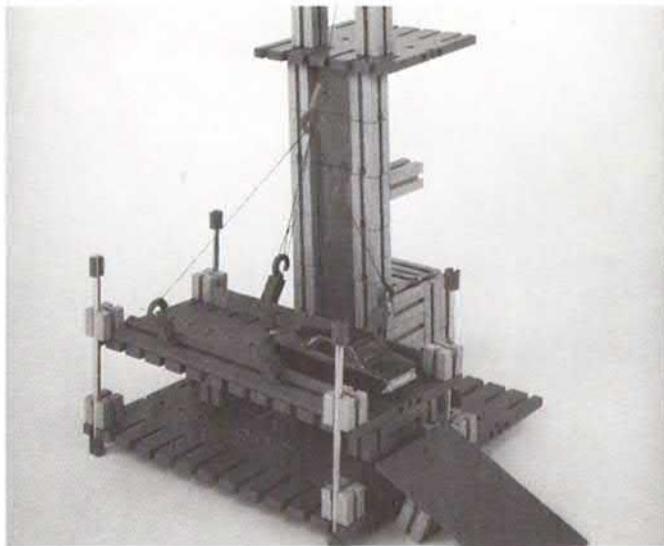


Abb. 7.6 Joachim P. und Thomas W., Kl. 5

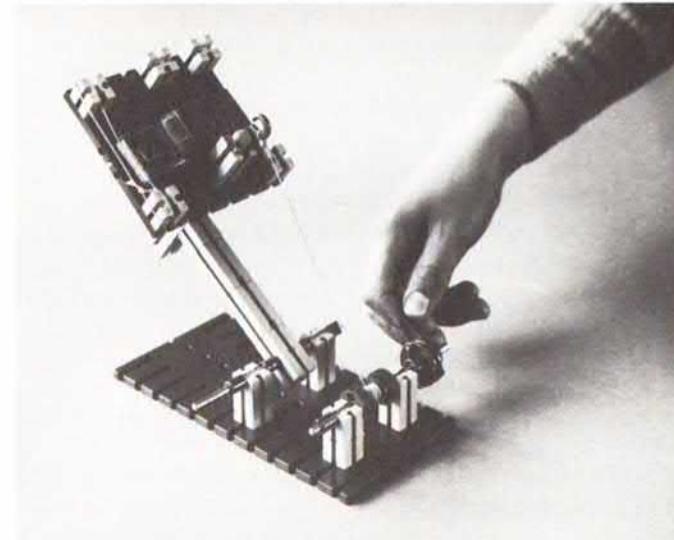
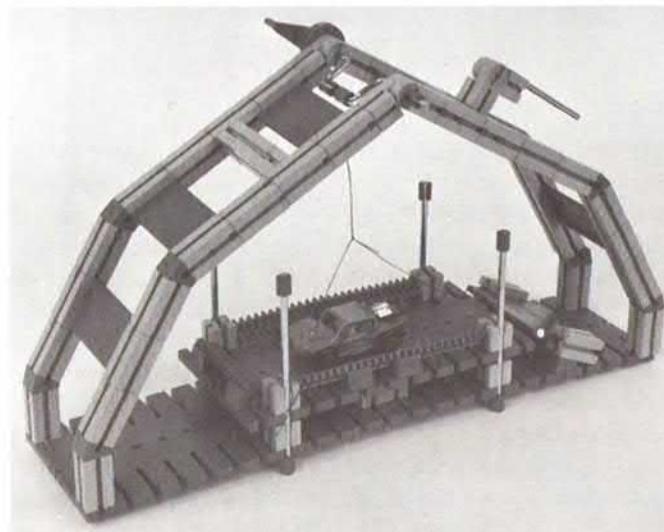


Abb. 7.8 Mustafa S., Kl. 5



62 Abb. 7.7 Hartmut H. und Michael W., Kl. 5

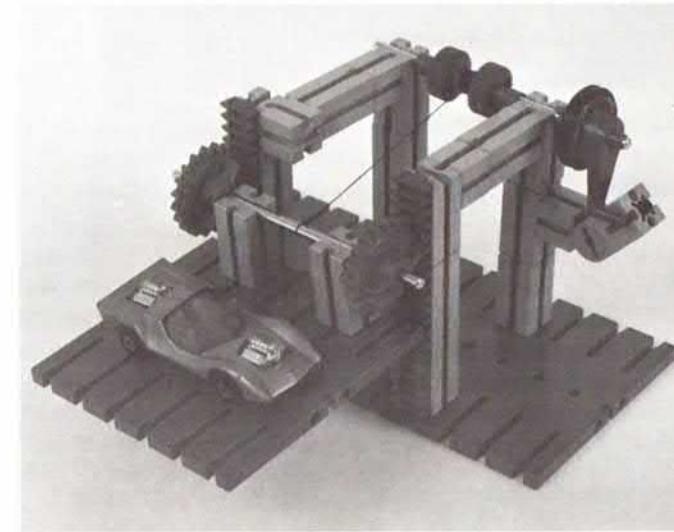


Abb. 7.9 Klaus H., Kl. 5

Gelenkstein sitzende Achse (rechts oben im Bild) so zurückgeklappt, daß die Kurbelwelle ihre Position nicht verändern kann.

Eine *Fehllösung* eines mit Seilzug arbeitenden Modells zeigt Abbildung 7.8: Mustafa fand zwar eine – wenn auch sehr unrealistische – Möglichkeit zum Anheben des Wagens; doch es fehlt eine Vorrichtung, die das Fahrzeug in der Höhe hält.

Von den Schülern unserer Versuchsklassen sind insgesamt zwei grundverschiedene Typen von Wagenhebern konstruiert worden: Entweder wurde die Hebebühne mit Seilzug – wie bei den bisher beschriebenen Modellen – oder mit Zahnstangen angehoben. Die Abbildung 7.9 zeigt eine Konstruktion, bei der die Hubleistung zwar noch mit Seilwinde und Seil erfolgt, bei dem aber bereits Zahnstangen zur Führung der Zahnräder verwendet werden. Als Gesperre dient ein herunterklappbarer Gelenkstein.

Bei dem Modell 7.10 ist das technische Prinzip der Zahnradbahnen angewendet worden: Durch Drehen der Zahnräder (zwei Bedienungskurbeln „klettert“ die Hebebühne an den vier *feststehenden* Zahnstangen empor; allerdings müssen die zwei Kurbeln ständig festgehalten werden, um ein Abstürzen der Last zu verhindern.

Dagegen werden bei den Wagenheber-Modellen 7.11 bis 7.14 die Zahnstangen bewegt und die Zahnräder in einem feststehenden Gestell gelagert. Dadurch können durch Drehen der Zahnräder die mit den Zahnstangen verbundenen Hebebühnen gehoben und gesenkt werden. Bei Abbildung 7.11 wird eine besonders lange Stahlachse (200 mm) aus dem u-t 2 eingesetzt. Eine Sperrvorrichtung fehlt bei dieser Konstruktion.

Bei Abbildung 7.12 wird das Problem, zwei Zahnräder mit einer Kurbel anzutreiben, sehr einfallsreich gelöst, indem die Drehbewegung der Kurbel über ein Reibradgetriebe (schwarze Reifen) weitergeleitet wird. Der dafür erforderliche Anpreßdruck bewirkt, daß die beiden Zahnräder fest gegen die Zahnstangen gepreßt werden; dadurch erübrigts sich bei diesem Modell ein Gesperre, weil sich die Hebebühne von allein auf jeder Höhe hält.

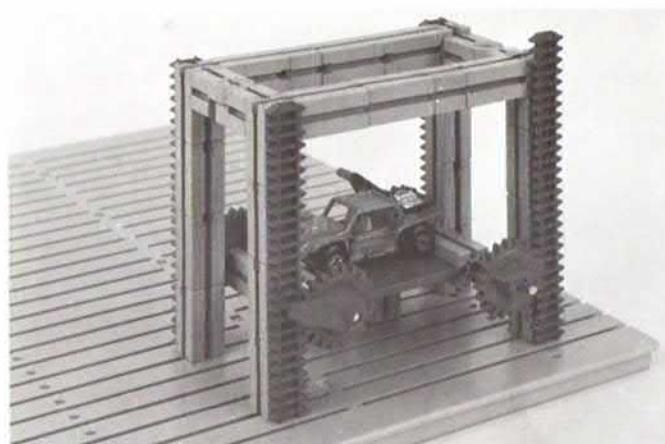


Abb. 7.10 Karin K. und Angelika R., Kl. 5

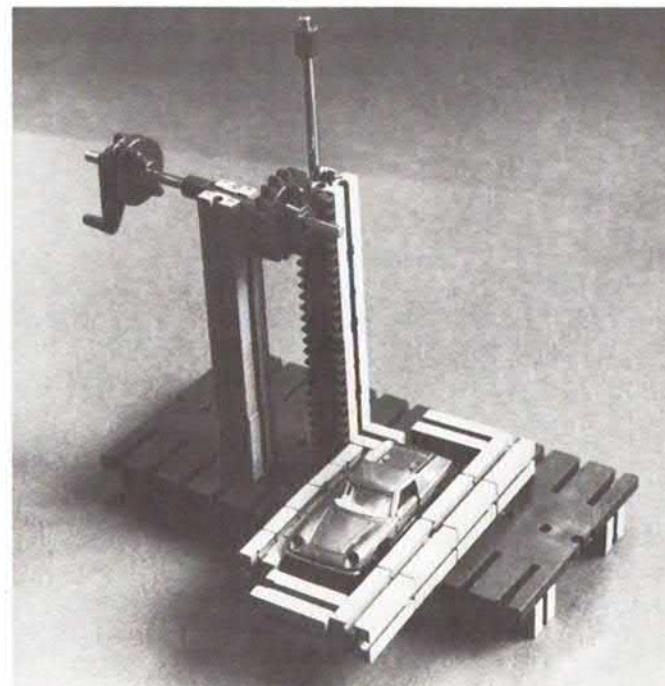


Abb. 7.11 Peter L., Kl. 5

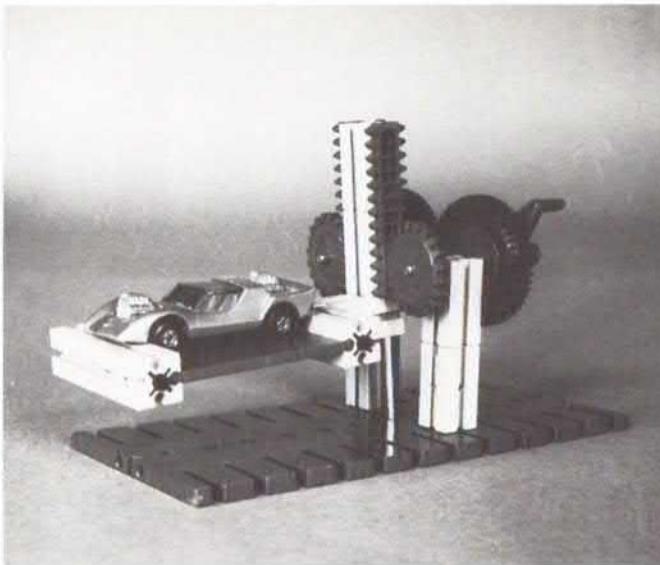


Abb. 7.12 Bernd H., Kl. 5

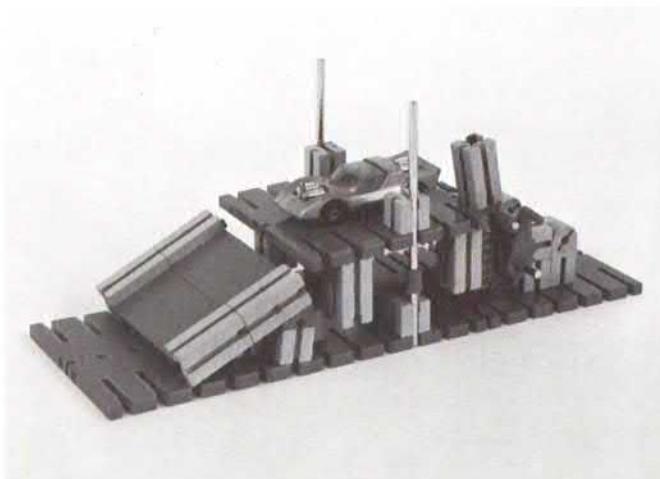


Abb. 7.13 Michael M. und Uwe v. T., Kl. 5

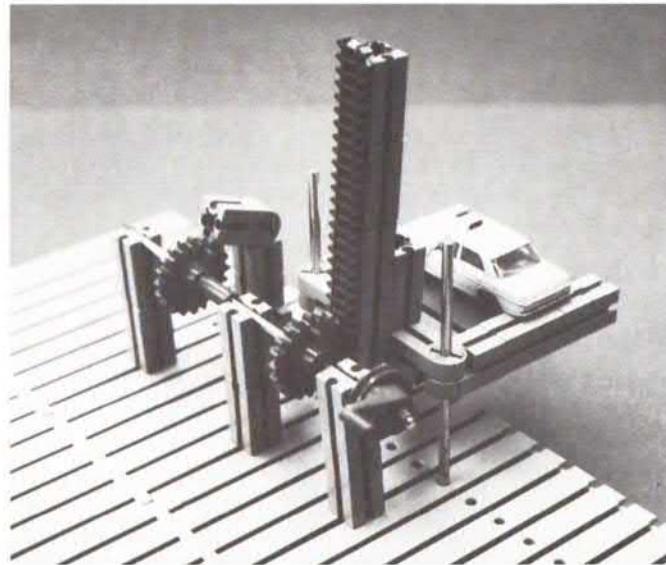


Abb. 7.14 Jutta M., Kl. 5

Michael und Uwe (Abb. 7.13) wählten für ihr Modell einen Dreieckstein als Sperre, der sich um eine kleine Achse (neben der Handkurbel) drehen läßt. Zum Senken der Hebebühne wird der Grundbaustein, der mit diesem Dreieckstein verbunden ist, nach rechts umgeklappt, so daß das Zahnrad freigegeben wird. An eine Auffahrrampe (links) haben die beiden Konstrukteure ebenfalls gedacht.

Die technisch beste Lösung für ein Gesperre konstruierte ein Mädchen (Abb. 7.14): Ein Gelenkstein als Sperrklanke sorgt dafür, daß die Hebebühne auf jeder Höhe gehalten wird.

Realbezug

Die Schüler sollen herausfinden, welche Wagenheber-Typen es gibt und an welchen Maschinen und Geräten Ge-

sperre zu finden sind (vgl. Beispiel 6 „Die Seilwinde“). Die Hilfe des Lehrers und anderer fachkundiger Erwachsener sowie die Unterstützung von Firmen (z. B. Prospekte, Leihgaben) ist kaum entbehrlich.

Unerlässlich ist es, nach dem Bauen von Wagenheber-Modellen praktisch mit Wagenhebern umzugehen (Abb. 7.15). Beim Vorführen von Wagenhebern ist folgendes zu beachten:

Wagenheber müssen an dem vom Hersteller vorgesehenen Unterstützungspunkt des Chassis angesetzt werden.

Der Wagenheber muß möglichst senkrecht stehen. Bei sandigem oder rutschigem Boden ist ein Brett o.ä. unter den Fuß des Wagenhebers zu legen.

Ehe der Wagenheber angesetzt wird, Handbremse ziehen, Motor abstellen, Gang einlegen!

Wenn unter dem Wagen gearbeitet wird, muß der Wagen mit Böcken, Steinen, Holzklötzen o.ä. zusätzlich abgesichert werden.

Zusammenfassung für den Schüler

Wagenheber werden als Schraubenwinden, Scherenheber, Klemmplattenheber oder als hydraulische Heber konstruiert. Hydraulische Heber übertragen die Kraft über eine Flüssigkeit (Öl).

Zahnstangenwinden werden auf Baustellen und bei Gleishebelearbeiten eingesetzt. Als Bordwerkzeug für PKWs eignen sie sich wegen ihrer Größe nicht.

Die Wagenheber für Personenwagen sind meistens Seiten-Wagenheber; sie werden also an einer der beiden Seiten des PKWs angesetzt. Dieser Wagenheber-Typ arbeitet entweder mit einer langen Schraubenspindel, an der sich ohne zusätzliche Sperre die Last selbsthemmend hält, oder es handelt sich um einen Klemmplattenheber (z. B. VW). Hierbei wird die Last durch Verkanten an einem glatten Standrohr am Abrutschen gehindert; dieser Wagenheber funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie die Schraubzwingen.

Wenn unter einem Wagen gearbeitet werden soll, genügt es nicht, ihn nur mit dem Wagenheber anzuheben; der Wagen muß für solche Arbeiten zusätzlich mit Böcken, Steinen oder ähnlichem abgesichert werden.

Vollmers



Abb. 7.15 Schuler erproben einen Klemmplatten-Wagenheber

8 Der Gabelstapler

Sachinformation

In vielen Industriezweigen spielen Fördermittel eine entscheidende Rolle. Der Einsatz geeigneter Fördermittel kann unter sonst gleichen Umständen der Betriebe über die jeweilige Produktivität und Rentabilität eines Betriebes entscheiden. Bei einer mittleren Werft z. B. werden täglich bis zu 300 t Stahlplatten und Stahlprofile transportiert; eine Gießerei muß 100–150 t befördern, um eine Tonne Fertigguß herzustellen. Das hat zur Folge, daß die innerbetrieblichen Transportkosten durchschnittlich ein Drittel der Herstellungskosten ausmachen. Daneben werden auch für Lagerung erhebliche Kosten aufgebracht. Besonders für Industrie- und Wirtschaftsbereiche, die transportintensiv sind (Holz- und Baustoffhandel, Gießereien, Textilindustrie usw.) stellen sich daher die Probleme der Transport rationalisierung und damit die Frage nach dem jeweils angemessenen Transportmittel.

Bei den sogenannten „Flurförderern“, und um die handelt es sich in diesen Wirtschaftszweigen fast ausschließlich, spielt der Gabelstapler wegen seiner Vielseitigkeit eine dominierende Rolle. Gabelstapler können für viele Transportaufgaben eingesetzt werden. Sie sind klein und wendig und können daher vorzüglich in Lagerhallen und -schuppen eingesetzt werden. Ihre hohe Traglast (bis zu 4 t) ermöglicht es, neben Kisten, Säcken, Röhren, Baumstämmen usw. sogar schwere Maschinen zu transportieren. Gabelstapler können Lasten aber nicht nur transportieren, sondern sie können auch be- und entladen und stapeln.

Um die Arbeit des Gabelstaplers zu ermöglichen, werden heute viele Transportgüter auf sogenannten Paletten verpackt. Durch die Palette wird das Transportgut etwa 10 cm über dem Boden gelagert, so daß für die Gabel jetzt die nötige Unterfahrhöhe entsteht, um die Last aufzunehmen. Daneben werden viele Güter wie Kühlschränke, Waschmaschinen usw. mit Einwegpaletten aus Pappe oder Holz versehen, die für nur einen Transportweg benutzt und dann vernichtet

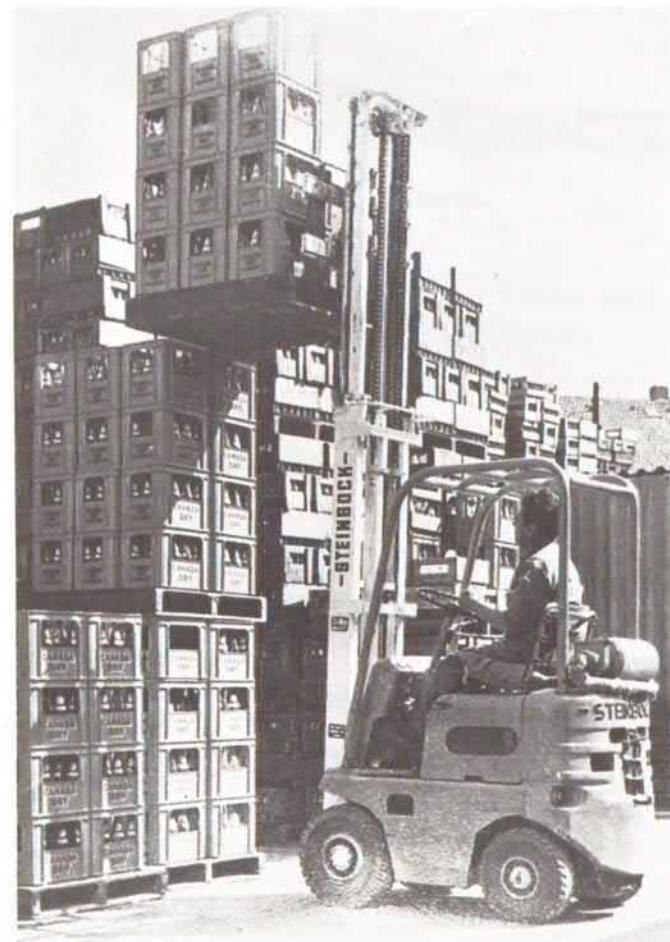


Abb. 8.1 Die Masten, an denen sich die Gabel auf- und abbewegt, lassen sich auf die zwei- bis dreifache Höhe ausfahren

werden. Wo die Verwendung der Palette nicht möglich ist, kann der Gabelstapler trotzdem eingesetzt werden, indem verschiedene Lastaufnahmeverrichtungen angebaut werden: mit einem Dorn z. B. kann er in eine einzelne Röhre hineinfassen; Steinklammern ermöglichen das Aufnehmen von Steinpaketen; mit einer vorgesetzten Schaufel kann loses Ladegut aufgenommen werden usw.

Eine besondere Bauweise der Mastteile (Teleskopmast) erlaubt es dem Gabelstapler durch einen niedrigen Eingang in eine Lagerhalle zu fahren und dort die Lasten sehr hoch zu stapeln, um den Raum gut auszunutzen (s. Abb. 8.1). Dafür sind zwei oder drei Mastteile verschiebbar ineinandergesteckt: 1. der feste Standmast und 2. der äußere und der innere Fahrmast (Hubhöhe). Diese Masten können nacheinander ausgefahren werden.

Neuerdings gibt es in der Industrie auch Quer-Gabelstapler. Sie werden eingesetzt, wenn besonders lange oder schwere Lasten (etwa Röhren) bewegt werden sollen (s. Abb. 8.2).

Didaktische Gesichtspunkte

Zu Beginn des Unterrichts werden in einem Gespräch die verschiedenen Transportmöglichkeiten von Lasten in einem Betrieb (etwa einem Röhrenwerk) angesprochen. Dabei sollten dann in einem Vergleich zwischen dem Gabelstapler und anderen Transportmitteln die Vorzüge, Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten des Gabelstaplers herausgestellt werden.

Einige der hierbei erarbeiteten Kriterien werden später beim Vergleich und bei der Beurteilung der Modelle mit herangezogen. Mit den Bauelementen des u-t 1 können die Schüler nur Gabelstapler mit Standmast konstruieren, da die Teile nicht ineinander verschiebbar sind.

Das anschließende Gespräch beim Vergleich von Modell und originaler Maschine (etwa an Abbildungen und Prospekten) kann dann noch auf weitere Eigenschaften der Gabelstapler wie z. B. Ausfahren von Fahrmast über den Standmast hinaus eingehen.



Abb. 8.2 Quer-Gabelstapler

Lernziele

Modell eines funktionstüchtigen Gabelstaplers mit Sperre bauen.

Vorteile eines Gabelstaplers nennen können.

Funktionsweise eines Gabelstaplers erklären können.

Begriffe:

Gabelstapler, Hubgabel, Standmast, Fahrmast, Hubhöhe.

Aufgabenstellung

Baue einen Gabelstapler, mit dem du Röhren transportieren und stapeln kannst. Damit die Gabel in jeder Höhe stehenbleiben kann, muß eine Sperrvorrichtung (Gesperre) vorhanden sein.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1; Zusatzmaterial: feine Schnur

Beim Bau der Modelle bereitet den Schülern die Führung der sich vertikal bewegenden Hubgabel Schwierigkeiten. Es ergeben sich Konstruktionsprobleme, die Gabel unmittelbar bis auf den Boden herabzulassen, wenn die Modelle fahrbar gemacht werden.

Um ein einwandfreies Auf- und Niedergleiten der Hubgabel zu ermöglichen, benutzen Schüler häufig Zahnstangen, die am Standmast befestigt sind. An der Hubgabel sitzen zwei Zahnräder, die durch das Gewicht der Gabel an die Zahnstange gepreßt werden und eine einwandfreie Führung bewirken (Abb. 8.3). An zwei Haken an der Gabel ist das Seil befestigt, das über eine Rolle zur Winde geführt wird. Als Sperrvorrichtung dient ein grauer Baustein, der am Winden-gestell auf- und niedergeschoben werden kann und so die Kurbel blockiert. Damit die Hubgabel bis auf den Boden kommt, hat der Schüler die Radachsen oberhalb der Grundplatte gelagert. Der Gabelstapler hat dafür allerdings kaum Bodenfreiheit. Bei diesem Modell fehlt die Führung der Hubgabel am Standmast, um ein seitliches Abkippen der Last zu verhindern.

Dieses Problem hat ein anderer Schüler dadurch gelöst, daß er jetzt für die Gabel einen Rahmen gebaut hat, der den Standmast umgibt und damit das seitliche Abkippen der Gabel verhindert (Abb. 8.4). An diesem Modell wird aber auch deutlich, daß trotz intensiver Arbeit es nicht allen Schülern gelingt, in der vorgegebenen Zeit ihr Modell noch fahrbar zu machen und es mit einer Sperrvorrichtung zu versehen.

Bei etlichen Lösungen wird auf die Zahnstange verzichtet und als Führung für die Hubgabel ein Rechteck aus Bausteinen um den Standmast gesetzt. Gut gelöst bei diesem Modell (Abb. 8.5) ist die Sperrvorrichtung: Ein Winkelstein ist am Gelenkstein befestigt und gleitet beim Anheben der Last auf dem Zahnkranz, läßt man die Kurbel los, faßt der Stein in den Zahnkranz und hält die Seiltrommel fest.

Eine andere Lösung zeigt Abb. 8.6, wo die Hubgabel in zwei Stangen auf- und niedergleitet. Diese Lösung hat allerdings

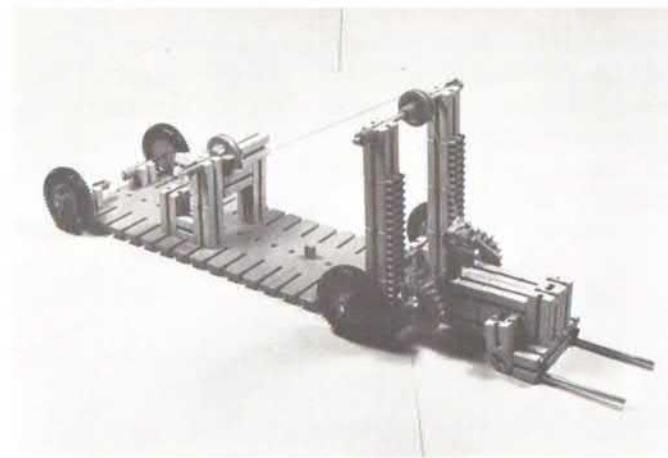


Abb. 8.3 Die Gabel wird in zwei Zahnstangen geführt

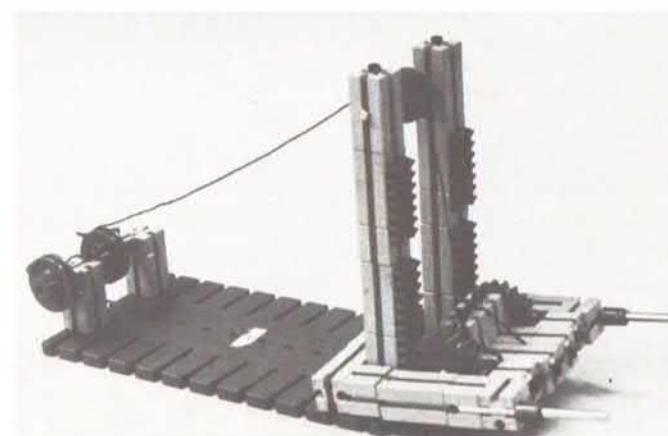


Abb. 8.4 Ein Rahmen aus Bausteinen gibt der Gabel die seitliche Führung

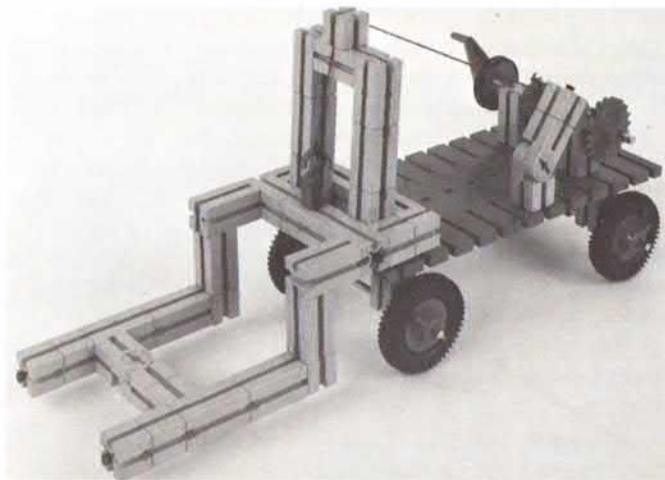


Abb. 8.5 Ein Winkelstein, am Gelenkstein befestigt, dient als Sperre



Abb. 8.7 Gabelstapler mit Sperrvorrichtung hebt eine Last

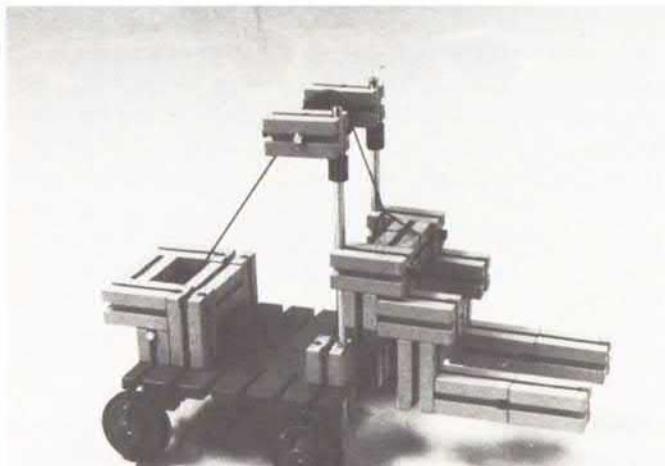


Abb. 8.6 Die Gabel gleitet in zwei Achsen 110 auf und nieder



Abb. 8.8 Vier Räder lagern die Gabel am schrägen Standmast

den (im Baukasten begründeten) kleinen Nachteil, daß die unbelastete Gabel nur schwer hinabgleitet; die beiden Stangen ergeben aber eine einwandfreie Führung und Halterung der Gabel.

Eine recht gute Lösung zeigt Abb. 8.7: Am schräg gestellten Standmast gleitet die Gabel, geführt durch vier Räder, auf und nieder. Beim Heraufziehen kann die Gabel durch den ins Zahnrad einrastenden Winkelstein in jeder Höhe gehalten werden; beim Herablassen muß die Sperre angehoben werden. Ein seitliches Abkippen ist bei dieser Führung nicht möglich (Abb. 8.8). Dieses Modell kann recht schwere Lasten anheben, denn je höher hier die Last gehoben wird, um so günstiger wird der Schwerpunkt.

Die verschiedenen Vorteile der Schrägstellung des Standmastes, die auch beim originalen Gabelstapler zu sehen sind, sollten bei einem solchen Modell unbedingt mit den Schülern in einer anschließenden Auswertung erörtert werden.

Nicht nur Kisten, Säcke, Rohre, Baumstämme und andere Güter, sondern sogar schwere Maschinen können mit Gabelstaplern transportiert und gestapelt werden.

Aus dem Standmast lassen sich Fahrmaстen (an denen sich die Gabel auf- und abbewegt) auf die zwei- bis dreifache Höhe ausfahren. Dadurch können Gabelstapler einerseits durch einen niedrigen Eingang in die Lagerhalle hineinfahren (eingefahrener Mast), andererseits Lasten in sogar 5 m Höhe stapeln (ausgefahrener Mast).

Rolff

Realbezug

Im Anschluß an die Besprechung der Schülerlösungen wird mit den Schülern nach Abbildungen oder bei Realbegegnungen die Funktionsweise originaler Gabelstapler oder Gabelhubwagen erarbeitet. Hierbei sollte neben dem Vergleich des Lastanhebens zwischen Modell und Original auch auf die Lenkung (über die Hinterachse; sehr kleiner Wendekreis; Dreirad-Gabelstapler) und auf die verschiedenen Antriebsarten (Benzinmotor, Dieselmotor, Batterie) eingegangen werden.

Zusammenfassung für den Schüler

Gabelstapler sind ein vorzügliches Transportmittel. Sie sind klein und wendig und daher besonders gut für den Transport und das Stapeln von Waren in den engen Lagerhallen und -schuppen geeignet.

9 Die Seilbahn

Sachinformation

Einteilung der Seilbahnen: Die Seilbahnen (auch Drahtseilbahn oder Seilschwebebahn genannt) lassen sich je nach der Zahl der verwendeten Seile in zwei Gruppen gliedern: Bei den *Einseilbahnen* ist die Kabine (Wagen, Gondel) fest mit dem Seil verbunden; dabei dient dieses eine Seil zum *Tragen* und zugleich zum *Bewegen* der Last. Wegen dieser doppelten Beanspruchung werden Einseilbahnen nur für kleinere Lasten gebaut; die Sessellifte beispielsweise gehören dazu.

Bei den *Zweiseilbahnen* wird das Tragen und Bewegen der Kabine von je einem Seil übernommen: Das *Tragseil* dient als „Schiene“, auf der sich die Laufräder der am Laufwerk hängenden Kabine bewegen; Das *Zugseil* sorgt für den Transport der Kabine. Bei Großkabinenbahnen wird dieses Zweiseilsystem nahezu nur angewandt.

Geschichtlicher Überblick: Seilbahnen sind keine Erfindung der Neuzeit; lange bevor im 15. Jahrhundert in Europa die erste Beschreibung dieses Transportmittels auftaucht, sind einfache Seilbahnen oder ähnliche Vorrichtungen bei alten Kulturvölkern Ostasiens und Südamerikas benutzt worden.

Seile wurden früher nur aus Pflanzenfasern geflochten; deshalb waren keine allzu hohen Belastungen möglich. Erst die Erfindung des Drahtseils (als Tragseil für Förderkörbe; Oberbergrat ALBERT in Clausthal, 1834) ermöglichte den Transport schwerer Lasten. Der Bau moderner Seilbahnen für die Beförderung von Erz, Gestein, Kohle begann im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts. Die erste öffentliche Personen-Seilbahn wurde erst 1907 in San Sebastian (Spanien) erbaut.

Die Drahtseile: Drahtseile werden aus mehreren Drähten zusammengeseilt, indem diese *schraubenlinienförmig* um eine Seilachse (bei Tragseilen = Draht; bei Zugseilen = geätzte oder gefettete Hanfseele) herumgewunden werden.

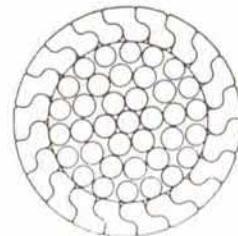


Abb. 9.1
Vollverschlossenes
Tragseil

Tragseile sollen möglichst *verschlossen* sein, d. h. eine glatte und undurchdringliche Oberfläche aufweisen. Die äußeren Drähte müssen deshalb ein besonderes Profil (wie z. B. bei Abb. 9.1) haben, so daß sie eng aneinanderliegen und weder Feuchtigkeit eindringen noch die im Seilinnern befindliche Schmiermasse heraustreten kann.

Die Seilvorspannung: Ab 1926 begann man damit, Tragseile stark vorzuspannen. Dadurch wurden die Bau- und Betriebskosten der Seilbahnen entscheidend gesenkt. Weil der Durchhang der Tragseile durch das Spannen viel geringer wird, sind wesentlich weniger Stützen als sonst erforderlich (z. B. bei 1100 m Höhenunterschied statt 39 nur noch 4 Stützen); außerdem kann die Fahrgeschwindigkeit der Kabine wesentlich erhöht werden. Hinzu kommt ein angenehmeres Fahren. Die Tragseile werden in den meisten Fällen an einem Ende über Trommeln gewickelt und fest verankert und am anderen durch ein schweres Gewicht, das oft mehr als 100 t wiegt, straff gespannt (vgl. Abb. 9.2).

Verschiedene Arten von Seilbahnen: *Skilifte* (auch Schlepplifte genannt) haben ein *umlaufendes Seil*, das durch entsprechend viele Rollen und Masten unterstützt ist. Fest verbunden mit diesem endlosen Seil sind eine Reihe von Stützen, gegen die sich die Skifahrer lehnen, um sich hinaufziehen zu lassen.

Befestigt man an den Stützen der Schlepplifte einen Sitz, so hat man die einfachste Form einer Seilschwebebahn, nämlich eine *Sesselbahn*. Wenn die Sessel am Seil *festsitzen*, erfolgt ein ständiger Umlauf aller Sessel, gleichgültig, ob sie besetzt oder leer sind.

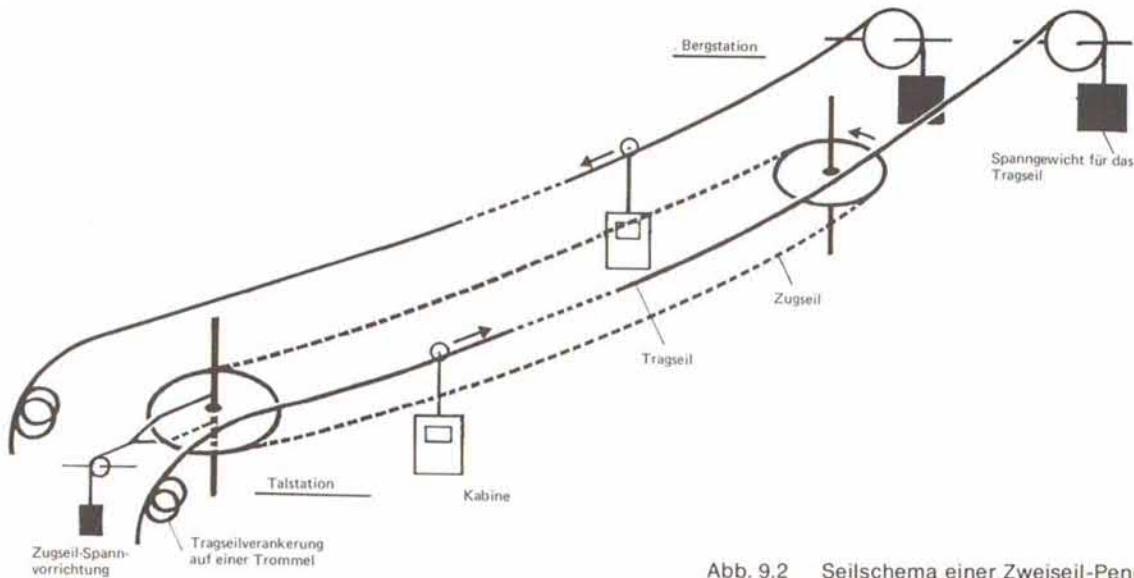


Abb. 9.2 Seilschema einer Zweiseil-Pendel-Bahn

Es gibt aber auch Seilbahnen, deren Sessel oder Kabinen mit *lösbar*en Kupplungen am Seil befestigt sind. Dadurch ist es möglich, die Sessel oder Kabinen auszukuppeln und auf Umlenkschienen abzulenken, so daß die Fahrgäste bei *Stillstand* ein- und aussteigen können. Ähnliches gilt für Klein-kabinen-Bahnen, die oft als Einseil-Umlaufbahnen arbeiten.

Die Großkabinen-Bahnen (vgl. Abb. 9.3) arbeiten meistens im *Zweiseil-Pendel-Betrieb*. Dabei hat im allgemeinen jede Spur ein Tragseil und zwei Zugseile. Die einfachsten Zweiseilbahnen sind auf Berghöfen (Transport von Milch, Butter, Käse) und in Weinbergen (Transport von Mist) zu finden. *Sicherheitsvorkehrungen*: Die Tragseile gelten allgemein – sorgfältiger Einbau und sachgemäße Wartung vorausgesetzt – als sicher, so daß keine Maßnahmen gegen einen *Tragseilriß* getroffen werden. Anders ist es bei den wesentlich dünneren Zugseilen. Weil sie ständig über Rollen bewegt und dabei gebogen werden, haben Zugseile eine kür-

zere Lebensdauer als Tragseile. Für den Fall, daß ein Zugseil reißt, sind Sicherheitsvorkehrungen getroffen: Jede Kabine ist entweder mit zwei Zugseilen verbunden, oder jede Kabine ist mit einer *Tragseilfangvorrichtung* versehen. Dabei handelt es sich um eine automatische Fangbremse, wie sie auch von Fahrstühlen bekannt ist: Zwei Klemmbacken befinden sich in geringem Abstand vom Tragseil. Wird nun der Auslösebolzen betätigt (Riß des Zugseils, Notbremse in der Kabine), dann umklammern mit Hilfe einer starken Feder beide Bremsbacken das Tragseil und bringen das Fahrwerk mit der Kabine zum Halten.

Das *Tragseil* wird an einem Ende oder – wenn Spanngewichte fehlen – an beiden Enden mit einer Trommelverankerung gesichert. Dazu wird das in die Station einlaufende Tragseil einige Male um eine mit Holz verschalte Stahlbetontrommel geschlungen, so daß die Seilreibung nahezu die gesamten Seilspannkräfte aufnimmt. Die Trommelverankerung hat den großen Vorteil, daß von Zeit zu Zeit das Seil in



Abb. 9.3 Goldeckbahn, Spittal/Kärnten

der Bergstation nachgelassen und zugleich in der Talstation eingeholt werden kann. Damit wird die Lebensdauer des teuren Tragseils erhöht, weil dadurch das Seil nicht immer mit denselben Stellen auf den Stützmasten aufliegt; hier erfolgt nämlich die größte Beanspruchung des Tragseils. Es ist stets darauf zu achten, daß die Spanngewichte auch bei Dehnung des Tragseils (Temperaturanstieg, Seil ist neu) noch ausreichend Spielraum haben. Ist ein Tragseil an beiden Enden fest verankert, dann muß seine Länge wegen der Temperaturunterschiede zweimal im Jahr verändert werden (Frühjahr: Seil einholen; Herbst: Seil nachlassen). Wenn die Tragseile auch als sicher gelten, so werden sie doch mindestens einmal im Monat durch *langsame* Abfah-

ren der Strecke auf Drahtbrüche, Korrosion und andere Veränderungen untersucht (sehen und evtl. tasten). Um auch das Innere der Seile untersuchen zu können, setzt man elektromagnetische Geräte ein. Zeigt sich eine Veränderung des Magnetfeldes, das durch das Prüfgerät im Seil erzeugt wird, so deutet das auf Drahtbruch oder Korrosion hin.

Zugseile, die sich stärker dehnen und schneller verschleißt als Tragseile, werden etwa alle zwei Wochen untersucht. Brüche einzelner Drähte sind auch beim Zugseil nicht gefährlich, weil der gebrochene Draht bereits nach einigen Windungen wieder trägt. Wenn sich allerdings an einer Stelle die Drahtbrüche häufen, dann wird dieses Seilstück entfernt und ein neues eingespleißt.

Um der Abnutzung und der Korrosion der Seile entgegenzuwirken, werden alle Seile monatlich einmal mit säurefreiem Öl geschmiert.

Literatur:

1. Beratungsstelle für Stahlverwendung: Seilschwebebahnen für Personenbeförderung, 2. Aufl., Düsseldorf 1961, 32 S. (Merkblatt über sachgemäße Stahlverwendung Nr. 216)
2. Czitary, Eugen: Seilschwebebahnen, 2. erw. Aufl., Wien 1962, 467 S.
3. Dieterich, G.: Die Erfindung der Drahtseilbahnen. Eine Studie aus der Entwicklungsgeschichte des Ingenieurwesens. Leipzig 1908, 104 S.

Didaktische Gesichtspunkte

Das Unterrichtsthema „Seilbahn“ fasziniert Kinder. Das Überwinden trennender Hindernisse – Flüsse, Schluchten, Gebirge – fordert die technische Phantasie der Kinder heraus und motiviert sie zu konzentrierter Konstruktionstätigkeit.

Das Fahren in der Seilbahn ist für Kinder wie Erwachsene, wenn es nicht zur Gewohnheit geworden ist, abenteuerlich.

Das Schweben hoch in der Luft, die Sorge, abstürzen zu können, sind erregende Momente mit positiver Rückwirkung auf den Mut.

Das Seil als technisches Mittel zum Transportieren spielt nicht nur bei der Seilbahn eine Rolle. Es wird in dieser Funktion auch bei der Seilwinde, bei Eisenbahnsignalen und bei der Schranke, schließlich zur Bewegung des Zeigers auf Skalen (Radiogerät) und zur Bewegung von Schießbudenfiguren verwendet. Diese Bezüge sind im Unterricht deutlich zu machen.

Lernziele

Die Schüler sollen

- imstande sein, mit eigenen Worten die Funktion und Bedeutung von Seilbahnen zu beschreiben.
- die Weiterleitung von Bewegungen durch Seile als grundlegendes technisches Prinzip erkennen.
- nach eigenen Vorstellungen das Modell einer Seilbahn konstruieren können, deren Kabine sich von einer Station aus hin- und herbewegen läßt.
- folgende Begriffe erwerben und richtig gebrauchen können: Seilbahn, Tragseil, Zugseil, Kabine, Gondel, Berg- und Talstation, Verankerung, Vorspannung, Durchhang.

Aufgabenstellung

Von den Erlebnissen der Schüler ausgehend, sollte in einem einleitenden Gespräch auf die Aufgaben von Seilbahnen eingegangen werden: Transport von Personen und Gütern; Ersatz von Straßen, wenn deren Bau sehr schwierig oder sogar unmöglich ist, wie z. B. Überbrückung eines Tales, Transport vom Talgrund auf einen Berg, Transport über Häuser, Geleise, Straßen hinweg. Die auslösende *Problemstellung* kann real sein (ein Berggasthof muß versorgt werden), durch einen historischen Hintergrund gegeben sein (vgl. Abb. 9.6) oder sich auf die Spielphantasie gründen

(zwei Türme an den Ufern eines reißenden Flusses – zwei Freunde wollen Gegenstände austauschen). Auch Urlaubsfotos von Seilbahnen eignen sich gut für ein Einführungsgespräch.

Die Aufgabenstellung sollte, damit der technologische Gesichtspunkt Beachtung findet, folgendermaßen lauten: *Baue eine Seilbahn, deren Kabine von einer der beiden Seilbahnstationen aus hin- und herbewegt werden kann.*

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, dünner Bindfaden, Schraubzwingen

Beim Bau eines Seilbahnmodells im Klassen- oder Werkraum sind keine Stützmaстen erforderlich. Die Schüler werden deshalb nicht mit dem schwierigen Konstruktionsproblem des *offenen Bügels* belastet, der das Vorbeifahren an den Stützmaстen ermöglicht (Abb. 9.3 und 9.4). Von den 67 Schülern der 4 Versuchsklassen konstruierte nur eine einzige Zweiergruppe – bei diesem Thema wurde *partner-*



Abb. 9.4 Zweiseilbahn für den Transport von Lasten

weise zusammengearbeitet – eine Kabine mit offenem Bügel (Abb. 9.5). Die Erinnerung an einen Winterurlaub in den Bergen veranlaßte Claus, seinem Partner diese Konstruktion vorzuschlagen.

Wie groß die Schwierigkeit dieses Konstruktionsproblems ist, läßt sich aus der Zeichnung der berühmten „Dantzier Maschine“ (Leupold, 1724) ersehen (Abb. 9.6). Wie nämlich die mit Eimern belasteten Seile an den mit Rollen versehenen Stützmasten vorbeikommen, vermochte der Zeichner nicht klarzustellen¹).

Für den Bau eines Seilbahnmodells bieten sich eine Reihe von Möglichkeiten an: von Tisch zu Tisch (Abb. 9.9 und 9.13), von einem Tischende zum anderen (Abb. 9.10), vom Tisch zum Fenster oder zur Wandtafel hinauf (Abb. 9.5, 9.7 und 9.12), oder die gesamte Anlage wird in einem Stück und damit transportabel gebaut (Abb. 9.14).

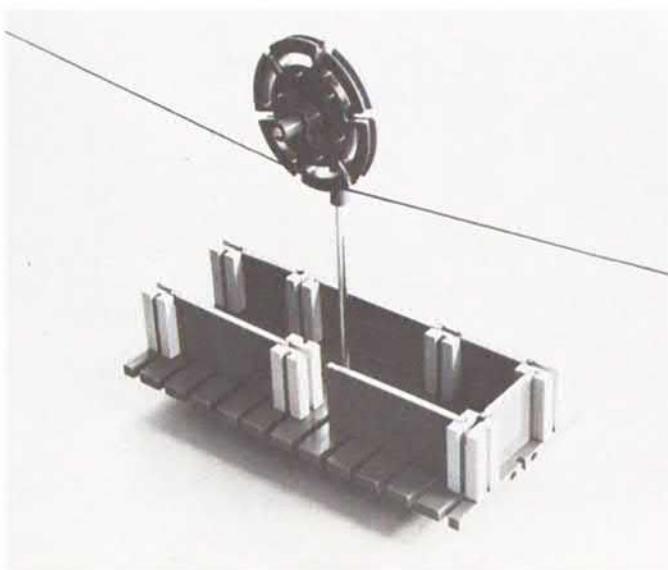


Abb. 9.5 Claus R. und Peter S., Kl. 5

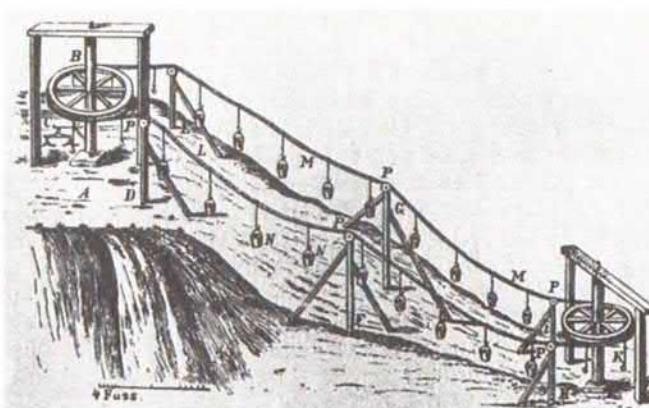


Abb. 9.6 Dantzier Maschine, 1724

Als Seil eignet sich am besten ein dünner, nicht zu steifer Bindfaden. Wegen des straffgespannten Seiles müssen beide „Seilbahnstationen“ mit *Schraubzwingen* festgemacht werden.

Einige Schüler begnügten sich damit, ein Seil schräg nach oben zu spannen, um dann die Kabine durch die Schwerkraft herabrollen zu lassen. So hatte z. B. die Seilwinde auf der Abbildung 7 nur die Aufgabe, die Spannung des Tragseils zu regulieren. In solchen Fällen wurden die Schüler noch einmal auf die Aufgabenstellung verwiesen, die vorschreibt, daß sich die Kabine von einer Seilbahn-Station aus hin- und herbewegen lassen müsse.

Die meisten Schüler entschieden sich für *Einseilbahnen*, die wie die „Dantzier Maschine“ (Abb. 9.6) und eine „Luftbahn“ des 15. Jahrhunderts (Abb. 9.8) mit einem *endlosen Seil* arbeiten. Diese Konstruktionen erfordern mehr Problemlösungsgeschick als die *Zweiseilbahnen*, weil sie einen

1) Diese 1644 zu Danzig gebaute Seilbahn war eine der ersten, die sich wirklich für einen größeren Massentransport (Sand) eignete. Sie verlief auf hohen Pfosten vom Bischofsberg herab, über einen Fluß und über ein Stück Land hinweg, dann über den breiten Stadtgraben und endlich zur Festung hinauf.

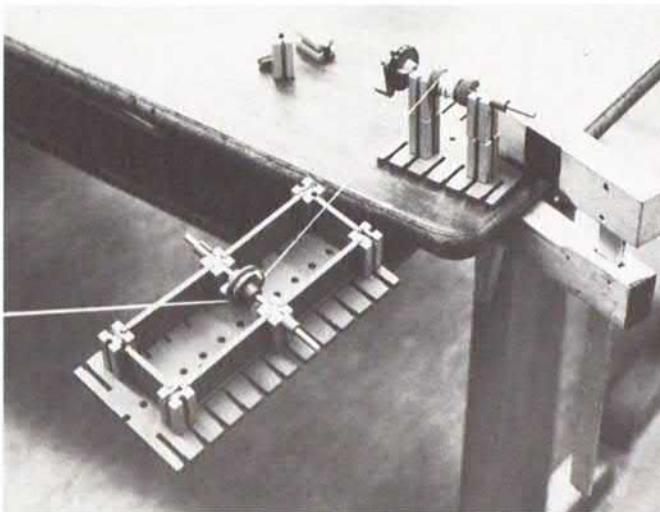


Abb. 9.7 Reinhard H. und Thomas K., Kl. 5

Umlaufmechanismus für das Seil und eine Befestigungsmöglichkeit für die Kabine am Seil nötig machten. Die meisten Schüler ordneten die notwendigen Umlaufrollen *senkrecht* an (Abb. 9.12 und 9.13); Michael und Uwe dagegen lagen die Antriebsräder ihres endlosen Seils (wie bei Sesselliften) *waagerecht* (Abb. 9.10 und 9.11). Diese Konstruktion, die zudem noch schräg stehende Achsen hat, ist eine kleine Meisterleistung.

Günther und Thomas (Abb. 9.12) befestigten ihre Bergstation mit Schraubzwingen an einer Fensterbank und hielten die Talstation frei in der Hand, um die Seilspannung nach Belieben regulieren zu können. Das Seil wurde so zwischen die Bausteine geklemmt, daß die Kabine fest mit dem Seil verbunden war. Auch Michael und Uwe wählten das Klemmprinzip: Ein Verbindungsstück, in dessen Schlitz das Seil eingelegt war, wurde in einen Bausteinschlitz hineingeschoben und dadurch zusammengepreßt (Abb. 9.11).

Die schwächste Lösung für die Befestigung der Kabine am Seil erbrachten Bernd und Ullrich: Sie hängten ihre Kabine

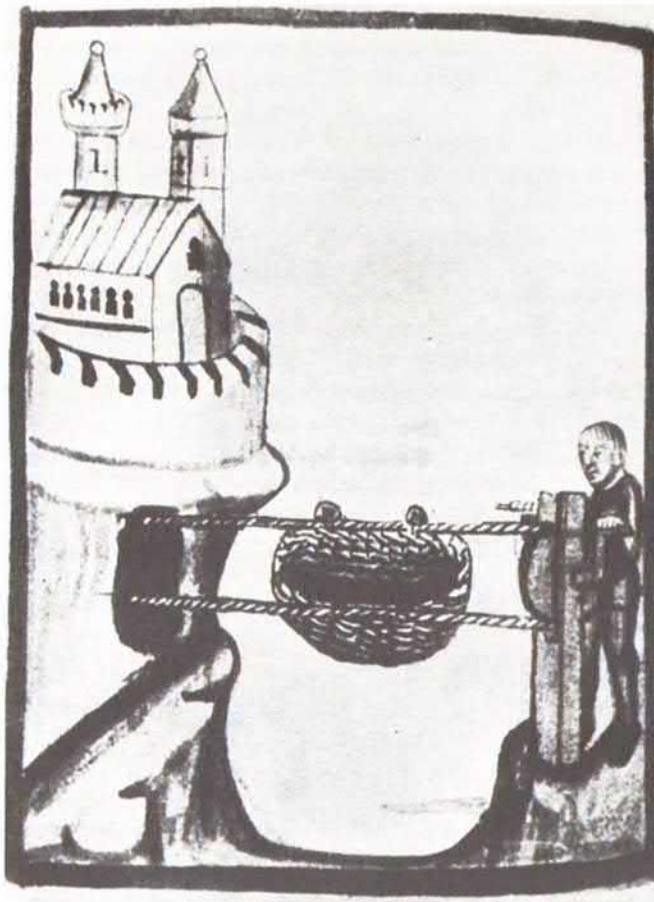


Abb. 9.8 Luftbahn mit endlosem Seil, um 1411

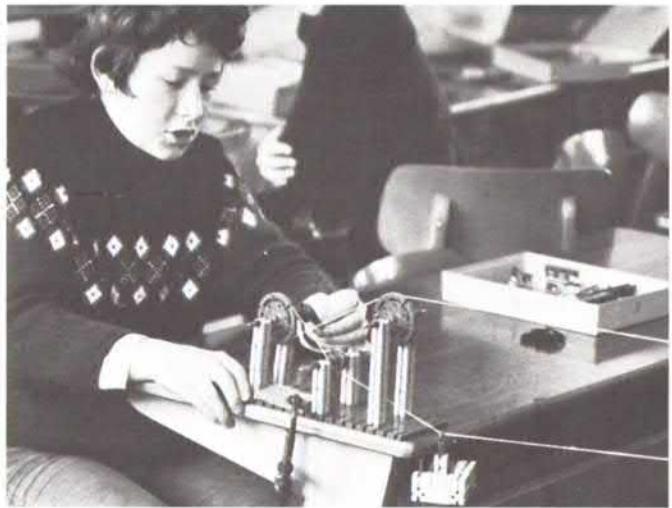


Abb. 9.9 Ullrich D. und Bernd R., Kl. 6



Abb. 9.10 Michael M. und Uwe v. T., Kl. 5

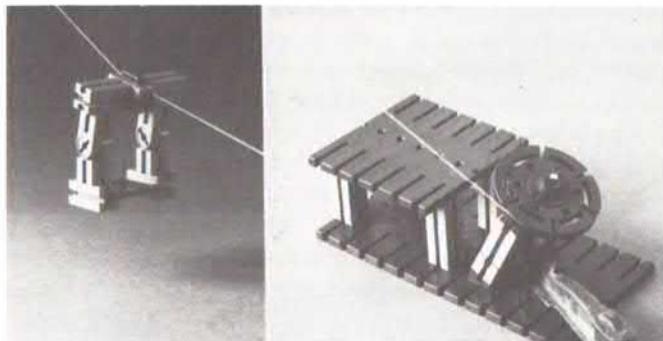


Abb. 9.11 Michael M. und Uwe v. T., Kl. 5

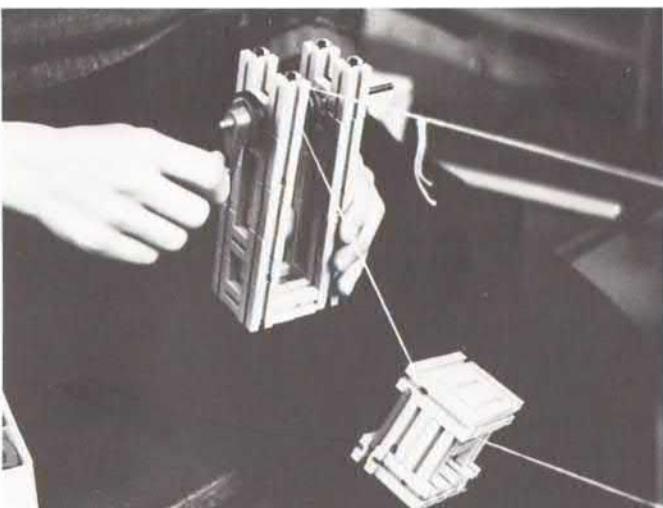


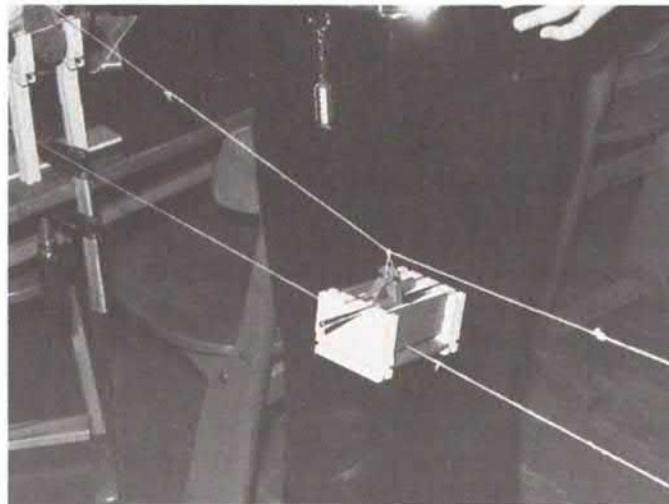
Abb. 9.12 Günther F. und Thomas L., Kl. 5

nur an einem Haken auf (Abb. 9.9). Nach der Schwerkraft funktionierte diese Lösung bei waagerechtem Seilverlauf einigermaßen; bei Steigungen jedoch begann die Kabine zu rutschen und konnte nicht bis zur Station bewegt werden. Die einfachste und elegantere Lösung fanden Christian und Rolf (Abb. 9.13): Sie knoteten in das Seil eine Schlaufe, in der dann die Kabine an zwei Haken hing.

Joachim und Peter entschieden sich für eine Zweiseilbahn (Abb. 9.14): Die Seilwinde auf der Bergstation sorgte für die Aufwärtsbewegung der Kabine; die Talfahrt erfolgte durch die Schwerkraft.

Erich und Norbert wählten, damit die Sicherheit größer sei, zwei Tragseile (Abb. 9.15). Das Zugseil befestigten sie allerdings unzweckmäßig: Die ungleiche Zugbeanspruchung lässt die Rollen der Kabinenaufhängung leicht vom Tragseil herunterrutschen.

Eine ideale Konstruktion einer Zweiseilbahn mit endlosem Zugseil lässt sich einem Stich entnehmen, der zu Anfang des 17. Jahrhunderts entstanden ist (Abb. 9.16). Hier bewegen



78 Abb. 9.13 Christian A. und Rolf V., Kl. 6

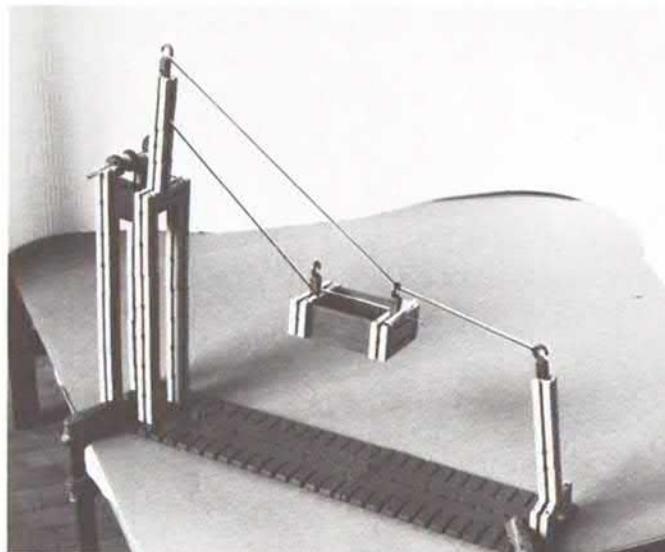


Abb. 9.14 Peter D. und Joachim N., Kl. 5

die Passagiere in der Gondel ihr Fahrzeug selbst, so daß an keiner der beiden Stationen Bedienungspersonal erforderlich ist. Diese Zeichnung und ebenso die Abbildungen 9.4 und 9.6 sind für eine *Bildbetrachtung* sehr ergiebig.

Realbezug

Wenn nicht zufällig die Lage der Schule oder eine Klassenreise die Besichtigung einer Seilbahnanlage ermöglicht, dann sollte zumindest vom Bild her (vgl. Lit. Nr. 1) ein Transfer zur technischen Wirklichkeit hergestellt werden. Hierfür sollen auch die Schüler entsprechendes Bildmaterial (z. B. eigene Fotos, Illustriertenbilder) beschaffen. Beim Realbezug ist auch allgemein auf die Funktion des Seils als Transportmittel (vgl. S. 74) näher einzugehen. Weiterhin bietet es sich an, im Zusammenhang mit den *Sicherheitsvorkehrungen* auf den Technischen Überwachungsverein (TÜV) zu

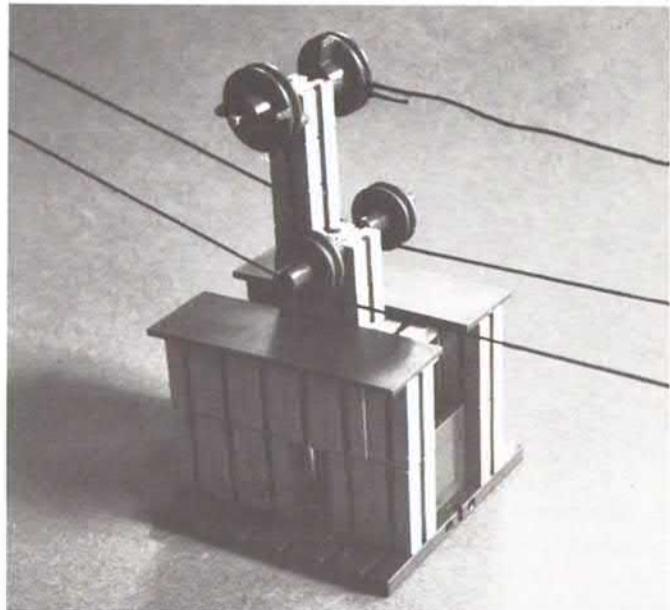


Abb. 9.15 Erich E. und Norbert H., Kl. 5

sprechen zu kommen, der nicht nur Kraftfahrzeuge, sondern u. a. auch Seilbahnen und Jahrmarkt-Fahrzeuge auf ihre Sicherheit überprüft.

Zusammenfassung für den Schüler

Die Seilbahnen lassen sich – je nachdem wie viele Seile verwendet werden – in zwei Gruppen einteilen: Bei den *Einseilbahnen* ist die Kabine (Gondel, Wagen) fest mit dem Seil verbunden; dabei dient dieses eine Seil zum *Tragen* und zugleich zum *Bewegen* der Last. Wegen dieser doppelten Beanspruchung werden Einseilbahnen nur für kleinere Lasten gebaut (z. B. Sessellifte, Skilifte).

Bei den *Zweiseilbahnen* wird das Tragen und Bewegen der Kabine von je einem Seil übernommen: Das *Tragseil* dient

als „Schiene“, auf der die Kabine entlangrollt; das *Zugseil* sorgt für den Transport der Kabine (z. B. Großkabinenbahnen).

Heutzutage werden die Tragseile mit sehr schweren Gewichten (oft mehr als 100 t) *stark gespannt*. Weil die Tragseile dadurch nicht mehr so stark durchhängen, benötigt man wesentlich weniger Stützen und kann so die Kosten senken.

Trag- und Zugseile werden regelmäßig in kurzen Abständen auf Drahtbrüche untersucht. Gegen das Reißen des Tragseils (Lebensdauer etwa 60 – 80 Jahre) gibt es keine Schutzmaßnahmen. Doch für den Fall, daß ein Zugseil reißt, ist jede Kabine entweder mit zwei Zugseilen verbunden oder mit einer *Tragseilfängvorrichtung* versehen, die – ähnlich wie bei Fahrstühlen – die Seilbahnkabine (beim Reißen des Zugseils) automatisch am Tragseil abbremst und in dieser Situation festhält.

Vollmers

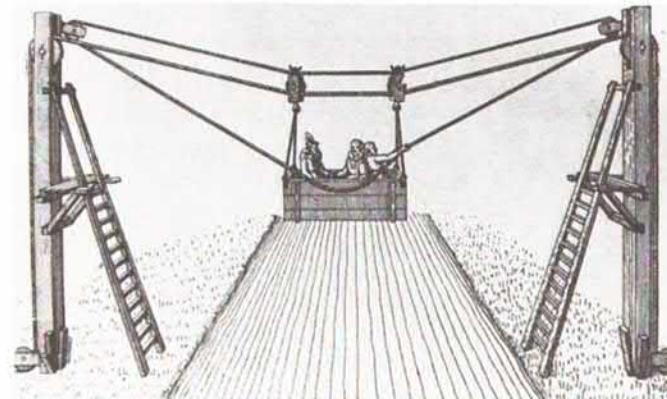


Abb. 9.16 Zweiseilbahn mit endlosem Zugseil (Faustus Verantius um 1610)

10 Die elektrische Säge

Sachinformation

Zum Auftrennen von Stämmen und Balken werden neben Bandsägemaschinen Horizontal- oder Vertikalgattersägen eingesetzt, die den Vorteil haben, daß sie einen Stamm gleich mehrfach auftrennen. Als Gatter wird das Rahmengerüst bezeichnet, in dem die parallel stehenden Sägeblätter montiert sind. Die Kraft des Motors wird durch ein Kurbelgetriebe auf das Arbeitsteil (Gatter) übertragen. Dabei wird die Drehbewegung des Motors mit Hilfe einer Kurbelwelle und einer Pleuelstange in eine Hin- und Herbewegung umgewandelt (s. Abb. 10.1).

Die Pleuelstange muß mindestens die doppelte Länge des Kurbelarms haben, damit die Umwandlung der Drehbewegung stattfinden kann. An den Enden der Pleuelstange muß je ein Gelenk sitzen. Das Gelenk, das die Pleuelstange mit der Kurbelwelle verbindet, beschreibt eine Kreisbewegung, das Gelenk zum Bügel hin eine Hin- und Herbewegung. Außerdem sind für den Bügel (Gatter) Führungen nötig, die eine gradlinige Bewegung des Bügels gewährleisten.

Didaktische Gesichtspunkte

Bei dieser Aufgabe geht es um die konstruktive Lösung des Problems, eine Bewegungsrichtung umzuwandeln. Das Schwerpunkt liegt dabei auf der Verwirklichung eines Schubkurbelgetriebes. Man wird die Schüler von dem Problem ausgehen lassen, daß auf der einen Seite sich der Motor befindet, der eine Drehbewegung ausführt, auf der anderen Seite das Sägeblatt, das arbeitet, indem es sich hin- und herbewegt. Damit die Schüler diesen schwierigen Übertragungsmechanismus mit dem Baukasten verwirklichen können, hat es sich als hilfreich erwiesen, mit einer Vorübung zu beginnen: Es wird auf einer Platte, also in der Ebene, mit Hilfe von Pappkreisen, Pappstreifen, Band, Draht, Nägeln

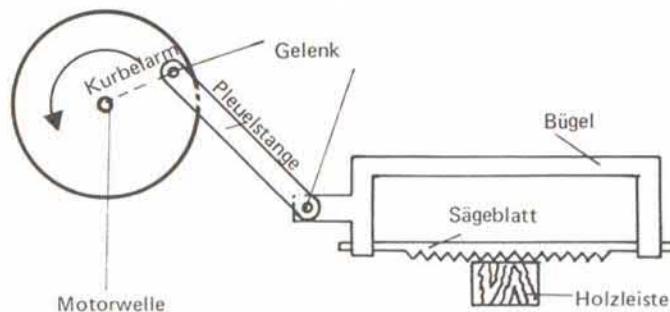


Abb. 10.1 Schema einer Sägemaschine

und Musterklammern eine Lösung für das Übertragungsproblem erarbeitet.

Eine Zeichnung (Abb. 10.2) verdeutlicht den Schülern die Problematik.

Folgende Lösungselemente werden gefunden: eine ausreichend lange Pleuelstange mit den beiden Gelenken an Kreis und Schubstange befestigt und eine Führung für die Schubstange (s. Abb. 10.3–5). In der Vorübung verwirklichen die Schüler das Prinzip des Kurbelgetriebes als Pappstreifenmechanik. Das bedeutet für sie eine wesentliche Hilfe, anschließend das Modell der elektrischen Säge zu bauen. Dabei wird die Übertragung aus einer zweidimensionalen in eine dreidimensionale Darstellung gefordert. Die entsprechenden Teile der Pappstreifenmechanik müssen auf Baukastenteile übertragen werden.



Abb. 10.2 Problemstellung: Wenn die Kreisscheibe sich dreht, soll der Streifen hin- und hergehen

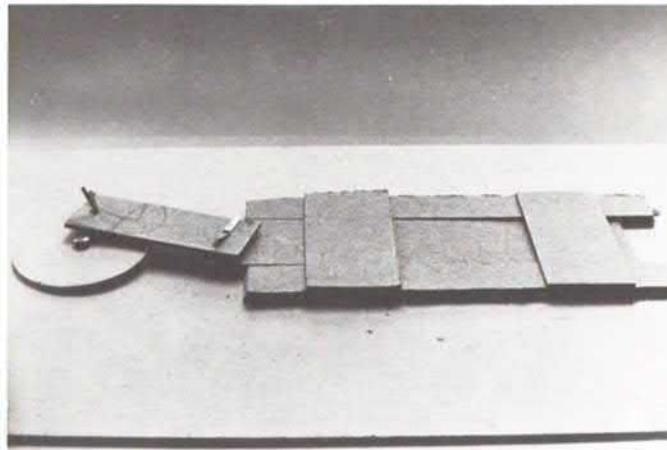


Abb. 10.3 Funktionsmodell der Sägemaschine

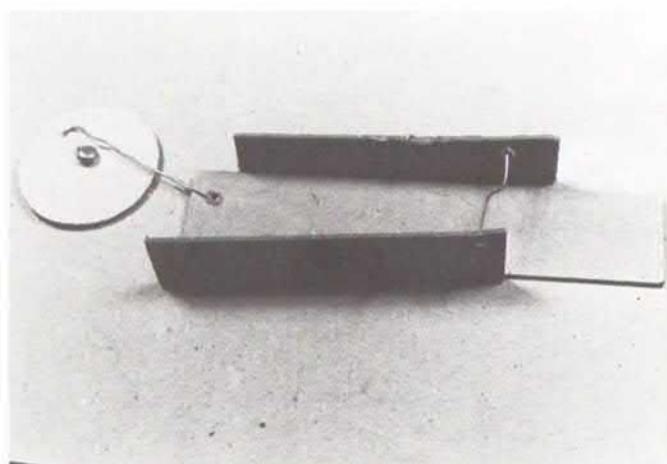


Abb. 10.4 Ein Draht überträgt die Drehbewegung

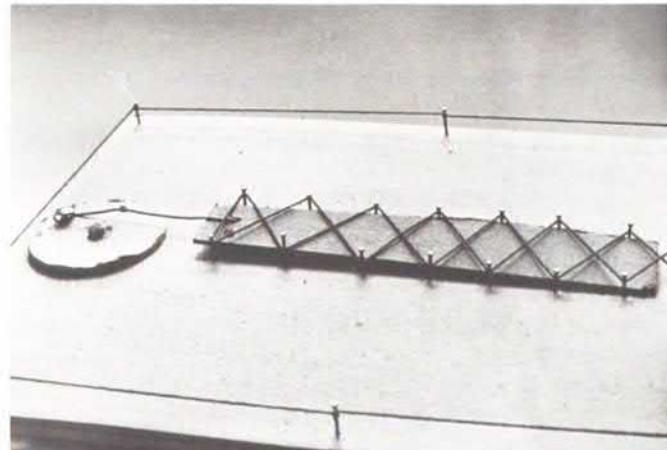


Abb. 10.5 Nägel und Band sorgen für eine gute Führung von oben und von der Seite

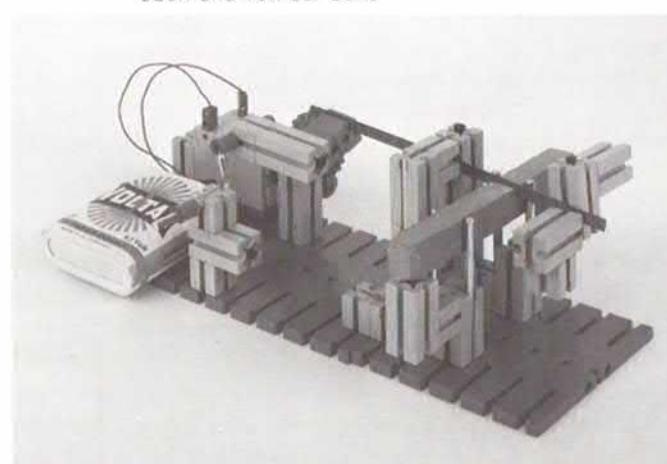


Abb. 10.6 Sägemaschine mit Motorantrieb

Lernziele

Konstruieren eines Schubkurbelgetriebes.
Bauen einer funktionstüchtigen elektrischen Säge.
Wiedererkennen des Schubkurbelprinzips in entsprechenden Maschinen.
Begriffe:
Kurbelwelle, Exzenter scheibe, Pleuelstange, Schubstange, exzentrische Lagerung, Sägegatter, Bandsäge

Aufgabenstellung

Baue eine elektrische Säge, mit der du Holzleisten aufsägen kannst. Als Arbeitsteil benutze das Blatt einer Pugsäge (oder ein breites Laubsägeblatt), für den Antrieb steht dir ein Elektromotor zur Verfügung.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1; Zusatzmaterial: Nägel, Schnur, Pappe, Musterklammern, Draht, Holzleisten, Puk- oder Laubsägeblätter; eventuell Motor u-t 2.

Gleich zu Beginn erhalten die Schüler Kiefernholzleisten oder noch besser Balsaholzleisten unterschiedlichen Querschnitts, damit sie bei ihren Konstruktionen Klemm- und Führungsvorrichtungen bedenken. Es wird dadurch gleichzeitig auch möglich, die Sägeleistung abzuschätzen, die die Modelle erbringen sollen. Der Lehrer demonstriert, wie das Sägeblatt auf jedem Ende zwischen zwei Bausteine einge klemmt werden kann.

Wenn es trotz der Vorübung einigen Schülern nicht gelingt, die Drehbewegung umzuwandeln, sollte der Lehrer auf die Möglichkeit von Kurbelwelle oder Exzenter scheibe aufmerksam machen. – Zur Übertragung der Antriebsbewegung auf die Pleuelstange benutzten die Schüler Kurbelwelle, Exzenter scheibe oder Drehscheibe. Auf die Antriebswelle wurde bei allen Modellen das Zahnrad Z 20 gebracht.

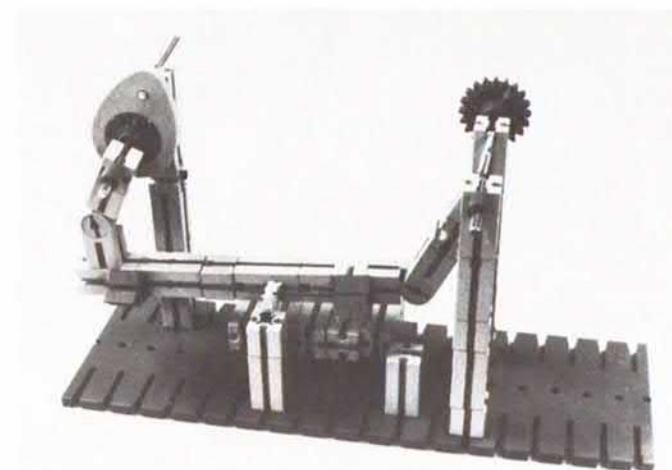


Abb. 10.7 Fehllösung

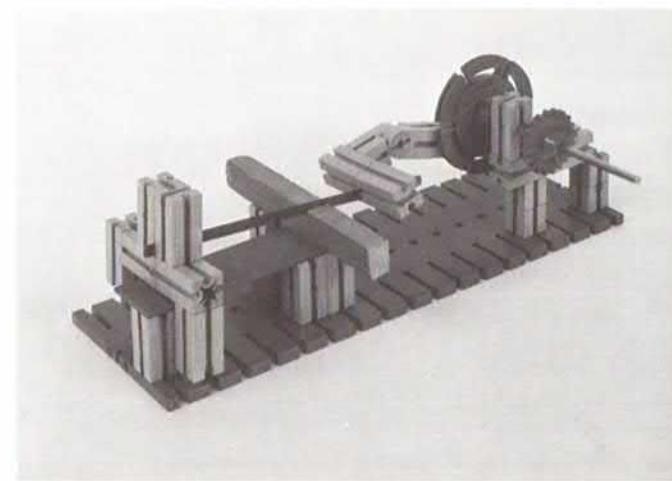


Abb. 10.8 Die Sägeblatthalterung gleitet auf einem Schlitten hin und her

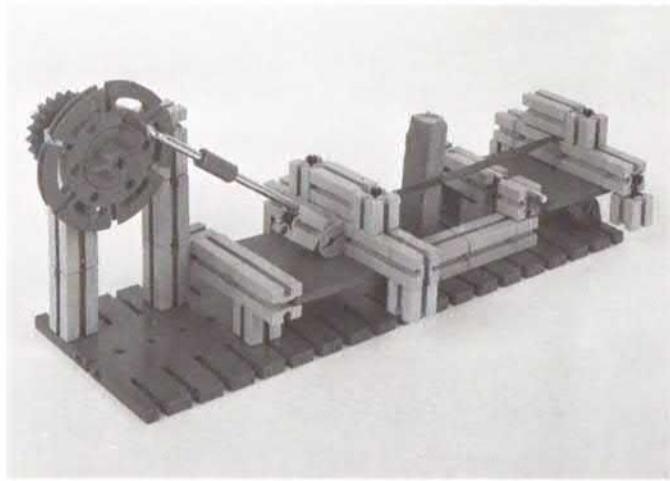


Abb. 10.9 Die Drehscheibe überträgt die Drehbewegung auf die Pleuelstange

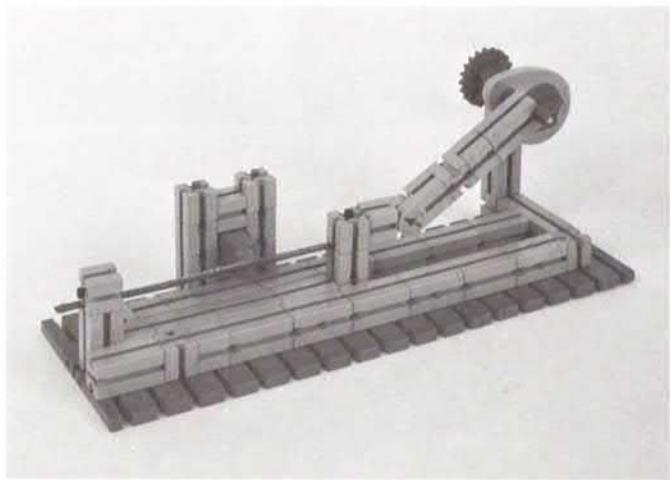


Abb. 10.10 Der Sägebügel wird exakt zwischen den grauen Bausteinen geführt

an das ein Elektromotor angesetzt wurde. Dadurch konnten die Modelle einer gleichmäßigen Dauerbelastung ausgesetzt werden, wobei sich sehr schnell Fehllösungen herausstellten.

Abb. 10.6 zeigt eine Arbeit, die zwar funktionierte, bei der aber das zweite Gelenk fehlte, so daß das Sägeblatt die Bewegung der Pleuelstange vollführte. Da der Schüler diesen Fehler bemerkte, setzte er Steine an das Ende des Sägeblattes, um es niederzuhalten. Eine weitere Fehllösung ist auf Abbildung 10.7 zu sehen; hier gelang es dem Schüler nicht, die Ergebnisse der Vorübung auf den Bau der Sägemaschine zu übertragen.

Eine besondere Schwierigkeit lag darin, eine einwandfreie Führung des Sägeblattes zu erreichen. Gut gelöst ist dieses Problem auf den Abbildungen 10.8 und 10.9. Hier ist für das Blatt ein Schlitten gebaut, der auf einem roten Flachstein als Schiene hin- und hergleitet. Eine besonders exakte Führung wurde auf Abbildung 10.10 erreicht, wo das Blatt von einem Bügel gehalten wird, der auf seiner gesamten Länge zwischen zwei Schienen läuft. Beim Modell der Abbildung 10.11

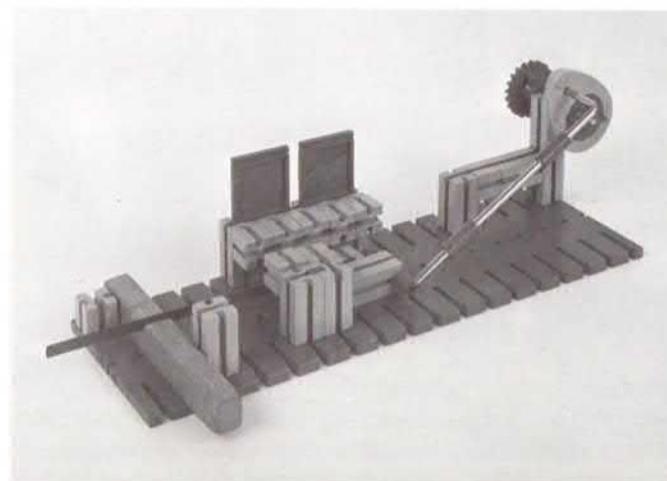


Abb. 10.11 Einseitige Blattlagerung erbringt trotz guter Sägefahrung nur geringe Sägeleistung

wird das Sägeblatt seitlich und von oben geführt. Infolge der einseitigen Lagerung wird aber nur eine geringe Sägeleistung erzielt.

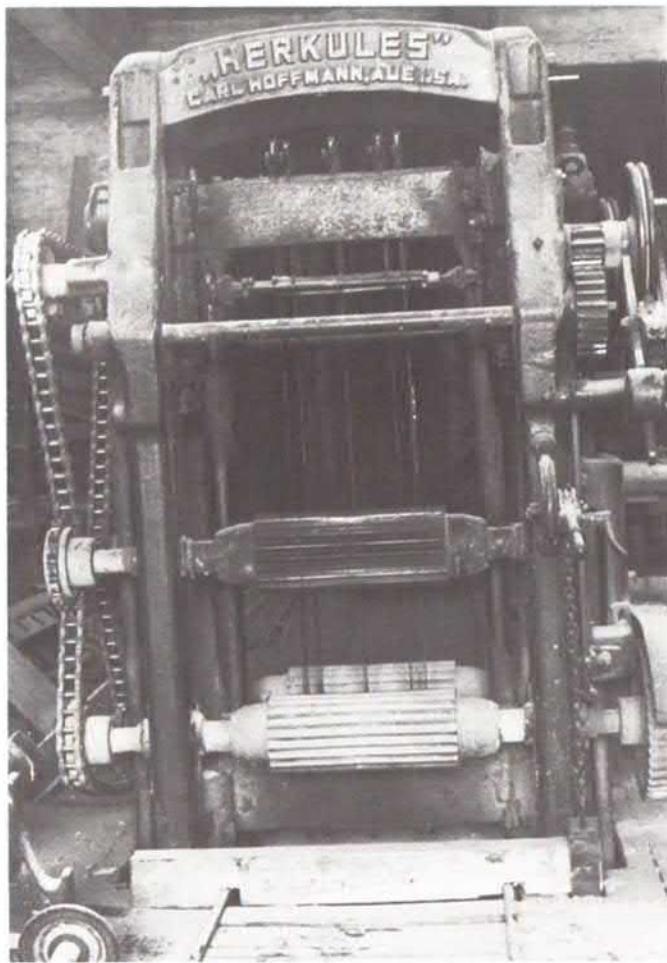


Abb. 10.12 Vertikalgattersäge; der Antrieb sitzt nicht sichtbar unter der Säge. Das „P“ rechts und links des Gestells kennzeichnet die beiden Pleuelstangen.

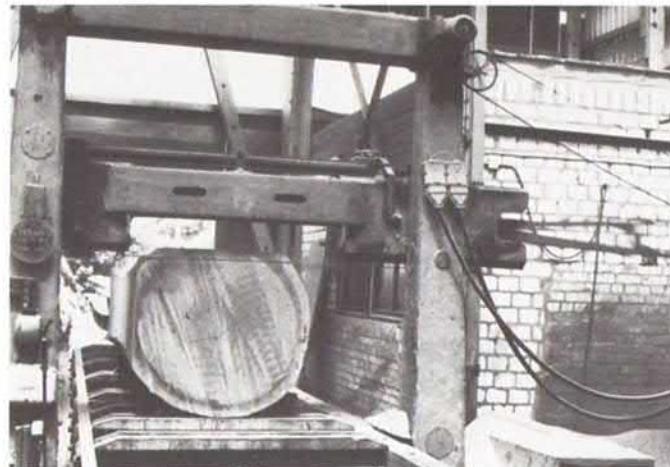


Abb. 10.13 Horizontalgattersäge; Blick von vorn

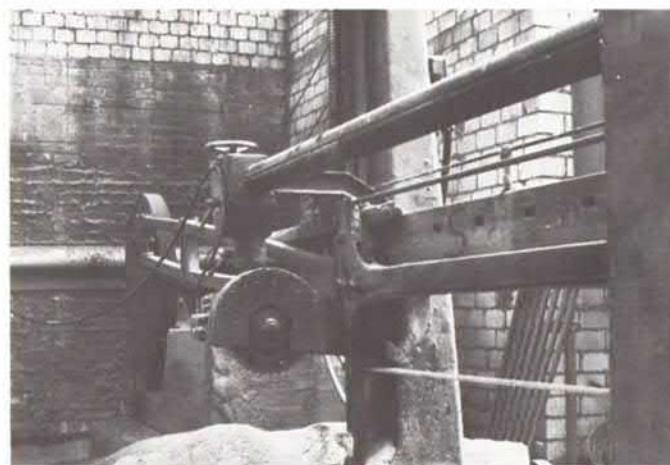


Abb. 10.14 Horizontalgattersäge mit Pleuelstange und Sägeblattführung

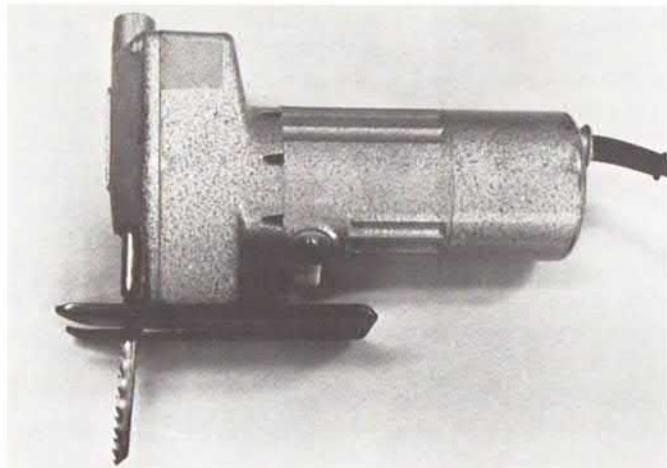


Abb. 10.15 Elektrische Stichsäge

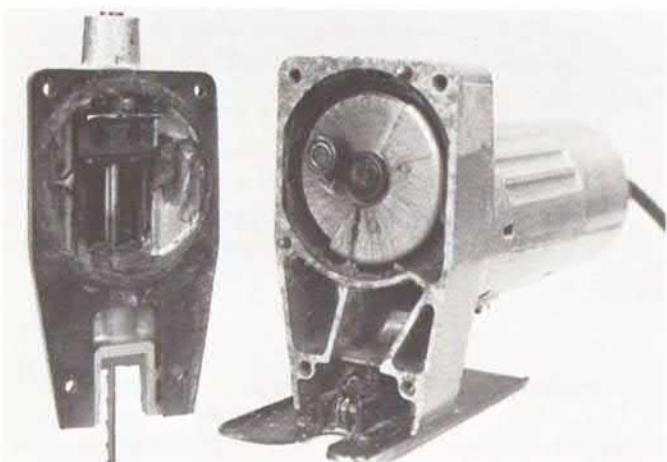


Abb. 10.16 Am abgeschraubten Deckel ist die U-Schiene zu erkennen.

Realbezug

Der Besuch eines Sägewerkes wird sich in den meisten Fällen kaum durchführen lassen. Deshalb sollte der Lehrer mit Hilfe einiger Abbildungen den Realitätsbezug herstellen (s. dazu Abb. 10.12–14).

Als eine weitere Möglichkeit, die Modelle mit einem realen Gegenstand zu vergleichen, bietet sich die elektrische Stichsäge an (Abb. 10.15). Hier wird allerdings die Umwandlung der Drehbewegung etwas anders durchgeführt: Ein exzentrisch sitzender Stift auf der vom Motor angetriebenen Scheibe faßt in die U-förmige Schiene der Sägeblatthalterung (s. Abb. 10.16). Dreht der Motor die Scheibe, nimmt der Stift die Sägeblatthalterung mit nach oben, gleitet dabei vom linken zum rechten Ende der U-Schiene und führt das Blatt wieder nach unten.

Weitere Einsatzarten für Kurbelgetriebe:
Mähmaschine, Kurbel-, Exzenterpressen.

Zusammenfassung für den Schüler

Sägemaschinen werden für das Trennen verschiedenster Materialien eingesetzt: zum Aufschneiden von Holz, Metallen, Kunststoffen usw. Manche Sägemaschinen arbeiten mit Sägeblättern, die sich hin- und herbewegen: elektrische Laubsäge, elektrische Stichsäge, Gattersägen zum Aufschneiden von Baumstämmen in Bretter.

In diesen Maschinen vollziehen sich zwei verschiedene Bewegungsabläufe: die Motorwelle führt eine Kreisbewegung aus, während das Sägeblatt sich nur waagerecht bzw. senkrecht bewegt.

Die Übertragung der Drehbewegung in eine Hin- und Herbewegung wird durch eine Pleuelstange erreicht, die mit einem Gelenk exzentrisch an der Antriebswelle und mit einem Gelenk an dem Blatt befestigt ist. Damit die Pleuelstange das Sägeblatt nicht hochreißt, braucht es eine sichere Führung.

11 Der Ventilator

Sachinformation

In der Systematik der Maschinentechnik zählt der Ventilator zur umfangreichen Sparte der Strömungsmaschinen, die entweder als Energiemaschinen strömende Gase bzw. Flüssigkeiten (Luft, Wasser, Wasserdampf) zur Energiegewinnung ausnutzen oder als Arbeitsmaschinen Gase bzw. Flüssigkeiten in Strömung versetzen. Innerhalb der Arbeitsmaschinen bezeichnet man diejenigen Maschinen, die Gase fördern und verdichten, als Verdichter. Nach der Fördermenge und dem erzeugten Druck werden unterschieden:

Ventilatoren – große Fördermenge/kleiner Druck

Gebläse – große Fördermenge/mittlerer Druck

Kompressoren – kleine Fördermenge/großer Druck

Verdichter arbeiten entweder nach dem Prinzip der *Stoffverdrängung* oder nach dem Prinzip des *Impulsaustausches*. Bei der Stoffverdrängung wird das Gas aus einem geschlossenen Raum hinausgepreßt und gelangt so in Bewegung. Ventile sorgen dafür, daß es nur eine Strömungsrichtung gibt. Bekannte Beispiele, die auf diesem Wirkungsprinzip basieren, sind Fahrradluftpumpe und Blasebalg. Maschinentechnische Anwendungen sind etwa Kolbenverdichter oder Kapselgebläse.

Erhalten Luftteilchen durch flächige Bauteile Bewegungs-impulse, so spricht man von Impulsaustausch. In dieser Weise wirkt z. B. ein Fächer, mit dem man sich kühlende Luft zuwenden kann. Wenn man will, kann man den Ventilator als eine Anzahl von Fächern auffassen, die – auf einer Welle befestigt – rotieren. Gemeinsames Kennzeichen aller durch Impulsaustausch funktionierenden Verdichter ist das mit Schaufeln (Flügeln) besetzte Rad. Infolge seiner schraubenförmigen Gestaltung erfaßt das Flügelrad den in seinem Rotationsbereich liegenden Luftraum und beschleunigt ihn. Der Verdichtung der Luft, dem Druck auf der einen Seite der dre-

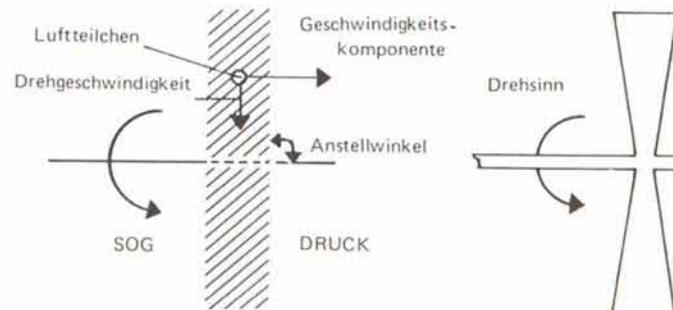


Abb. 11.1 Wirkungsweise des Flügelrades

henden Flügel entspricht auf der anderen Seite ein Sog (Abb. 11.1). Da die Luft so in eine stetige Strömung versetzt wird, sind bei Flügelrädern, die in einem Gehäuse laufen, Ventile überflüssig. Innerhalb der Verdichter, die auf der Grundlage des Impulsaustausches arbeiten, unterscheidet man nach der Durchströmungsrichtung:

Axiallüfter – Strömung parallel zur Achse des Antriebs

Radiallüfter – Strömung in Richtung des Radius, also quer zur Achse

Literatur

Adolph, M.: Strömungsmaschinen, 2. Auflage, Berlin 1965

Didaktische Gesichtspunkte

Strömende Luft wird in vielen Alltagssituationen benötigt, um zu kühlen, Frischluft in geschlossene Räume zu holen, Warmluft zu verteilen oder Verdunstung zu fördern. Maschinen, die diesen Zwecken dienen, sind den Schülern bekannt. Alle haben sie Ventilatoren und Gebläse gesehen und deren Wirkung erfahren. Trotzdem sind ihnen die Wirkungszusammenhänge keineswegs in demselben Maß bewußt.

Das hat sich in unseren Versuchen mehrfach bestätigt. Es ist den Schülern geläufig, daß ein drehendes Flügelrad einen Luftstrom erzeugen kann. Wie aber die Flügel für eine gute Leistung aussehen und stehen müssen, das wird von den meisten erst durch Experimentieren in Erfahrung gebracht. Deshalb besteht der didaktische Kern dieses Themas in der Gestaltung eines möglichst wirkungsvoll arbeitenden Luftrades. Man muß davon ausgehen, daß nicht auf Anhieb eine befriedigende Lösung gelingt. Es sollte also ein Probierfeld mit Möglichkeiten zu raschen Veränderungen gegeben sein. Ein solches Probierfeld bietet der Baukasten zwar, allerdings sind die Grenzen recht eng gezogen: Benutzt man Flachsteine 60 als Flügel, können Radiallüfter mit unterschiedlicher Flügelzahl gebaut werden oder Axiallüfter mit zwei Flügeln, deren Steigungswinkel beliebig zu verändern ist. Der Konstruktionsspielraum wird erheblich größer, wenn die Schüler das Flügelrad aus dünnem Aluminiumblech herstellen. Bei dieser Möglichkeit müssen als zusätzliche Bauteile eine Welle mit aufgeschnittenem Gewinde und passende Muttern zur Verfügung gestellt werden. Für die Durchführung kann das folgende schrittweise Vorgehen empfohlen werden: Die Schüler konstruieren zunächst einen Ventilator nur aus Baukastenteilen und erhalten dann, wenn ihr Blick für die Problematik geschärft ist, die Zusatzmaterialien. Selbstverständlich ist auch jeder der beiden Wege allein gangbar.

Lernziele

Herstellen eines Flügelrades, das, in Drehung versetzt, eine Luftströmung erzeugt.

An Flügelrädern Druck- und Saugseite bestimmen können, wenn die Drehrichtung bekannt ist.

Erkennen und erklären können, daß die Leistung von der Größe der Flügel, dem Anstellwinkel und der Drehgeschwindigkeit abhängt.

Das Wirkungsprinzip von Axial- und Radiallüftern in Maschinen des täglichen Erfahrungsbereichs wiederfinden.

Begriffe: Flügelrad, Anstellwinkel (Steigung), Druck, Sog, Axiallüfter, Radiallüfter, Ventilator, Gebläse.

Aufgabenstellung

Am Beginn steht ein Gespräch, wie sich auf einfache Weise Luft in Bewegung setzen läßt, wie man also Wind erzeugen kann. Bei entsprechendem Gesprächsverlauf wird der Unterschied zwischen dem Verdrängen aus einem geschlossenen Raum (z. B. Pusten, Luftpumpe) und dem Versetzen von Bewegungsanstoßen (z. B. Wedeln mit einem Kartonstück) herausgearbeitet. Es werden Situationen vergegenwärtigt, in denen ein Luftstrom gebraucht wird, und es werden die dabei verwendeten Maschinen genannt.

Auftrag: *Baue einen Ventilator, der möglichst viel Wind macht.*

Zusatzbedingung, wenn für das Rad Aluminiumblech genommen wird: *Die Luft soll in Richtung der Achse vom Ventilator abströmen.*

Unterrichtsdurchführung

Material: Baukästen u-t 1 und Zusatzmaterial: Schweißdraht Ø 4 mm, M4-Muttern, Alublech 0,3 mm

Daß das Schaufelrad in eine schnelle Drehung versetzt werden muß, war den Schülern von vornherein bewußt. Sie bauten alle, ohne daß es angesprochen worden war, eine Übersetzung ins Schnelle. Während der Bau eines Radiallüfters durch die Verwendung einer Drehscheibe und der Flachsteine 60 sehr naheliegt (Abb. 11.2) und von den Schülern am ehesten versucht wird, muß der Lehrer in der Regel auf die Möglichkeit zur winkelveränderlichen Anbringung der Flügel hinweisen, die auch die Konstruktion eines Axiallüfters zuläßt. Mit der Seiltrommel wird an der Welle ein Baustein 15 mit zwei roten Zapfen befestigt. Die Flügel stecken in Bausteinen 15, die sich auf den roten Zapfen drehen lassen (Abb. 11.3). Damit die Schüler ihre Modelle zwischen-

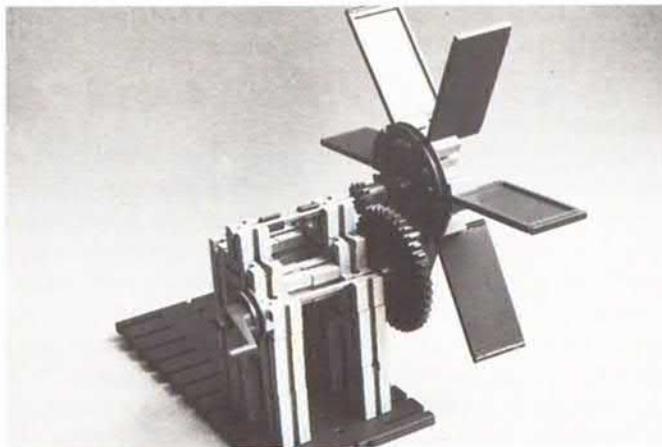


Abb. 11.2 Radiallüfter

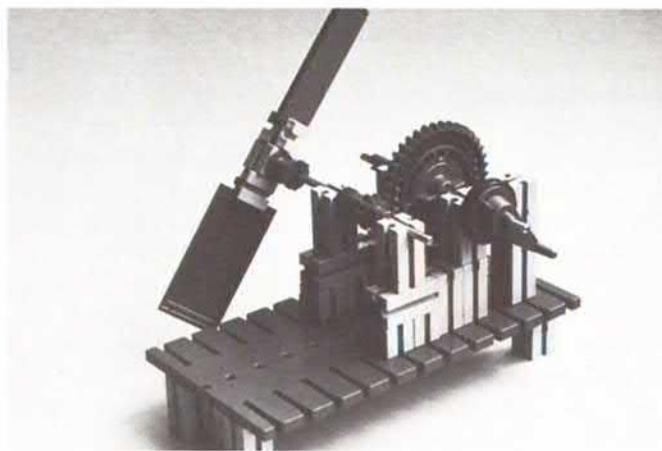


Abb. 11.3 Axiallüfter

durch prüfen können, werden nach Anweisung des Lehrers „Teststände“ gebaut. Auf einem Faden hängen Papierstreifen, die die Richtung und auch die ungefähre Stärke des Windes erkennen lassen.

Bei der Auswertung zeigte sich recht eindrucksvoll, wie Radiallüfter die Luft in Richtung der Welle ansaugen und quer

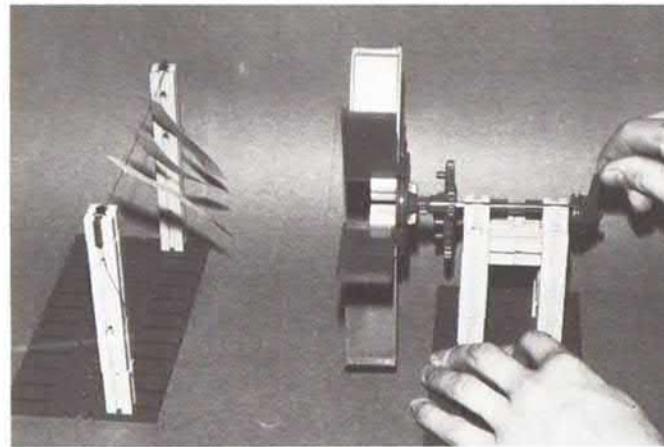


Abb. 11.4 Saugwirkung des Radiallüfters

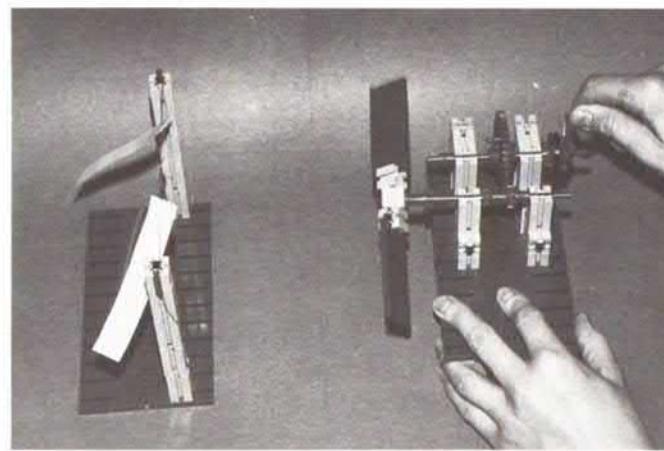


Abb. 11.5 Druckwirkung des Axiallüfters

dazu – also radial – abstoßen (Abb. 11.4). An den Konstruktionen mit veränderlichem Schaufelwinkel wird deutlich, wie Strömungsrichtung und -stärke von der Flügelstellung abhängen (Abb. 11.5).

Die Lösungen für das Ventilatorrad differenzieren sich, wenn es aus Blech gefertigt wird. Die Schüler können dann

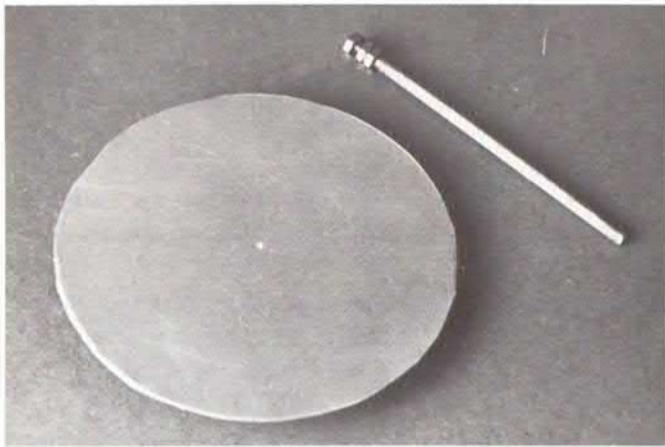


Abb. 11.6 Zusatzmaterial: Aluminiumblech und Welle mit Gewinde

die Zahl der Flügel, das Profil, die Stellung, den Anstellwinkel und, wenn entsprechend Material bereitsteht, auch die Flügellänge bestimmen. Was den letzten Punkt betrifft, so empfiehlt es sich jedoch, allen Schülern ein gleich großes Stück Blech (Kreis mit markiertem Mittelpunkt) zu geben. Die Arbeiten sind dann besser vergleichbar. Am besten eignet sich 0,3 mm starkes Aluminiumblech. Es kann mit der Schere geschnitten werden, läßt sich gut mit der Hand verformen und ist noch genügend steif. Zur Befestigung der Flügelräder müßte der Lehrer Wellen mit aufgeschnittenem Gewinde bereitstellen. Die Anfertigung erfordert keinen großen Aufwand. Auf ein etwa 12 cm langes Stück Schweißdraht (Durchmesser 4 mm) wird ein ca. 1,5 cm langes M4-Gewinde geschnitten, auf dem zwischen M4-Muttern das Ventilatorrad festgesetzt wird (Abb. 11.6). Um ein gutes Gleiten in den Lagern zu gewährleisten, wird der Schweißdraht blank geschliffen und mit ein wenig Vaseline eingerieben.

Die Abbildung 11.7 zeigt Fehllösungen, die sich infolge des großen Gestaltungsspielraums beinahe zwangsläufig einstellen, die aber das Erkennen der Zusammenhänge ungemein fördern. Links ein Rad, dessen Flügel wie die Blätter ei-

ner Blüte alle nach vorn gebogen sind und die Luft nur durchschneiden, ohne ihr Bewegungsimpulse zu geben. Das mittlere Rad ist wirkungslos, weil jeder Flügel in sich schraubenförmig gebogen ist. Auch das rechte Rad kann die Luft nicht beschleunigen, denn die Blätter sind nur abwechselnd vor- und zurückgebogen, haben aber keine Steigung. Funktionsfähige Lösungen stellt die Abbildung 11.8 vor. An ihnen wurde im Test festgestellt, daß eine große Flügelzahl nicht ohne weiteres auch eine hohe Wirkung garantiert. In

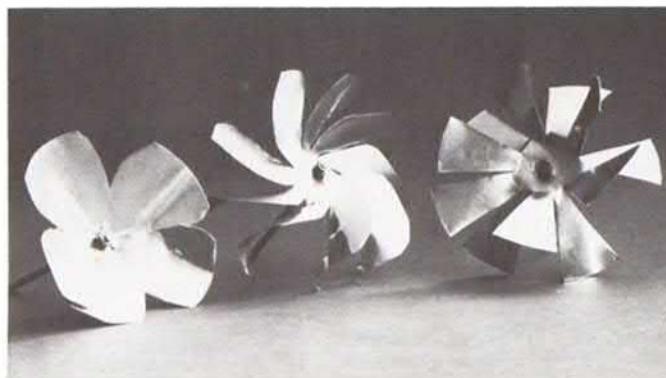


Abb. 11.7 Fehllösungen: die Flügelräder erzielen keine Wirkung

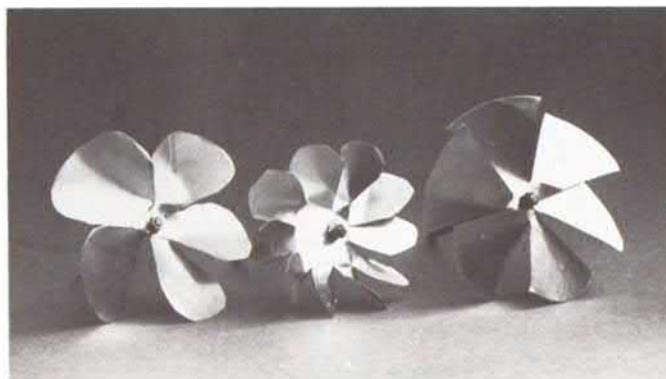


Abb. 11.8 Funktionsfähige Ventilatorräder

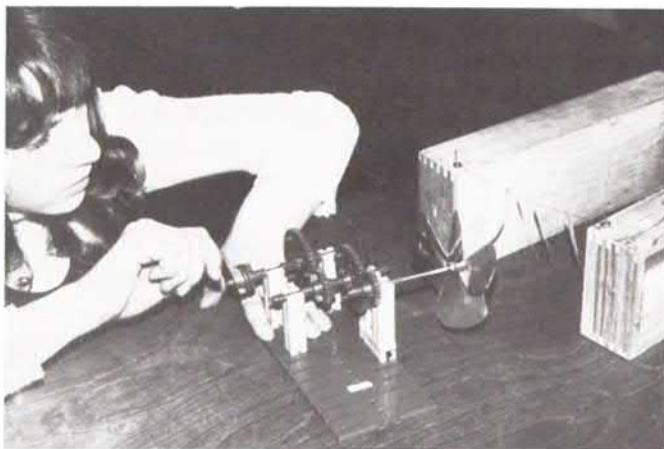


Abb. 11.9 Testen eines Modells

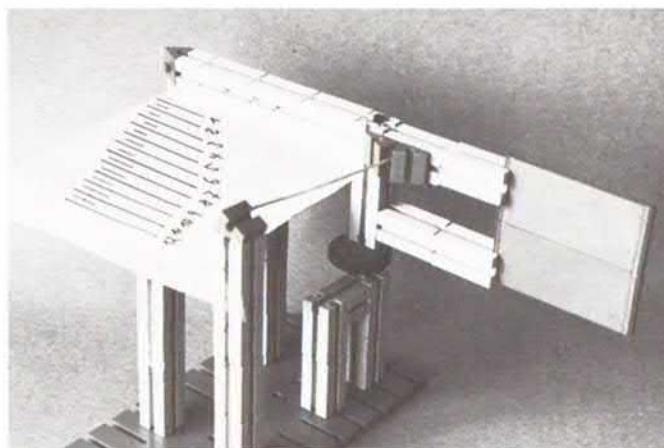


Abb. 11.10 Zusatzaufgabe: Bau eines Windmessers. Der Luftstrom drückt den Hebel gegen den Widerstand eines Gummibandes weg

unserem Fall erbrachte bei gleicher Übersetzung die aus dem Kreis genommene kleinere Flügelzahl infolge des größeren Rotationsbereichs die bessere Leistung. Als günstigste Steigung erwies sich ein Winkel von ca. 45° (Abb. 11.9).

Schnell arbeitenden Schülern kann aufgegeben werden, zusätzlich einen Windmesser zu bauen, der die Stärke des Luftstroms messen kann und mit dem sich die Modelle nach ihrer Leistung ordnen lassen (Abb. 11.10).



Abb. 11.11 Tischventilator

Realbezug

Ventilator (Abb. 11.11); Föhn; Gebläse in Trockenhauben; Kühlgebläse in Küchenmaschinen, Projektoren (Abb. 11.12), Tonbandgeräten, Bohrmaschinen, Automotoren (Abb. 11.13); Staubsauger (Abb. 11.14); Luftkissenfahrzeuge; Luftkissenrasenmäher

Originale Ventilatoren und Gebläse haben in der Regel kein Getriebe. Da eine hohe Geschwindigkeit des Laufrades erwünscht ist, sitzt es unmittelbar auf der schnell drehenden Welle des Elektromotors. Wegen dieses relativ einfachen Aufbaues der meisten Lüfter bringt der Schritt vom Modell zur Durchdringung der Realität für Schüler kaum Schwierigkeiten.

Die umlaufenden Flügel sind nicht ungefährlich. Daher bestehen Ventilatorflügel, wenn sie leicht zugänglich sind, in der Praxis oft aus sehr weichem Material (Gummi), oder man umgibt sie mit einem Schutzkorb aus Draht. – Beim Staubsauger macht man sich die Saugwirkung eines Gebläses zunutze, das zur Verstärkung der Wirkung fast immer mehrstufig ist. Aus dem Staubsaugergehäuse wird Luft herausge-

schleudert. In den Unterdruckraum strömt Luft nach, die Staub von Teppichen, Möbeln, Böden mitreißt. Sie wird durch ein Filter geleitet, in dem der Staub hängen bleibt, ohne daß die strömende Luft nennenswert abgebremst wird.

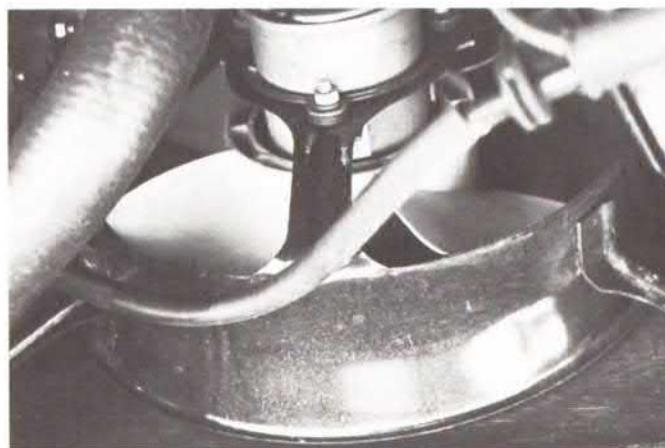


Abb. 11.13 Kühlgebläse eines Automotors

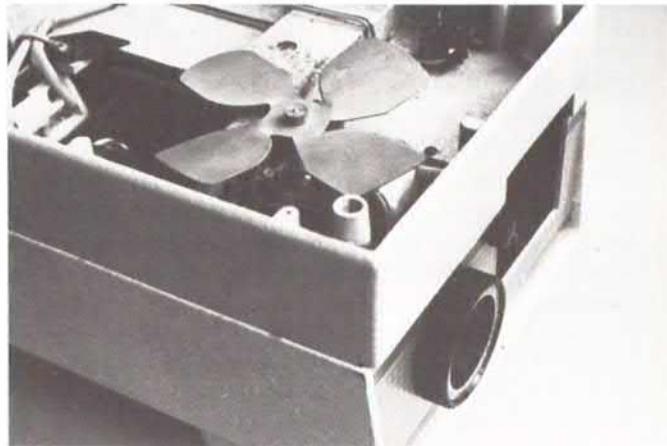


Abb. 11.12 Ventilator unter einem Diaprojektor



Abb. 11.14 Zweistufiges Staubsaugergebläse (Radiallüfter)

Ventilatoren und Gebläse bringen Luft zum Strömen. Die Flügelräder versetzen den Luftteilchen, die sich in ihrem Drehbereich befinden, einen Stoß und treiben sie voran. An die Stelle der weggestoßenen Luftteilchen strömen andere in den Drehbereich nach. Auf diese Weise entsteht auf der einen Seite des Flügelrades ein Druck und auf der anderen ein Sog. Schräg stehende Flügel saugen die Luft in Richtung der Achse an und beschleunigen sie auch in Achsrichtung. Die Luftteilchen legen also einen geraden Weg zurück. Ventilatoren, die so arbeiten, nennt man Axiallüfter. Flügel mit einem Anstellwinkel von 90° saugen die Luft längs der Achse an und stoßen sie in Richtung des Flügelradius ab. Ventilatoren und Gebläse mit so angebrachten Schaufeln sind Radiallüfter. Sie bewegen die Luft ungefähr im rechten Winkel. Wieviel Luft befördert wird, hängt von der Drehgeschwindigkeit des Flügelrades ab, von der Größe der Flügel und dem Anstellwinkel.

Schmayl

12 Die Ramme

Sachinformation

Einfache Rammen, von mehreren Personen bedient, muß es wohl schon in der Antike gegeben haben, als Brücken und Häuser durch Pfähle ein tragendes Fundament erhielten. 24 v. Chr. erwähnt Vitruvius die Verwendung von Rammen bei Pfahlgründungen. Im Mittelalter kennt man bereits Rammen, bei denen der Bär selbsttätig oder durch Zug an einem Strick zum Absturz gebracht wird (Mariano 1438, Mittelalterliches Hausbuch etwa 1480). 1836 wurde die erste Dampf ramme in Amerika entwickelt, der 1847 die mit Saugluft arbeitende Ramme folgte (1).

Die Bauteile der Ramme sind fast immer die gleichen geblieben:

1. Ein senkrecht stehender Balken oder ein Gerüst,
 - a) ohne Führung für den Bär;
 - b) mit Führung für den Bär;
 - c) heute Mäkler genannt.
2. Der Bär,
 - a) als Rohling aus Holz oder Stein;
 - b) geformt und bearbeitet;
 - c) mit und ohne Führung;
 - d) heute als Dampf-, Preßluft-, Öl- oder Dieselbär.
3. Das Rammgut,
 - a) in Form von Pfählen und Pfosten;
 - b) heute auch als Stahlprofile.

Was sich geändert hat, ist die Arbeitsweise der Ramme.

1. Die einfachste Art ist die Bedienung mit einer Seilwinde. Der Bär wird zu einer bestimmten Höhe hinaufgezogen. Indem man die Seilwinde freigibt, schlägt der Bär wieder hinunter. Kraftaufwand, niedrige Schlagzahl, Reibungswiderstand der Seiltrommel und die Gefahr durch die sich unkontrolliert drehende Kurbel sind die Nachteile.

1) F. M. Feldhaus, Die Technik, Ein Lexikon, Sonderausgabe 1970, München, 2. Aufl.

2. Der einfache, durch ein zusätzliches Seil zu bedienende Ausklinkhaken sicherte die Seilwinde und die Seilführung (Abb. 12.1).
3. Die Nachlaufkatze ist ebenfalls eine Ausklinkvorrichtung, die jedoch nach dem Ausklinken des Bären, was automatisch durch einen Hebel und einen Widerstand geschieht, durch ihr Eigengewicht dem Bären *nach*-läuft und ihn wieder einklinkt (Abb. 12.2).
4. Hochleistungsrammen wurden erst durch das Maschinenzeitalter möglich. Der Bär wird nicht mehr hochgezogen und fallengelassen, er verrichtet diese Arbeit sozusagen selbst. Ein Kolben innerhalb des Bären wird durch Preßluft, Dampf, Öl oder eine Diesel-Explosion bewegt. Ein geschickt angelegtes, selbsttätig arbeitendes Ventilsystem sorgt für die Drucksteuerung (Abb. 12.3: Dieselbär der Firma DELMAG; Abb. 12.4: Arbeitsweise eines Dieselbären der Firma MENCK). (2)

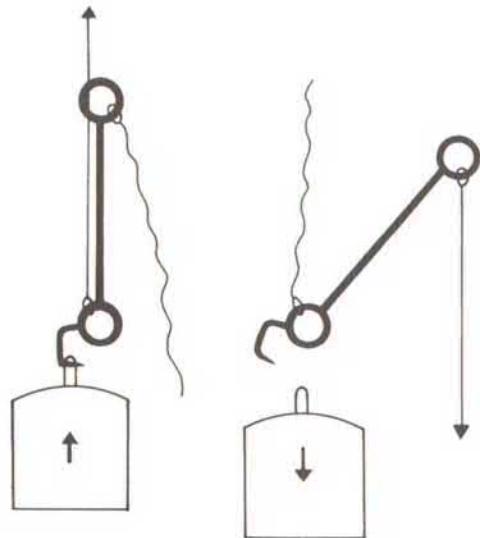


Abb. 12.1 Einfache Ausklinkvorrichtung

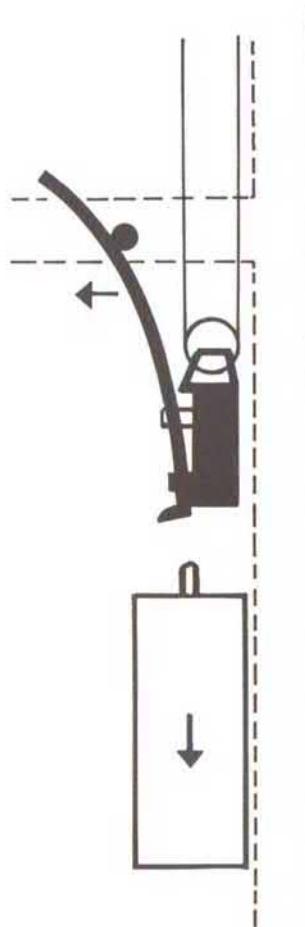
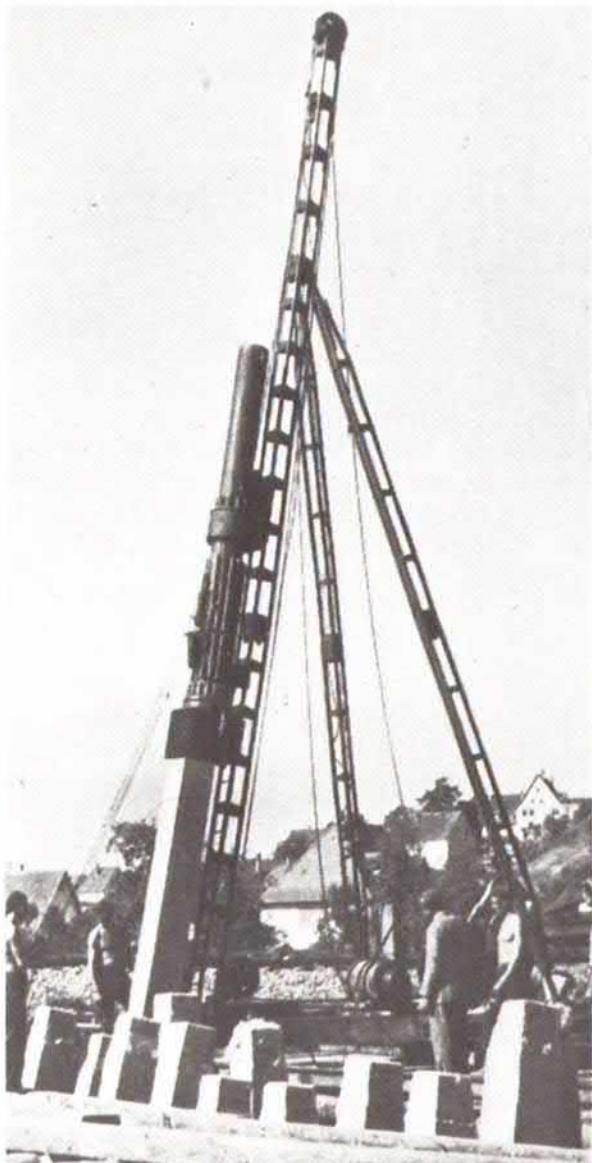


Abb. 12.2 Nachlaufkatze

2) G. Garbotz, Baumaschinen und Baubetriebe Bd. II, München 1958, 2. Aufl. Prospekte der genannten Firmen.



Schnellschlagbären erreichen eine Schlagzahl von 120 bis 160 Schlägen pro Minute. Schwere Dieselbären haben ein Eigengewicht von 4–5 t, erreichen eine Energie pro Schlag bis zu 12 000 mkg und einen Explosionsdruck auf das Rammgut von unter Umständen 200000 kg.

Die hohe Schlagzahl und die Doppelwirkung von Schlag und Druck verhindern, daß das Rammgut zum Stillstand kommt. Auf diese Weise brauchen der Spitzen- und der Mantelwiderstand nicht jedesmal aufs neue überwunden zu werden (3). Rammarbeiten lassen sich mit modernen Rammern auf dem Land und unter Wasser durchführen.

Didaktische Gesichtspunkte

Der Gegensatz historischer Aspekte und moderner technischer Lösungen wirft für den Unterricht Probleme auf.

Der Unterricht kann kulturhistorisch ausgerichtet werden. Dann stehen einfache Konstruktionen frei fallender Bären im Vordergrund, die nur Fragen der Mechanik als ältester und grundlegender Zweig der Physik aufwerfen. Hierbei bewegt man sich auf dem Boden gegenwartsferner Probleme, die zwar durch Nacherfindungen grundlegende Erkenntnisse frühen technischen Denkens ermöglichen, an den technischen Problemen der Gegenwart jedoch vorbeiführen.

Legt man aber das Gewicht auf die Gegenwart, hat man es mit einem ganz anderen Bereich zu tun. Moderne Bären arbeiten mit Dampf-, Öl-, Luft- oder Explosionsdruck, der durch Ventile gesteuert wird. Steuerungstechnik steht hierbei im Vordergrund.

Beide Problemkreise bilden in sich lohnende Unterrichtsthemen. Behandelt man sie hintereinander, muß genaustens geprüft werden, was man erreichen will. Der Zeitaufwand

3) H. H. Mojen, Moderne Rammtechnik, Sonderdruck aus der Zeitschrift „Das Baugewerbe“, H. 2, 3, 4, 5/70, hrsg. von Menck & Hambrück GmbH, Hamburg.

kann sich lohnen, wenn deutlich gemacht werden soll, wie fortwährendes geistiges Bemühen im Bereich der Technik zu Ergebnissen führt, die die Arbeitskraft des Menschen in ihrer Wirkung erheblich steigern oder sogar ablösen. Kann nur begrenzte Zeit für das Thema Ramme bereitgestellt werden, muß man auf einen Problemkreis verzichten, da die Schüler sonst überfordert werden. Die Überlegungen zur Ventilsteuerung stellt man besser für spätere Schuljahre zurück.



Abb. 12.4 Dieselbär, Firma MENCK

Lernziele

- Die menschliche Schlagkraft läßt sich mit Hilfe der Schwerkraft um ein Vielfaches vergrößern.
- Der freie Fall von Körpern läßt sich berechnen: Bestimmen des Gewichtes und der Fallhöhe.
- Der freie Fall von Körpern läßt sich kontrollieren: Ausklinkmechanismus und Führungsschiene.
- Die Technik ersetzt die Muskelkraft.
- Begriffe: Ramme, Bär, Mäkler, Rammgut, Vibrationsbär, Freifallbär, Dampf-, Öl- und Druckluftbären, Dieselbären.

Erste Aufgabenstellung

An der Tafel steht das Reizwort *Ramme*. Der Lehrer gibt dazu folgenden Anstoß: *Wer schon ein wenig Bescheid weiß, berichtet der Klasse über sein Wissen und seine Erfahrungen.*

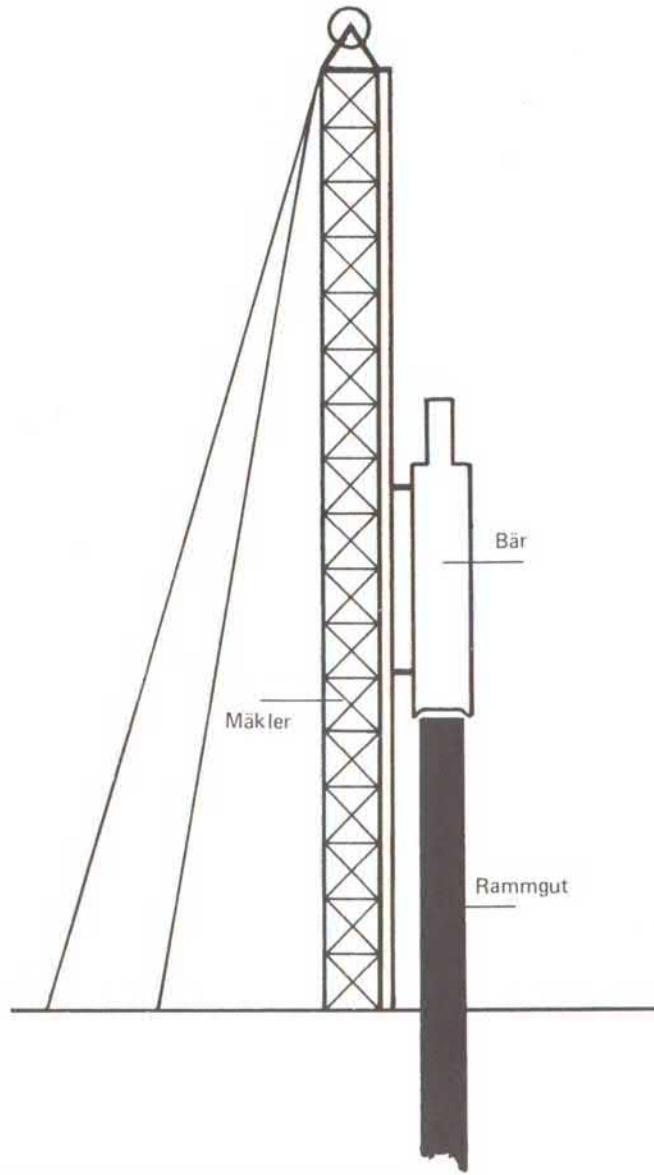
Unterrichtsdurchführung

Die Äußerungen der Kinder werden gesammelt und mit Hilfe einer Skizze geordnet (Abb. 12.5). Die Skizze wird beschriftet: Mäkler, Bär, Rammgut.

Je nach Gelegenheit besucht die Klasse eine Baustelle, auf der eine Ramme arbeitet, oder betrachtet Abbildungen mit Hilfe des Epidiaskops. (Prospekte mit Fotografien können bei den schon erwähnten Firmen für den Unterricht angefordert werden.)

Der Lehrer gibt Informationen zur modernen Rammtechnik, während die Schüler erklären, wozu Rammgut in der Erde oder im Meeresgrund versenkt werden muß. Eine einfache Skizze veranschaulicht die Darbietung des Lehrers (Abb. 12.6). Informationen über Arten des Rammgutes schließen die Vorüberlegungen ab (4).

4) Merkblatt 125, Spundwände und Rammpfähle, Beratungsstelle für Stahlverwendung, 4 Düsseldorf 1, Kasernenstraße 36. 3. Aufl. 1967.



96 Abb. 12.5 Skizze für das Arbeitsheft

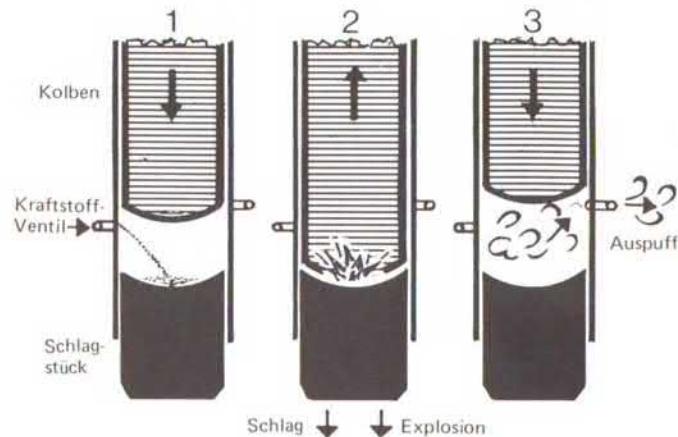


Abb. 12.6 Funktionsskizze Dieselbär

Zweite Aufgabenstellung

Selbsttätig arbeitende Bären können wir mit unseren Mitteln nicht bauen. Wir müssen Rammen konstruieren, wie es ähnlich die Menschen schon vor 2 000 Jahren gemacht haben. Welche Teile dazugehören, weiß ihr. Heben und Fallen des Bären soll durch eine drehende Antriebsbewegung erreicht werden.

Unterrichtsdurchführung 1

Material: u-t 1

Mit Lernbaukästen u-t 1 bauen die Schüler Modelle, die, das wird deutlich gesagt, erste Versuche sein sollen. Es ergibt sich, daß ein Teil der Kinder eine Seilwinde einbaut, ein anderer Teil Exzenter scheiben benutzt.

Abb. 12.7, Modell 1 zeigt, daß das Heben und Fallen geschieht, der bewegliche Baustein jedoch nicht als Bär im Sinne seiner Aufgabe bezeichnet werden kann. Beim Modell 2 war sich der Schüler bewußt, daß der Bär frei schlagen soll.

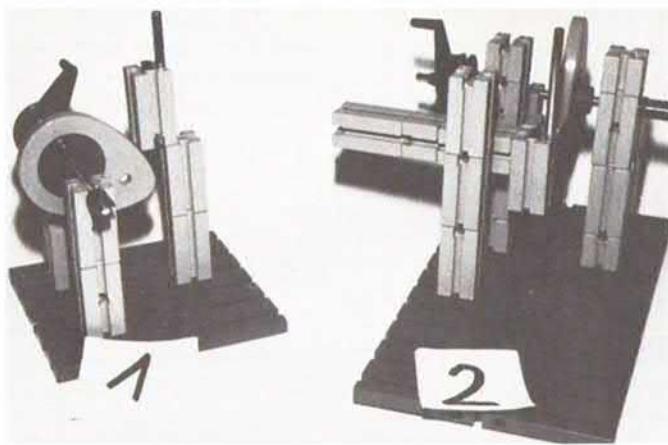


Abb. 12.7 Heben und Fallen – aber der „Bär“ funktioniert nicht (Modell 1). Im Modell 2 ist erkannt, daß der Bär frei schlagen soll

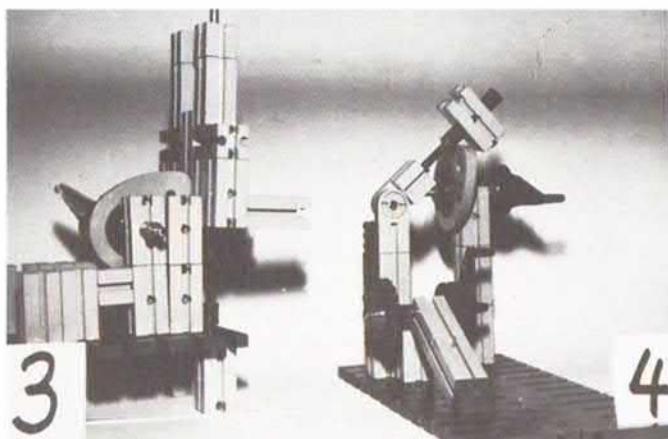


Abb. 12.8 Das Modell 3 berücksichtigt das Gewicht des Bären; Modell 4 versucht eine Anpassung an veränderte Fallhöhen

Die Lösung des Modells 3 auf Abbildung 12.8 berücksichtigt bereits, daß das Gewicht des Bären wichtig ist. Modell 4 ist ein nicht funktionsgerechtes Hammerwerk, das Thema wurde also verfehlt. An dem Modell ist jedoch interessant, daß versucht wurde, mit Zahnrad und Zahnstange eine Höhenanpassung des Schlagwerkes an das Rammgut zu erreichen, da das die Exzenter scheibe normalerweise nicht zu läßt.

Es ergibt sich aus den ersten Versuchen folgende Zusammenfassung:

- Der Bär muß im freien Raum schlagen können.
- Die Exzenter scheibe ermöglicht eine hohe Schlagzahl, paßt sich jedoch nicht der sich verändernden Höhe an.
- Das Seil paßt sich der Höhenveränderung an. Die Kurbel der Seilwinde führt jedoch beim Fall des Bären gefährliche Drehbewegungen aus.
- Bei geringer Fallhöhe muß der Bär entsprechend schwer sein.

Dritte Aufgabenstellung

Für weitere Versuche müssen nach den ersten Erkenntnissen folgende Bedingungen gestellt werden:

- Benutzung des Seils, jedoch ohne die damit verbundenen Gefahren für die Seilwinde.
- Ausreichende Schlagkraft durch Bestimmung des Bären-Gewichtes und der Fallhöhe.

Baut ein Modell, das diese Bedingungen erfüllt. Mit feuchtem Sand und mit Holzstäben als Rammgut überprüfen wir die Arbeitsweise der Ramme.

Unterrichtsdurchführung 2

Material: u-t 1; u-t S oder herkömmliches freies Material (Leisten, Draht usw.)

Das Modell kann mit den Lernbaukästen u-t 1, u-t S oder mit herkömmlichen Materialien konstruiert werden.

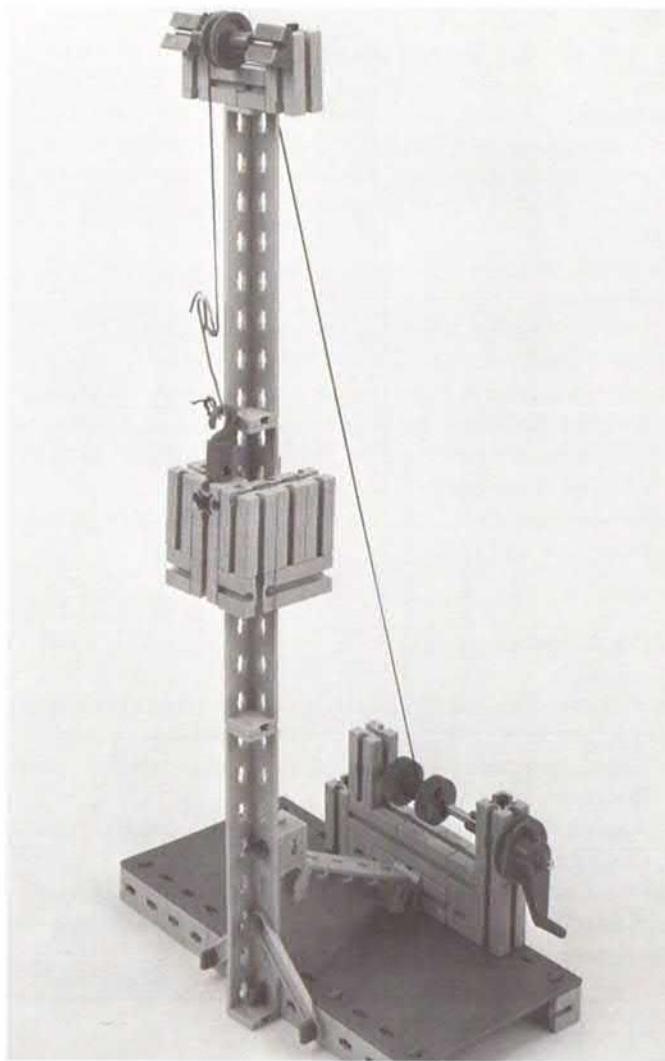


Abb. 12.9 Erste Lösung für die automatische Auslösung

In dieser Phase des Unterrichts kommt es darauf an, den Ausklinkmechanismus zu erfinden. Der Lehrer kann eine Frage als unmittelbaren Anstoß stellen: *Kann man den Bär fallen lassen, ohne das Zugseil zu bewegen?* Zuerst werden die Schüler den einfachsten Vorschlag unterbreiten: Das Zugseil wird vom Bär abgeknotet. Die einfacher zu bedienende Schlaufe ist der nächste Denkschritt. Der Haken kommt ins Gespräch, dessen Bogen als nächstes gekürzt werden muß, um ihn leichter vom Bär trennen zu können. Die Schüler nennen nun das zweite Seil, mit dem der Haken aus der Öse des Bären herausgerissen wird. Die Stufe bis zur automatischen Bedienung durch einen Hebel, der an einem Widerstand entlanggleitet, ist nicht mehr schwierig. Auch andere Vorschläge können kommen. Für den Sturz des Bären wird die Seiltrommel oder nur die Kurbel ausgekuppelt. Das automatische Ausklinken besorgt der Schlag eines Hammers gegen den Haken oder ein starker Magnet. Wie die Vorschläge auch sind, das Unterrichtsgespräch und die Phantasie der Kinder sind an dieser Stelle sehr rege. Der theoretische Durchbruch ist hiermit erfolgt. Es folgt die praktische Ausführung der Ideen.

Der Haken wird aus Draht gebogen (Abb. 12.9).

Zur Überprüfung der Arbeitsweise werden Marmeladegläser mit feuchtem Sand gefüllt, der jedoch nicht zu starken Widerstand leisten darf. Als Rammgut sind Vierkant- oder Rundstäbe aus Buchenholz geeignet, die höchstens einen Durchmesser von 5 mm haben sollten, da sonst der Spitzen- und der Mantelwiderstand zu groß werden.

Wenn der Stab innen am Glasrand eingerammt wird, kann man die Bewegung des Rammgutes verfolgen, die Widerstände sichtbar machen und über die Notwendigkeit sprechen, das Rammgut nicht zum Stillstand kommen zu lassen. Die Ausklinkvorrichtung in Form einer Nachlaufkatze, die durch ihr Eigengewicht zum abgestürzten Bär selbsttätig herabgezogen wird, kann entweder zusätzlich konstruiert oder nur theoretisch an einer Tafelzeichnung besprochen werden.

Abbildung 12.9 zeigt eine mögliche Konstruktion aus Statikteilen. Die Führung des Bären ist ein wenig problematisch.

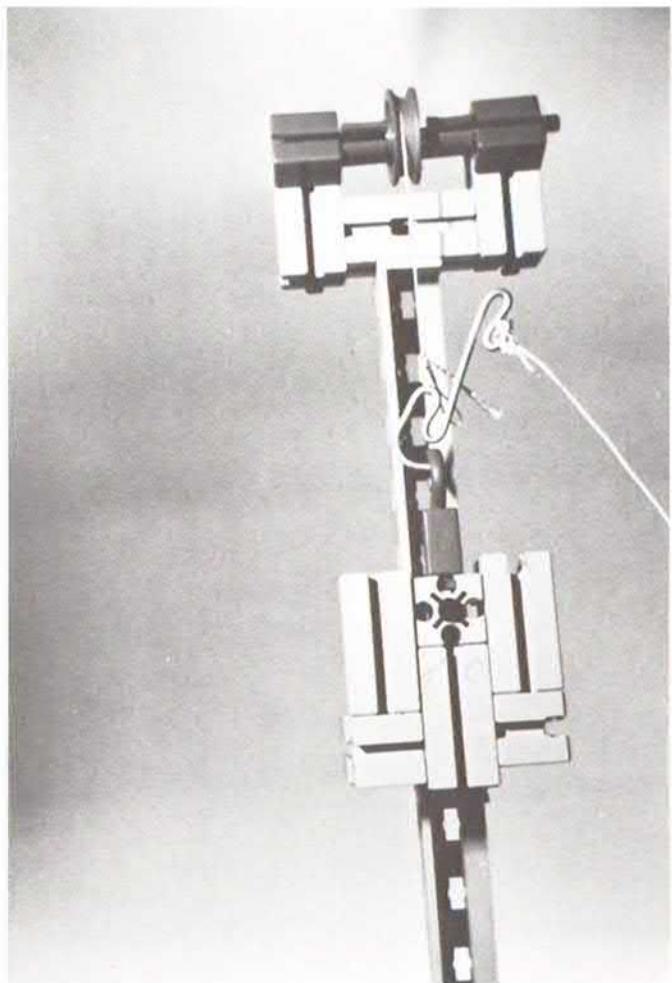


Abb. 12.10 Eine Konstruktion mit einem zweiten Seil

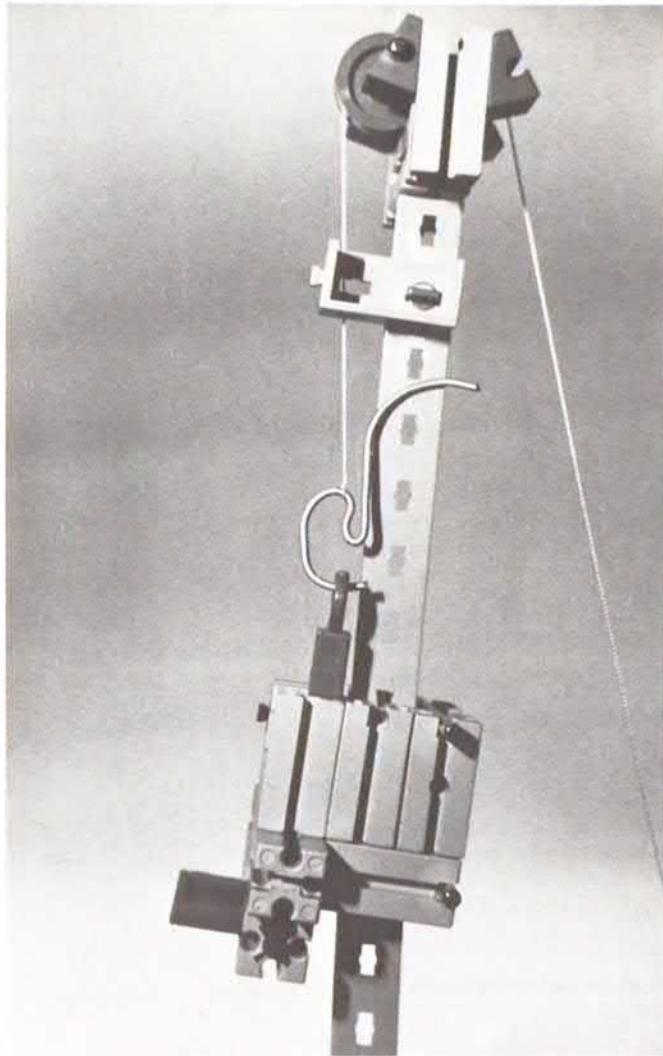


Abb. 12.11 Auslösung durch Hebel und Widerstand

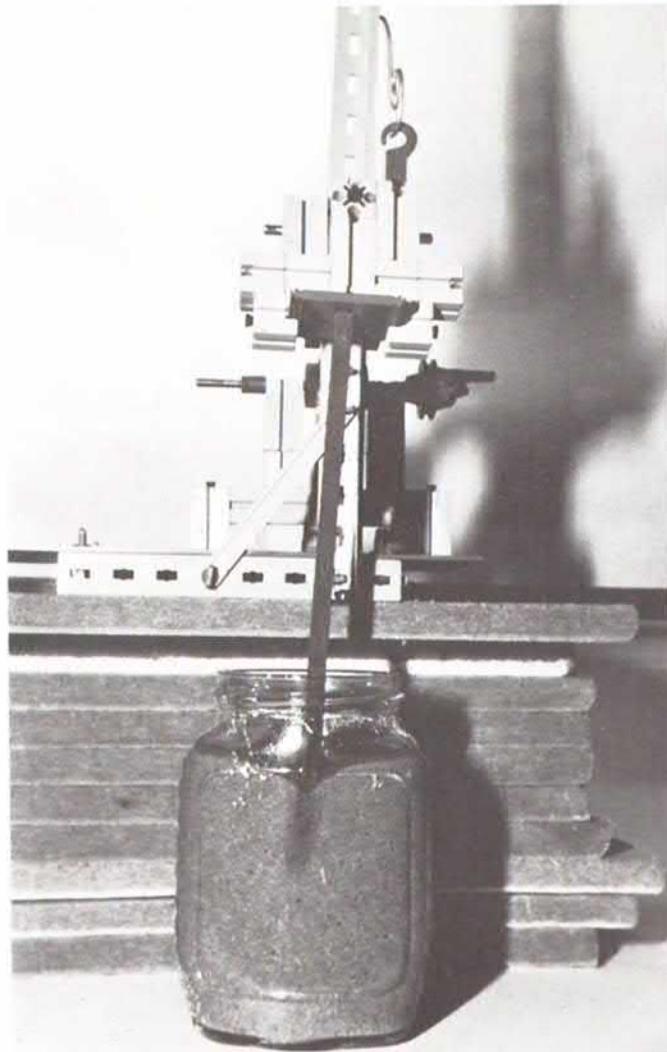


Abb. 12.12 Der Mantelwiderstand

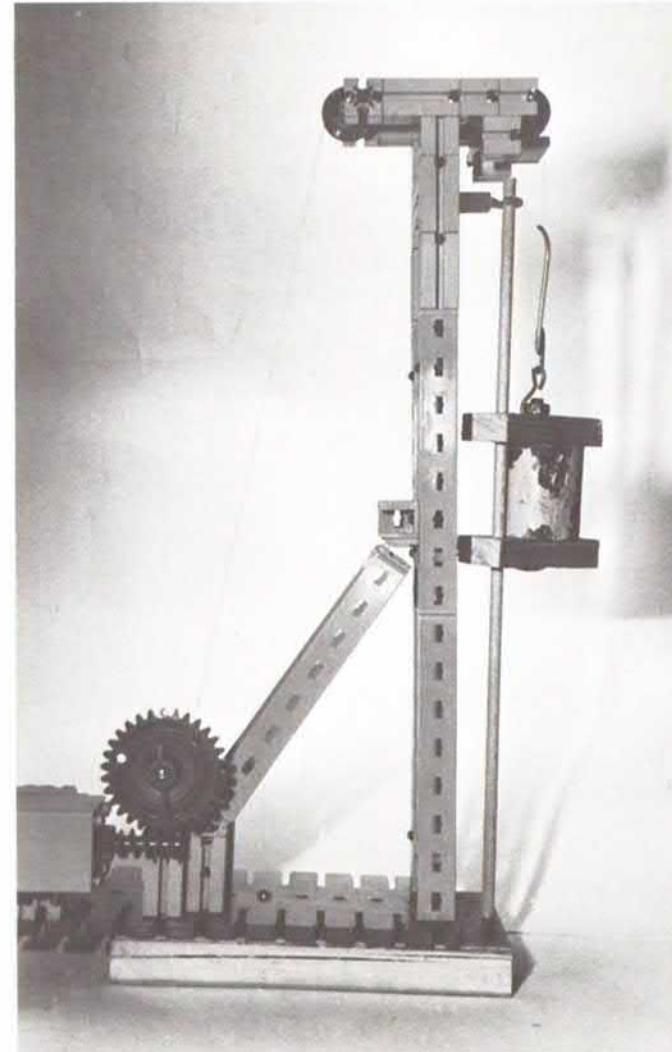


Abb. 12.13 Verwendung zusätzlicher Materialien: Holzplatte, Eisenrohr, Gewindeschraube mit Mutter und zwei Holzklötze

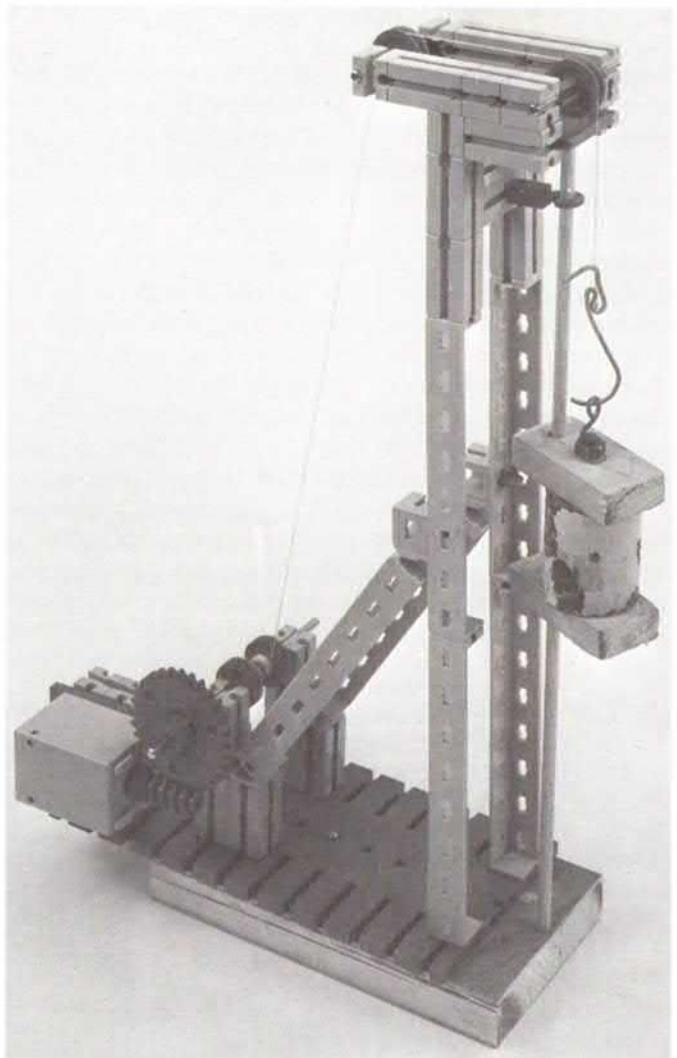


Abb. 12.14 Führung des Bären durch einen Rundstab. Eine optimale Konstruktion

Die Verstrebung am unteren Teil des Mäklers behindert den freien Fall. Für die Versuche kann jedoch das Rammgut entsprechend hoch angesetzt werden. Die Hakenkonstruktion der Abbildung 12.10 wird mit einem zweiten Seil bedient, die der Abbildung 12.11 arbeitet automatisch mit einem Hebel und einem Widerstand. Abbildung 12.12 verdeutlicht den Mantelwiderstand, indem sich um das Rammgut herum ein Sandtrichter bildet. Bei jedem Schlag werden die Sandkörner weiter heruntergerissen. An der Spitze des Rammgutes wird der Sand auseinandergedrängt und macht somit den Spitzenwiderstand sichtbar.

Die Konstruktion der Abbildung 12.13 ist ein Beispiel für die Verwendung herkömmlicher Materialien. Die große Grundplatte wurde auf das Brett mit Holzschrauben aufgeschraubt. Abbildung 12.14: Der Bär, bestehend aus einem Stück schweren Eisenrohr und zwei Holzklötzen, die eine ca. 6 cm lange Schraube mit Mutter zusammenhält, wird durch einen Rundstab (Durchmesser 5 mm) geführt. Der kleine Flachstein und das obere gebogene Ende des Drahthakens sorgen für das selbsttätige Ausklinken. Der Aufhänger wird aus Draht gebogen und mit der Schraubenmutter am Bär befestigt.

Zusammenfassung

Eine Ramme besteht aus dem Mäkler, der die Führung des Bären ist. Der Bär schlägt auf das Rammgut. Entweder wird der Bär durch Muskelkraft gehoben, oder er arbeitet selbsttätig mit Dampf-, Öl-, Luft- oder Explosionsdruck. Das Gewicht des Bären und seine Fallhöhe bestimmen die Schlagkraft. Sie muß den Spalten- und den Mantelwiderstand des Rammgutes überwinden. Die Widerstände hängen ab von der Art des Rammgutes und der Bodenbeschaffenheit, auch unter Wasser. Stahlprofile und Pfähle oder Bohlen dienen als Rammgut.

Mechanische Rammen brauchen eine Ausklinkvorrichtung, um das Bedienungspersonal und die Seilwinde vor Schaden zu bewahren. Pfeiffer

13 Der Magnetkran

Sachinformation

In der Industrie benutzt man zunehmend die Haftkraft von Dauer- und Elektromagneten zu Förderaufgaben.

Dauermagneten arbeiten ohne Energiezufuhr und finden daher dort Verwendung, wo ein Abschalten des Magnetfeldes nicht erforderlich ist. Man versieht z. B. Rollenbahnen oder Laufbänder mit Dauermagneten, damit bei größeren Neigungen das Fördergut nicht abrutscht.

Muß allerdings das Magnetfeld abschaltbar sein, wählt man Elektromagneten, deren Wirkung sich mit dem Stromkreis unterbrechen läßt. Diese Lasthebemagnete können an Kräne angehängt werden. Durch die selbsttätige Lastaufnahme und Lastabgabe bilden sie ein ideales Fördermittel zum Transport magnetisierbarer Stoffe.

Die Ausführung und Anordnung der Elektromagnete richtet sich nach dem Verwendungszweck: Zum Transport etwa von Schrott oder Schüttgut nimmt man Rundlastmagnete

(Abb. 13.1); für Platten, Röhren, Stangen usw. benutzt man Rechtecklastmagnete (Abb. 13.2). Zum Anheben von Lasten wird hier also die Magnewirkung des Stromes ausgenutzt. Die Stärke des magnetischen Feldes, das stromdurchflossene Leiter umgibt, hängt dabei von der Stromstärke und der Entfernung zum Leiter ab. Wird ein gradliniger Leiter zu einer Spule aufgewickelt, so hat das Magnetfeld der Spule einen ähnlichen Verlauf wie das eines Stabmagneten. Das Magnetfeld wird kräftiger, wenn mehrere Kreiswindungen spiralförmig nebeneinandergelegt werden. Die magnetische Wirkung läßt sich weiter verstärken, wenn man den magnetischen Feldlinienfluß durch einen Eisenkern leitet. Dadurch erhält man einen Elektromagneten.

Werden die Magnete selbst (durch Lehrer oder Schüler) hergestellt, empfiehlt es sich, eine dicke Schraube oder einen Nagel mit lackisoliertem Kupferdraht (ca. 0,5 mm Durchmesser) zu umwickeln. Wird als Stromquelle eine 4,5-Volt-Flachbatterie verwendet, müssen etwa 400 Wicklungen gewickelt werden (ca. 20 m Draht). Diese Elektromagnete ziehen mehrere Schrauben oder Nägel an.



102 Abb. 13.1 Rundlastmagnet

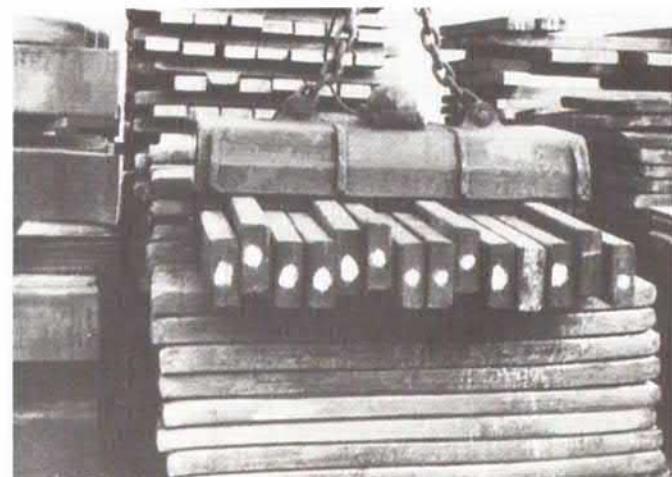


Abb. 13.2 Rechtecklastmagnet

Didaktische Gesichtspunkte

Als Voraussetzung für diese Aufgabe sollen die Schüler Kenntnisse zum elektrischen Stromkreis mitbringen.

Das Thema „Magnetkran“ ist nicht als eine grundlegende Einführung in die Magnetwirkung des Stromes gedacht. Am Beispiel des Magnetkrans soll eine Anwendungsmöglichkeit des Elektromagnetismus aufgezeigt werden. Auch ohne vorherige Erarbeitung der Sachverhalte etwa im Physikunterricht können Schüler die Aufgabe lösen, da ihnen aus ihrer Umwelt Elektromagnete und ihre Wirkungsweise bekannt sind.

In einem einführenden Gespräch wird ihnen eine spezifische Einsatzmöglichkeit des Elektromagneten nahegebracht: z.B. Probleme auf einem Schrottplatz, wo wegen der unterschiedlichen Größe der Schrotteile Kräne mit Greifern ungeeignet sind.

Die Schüler finden schnell heraus, daß hier Kräne mit Magneten eingesetzt werden. An einer kurzen Demonstration wird ihnen deutlich, daß der Magnet „schaltbar“ sein muß: Mit einem Stabmagnet lassen sich wohl Nägel aufnehmen, aber die Nägel fallen nicht wieder ab.

Lernziele

Die durch die Behandlung des Stromkreises erworbenen Kenntnisse richtig einsetzen.

Modell eines funktionstüchtigen Magnetkrans bauen.

Im Vergleich zu anderen Transportmitteln (Kränen) die Einsatzmöglichkeiten von Magnetkränen nennen.

Vor- und Nachteile eines Magnetkrans nennen.

Geräte und Maschinen des täglichen Erfahrungsbereiches nennen können, die mit Elektromagneten funktionieren.

Aufgabenstellung

Baue einen Kran, der mit einem Elektromagnet Eisenteile hochheben, transportieren und absetzen kann.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1 und u-t 3; Zusatzmaterial: 4,5-V-Batterie, Schnur

oder: u-t 1; Zusatzmaterial: 4,5-V-Batterie, Schnur, Klingeldraht, Taster, Tesaband, lackisoliert Kupferdraht (bis 0,5 mm Ø), dicke Schraube oder Nägel (ca. 5 cm).

Als Material brauchen die Schüler einen Elektromagnet, der im Baukasten u-t 3 vorhanden ist, Kabel, eine 4,5-Volt-Batterie, die Bauteile des u-t 1 für den Kran und einen Schalter (aus dem u-t 3). Steht nur der u-t 1 zur Verfügung, kann als Kabel Klingeldraht benutzt werden. Als Schalter dient ein Taster (Klingelknopf); dazu erhalten die Schüler dann selbst gewickelte Elektromagnete.

Jeder Schüler allein braucht nach unseren Erfahrungen für die Aufgabe eine ganze Doppelstunde. Es ist deshalb günstiger, eine Lösung in Partnerarbeit finden zu lassen, da dann genügend Zeit für Bau, Erprobung und Abschlußgespräch bleibt. Zum Erproben des Krans können z.B. Achsen aus dem u-t 1 benutzt werden, da diese schweren Teile beim Abschalten nicht am Magnet haften bleiben.

Ein Problem ist es für die Schüler, die Kabel zum Magnet zu verlegen. Sie erhalten deshalb Klebeband zum Festkleben der Kabel. Auch der Bau des Krans selbst bereitet einigen Schülern Schwierigkeiten. Im Gespräch werden daher zuerst die wichtigsten Bestandteile eines Krans zusammengetragen: Mast, Ausleger, Seil mit Seilwinde.

Einen einfachen Kran mit starrem Ausleger und starrem Mast zeigt Abb. 13.3. Bei diesem Magnetkran ist der Schalter und der Elektromagnet aus dem u-t 3 verwendet. An dem eingeschalteten Magnet hängt eine Eisenscheibe. Gut ist hier die Batterie als Gegengewicht unter der Grundplatte angebracht.

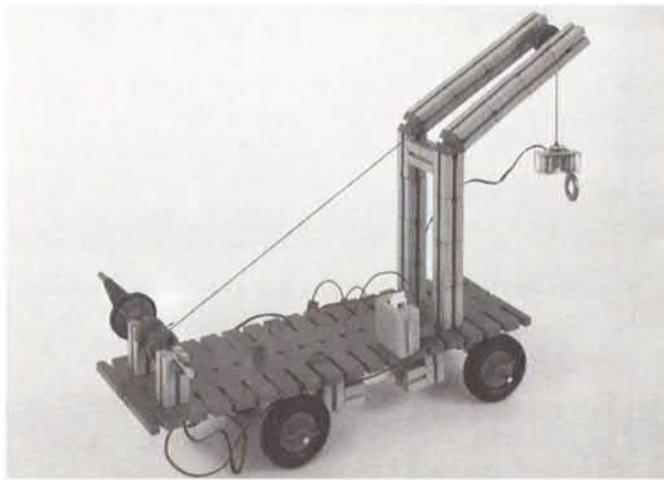


Abb. 13.3 Magnetkran transportiert eine Eisenscheibe



Abb. 13.5 Die obere Plattform kann geschwenkt werden



Abb. 13.4 Die angehobene Last wird durch die Sperre gehalten

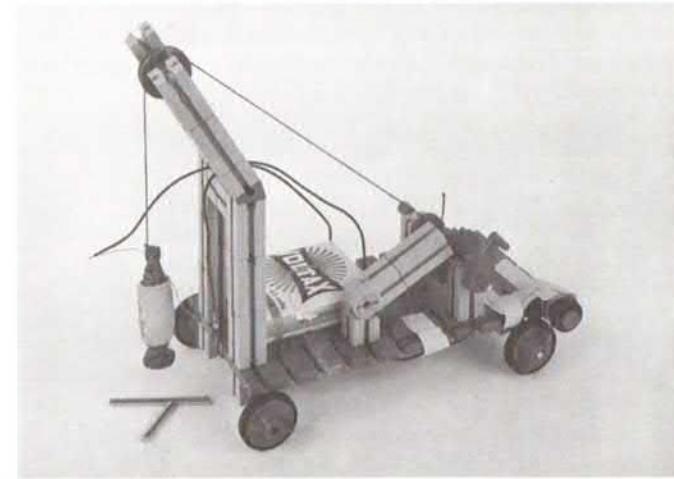


Abb. 13.6 Ein selbstgewickelter Magnet soll hier die Last anheben

Eine ähnliche Lösung zeigt Abb. 13.4. Dieser Schüler hat zusätzlich mit dem Gelenkstein eine Sperrvorrichtung für die Seilwinde eingebaut. – Eine anspruchsvollere Lösung zeigt Abb. 13.5. Bei diesem Kran, der gerade „Eisenplatten“ anhebt, kann die obere Plattform geschwenkt werden. Eine Sperrvorrichtung hält die Last auf jeder Höhe. Der Schalter für den Elektromagnet sitzt hinter der Kurbel. Gut gelöst ist hier die Kabelführung, wobei das Kabel am Ausleger festgeklebt ist und gerade so viel Spielraum läßt, daß der Magnet bis auf den Boden herabgelassen werden kann.

Abb. 13.6 zeigt einen Magnetkran, bei dem ein umwickelter Eisenbolzen als Elektromagnet verwendet ist. Das Seil ist an den Bolzen angeknotet. Als Kabel ist Klingeldraht benutzt. Bei Druck auf den Taster zieht der Magnet an. Mängel zeigt die Kabelverlegung. – Bei Abbildung 13.7 besteht der Elektromagnet aus vier umwickelten Nägeln. Auf die Nägel ist ein Korken geschoben, in den zur Befestigung des Seils eine Öse geschraubt ist. Kabel und Schalter sind dem u-t 3 entnommen. Bei diesem Kran, der gerade eine Eisenstange anhebt, kann der starre Ausleger mit der Drehscheibe geschwenkt werden (Abb. 13.8). Durch die von oben eingreifende Sperrvorrichtung kann die Last auf jeder Höhe gehalten werden. Beim Niederlassen wird die Sperre mit Hilfe des Gelenksteins angehoben.

Realbezug

Im Anschluß an die Besprechung der Modelle werden mit den Schülern die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten, etwa anhand von Abbildungen, sowie Vor- und Nachteile von Magnetkränen erarbeitet (z. B Arbeitserleichterung, Einsparen von Arbeitskräften, nur magnetisierbare Lasten können bewegt werden). Außerdem wird herausgestellt, wo man sich in der Technik die Magnettwirkung des Stromes zunutze macht.

Beispiele:

elektrischer Türöffner
elektrische Klingel
Elektromotor usw.



Abb. 13.7 Vier umwickelte Nagel dienen als Elektromagnet



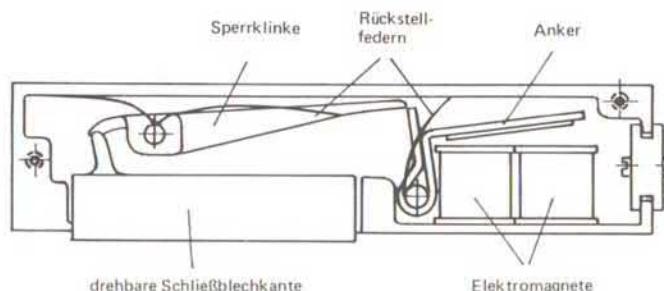
Abb. 13.8 Durch eine Drehscheibe kann der Ausleger geschwenkt werden

Zusammenfassung für den Schüler

In der Industrie benutzt man die Anziehungskraft von Elektromagneten zu Förderaufgaben. Kräne mit Elektromagneten können selbsttätig Eisenlasten aufnehmen, transportieren und absetzen. Magnetkräne helfen Arbeitskräfte einsparen. In einem Walzwerk z. B., wo früher zum Bewegen großer Eisenplatten zahlreiche Leute gebraucht wurden, kann heute diese Arbeit von einem Magnetkran bewältigt werden. Magnetkräne können auch beim Transport sperriger Lasten eingesetzt werden, wo Kräne mit Greifern versagen. Allerdings kann der Magnetkran nur eisenhaltige Stoffe anziehen.

Die Form der Elektromagnete richtet sich nach ihrer Verwendung: Zum Transport von Schrott, Schüttgut usw. benutzt man Rundlastmagnete, für Platten, Stangen usw. Rechtecklastmagnete. Die Wirkungsweise von Elektromagneten macht man sich in zahlreichen weiteren Geräten und Maschinen zunutze.

Rolff



106 Abb. 14.1 elektrischer Türöffner

14 Der elektrische Türöffner

Sachinformation

Zum Öffnen von Haus- und Gartentüren aus der Ferne bedient man sich elektrischer Türöffner, die elektromagnetisch betätigt werden.

Eine Kante des Schließblechs besteht aus einem drehbaren Teil, der durch eine Sperrklinke festgehalten wird (Abb. 14.1). Diese Sperrklinke wird durch eine Metallplatte blockiert. Sie bildet den Anker des Elektromagneten. zieht der Magnet den Anker an, wird die Sperrklinke, die das Schließblech in seiner Stellung hält, freigegeben. Bei einem Druck gegen das Türblatt kann nun die Schloßfalle die Kante des Schließblechs beiseite drücken. Fällt die Tür wieder zu, rastet die seitlich bewegliche Schloßfalle wieder in das Schließblech ein. Das Schließblech ist inzwischen wieder in der blockierten Ruhestellung, weil nach dem Ausschalten des Magneten Rückstellfedern Anker und Sperrklinke wieder in ihre Ausgangslage zurückgezogen haben.

Didaktische Gesichtspunkte

Schließt diese Aufgabe an das Thema Magnetkran an, haben die Schüler durch die Kenntnis des Elektromagneten die nötigen Voraussetzungen zur Lösung dieses Problems. Daneben enthält diese Aufgabe verschiedene Schwierigkeiten, die sich bei diesem Einsatz des Elektromagneten ergeben.

In einem kurzen Gespräch wird mit den Schülern die Situation in einem Etagenhaus umrissen: Die Eingangstür soll auch tagsüber geschlossen sein, um im Treppenhaus eingestellte Kinderwagen oder Fahrräder zu sichern und um eine Kontrolle zu haben, wer das Haus betritt. Für die Mieter wäre es aber zu umständlich, bei jedem Klingeln zur Haustür zu gehen, um zu öffnen. Es müßte also ein elektrischer Türöffner vorhanden sein und eventuell eine Wechselsprechanlage.

Elektrische Türöffner sind den meisten Schülern bekannt. Allerdings werden nicht alle die Wirkungsweise kennen. Um den Schülern bei der Lösung dieser nicht ganz einfachen Konstruktion zu helfen, läßt der Lehrer sie zuerst eine Tür bauen, die von selbst in die Ausgangslage zurückkehrt. Als Türblatt können die Schüler die kleine Grundplatte oder zusammengesetzte Flachsteine benutzen. Mit Hilfe zweier Gelenksteine oder Achsen wird das Türblatt schwenkbar gelagert. Die Feder oder ein Gummiband zieht die Tür nach dem Öffnen wieder zu.

Man kann selbst einen Magnet wickeln, oder es wird der im u-t 3 vorhandene Magnet verwendet. Schalter und Leitungen werden dem u-t 3 entnommen, oder die Schüler benutzen Zusatzmaterial wie beim Magnetkran.

Diese Aufgabe fordert einmal von den Schülern die Suche nach einer technisch möglichen Lösung; da die Magneten aber nur über eine Strecke von 5mm noch sicher anziehen, werden auch große Anforderungen an das Konstruktionsgeschick der Schüler gestellt. Die Schüler müssen nicht nur das Prinzip eines Türöffners finden, sondern es nun auch so gestalten, daß ihr Modell wirklich funktionsfähig ist. Man sollte deshalb bei dieser Aufgabe den Schülern auch die Partnerarbeit gestatten.

Da verschiedene denkbare Lösungen (siehe dazu „Unterrichtsdurchführung“) unter den gegebenen Bedingungen nicht realisiert werden können, sollten die Schüler zwar nach der Nennung der Aufgabe erst einmal denkbare Lösungen suchen; nach einiger Zeit aber sollte diese Phase abgebrochen werden, um gemeinsam die Ergebnisse auszutauschen. Dadurch erhalten jetzt auch schwächere Schüler entscheidende Hilfen und werden zu einer Lösung befähigt.

Lernziele

Konstruktion einer selbsttätig schließenden Tür.
Erarbeiten verschiedener Mechanismen, einen Türriegel elektromagnetisch zu öffnen.

Bau eines funktionsfähigen Modells eines Türöffners.
Erklären der Funktionsweise eines originalen Türöffners.
Begriffe: Schließblech, Schloßfalle

Aufgabenstellung

Baue einen elektrischen Türöffner, der es ermöglicht, die Eingangstür eines Etagenhauses von der Wohnung aus zu entriegeln.

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1 und u-t 3; Zusatzmaterial: 4,5-Volt-Batterie, Weißblechstreifen oder Metallstreifen aus Schnellheftern, Schrauben, Splinte, Tesaband oder: u-t 1 und Zusatzmaterial: 4,5-Volt-Batterie, Schnur, Draht, Metallstreifen (Schnellhefters), Schrauben oder Nägel (5 cm), lackisolierte Kupferdraht (bis 0,5 mm Ø), Taster, Tesaband

Bei ihren Überlegungen und Versuchen zur Aufgabenstellung haben die Schüler zu folgenden Lösungsmöglichkeiten gefunden:

1. Man benutzt eine Eisentür, die der Magnet festhält. Nachteil: Es muß immer Strom fließen, nur wenn er unterbrochen wird, läßt sich die Tür öffnen. Abb. 14.2 zeigt eine solche Lösung, die von den Schülern aus dem genannten Grund als Fehllösung erkannt wurde: An dem Türblatt sitzt eine Metallplatte, die der Magnet festhält, wenn die Tür geschlossen ist.
2. Eine Eisenstange fällt von oben in die Tür und verriegelt sie (z. B. in den Schlitz der kleinen Grundplatte). Der Magnet soll sie anziehen und dabei die Tür freigeben. Diese Lösung wurde von zahlreichen Schülern beabsichtigt, sie scheiterten aber bei der Ausführung. Sie erreichten nicht die erforderliche Genauigkeit, denn die Tür muß ganz genau bis in die Ausgangslage zurückfallen, damit die Stange auch in den vorgesehenen Schlitz fallen kann.

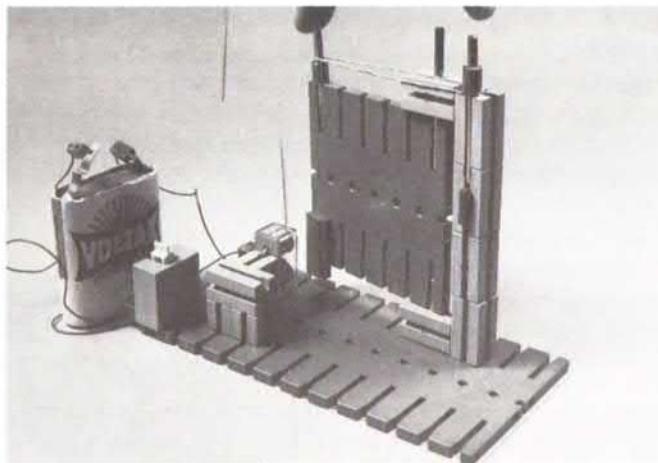


Abb. 14.2 Fehllösung: Magnet muß immer unter Strom stehen

Außerdem ist die Anzugskraft des Magneten bei der kleinen Fläche der Stangenspitze zu schwach. Ein weiterer Nachteil dieser Lösung wäre, daß der Schalter so lange gedrückt werden müßte, bis die Tür wieder geschlossen ist.

3. Eine Eisenstange schiebt sich von der Seite in oder vor die Tür. Der Magnet muß gegen die Kraft einer Feder die Stange zurückziehen, damit sie selbsttätig wieder in die Ausgangslage zurückschnappen kann. Diese Möglichkeit nannten zahlreiche Schüler, sie läßt sich aber, wie ihre Versuche zeigten, kaum mit dem angebotenen Material verwirklichen.
4. Das im Türrahmen sitzende Schließblech muß beweglich sein. Der Magnet muß den Teil des Schließbleches, der die Schloßfalle blockiert, anziehen. Beim Ausschalten federt das Blech selbsttätig in die Ausgangslage zurück und blockiert die wieder zugefallene Tür.

Nach der Erörterung dieser Lösungsmöglichkeiten, die sich aus den Schülerversuchen ergeben haben, stellt der Lehrer den Schülern jetzt ein Schließblech zur Verfügung, das den Vorschlag 4 ermöglicht.

Als Material für das Schließblech bieten sich dünne Weißblechstreifen oder die Metallplättchen aus Schnellheftern an. Als Zusatzmaterial sollte der Lehrer Tesakrepp, Schrauben, Splinte usw. bereitlegen.

Bei richtiger Lagerung federt das Blech in seine Ausgangslage zurück, wenn der Magnet wieder ausgeschaltet wird. Außerdem werden die Magnetkräfte durch die größere Anzugsfläche besser genutzt.

Trotz dieser Vorbesprechung benötigen einige Schüler gezielte Hilfen des Lehrers. Zum Teil bereitet den Schülern die richtige Lagerung des Bleches Schwierigkeiten. Der Magnet muß am langen Hebel des Schließbleches angreifen, um dadurch einen möglichst großen Weg bei der gegebenen Kraft des Magneten zu erreichen. Manche finden nicht heraus, daß der Blechstreifen einen Anschlag erhalten muß, der durch Verformen des Bleches oder Aufstecken eines Splintes oder ähnlichem geschaffen werden kann, damit so die Tür blockiert wird. Deshalb sollten die Schüler auch mehrere Streifen zum Ausprobieren erhalten.

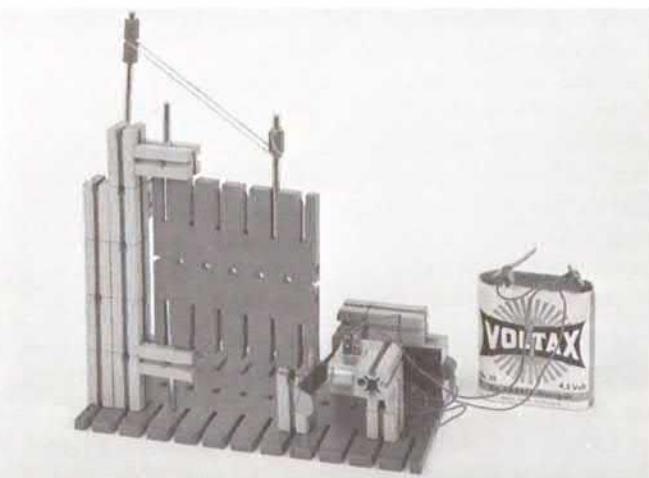


Abb. 14.3 Eine auf das Schließblech geklebte Schraube blockiert die Tür

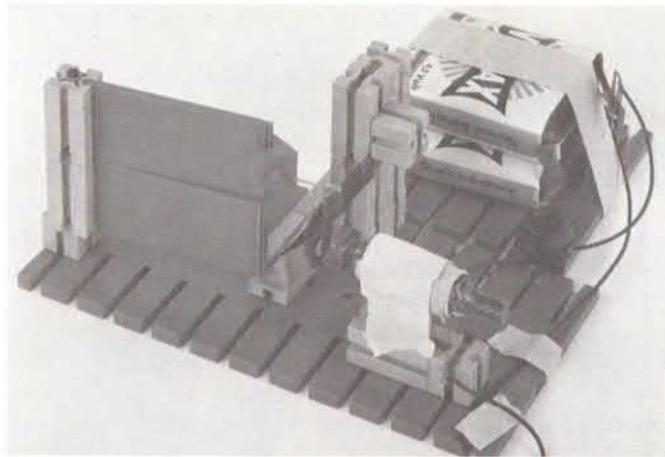


Abb. 14.4 Ein aufgeschobener Splint hält die Tür geschlossen

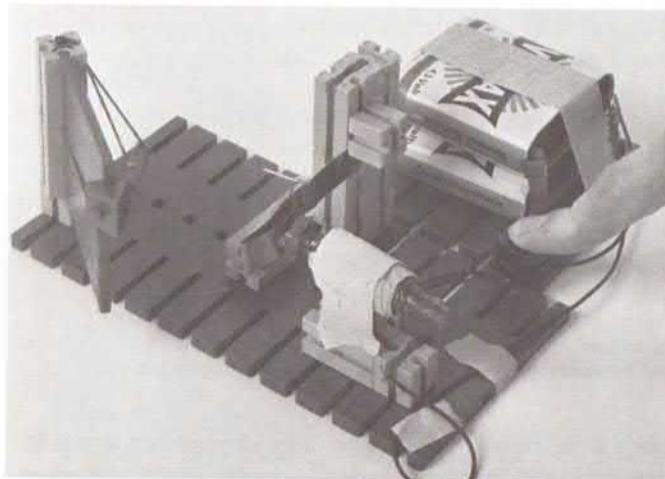


Abb. 14.5 Bei Druck auf den Taster zieht der Magnet an

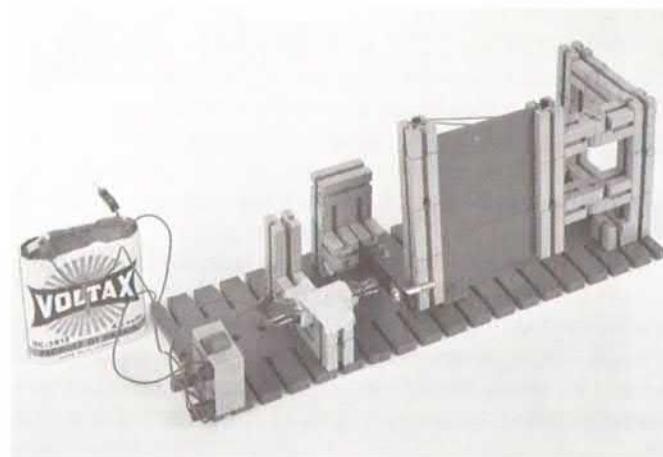


Abb. 14.6 Gelenksteine dienen als Türscharniere

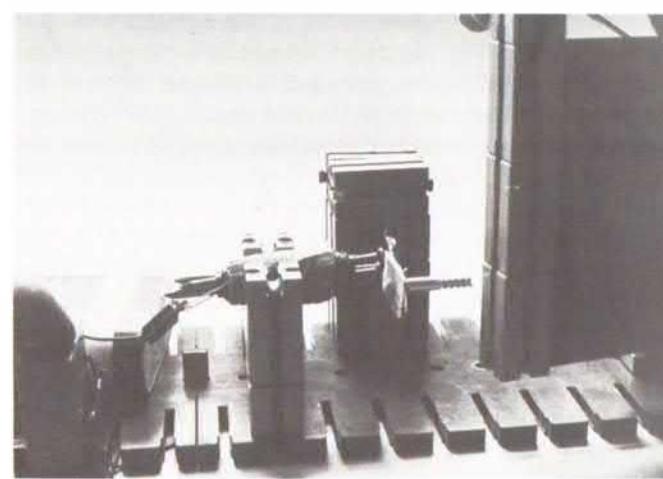


Abb. 14.7 Der eingeschaltete Magnet hat das Schließblech mit Schraube angezogen

Auf Bild 14.3 ist auf das Blech eine Schraube geklebt, die die Tür sperrt. Wird das Blech angezogen, kann die Tür an der Schraube vorbeischwenken. Beim Zufallen drückt die durch ein Gummiband zurückgezogene Tür die Schraube beiseite, und die Verriegelung ist wieder hergestellt. Der Magnet wurde dem u-t 3 entnommen. Als Tür ist hier die kleine Grundplatte gewählt, die durch zwei kleine Achsen drehbar gelagert wird.

Bei Bild 14.4 – hier ist ein selbstgewickelter Elektromagnet verwendet – blockiert ein auf das Blech geschobener Splint den Winkelstein an der Tür. Der Magnet ist hier verschiebbar gelagert. Dadurch kann leicht die Position ermittelt werden, in der der Magnet noch sicher anzieht. Drei verbundene Flachsteine, mit der Achse 110 drehbar gelagert, dienen als Tür.

Auf Abbildung 14.5 ist der Magnet eingeschaltet. Er zieht das Blech an, die Tür läßt sich öffnen. – Eine mit Tesafilm am Blech befestigte Schraube dient bei Bild 14.6 dazu, die Tür zu sperren. Das Bild 14.7 zeigt, wie die Spitze einer aufgeklebten Schraube die Tür verriegelt. Als Türscharniere sind hier die beiden Gelenksteine benutzt. Durch Druck auf den Schalter hat der selbstgewickelte Magnet die Schraube angezogen, die Tür läßt sich jetzt öffnen.

Realbezug

Nach der Auswertung der Schülerlösungen untersuchen die Schüler einen elektrischen Türöffner (Abb. 14.8). (Elektrische Türöffner sind leicht in entsprechenden Fachgeschäften auszuleihen.) Die Deckplatte wird abgenommen (Abb. 14.9), und der Türöffner wird mit einer Batterie oder einem Trafo unter Strom gesetzt, so daß seine Funktion beobachtet werden kann.

Da die Schüler selbst nur durch geschickte Ausnutzung der Hebelwirkung des Bleches die vorhandene Kraft des Magneten ausnutzen konnten, erkennen sie, daß hier durch den Einsatz von zwei Magneten diese Kraft erbracht wird.

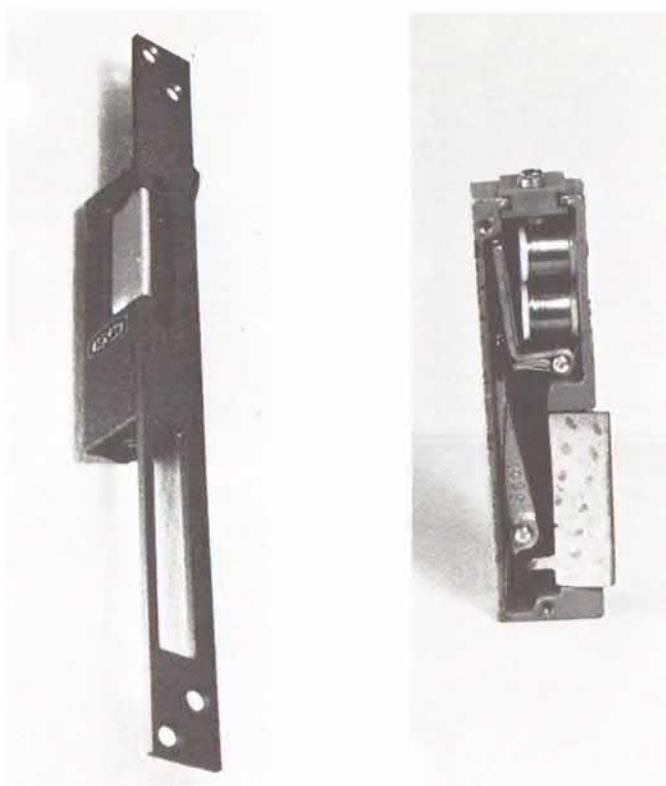


Abb. 14.8
elektrischer
Türöffner
mit Schließblech

Abb. 14.9
Deckplatte
des Türöffners
ist abgeschrägt

Der Vergleich von Modell und Originalgegenstand läßt die Schüler die Wirkungsweise des originalen Türöffners erkennen: Während bei den Modellen die Türsperre direkt weggezogen wird, wird hier der drehbare Teil des Schließbleches indirekt freigegeben. Außerdem bleibt beim Zufallen der realen Tür das Schließblech starr, hier bewegt sich die Schloßfalle. Bei den Modellen dagegen muß das Schließblech diese Federwirkung übernehmen.

Zusammenfassung für den Schüler

Elektrische Türöffner benutzt man, um die Sperrung von Haus- und Gartentüren aus der Ferne aufzuheben. Die Kante des im Türrahmen eingebauten Schließblechs ist drehbar gelagert. Bei geschlossener Tür blockiert eine Sperrklinke diesen Teil des Schließbleches. Wenn Strom fließt, zieht ein Magnet die Sperrklinke an. Das Schließblech kann jetzt durch Druck gegen die Tür von der Schloßfalle weggedreht werden. Die Tür lässt sich öffnen. Nach Ausschalten des Magneten ist das Schließblech wieder blockiert. Klappt das Türblatt durch einen automatischen Türschließer wieder zu, wird die sich seitlich bewegliche Schloßfalle weggedrückt, um dann ins Schließblech einzurasten. Die Tür ist wieder verriegelt.

Ähnliche Vorrichtungen befinden sich z.B. an Türen mancher Waschmaschinen. Hier wird die Sperrklinke an der Tür während des gesamten Waschvorganges elektromagnetisch blockiert, so daß die Tür nicht geöffnet werden kann.

Rolff

15 Die Magnetschwebebahn

Sachinformation

Bei unseren heutigen Fernverkehrsmitteln klafft zwischen der Eisenbahn (Reisegeschwindigkeit der DB maximal 118 km/h) und dem modernen Verkehrsflugzeug (Reisegeschwindigkeit: über 900 km/h) eine beträchtliche Lücke. Deshalb gab die Bundesregierung bei der Hochleistungs-Schnellbahn-Studiengesellschaft (HSB)¹⁾ eine Studie in Auftrag (vgl. Lit. Nr. 2), um die technischen Möglichkeiten für ein ergänzendes, trassengeführtes Schnellbahnsystem zu untersuchen (mit Personen-, PKW-, LKW- und Containerbeförderung. Geschwindigkeit etwa 400–500 km/h, Entfernungsbereich 200–1200 km).

Für eine solche Schnellbahn ist das Spurkranzrad der Eisenbahn, das mit minimalem technischen Aufwand drei Hauptaufgaben (Lastabstützung, Spurführung und Kraftübertragung für den Vortrieb) löst, nicht geeignet, weil etwa 250 km/h für das Rad-Schiene-System die Grenzgeschwindigkeit sind. Deshalb werden die Fahrzeuge neuartiger, spurgebundener Schnellbahnsysteme nicht mehr auf Rädern rollen, sondern *schweben*. Dafür bieten sich besonders das Luftkissen- und „Magnettkissen“-Prinzip an. Wobei bisher von den berührungslosen Systemen (auch der Vortrieb ist berührungslos) die Luftkissenbahnen in ihrer technischen Entwicklung am weitesten fortgeschritten sind.

Die technisch-physikalischen Grundlagen sowie Vor- und Nachteile der *Luftkissenfahrzeuge* sind inzwischen bekannt, weil sie bereits in Frankreich (AEROTRAIN), in England (HOVERTRAIN) und in den USA gebaut und erprobt sind. Die erhebliche Geräuschbelästigung, der große Energiebedarf für die Hub- und Führungseinrichtungen und die Schwierigkeiten bei Tunnelfahrten haben dazu geführt, sich in der BRD der Magnetschwebebahn zuzuwenden und deren Entwicklung voranzutreiben.

1) Diese Studiengesellschaft ist eine Gründung der Firmen Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, Deutsche Bundesbahn und Strabag Bau AG.

Magnetische Trag- und Führungssysteme

Für den Bau von Magnetschwebebahnen bieten sich im wesentlichen drei Magnetsysteme an:

- das permanentmagnetische System (PMS),
- das elektromagnetische System (EMS) und
- das elektrodynamische System (EDS).

Von all den vielen technischen Schwierigkeiten bei der Verwirklichung der Magnetschwebetechnik soll vorerst nur auf die beiden Hauptaufgaben – *Tragen* und *Führen* – eingegangen werden; die dritte Hauptaufgabe – das Fahrzeug fortzubewegen – wird ausführlich in einem gesonderten Abschnitt dargestellt (vgl. S. 114 ff.).

Das permanentmagnetische System (PMS): Bei ihm sind Permanentmagnete entlang der gesamten Trasse und an der Unterseite des Fahrzeugs angebracht; der Schwebezustand wird *energiefrei* durch die *Abstoßung* gleichnamiger Magnetpole erreicht (Abb. 15.1 und 15.2). Dabei ist gewährleistet, daß die Tragkraft der Dauermagnete auch nach langerer Betriebsdauer nicht nachläßt. Für die Spurführung müssen Rollen oder *regelbare* Elektromagnete eingesetzt werden. Auf keinen Fall ist es bei diesem Schwebesystem möglich, auch die seitliche Führung mit Permanentmagneten²⁾ durchzuführen.

Das PMS wird in der BRD von der Firma Krupp auf seine Realisierbarkeit geprüft. In den USA ist es unter dem Namen MAGNARAIL-System bekannt; dabei wird die seitliche Führung durch Nylonrollen vorgenommen (Abb. 15.1).

Gegenüber anderen Schwebesystemen hat das PMS die Vorteile der Geräuschlosigkeit, des energiefreien Schwebens, der vollkommenen Sicherheit und der wartungsfreien Trasse.

Das elektromagnetische System (EMS): Während beim PMS die *abstoßende* Wirkung gleichnamiger Magnetpole ausgenutzt wird und das Fahrzeug auf einem Magnetfeld schwebt, wird beim EMS die *anziehende* Wirkung beliebiger Magnet-

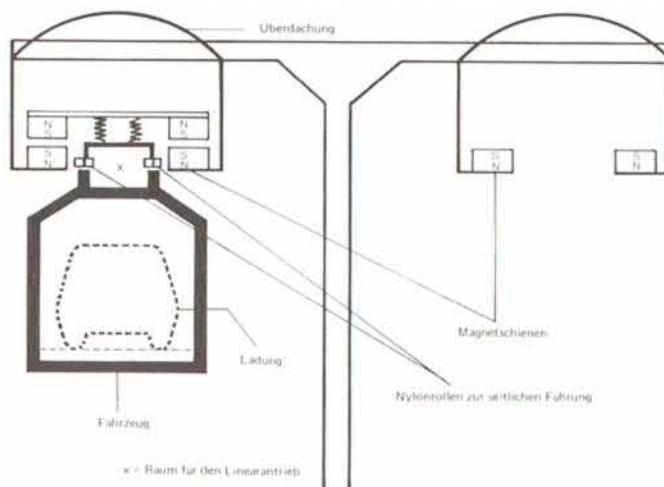


Abb. 15.1 Permanentmagnetisches Schwebesystem (MAGNA-RAIL)

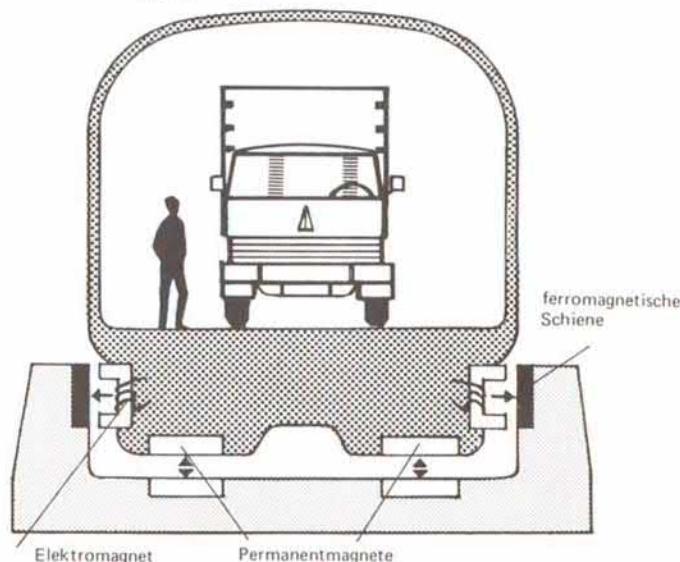


Abb. 15.2 Permanentmagnetisches Schwebesystem (PMS)

2) Das gilt ebenso für Gleichstrommagnete, die auf einen festen Stromwert eingestellt sein.

pole auf eine ferromagnetische Fahrbahnschiene (z. B. aus Baustahl) ausgenutzt (Abb. 15.3). Die unterhalb des Fahrzeugs und unterhalb der Eisenschiene angebrachten Elektromagnete heben das Fahrzeug beim Einschalten des Spulenstroms an. Dabei wachsen die magnetischen Anziehungskräfte mit der Annäherung der Spule an die Schiene. Damit sich das Fahrzeug nun nicht selbst bis zu den Eisenschienen anzieht, überwachen Sensoren (Abstandsfühler) den Abstand zwischen Fahrzeug und Schienen. Durch eine hochempfindliche Regelautomatik wird der Spulenstrom ständig so verändert, daß das Fahrzeug im Schwebezustand bleibt. Die Spurführung erfolgt auf dieselbe Weise durch ein zweites Regelsystem.

Ein derartiges berührungsfreies Trag- und Führungssystem unter Ausnutzung der magnetischen Anziehungskraft wurde bereits 1938 im Forschungslabor mit einem schwebenden Magnet von dem deutschen Ingenieur Kemper verwirklicht. Versuchsfahrzeuge nach diesem EMS-System sind von den deutschen Firmen Messerschmitt-Bölkow-Blohm und Krauss-Maffei (Abb. 15.4) entwickelt und 1971 der Öffentlichkeit vorgeführt worden.

Das elektrodynamische System (EDS): Dieses System arbeitet mit Elektromagneten nach dem Prinzip *elektromagnetischer Abstoßung*. Das setzt voraus, daß in den Tragschienen Magnetfelder aufgebaut werden. Nun wäre es allerdings viel zu kostenintensiv, die gesamte Trasse zu diesem Zweck mit Elektromagneten auszurüsten, um abstoßende Magnetfelder erzeugen zu können. Deshalb macht man sich das schon 1834 von H. F. Lenz entdeckte Phänomen der *Gegenfeldinduktion* zunutze: Die am Fahrzeug angebrachten Elektromagnete *induzieren* durch die *Fortbewegung* des Fahrzeugs in den metallenen Tragschienen (z. B. Aluminium) elektrische *Wirbelströme*, die ein für das Schweben erforderliches Magnetfeld (mit magnetischen Polen) haben. Diese Leiterschienen benötigen also keine Stromzufuhr. Da die elektro-dynamisch induzierten Wirbelströme erst bei Fahrzeuggeschwindigkeiten von etwa 40 km/h groß genug sind, um das Fahrzeug über die Schiene schweben zu lassen (etwa 10-15 cm Höhe), muß die Magnetschwebebahn beim

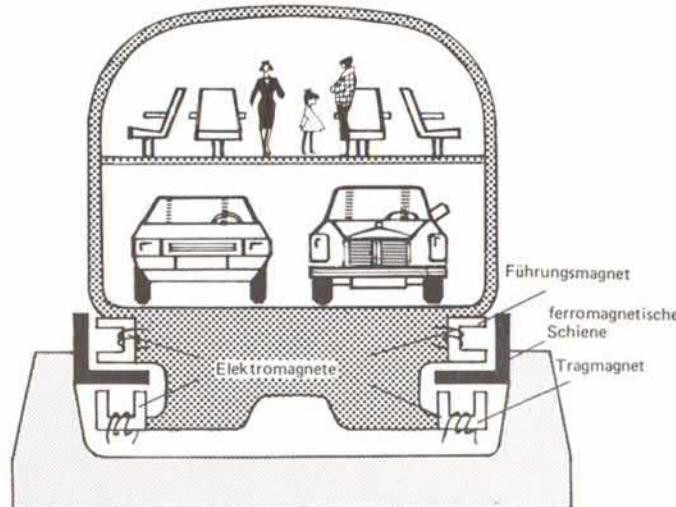


Abb. 15.3 Elektromagnetisches Schwebesystem (EMS) mit Innenumfassung der Schienen

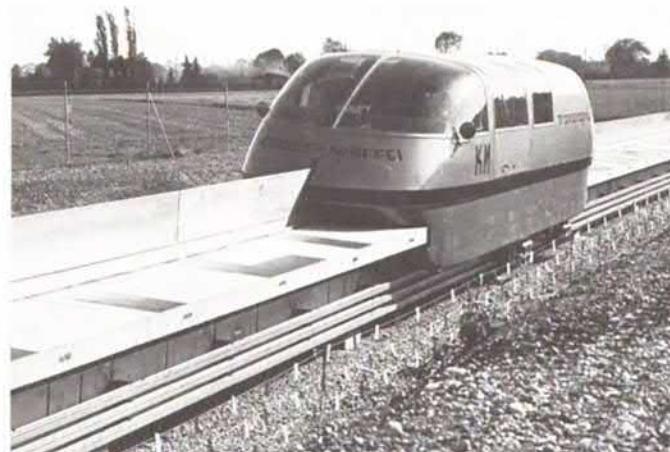


Abb. 15.4 Versuchsfahrzeug nach dem elektromagnetischen Schwebesystem mit Außenumfassung der Schienen 113

EDS zum Starten und Landen eine bestimmte Strecke – ähnlich wie ein Flugzeug – auf Gummirädern fahren.

Die im Fahrzeug befindlichen Elektromagnete benötigen für die Erzeugung der Magnetfelder eine erhebliche elektrische Energie, die bis auf einen minimalen Teil als nutzlose Wärme verlorengeht. Deshalb hat man beim EDS von Anfang an *supraleitende Spulen* mit eingeplant. Dabei wird das Phänomen ausgenutzt, daß bei Temperaturen um den absoluten Nullpunkt (-273°C) ein Strom in einem Leiter (z.B. einer Spule) nahezu unbegrenzt und ohne Verlust weiterfließt. Deshalb werden die Magnetspulen mit flüssigem Helium auf 4° K bis 10° K (= -269° C bis -263° C) gekühlt, was für die moderne Kältetechnik kein unüberwindliches Problem mehr ist. Es ist dadurch für die Erzeugung der Magnetfelder nur die Energie zur Erhaltung der Kühltemperatur erforderlich, denn der Strom von 300 000 A in den Fahrzeug-Supraleitern fließt *verlustlos*. Die Spurführung erfolgt beim EDS nach demselben Prinzip wie das Schweben.

An diesem System (EDS) arbeiten zur Zeit Siemens, AEG und BBC; da erfolgversprechende Modellversuche und Laborexperimente abgeschlossen sind, soll bereits Mitte 1973 das erste Versuchsfahrzeug auf einem Betonrondell (280 m Durchmesser) in Erlangen erprobt werden.

Zusammenfassung: Bei der Entscheidung, welches der drei Magnetschwebesysteme für eine Verwirklichung am besten geeignet ist, müssen außer den beiden näher erläuterten Hauptaufgaben (Tragen und Führen) natürlich noch andere Faktoren berücksichtigt werden, wie z. B. Ausfallsicherheit (Systemzuverlässigkeit), Möglichkeit der Weichenführung mit *mechanisch unbeweglichen Weichen*, Fahrbahninvestitionen, Energieverbrauch für Tragen und Führen. Auch sollte bei der Entscheidung für eines der beschriebenen Systeme eine für Europa einheitlich geplante technische Lösung angestrebt werden, nicht zuletzt deshalb, damit sich die europäische Wirtschaft im weltweiten Wettbewerb behaupten kann.

Das Problem des Stromabnehmers bei hohen Geschwindigkeiten haben die Techniker bisher noch nicht sicher in den Griff bekommen.

Da alle drei Magnetsysteme Vor- und Nachteile aufweisen, ist eine endgültige Entscheidung über ein bestimmtes Schnellbahnsystem in der BRD in diesem Entwicklungsstadium nicht möglich. Zur Zeit hat das elektromagnetische System (EMS) die meisten Aussichten auf Realisierung (vgl. Lit. Nr. 2).

Wenn sich die Firmen auch vorerst für unterschiedliche Magnetsysteme entschieden haben, so haben doch alle den selben *Vortrieb* gewählt, den *Linearmotor*. Jet-Antriebe (Gasturbinen) wie z. B. bei einigen Fahrzeugen des französischen AEROTRAIN kommen für Magnetschweebahnen aus Gründen der Umweltbelästigung (Lärm, Abgase) kaum in Betracht. Für berührungslos schwebende Fahrzeuge ist eine haftreibungslose Kraftübertragung zwischen Fahrbahn und Fahrzeug – wie der Linearmotor es ermöglicht – geradezu ideal.

Der Linearmotor

Der *lineare Induktionsmotor*, kurz Linearmotor genannt, hat herkömmlichen Motoren gegenüber eine Reihe von Vorteilen: Er liefert auf elektromagnetischem Wege eine unmittelbar *geradlinig* wirkende Antriebskraft, für die also kein mechanisch wirkendes Übertragungselement zwischen Antrieb und Abtrieb benötigt wird. Dieser große Vorteil wird besonders offenkundig im Vergleich mit anderen Antriebsmitteln, bei denen von einer *Drehbewegung* ausgegangen wird, die danach in eine *geradlinige* Bewegung umgewandelt werden muß. Durch Wegfall jeglicher drehender Teile ist der Linearmotor darüber hinaus praktisch wartungsfrei und damit äußerst wirtschaftlich. Probleme des Reibungsschlusses, wie bei angetriebenen Rädern, fallen bei dieser Antriebsart ebenfalls weg. Somit ist der Linearmotor geradezu ideal für den Antrieb von Schwebefahrzeugen, die keine mechanische Verbindung mit dem Boden haben; hinzu kommt noch der Vorteil, daß dieser Motor gleichzeitig durch Umkehrung der Stromrichtung die Funktion der sonst notwendigen, sehr aufwendigen und teuren *Bremsen* übernimmt.

Für den Linearmotor wurde bereits 1890 ein Patent angemeldet; doch erst 1967 haben französische Firmen (Merlin Gerin in Grenoble) einen praktisch brauchbaren Linearmotor konstruiert, der einen 2 t schweren Wagen mit 200 km/h fortbewegen konnte.

Den Linearmotor kann man als einen in der Ebene abgewinkelten Drehstrommotor betrachten (Abb. 15.6 und 15.7). Ein Drehstrommotor (Abb. 15.5) besteht aus einem Ständer, der für die drei Phasen des Drehstromes mit je einem Spulenpaar ausgerüstet ist ($U-U'$, $V-V'$, $W-W'$). Im Innern des Ständers dreht sich der Läufer.

In dem auf Abbildung 15.5 angenommenen Momentzustand erzeugt die Phase U gerade das stärkste Magnetfeld (Pfeilspitzen weisen zum Südpol), das von Spule U (Nordpol) auf Spule U' gerichtet ist. Die Phase V hat ein Restfeld, das in Richtung Spule V verläuft und weiter abnimmt; die Phase W erzeugt ein Anfangsfeld in Richtung Spule W, das sich noch weiter verstärken wird. Unmittelbar danach wird das stärkste Feld dann zur Spule W weisen usw. Die drei Wechselströme, die in der Phase um 120° jeweils gegeneinander verschoben sind, erzeugen also in den Spulen ein im Kreis wanderndes und dadurch sich *drehendes Magnetfeld* (daher der Name Drehstrom).

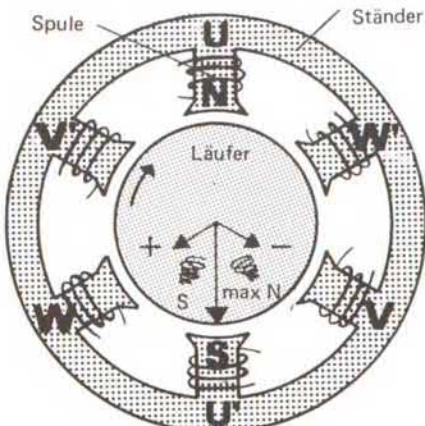


Abb. 15.5 Schema eines Drehstrommotors

Beim Rotieren des magnetischen Feldes werden im Läufer elektrische Wirbelströme (Abb. 15.5; vgl. a. S. 113) induziert, die ihrerseits ein Magnetfeld mit magnetischen Polen besitzen. Im Bereich zunehmender Felder entsteht im Läufer (links von Spule U') auf der dem Ständer zugewandten Seite ein *gleichnamiger* Pol (Südpol), der den Läufer von der Spule mit der größten magnetischen Feldstärke (Spule U') abstößt. Im Bereich des *abnehmenden* Feldes (rechts der Spule U') wird dagegen im Läufer ein Magnetfeld so induziert, daß gegenüber den Ständerspulen ein *ungleichnamiger Pol* (Nordpol) entsteht, der den Läufer zur Spule mit der größten Feldstärke (Spule U') hinzieht. Dadurch wird der Läufer in Drehung versetzt.

Normalerweise steht bei Elektromotoren der Ständer fest, und der Läufer dreht sich; doch auch die umgekehrte Funktionsweise ist möglich: Würde man den Läufer an seiner Welle festhalten, dann würde sich nach dem Prinzip „Kraft gleich Gegenkraft“ der Ständer in entgegengesetzter Richtung um den Läufer drehen. Wenn man sich nun vorstellt, daß der Ständer dieses Motors aufgeschnitten und geradegebogen werde (Abb. 15.6), dann erhielte man einen *geraden Motor*, einen *Linearmotor*. Der feststehende Läufer wird zur Schiene (z. B. Aluminiumplatte, vgl. Abb. 15.4), die nach beiden Seiten beliebig weit verlängert werden kann.

Um das von der Spule U ausgehende magnetische Feld nach Durchdringung der Läuferschiene zur zugehörigen Spule U' weiterleiten zu können, befindet sich parallel zur Schiene ein eiserner Block (Abb. 15.7). Die Spulenreihe mit samt diesem eisernen Block ist beweglich (z. B. auf Rädern oder schwebend). Fließt nun durch die Spulen – entsprechend Abb. 15.5 – ein Drehstrom, wandert die *maximale* magnetische Feldstärke von links nach rechts, um nach Erreichen der letzten Spule (V) erneut bei der linken Spule (U') zu beginnen. Es entsteht ein Magnetfeld, das nicht umläuft (wie beim Drehstrommotor), sondern linear weiterwandert. Man spricht deshalb von einem *magnetischen Wanderfeld*.

Beim Linearmotor (Abb. 15.7) entsteht auf entsprechende Weise wie beim Drehstrommotor (Abb. 15.5) eine Bewegung: Zu beiden Seiten der größten Feldstärke (z. B. 115

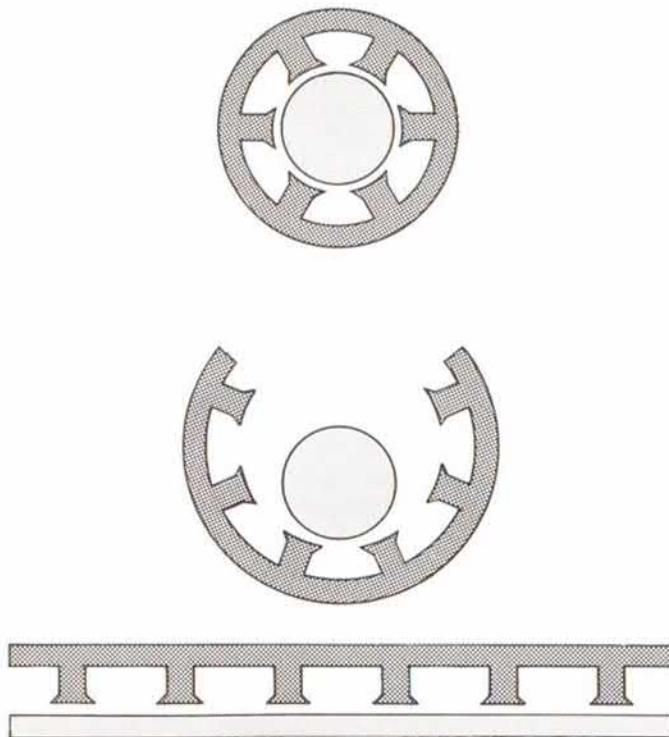


Abb. 15.6 Abbwicklung eines Drehstrommotors zu einem Linearmotor

Spule U) entstehen in der Läuferschiene Wirbelströme. Im Bereich **zunehmender** Feldstärke (vor der Spule W') entsteht in der feststehenden Schiene ein **gleichnamiger** Magnetpol wie bei Spule U (Nordpol), so daß eine abstoßende Kraft entsteht, die das Fahrzeug nach links bewegt. Vor der Spule V' im Bereich **abnehmender** Feldstärke, wird ebenfalls ein Wirbelstrom induziert; dabei entsteht in der Schiene gegenüber der Spulenreihe ein entgegengesetzter Pol (Südpol), an den das Fahrzeug herangezogen wird. Da die Läuferschiene feststeht, wird die Spulenreihe (und damit das Fahrzeug) auf 116 Grund der erwähnten abstoßenden und anziehenden Kräfte

an der Schiene entlanggezogen. Dabei bewegt sich das Fahrzeug entgegengesetzt zur Richtung, in der das magnetische Wanderfeld die Spulenreihe durchläuft.

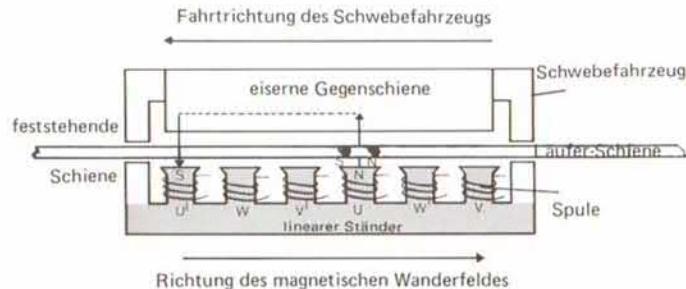


Abb. 15.7 Schema eines Linearmotors

Literatur

1. Hedrich, Stefan: Schnellbahnen der achtziger Jahre, in: *Bild der Wissenschaft* 1971, H. 6, S. 564–573
2. Hochleistungs-Schnellbahn-Studiengesellschaft: *Studien der Hochleistungs-Schnellbahn*, München 1972, 4 Bände, 1200 DM
3. Jayawant, B. V.: Magnetische und elektrostatische Schwebetechniken, in: *Elektrotechnik*, 54. Jg., April 1972, H. 8, S. 22–28
4. Lichtenberg, Alfred: „Magnetisches Schweben“ im spurgebundenen Landverkehr, in: *Siemens-Zeitschrift*, 45. Jg. 1971, Beiheft „Bahntechnik“, S. 181–184
5. Ruth, W.: Der lineare Induktionsmotor, in: *we - wir experimentieren* (Jugendzeitschrift für Natur und Technik), 11. Jg. 1971, H. 1, S. 32–35
6. Transport Management, Dez. 1971/Jan. 1972 (Gross-Talmon-Verlag, München); dieses Zeitschriften-Heft enthält viele Aufsätze über Schnelltransportsysteme

Didaktische Gesichtspunkte

Das Thema „Magnetschwebebahn“ bietet Gelegenheit, die Schüler auf ihre Weise an einer technischen Entwicklung teilnehmen zu lassen, die öffentliches Interesse findet und in den kommenden Jahrzehnten unser Verkehrswesen vermutlich stark beeinflussen wird.

Von den drei in der Sachinformation beschriebenen Magnetschwebesystemen ist nur das Permanentmagnetsystem (PMS) so einfach, daß sich ein entsprechendes Modell mit verhältnismäßig geringem Aufwand bauen und sowohl technisch als auch physikalisch einsichtig machen läßt.

Im wesentlichen sind drei Konstruktionsprobleme zu lösen: das Fahrzeug *schwebend* zu halten, die *Reibung* zu vermindern und für einen *Antrieb* zu sorgen.

Das Fahrzeug mit Permanentmagneten in einen Schwebezustand zu bringen, ist nicht schwierig, zumal Grundkenntnisse über den Magnetismus bei den meisten Schülern vorhanden sein werden. Es ist für Kinder – und auch für Erwachsene – ein faszinierendes Erlebnis, wenn sie erfahren, wie die Magnetkraft andere Stoffe durchdringt und ein Fahrzeug in einem dauernden Schwebezustand hält.

Das Kernproblem für die Vorwärtsbewegung des Modells besteht darin, eine möglichst *reibungssarme seitliche Führung* für das Fahrzeug zu konstruieren; mit dieser Aufgabe wird also in erster Linie das *technisch-konstruktive Denken* der Schüler beansprucht: Es dreht sich darum, Möglichkeiten zu finden, seitlich am Fahrzeug Führungsräder zu befestigen und dafür eine möglichst gewichtsarme Konstruktion herzustellen. Eine gute Kenntnis der Bauelemente und ihrer Verbindungsmöglichkeiten ist daher Voraussetzung für das Gelingen.

Der Linearmotor-Antrieb kann mit den Mitteln des Unterrichts nicht simuliert werden. Ein geeigneter Ersatz sind *Luftschrauben*; diese Vortriebsart ist auch technisch durchaus angemessen: Luftkissenfahrzeuge werden beispielsweise nach diesem Prinzip angetrieben, aber auch Schienfahrzeuge.

Lernziele

Die Schüler sollen

- durch die Konstruktion eines Modells die wichtigsten technischen Konstruktionsprobleme einer Magnetschwebebahn erkennen.
- die abstoßende Wirkung gleichnamiger Magnetpole technisch ausnutzen können, um ein kleines Fahrzeug zum Schweben zu bringen.
- imstande sein, ihr Modellfahrzeug durch eine seitliche Führungseinrichtung im Schwebezustand zu halten.
- bei der Konstruktion der seitlichen Führung erfahren, daß die Rollreibung geringer ist als die Gleitreibung.

Aufgabenstellung

Ehe die eigentliche Aufgabe gestellt wird, sollte jeder Schüler mindestens zwei Magnete (Beschaffung S. 118) zum Ausprobieren ihrer Eigenschaften bekommen. Je nach Vorwissen werden 15 bis 45 Minuten benötigt werden, die wichtigsten Eigenschaften der Magnete zu beschreiben oder zu wiederholen.

Als Ausgangspunkt für ein Gespräch über die Anwendung der magnetischen Abstoßung, und damit als Hinführung zum Thema „Magnetschwebebahn“, eignet sich der in vielen Lehrmittelsammlungen vorhandene *schwebende Ringmagnet*. Ersatzweise lassen sich auch rechteckige Magnetplatten mit einer Führung aus Baukastenteilen (Abb. 15.8) zum Schweben bringen.

Für den eigentlichen Arbeitsauftrag werden den Schülern weitere Permanentmagnete und eine vom Lehrer vorbereitete Magnetschiene zur Verfügung gestellt. Sie werden darauf hingewiesen, daß aus Konstruktionsgründen (zu hohes Gewicht, schwieriges Befestigen der Magnete) *keine Grundplatte* verwendet werden soll, und es wird ihnen gezeigt, wie die Permanentmagnete mit Klebeband an den Bauelementen befestigt werden können; die Aufgabe lautet dann: *Baue ein Schwebefahrzeug, das kippsticher und frei über der Magnetschiene schwebt.*

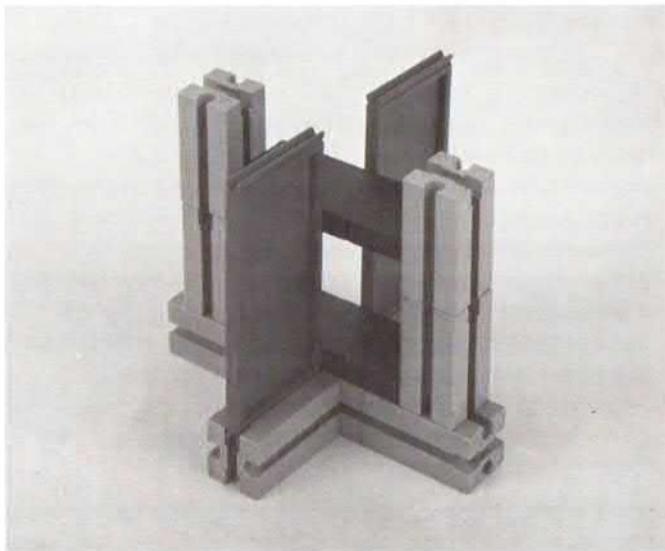


Abb. 15.8 Schwebender Magnet

3) Bei unseren Unterrichtsversuchen haben sich *Oxidmagnete* bewährt, die im wesentlichen durch Sintern von Bariumoxid- und Eisenoxidpulver gewonnen werden. Nach Herstellungsart und mechanischen Eigenschaften handelt es sich um *keramisches Material*, das außerordentlich hart und spröde ist, beim Fallen deshalb leicht zerspringt und das Bohren von Löchern nicht zuläßt; Bearbeitung ist nur durch Schleifen möglich.

Für den Unterricht sind *rechteckige Magnetplatten* erforderlich; sie sind anders als die ähnlichen Stabmagnete magnetisiert: Von den beiden einander gegenüberliegenden großen Flächen der Magnetplatten ist die eine nord-, die andere südmagnetisch.

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die Firma Valvo, 2 Hamburg 1, Burchardstraße 19: Für die Magnetschiene haben wir *schwächere Magnete* (FxD 100) verwendet (28 x 13 x 3,5 mm, Best.-Nr. 4312 020 66751; etwa 75,-DM für 100 Stück). Für die Fahrzeuge sind *stärkere* (vorzugsgerichtete) Magnete (FxD 330) zweckmäßig (z.B. 50 x 19 x 4,9 mm; Best.-Nr. 4322 020 62232; etwa 1,50 DM pro Stück).

Wenn die Schule einige u-t 3 Kästen (Schalten und Steuern) besitzt, kann aus jedem Kasten einer der beiden Magnete als Fahrzeugmagnet eingesetzt werden. Von diesen Magneten sind für ein Fahrzeug allerdings 4 bis 6 Stück erforderlich, weil sie schwächer sind als die

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, Magnetplatten (Oxidmagnete, evtl. aus dem u-t 3), kunststoffbeschichtete Spanplatte, Holzleisten, Kontakt- oder Alleskleber, Luftschrauben, Elektromotor (z. B. mini-mot = Kleinstmotor), Batterie oder Transformator, 2 Kabel; wenn möglich: Räder aus dem Vorschulkasten

Für die Durchführung dieses spannenden Themas (2 Doppelstunden) ist die Anschaffung von etwa 100 Dauermagneten³) und die Herstellung einer Magnetschiene durch den Lehrer erforderlich. Doch sind Kosten und Mühe lohnend, weil sich die magnetischen Werte der modernen Keramik-Magnete kaum noch ändern; die Magnete werden auch in 50 Jahren ein nahezu ebenso starkes Magnetfeld besitzen wie jetzt. Außerdem können sie zugleich im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden.

Als Träger⁴⁾ der Magnetschiene dient ein mindestens 1,50 m langer, hochkant gestellter „Balken“, auf dessen schmaler

FxD 330-Magnete. Angenehm für das Konstruieren ist die aufgeklebte Kunststoffleiste, mit der die Magnete in die Rillen der anderen Bauelemente hineingeschoben werden können‘ (vgl. Abb. 15.15).

4) Für den Träger der Magnetschiene empfiehlt sich die Verwendung kunststoffbeschichteter Spanplatten, um die Reibung zwischen Fahrzeug und Träger möglichst klein zu halten: Zwei 7 bis 8 cm breite Streifen derartiger Spanplatten wurden an beide Seiten eines ebenso breiten Brettes angeklebt (Kontaktkleber), so daß ein „Balken“ (=Träger der Magnetschiene) von 50 mm Breite und 70 bis 80 mm Höhe entstand.

Die exakte Breite von 50 mm ist für die meisten Fahrzeuge belanglos, da die seitliche Führung *stufenlos variiert* werden kann. Allein für eine Konstruktion von der Art der Abbildung 15.14 ist diese Breite wichtig. Das obige Maß sollte im Interesse einer zusätzlichen einfachen Konstruktionsvariante eingehalten werden, wenn die Herstellung dadurch nicht unangemessen erschwert wird.

Eine Mindestbreite des Träger von 50 mm hat den Vorteil, daß bei Verwendung von Stahlachsen für die seitliche Führung der Abstand zur aufgeklebten Magnetschiene so groß ist, daß dabei keine Anziehung erfolgt und damit kein Bremseffekt auftreten kann.

Die relativ große Höhe des Trägers (70–80 mm) ist deshalb nötig, um

Oberseite Magnetplatten aneinander gereiht sind. Die Befestigung erfolgt mit Klebstoff.

Um die Herstellungskosten der Magnetschiene niedrig zu halten, empfehlen wir, im Gegensatz zur technischen Wirklichkeit anstatt zwei Magnetschienen nur eine einzige auf dem Träger anzubringen. Außerdem reichen für die Magnetschiene schwächere (und damit billigere) Magnete aus, während als Tragelemente am Fahrzeug besonders starke (vorzugsgerichtete) Magnete am besten geeignet sind. Das hat zudem noch den Vorteil⁵⁾, daß nur wenige Fahrzeugmagnete (im allgemeinen nur zwei) erforderlich sind und somit das Fahrzeuggewicht niedrig gehalten werden kann. *Da die Magnetkraft durch andere Materialien (ausgenommen Eisen, Nickel, Kobalt) in keinerlei Weise beeinträchtigt wird*, können die Magnete bequem mit Klebeband am Fahrzeug befestigt werden (Abb. 15.13).

Bei der Lösung des Problems, das Fahrzeug zum Schweben zu bringen, werden nur selten Magnete falsch montiert. Bei

eine sichere Führung zu ermöglichen; vor allem wird dadurch verhindert, daß die seitliche Führung den Tisch berührt, auf dem der Träger aufliegt.

Um das Aufkleben der Magnetplatten auf den Träger zu erleichtern, wird rechts und links auf der Trägeroberseite eine Holzleiste so aufgeleimt, daß dazwischen eine U-förmige Lagerungsrille für die Magnetplatten entsteht. Da bei allen Magneten *derselbe Pol nach oben weisen muß*, stoßen sich die Platten beim Aneinanderlegen ab; deshalb empfiehlt es sich, jeden frisch aufgeklebten Magnet bis zum Abbinden des Klebers mit Klebeband zu befestigen (Kleber: z.B. UHU-hart, Technicoll decokleber). Die beiden Holzleisten sollten der Dicke der Magnetplatten entsprechen, damit man eine ebene Oberfläche erhält. An jedes Ende des Trägers sollte ein kleines Sperrholzbrett als Prellbock angeschraubt werden, damit die Fahrzeuge nicht herunterfallen können (vgl. Abb. 15.9).

5) Nach Berechnungen der Firma Fried. Krupp, die das Permanentmagnetsystem (PMS) erprobt, beanspruchen die Keramikmagnete 17,6 % des Gesamtfahrzeuggewichtes (Preis bei Massenfertigung: 3 DM/kg). Bei Verwendung der stärkeren metallischen Magnetwerkstoffe auf der Basis Seltene Erden und Eisen sinkt der Anteil am Fahrzeuggewicht auf 5,3 % (Preis bei Massenfertigung: 500 bis 100 DM/kg).

Verwendung der im u-t 3 (bzw. hobby 3) enthaltenen Magnete schließt die Kennzeichnung durch Farben eine Verwechslung aus; nur bei nicht gekennzeichneten Magnetplatten kommt es vor, daß die Magnete mit der falschen Polseite am Fahrzeug montiert (Klebeband) werden. Hier haben es die Schüler versäumt, die Magnetpole der kleinen Platte mit denen der Magnetschiene zu vergleichen.

In allen Versuchsklassen haben die Schüler ohne Ausnahme erst einmal eine *seitliche Führung ohne Räder* konstruiert (Abb. 15.9, 15.10 und 15.11). Den wenigen, die die Notwendigkeit einer Führung nicht erkannt hatten, wurde späte-



Abb. 15.9 Magnetschiene mit Schwebefahrzeugen

stens beim ersten Schwebeversuch bewußt, daß sich ohne seitliche Führung kein Schwebezustand erreichen läßt. Der Träger mit der Magnetschiene war während der ersten Bauphase an einem Ende etwas erhöht gelagert, so daß eine *schiefe Ebene* entstand. Auf diese Weise konnten die Schwebefahrzeuge ohne eigenen Antrieb in Bewegung gebracht und auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Wo die seitliche Führung auf *Gleitreibung* beruhte, war die Reibung in nahezu allen Fällen so groß, daß sich die Fahrzeuge nicht von selbst bewegten. In Gesprächen wurde dann herausgestellt, daß sich die Reibung durch Räder oder Rollen vermindern läßt.

Als Konstruktionselemente der seitlichen Führung eignen sich gut die vier Seilrollen des u-t 1. Noch leichtgängiger und einfacher montierbar als diese Seilrollen sind die in den *Vorschulkästen* enthaltenen Räder (Abb. 15.12 und 15.13 und Titelbild).

Der Abstand der Führungsrollen vom Träger ist leicht einzustellen, weil durch Hin- und Herschieben der Führungsteile



120 Abb. 15.10 Bernd E. und Bernd R., Kl. 5

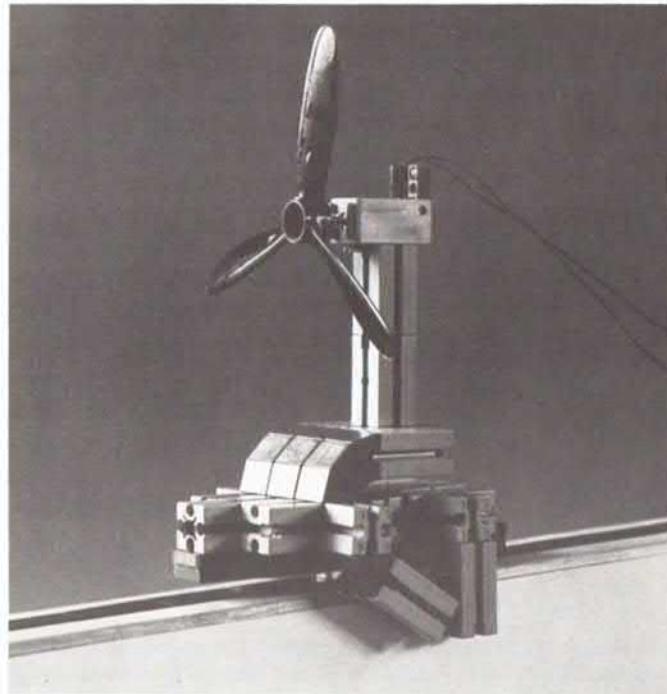


Abb. 15.11 Peter D. und Mike H., Kl. 5

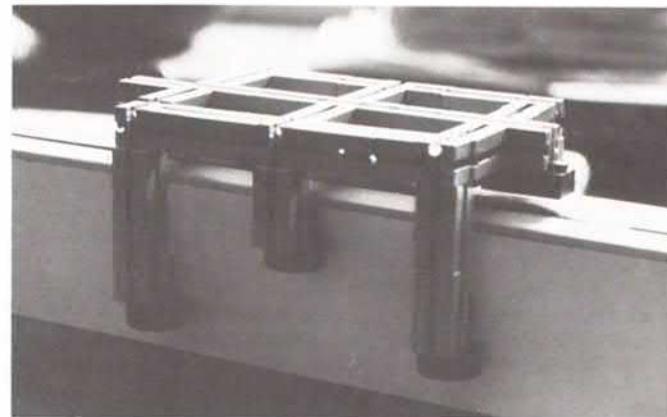


Abb. 15.12 Ursula H. und Brigitte P., Kl. 5

in den Baustein-Rillen alle Korrekturen leicht, bequem und vor allem stufenlos durchführbar sind. Auf die Abstandsregulierung kann nur bei bestimmter Breite des Trägers (vgl. Fußnote auf S. 118) verzichtet werden; die Abbildung 15.14 zeigt eine solche Konstruktion.

Für das Anbringen der Führungsrollen gibt es unterschiedliche Möglichkeiten (vgl. Abb. 15.12 bis 15.15 und Titelbild); jede stellt erhebliche Anforderungen an das *technisch konstruktive Denken*. Bei Abbildung 15.15 haben wir aus Platzgründen die Konstruktionsvarianten zweier Schülergruppen zu einem einzigen Modell vereinigt.

Damit das Fahrzeug in der Bewegung eine stabile Lage beibehält, muß die Führung den Träger tief genug umfassen. Eine zu niedrige Führung (Abb. 15.11) führt zum Kippen des Fahrzeugs. Zwei Seilrollen an jeder Fahrzeugseite reichen deshalb für eine sichere Konstruktion nicht aus; es müssen mindestens drei Führungsrollen (Abb. 15.12 bis 15.15) eingesetzt werden, die in unterschiedlicher Höhe anzubringen sind. Bei Verwendung langer Achsen müssen die Achsen in mehreren Bausteinen gelagert werden, um eine senkrechte Stellung zu gewährleisten. Bei Abbildung 15.14 wird das durch einen kleinen Aufbau vorn und hinten am Fahrzeug erreicht. Fehlt eine derartige doppelte Achsenführung, so verkanten sich die Achsen leicht, und von zwei Führungsrollen tritt jeweils nur eine in Aktion.

Das Zur-Seite-Kippen des Fahrzeugs, das ein reibungsarmes Fahren beeinträchtigt, ist in erster Linie bedingt durch die *Schwerpunktlage*. Fahrzeuge mit einem schweren Unterbau (Abb. 15.12 und 15.15), also einem tiefliegenden Schwerpunkt, schweben deshalb technisch am einwandfreisten. Der Propellerantrieb verlangt eine ziemlich hohe Anbringung des relativ schweren Elektromotors; das bringt eine Verlagerung des Schwerpunktes nach oben und damit eine erhöhte Neigung zum Verkanten mit sich. Dieser Nachteil ließe sich bei Verwendung zweier Magnetschienen – aus Kostengründen haben wir davon Abstand genommen – oder durch Verlagerung des gesamten Antriebs unterhalb des Trägers (Abb. 15.1) beseitigen; diese letztere Möglichkeit haben wir nicht erprobt.

Als Antrieb für die Schwebefahrzeuge der Schüler haben sich Luftschauben bewährt. Hier bietet sich eine vorzügliche Verknüpfung mit dem Thema „Der Ventilator“ (Beispiel 11) an. Ein oder zwei Flügelräder sollten selbst hergestellt und für den Antrieb ausprobiert werden (Befestigung des Flügelrades auf der Motorwelle: dünne Messingrohre einsetzen, Gewindeschrauben mit Muttern, Metallkleber, Löten).

Für die Leistung des Propellers sind seine Umdrehungszahl, Zahl, Länge und Form der Propellerflügel und der Grad der Flügelverwindung maßgebend. Einen guten Vortrieb z. B. erbringt ein dreiflügeliger Propeller (Graupner, 20 x 15 cm =

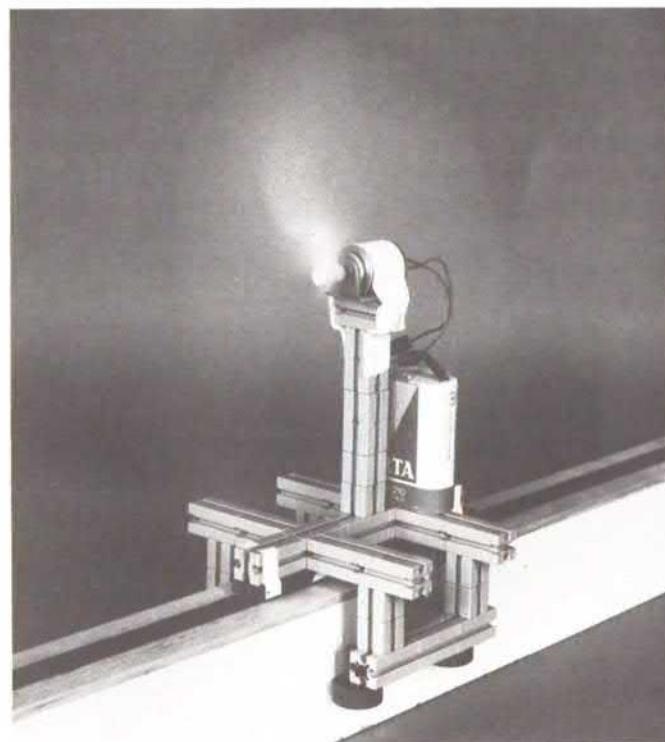
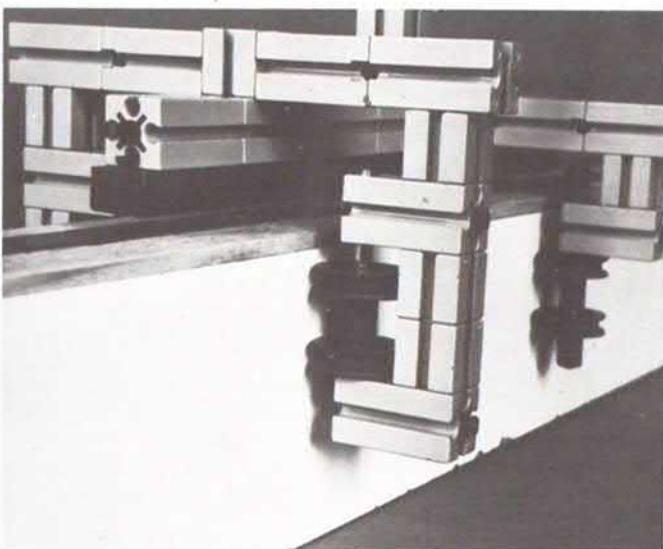


Abb. 15.13 Thomas H. und Joachim N., Kl. 5



Abb. 15.14 Birgit R. und Manuela S., Kl. 5



122 Abb. 15.15 Zwei Konstruktionsvarianten aus dem 6. Schuljahr

8 x 6", Abb. 15.11), angetrieben vom mini-mot (Fischer-Werke); die Leistung der von den Fischer-Werken gelieferten Luftschauben ist dagegen relativ schwach (Abb. 15.9, 15.10 links, 15.14 und Titelbild). Gute Erfahrungen haben wir auch mit einem extrem großen Propeller (22 cm Durchmesser) gemacht (Abb. 15.10 rechts und 15.13), der von einem japanischen MABUCHI Motor (10 100 Umdrehungen pro Minute) angetrieben wurde.

Die Antriebsleistung läßt sich steigern, indem zwei oder mehr Propeller eingesetzt werden (Abb. 15.10 links, 15.14 und Titelbild). Bei dem Modell der Abbildung 15.14 „zieht“ der eine Propeller, während der andere das Fahrzeug „schiebt“ (Motoren richtig polen! Bei Abbildung 15.14 müssen die Propeller im selben Drehsinn rotieren).

Für die Stromzufuhr eignen sich regelbare Transformatoren oder Batteriestäbe. Der von den Fischer-Werken gelieferte Batteriestab hat den großen Vorteil, daß der Strom durch eine einfache Schalterbewegung umgepolt werden kann. Bei Verwendung kräftiger Magnete trägt das Fahrzeug sogar eine Batterie (Abb. 15.13).

Wenn an den Enden der Magnetschiene ein *Polwenderschalter* (u-t 3) angebracht wird, den das Fahrzeug betätigt, fährt die Magnetschwebebahnen selbsttätig vorwärts und zurück.

Realbezug

Von den drei in der Sachinformation erläuterten Schnellbahnsystemen gibt es erst vom EMS und EDS Versuchsfahrzeuge; das Permanentmagnetsystem der Firma Krupp ist bis jetzt erst im Modell erprobt worden. Die zur Verfügung stehenden Abbildungen von Magnetschwebebahnen sind für unterrichtliche Zwecke wenig ergiebig. Das markanteste Detail auf der Abbildung 15.4 ist die senkrecht in der Mitte der „Fahrbahn“ stehende Aluminiumschiene, an der der Vortrieb mit dem Linearmotor erfolgt. Das abgebildete Versuchsfahrzeug der Firma Krauss-Maffei arbeitet nach dem

elektromagnetischen Prinzip; es schwebt in etwa 15 mm Höhe über die Trasse.

Beim Gespräch über moderne Schnellbahnen bietet es sich an, auf die *Alwegbahn* (nach Axel Lenhart Wenner-Gren) einzugehen; das ist gerade deshalb interessant, weil bei dieser Einschienenhochbahn die seitliche Führung so gelöst worden ist wie bei den Schülermodellen: luftbereifte Führungsräder (Abb. 15.16) übernehmen die seitliche Führung und Stabilisierung der Fahrzeuge.

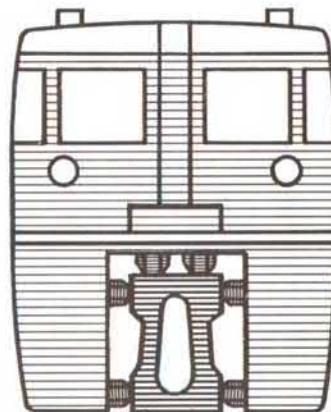
Zusammenfassung für den Schüler

Für die Zukunft benötigen wir ein schnelles Fernverkehrsmittel für den Güter- und Personentransport. Man denkt dabei an eine Schnellbahn, die 400–500 km/h fährt; sie würde damit die Lücke zwischen Flugzeug (etwa 900 km/h) und Eisenbahn (etwa 120 km/h) ausfüllen. Da bei den geplanten

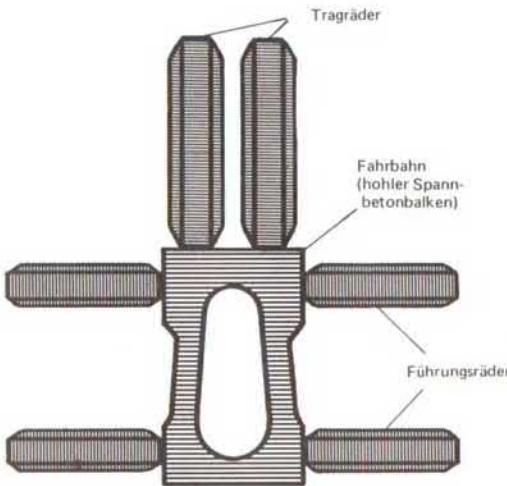
Geschwindigkeiten das Rad-Schiene-System ungeeignet ist, sollen die Schnellbahnen *schweben*. In England und Frankreich gibt es bereits Fahrzeuge, die auf *Luftkissen* fahren (z. B. AEROTRAIN, HOVERCRAFT-Fähre). In Deutschland verspricht man sich von den *Magnetschweebbahnen* mehr; bisher sind drei verschiedene Versuchsfahrzeuge entwickelt worden. Allen gemeinsam ist, daß die tonnenschweren Fahrzeuge allein durch magnetische Kräfte im Schwebezustand gehalten werden: Die Fahrzeuge schweben auf diese Weise *reibungsfrei* über die Trasse (Bahnkörper).

Angetrieben werden die Magnetschweebbahnen durch einen *Linearmotor*, der zwar in der Praxis bereits vereinzelt erprobt wird, dessen Entwicklung aber noch längst nicht ausgereift ist. Bei diesem Motor handelt es sich um eine Antriebsmöglichkeit ohne ein einziges bewegliches Teil; denn auch hier werden magnetische Kräfte ausgenutzt.

Vollmers



Vorderansicht des Alwegzuges



Anordnung der Trag- und der Führungsräder

16 Die Blinkleuchte

Sachinformation

Blinkleuchten bzw. Warnleuchten haben die Aufgabe, durch ihr Blinken Verkehrsteilnehmer auf Gefahrenpunkte aufmerksam zu machen und sie davor zu warnen.

Bei den im Handel befindlichen Blinkleuchten gibt es verschiedene Verfahren, den Blinkvorgang hervorzurufen:

1. Reflektor und Birne bzw. nur der Reflektor sind auf einer Scheibe gelagert, die durch einen Elektromotor gedreht wird (s. Abb. 16.12).
2. Innerhalb des Stromkreises befindet sich eine drehbare Kontaktscheibe. Nichtleitende Stellen auf der Scheibe unterbrechen zeitweise den Stromfluß und bewirken damit den Blinkvorgang.
3. Bei einigen Lampen wird der Blinkvorgang elektrothermisch gesteuert. Ein Bimetall öffnet und schließt die Kontakte. Ein solches Bimetall besteht aus zwei zusammengeschweißten Metallstreifen. Die beiden Metalle – meist Eisen und Nickel – besitzen eine unterschiedliche Wärmeausdehnung. Bei Erwärmung krümmt sich das Bimetall nach der Seite des Metalls mit dem kleineren Ausdehnungskoeffizienten (s. Abb. 16.1).

In der Lampe sind die Kontakte im Ruhezustand geschlossen. Wird die Lampe eingeschaltet, fließt der Strom unmittelbar durch den Bimetallstreifen zur Birne. Das stromdurchflossene Bimetall erwärmt sich und schlägt aus. Der Kontakt ist unterbrochen, und die Birne erlischt. Jetzt kühlt der Bimetallstreifen ab und geht in seine Ausgangslage zurück. Der Stromkreis ist wieder geschlossen.

4. Einige Blinkleuchten sind mit einer Birne ausgestattet, in der sich ein Bimetallstreifen befindet, der bei einer bestimmten Erwärmung den Kontakt so lange unterbricht, bis er wieder abgekühlt ist. Bei diesen Lampen muß daher nach dem Einschalten die Bimetallbirne erst einige Zeit brennen, bevor der Blinkvorgang einsetzt.

Andere Blinkgeber und elektrothermisch gesteuerte Geräte arbeiten mit einem Konstantan draht. Hier wird die Wärme-längung dieses Drahtes beim Einschalten des Stromes dazu benutzt, die Blinkkontakte zu steuern.

Didaktische Gesichtspunkte

Diese Aufgabe will die Schüler weiter in elektrotechnische Probleme, vor allem in den Bereich mechanisch und thermisch gesteuerter Schalter einführen. Die Aufgabenstellung nennt den Schülern den Zweck der zu konstruierenden Anlage, nämlich die Blinkleuchte, das technische Problem liegt aber in der Erfindung eines Schalters, der den Stromkreis in regelmäßigen Abständen unterbricht und damit das Blinken bewirkt.

Als Grundlage für diese Aufgabe sollten die Schüler Kenntnisse über den einfachen Stromkreis besitzen. Als Einstieg in das Thema baut jeder Schüler noch einmal einen Stromkreis mit einer Glühbirne als Verbraucher.

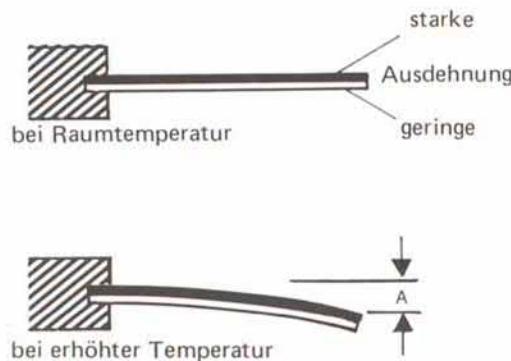


Abb. 16.1 Thermobimetall

Von daher läßt sich leicht auf die Problemstellung hinleiten. Im Gespräch werden denkbare Möglichkeiten zur Erreichung der Blinkwirkung zusammengetragen. – Bei unseren Unterrichtsversuchen hatten die Schüler folgende Ideen: eine Nocke betätigt einen Druckschalter, nichtleitende Abschnitte auf einer sich drehenden Kontaktplatte unterbrechen zeitweilig den Stromkreis, die Birne wird von einem umlaufenden Schirm zeitweise abgedeckt. Einige Schüler berichteten über Beobachtungen an Bimetallbirnen, ohne aber eine genaue Kenntnis der Funktion zu haben.

Solche Beobachtungen können zum Anlaß genommen werden, den Bimetallstreifen des u-t 3 den Schülern zu zeigen und seine Wirkungsweise zu erklären. Damit ist ihnen auch eine nichtmechanische Lösungsmöglichkeit des Problems gegeben.

Lernziele

Festigen der Kenntnisse zum einfachen Stromkreis.
Konstruieren einer mechanisch oder thermisch arbeitenden Blinkanlage.
Bauen eines Bimetallschalters aus Werkstattmaterialien und Erkennen seiner Wirkungsweise.
Erklären-können der Funktionsweise verschiedener Blinkleuchten.
Nennen von Anwendungsbeispielen für Bimetallschalter aus der Umwelt.

Aufgabenstellung

Baue eine Blinkanlage. Die Birne soll in regelmäßigen Abständen aufleuchten, ohne daß der Schalter der Anlage mit der Hand betätigt wird.

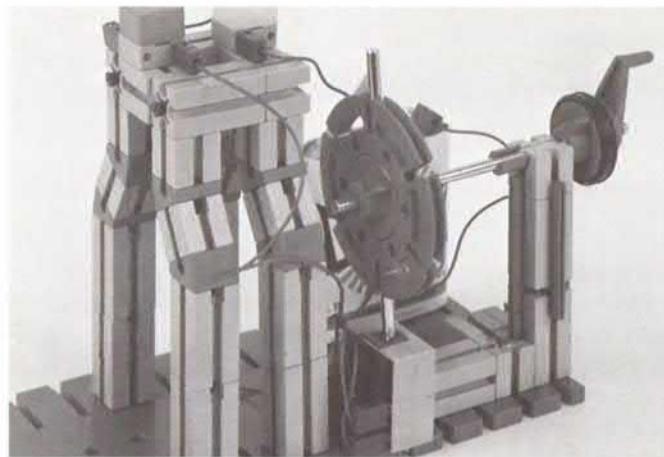


Abb. 16.2 Zwei Rundstäbe drücken den Taster nieder und lassen die Birnen aufleuchten

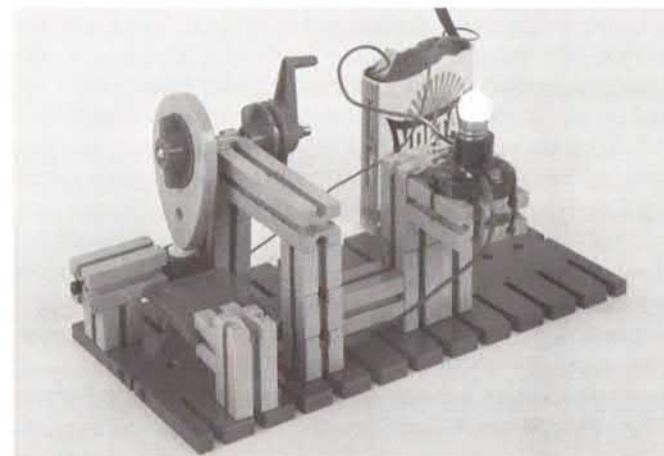


Abb. 16.3 Eine Exzентerscheibe drückt den Taster nieder

Unterrichtsdurchführung

Material: u-t 1, u-t 3; Zusatzmaterial: 4,5-V-Batterie, Grundplatte, Holzklötze, Nägel, Kabel, Lämpchen und Fassung, Kerze, Kupfer- und Weißblech, Nieten

oder: u-t 1; Zusatzmaterial: dünnes Kupfer- und Weißblech, Nieten (für Bimetall), Lämpchen und Fassungen, Kabel, Taster, Nägel, Grundplatte, Holzklötze, Kerze, 4,5-V-Batterie, Isolierband, Aluminiumfolie.

Wenn den Schülern neben dem u-t 1 Bauteile aus dem u-t 3 zur Verfügung gestellt werden, ist es möglich, auf verschiedenen Wegen schnell zum Ziel zu gelangen. Es kommen dafür folgende Teile in Frage: Schalter, Kontaktringe, Bimetall, Birnen und Fassungen, Kabel. Ist der u-t 3 nicht vorhanden, muß Zusatzmaterial ausgeteilt werden: Kabel, Birnen, Fassungen, Taster, Alufolie (für Kontaktscheibe), Isolierband. Mit diesem Zusatzmaterial kann man zu den gleichen Lösungen gelangen, wenn auch mit größerem Zeitaufwand.

Die von den meisten Schülern gebauten Modelle arbeiten nach zwei Prinzipien: Einmal wird bei den Lampen mit Hilfe einer Nockenscheibe ein Taster zeitweise niedergedrückt, wobei der Stromkreis geschlossen ist. Abb. 16.2 zeigt eine Arbeit, bei der dieses Prinzip mit den Teilen des u-t 3 verwirklicht ist. Die in die Drehscheibe gesteckten Rundstäbe betätigen den Schalter und lassen die beiden Lampen aufleuchten. Auf Abbildung 16.3 ist das gleiche Prinzip mit Zusatzmaterial verwirklicht.

In einer zweiten Gruppe von Modellen wird der Strom über einen sich drehenden Kontaktring geleitet. Die isolierten Stellen des Ringes unterbrechen den Strom; die Lampe erlischt (Abb. 16.4). Auf den Abbildungen 16.5 und 16.6 ist für die Kontaktfläche Alufolie gewählt. Die Stromzuführung erfolgt über die Achse. Aufgeklebte Papierstücke dienen der Kontaktunterbrechung.

Eine Lösung, bei der der Blinkvorgang durch Wärme erreicht wird, ist auf Abbildung 16.7 zu sehen. Da bei diesem Prinzip genaue Einstellungen für ein einwandfreies Funktionieren nötig sind, sind bei diesen Modellen öfter Hilfen durch den Lehrer erforderlich. Schüler, die dieses Prinzip

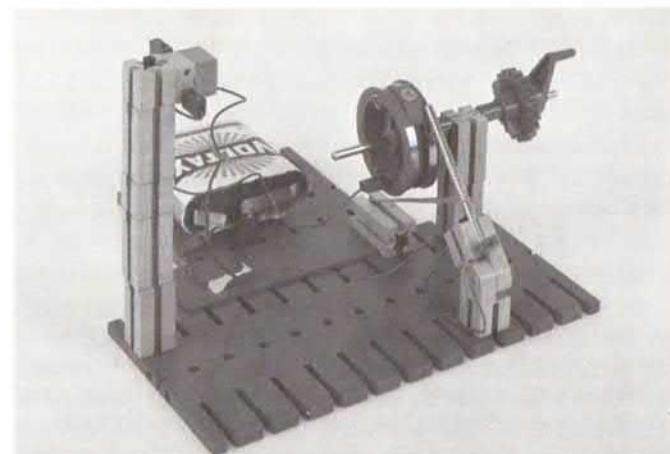


Abb. 16.4 Durch die isolierten Stellen des Kontaktringes wird der Stromkreis unterbrochen

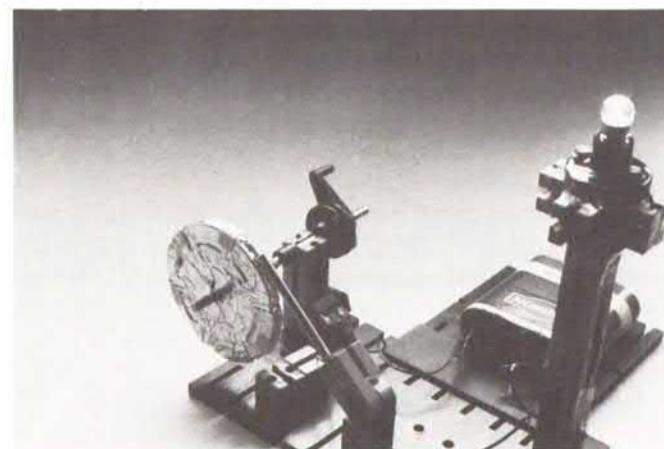


Abb. 16.5 Eine Drehscheibe, mit Alufolie überzogen, dient als Kontaktfläche

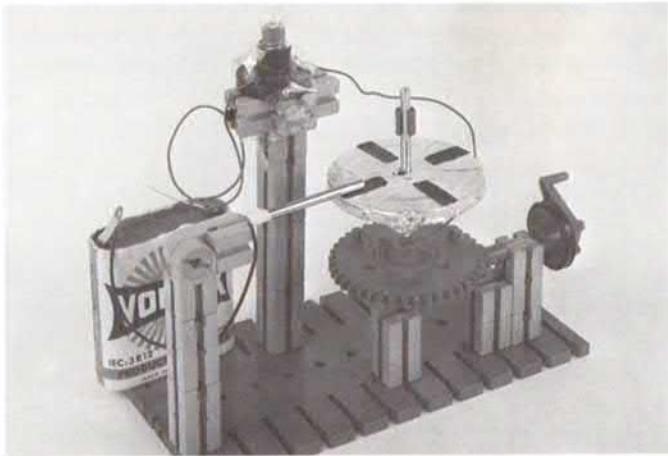


Abb. 16.6 Aufgeklebte Papierstückchen dienen der Kontaktunterbrechung

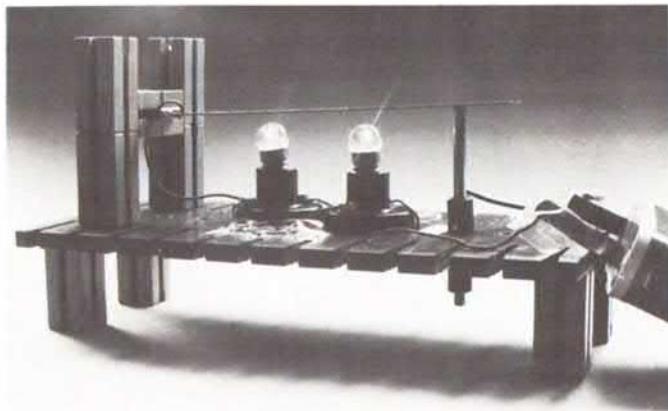


Abb. 16.7 Zwei Taschenlampenbirnen erwärmen das Thermobimetall

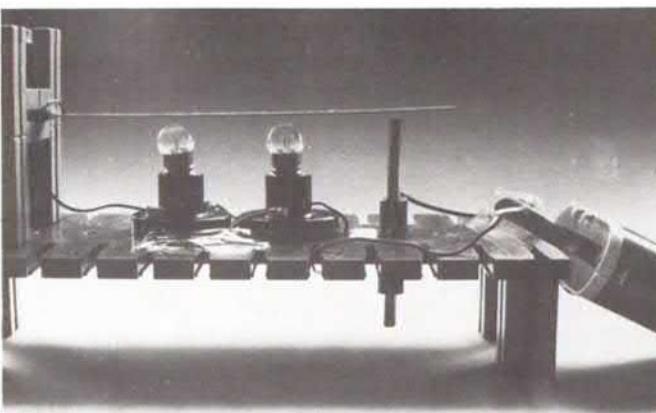


Abb. 16.8 Das Bimetall krümmt sich nach oben, der Kontakt ist unterbrochen

wählen, sollten angehalten werden, zuvor mit Hilfe von warmem Wasser die Krümmungsrichtung des Bimetalls festzustellen.

Die geringe Stromstärke erwärmt den Bimetallstreifen nicht ausreichend, deshalb muß er durch die Wärme von Birnen zum Reagieren gebracht werden.

In dem Modell der Abbildung 16.7 erzeugen zwei Taschenlampenbirnen, möglichst dicht unter der Mitte des Streifens angebracht, die zum einwandfreien Funktionieren notwendige Wärme. Abb. 16.8 zeigt das gleiche Modell mit unterbrochenem Stromkreis.

Um alle Schüler die Wirkungsweise des Bimetalls erfahren zu lassen, schließt sich in einer folgenden Doppelstunde eine weitere Aufgabe an: Jeder Schüler stellt selbst ein Bimetall her, indem er einen Weißblechstreifen mit einem Kupferblechstreifen zusammennietet. Außerdem erhält er folgendes Material: einen großen Nagel, Holzklötze, eine Grundplatte, Birne und Birnenfassung, Kabel, Batterie und eine Kerze.

Er soll mit diesen Materialien einen Stromkreis herstellen, der durch die Hitze der Kerze am Bimetall geschaltet wird (Abb. 16.9 und 16.10).

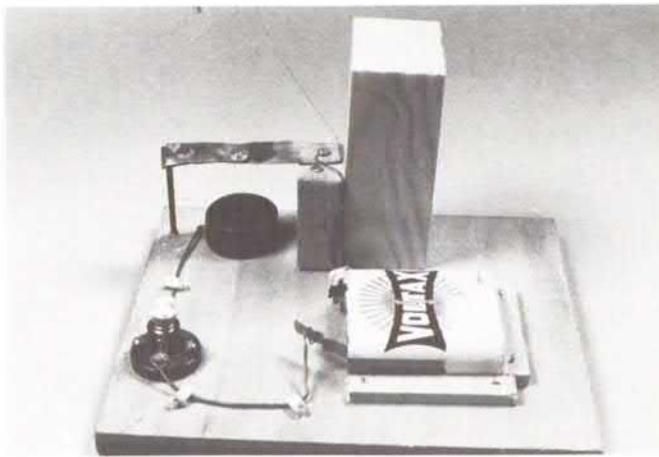


Abb. 16.9 Bimetallschalter aus Zusatzmaterial

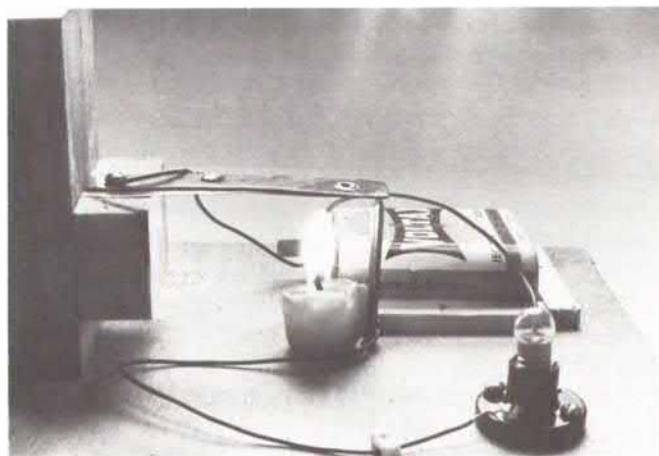


Abb. 16.10 Die Kerzenflamme bringt das Bimetall zum Krümmen, der Stromkreis ist unterbrochen



Abb. 16.11 Autowarnlampe

Realbezug

Das Unterrichtsgespräch vergegenwärtigt die Einsatzsituationen von Blinkleuchten.

Es werden den Schülern verschiedene Autowarnlampen vorgestellt; dabei werden die unterschiedlichen Funktionsprinzipien, den Blinkvorgang hervorzurufen, herausgestellt. Eine in der Wirklichkeit häufig anzutreffende, aber von den Schülern nicht verwirklichte Lösung, ist auf den Abbildungen 16.11 und 16.12 zu sehen. Ein Elektromotor dreht eine Scheibe, auf der Reflektor und Birne angebracht sind.

Außer in Blinkleuchten spielen Bimetallschalter in vielen weiteren Geräten aus der Umwelt der Schüler eine Rolle: als Sicherheitsschalter in Schnellkochern (Abb. 16.13), in Sicherungsautomaten (Abb. 16.14; 16.15), zur Temperaturregelung in Bügeleisen und Heißwassergeräten.



Abb. 16.12 Ein Elektromotor dreht eine Scheibe, auf der Reflektor und Birne sitzen

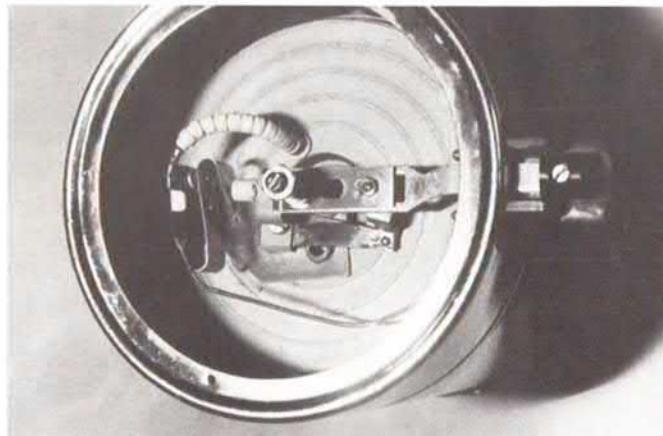


Abb. 16.13 Bimetall als Sicherheitsschalter gegen Überhitzung im Schnellkocher



Abb. 16.14 Sicherungsautomat

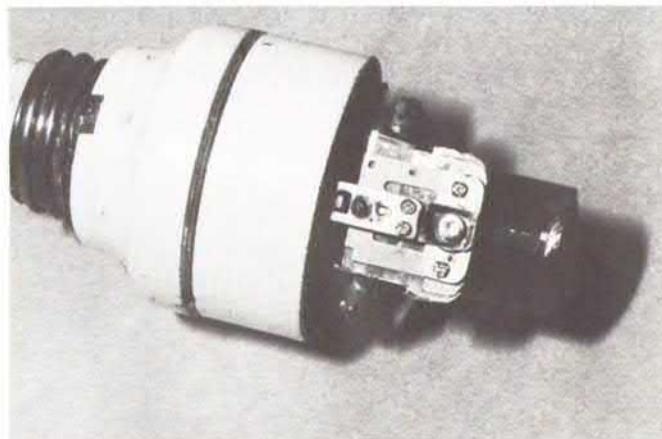


Abb. 16.15 Sicherungsautomat geöffnet. Das Bimetall (gefärbt, 6) löst bei Erwärmung einen mechanischen Schalter aus; der schwarze Knopf springt heraus.

Um Unfälle an Kreuzungen von Bahn und Straße zu vermeiden, um andere Verkehrsteilnehmer auf Gefahrenpunkte aufmerksam zu machen, werden Warnleuchten bzw. Blinkleuchten eingesetzt. Blinkleuchten arbeiten nach unterschiedlichen Prinzipien:

1. Das Licht der Birne wird durch einen Reflektor gebündelt und verstärkt. Ein Elektromotor dreht diesen Reflektor. Weil der Lichtstrahl einen Zuschauer jeweils nur für einen Moment trifft, hat er den Eindruck, daß die Lampe blinkt.
2. Häufig wird das Blinken durch eine Bimetallbirne oder einen Bimetallschalter erreicht.

Ein Bimetall besteht aus zwei aufeinandergebrachten Metallstreifen, die sich bei Erwärmung unterschiedlich ausdehnen und dadurch den Streifen zum Krümmen bringen. Das Bimetall kann deshalb als Schalter verwendet werden, der durch Wärme betätigt wird.

Außer in Warnlampen befinden sich in vielen automatisch arbeitenden Geräten Bimetallschalter.

Rolff/Schmayl

17 Die Musikwalze

Sachinformation

Die Datenverarbeitung geht von wiederholbaren Informationen aus, die ein systematisches Programm bilden, das innerhalb des vorgegebenen Systems auf beliebige Informationen umgestellt werden kann. Zwei Systeme wurden entwickelt, auf die fast alle gängigen Anlagen zurückgeführt werden können.

Der *Analogrechner* arbeitet mit physikalischen Größen (z. B. Längen, Geschwindigkeiten, Spannungen), in die Zahlenwerte oder andere veränderliche Informationen umgeschrieben werden. Ein Datum wird sofort in einem ihm analogen Wert wiedergegeben und dargestellt. Den Schülern bekannte graphische Darstellungen der Statistik, der Mengenlehre und verschiedener mathematischer Sachgebiete arbeiten nach dem gleichen Prinzip.

Der *Digitalrechner* arbeitet nicht mit Analogien, sondern mit Zuständen. Ein Datum bekommt einen bestimmten Platz zugewiesen, den nur dann ein anderes Datum einnehmen kann, wenn das erste wieder gelöscht wird. Die Kugeln am Rechenbrett oder die Stellung der Zahnräder bei einer Registrierkasse machen das System anschaulich. Jede eine Information repräsentierende Einheit ist unverwechselbar oder *unteilbar*.

Der der Analogrechner die Größe eines Signals z. B. mit Hilfe einer Kurve darstellt, ist er begrenzt in seinen Möglichkeiten, weil er immer nur Analogien nach vorgegebenem Muster produziert. Der Digitalrechner ist wesentlich variabler, da er ein Reservoir an Daten nach immer neuen Verarbeitungsprogrammen zu kombinieren vermag. Er ist dadurch aber auch komplizierter und schwerfälliger. Er benötigt einen unter Umständen gewaltigen Speicher (weshalb man sich bemüht, die Speicherelemente mit Hilfe der Elektronik ins Mikroskopische zu verkleinern) und ist abhängig von einer Spezialsprache.

Diese ist *systemabhängig*, wenn sie sich dem Konstruktionstyp der Datenverarbeitungsanlage anpaßt. Sie ist *problemabhängig*, wenn sie Vokabeln bildet, die sich z. B. auf mathematische, sprachliche oder kommerzielle Probleme beziehen.

Der Digitalrechner ist wegen seiner Vielseitigkeit der für dieses Unterrichtsbeispiel relevante Typ. Die systemabhängige Sprache wird der Anlage eingegeben, von ihr analysiert, die Befehle werden ausgeführt, und bei der Ausgabe wird die Sprache wieder verwendet.

Der Sprache einer Datenverarbeitungsanlage wird die Form eines Programms gegeben. Das klassische Beispiel ist die *Lochkarte*, die in Spalten und Zeilen eingeteilt ist, wodurch bis zu 1000 Felder entstehen können, was gleichbedeutend ist mit fast 1000 geordneten Informationen. Der *Lochstreifen* ist mit der Lochkarte eng verwandt. Jede Zeile nimmt mehrstellige Informationen auf. Neben diesen beiden mechanischen Mitteln gibt es noch zwei elektronische Verfahren. Ein vorher mit Daten versehenes *Magnetband* wird der Anlage eingegeben. Die Anlage verfügt über einen *optischen Zeichenleser*, der genormte Daten abtastet.

Um mit einem Computer arbeiten zu können, müssen fünf Baueinheiten vorhanden sein: Das *Eingabegerät* wird mit den Daten eines Programms gefüttert. Der *Speicher* bekommt die Daten des Programms, die gespeichert werden sollen. Das Programm enthält aber auch Instruktionen, die bestimmte Operationen einleiten, wie z. B. das Vergleichen, Addieren oder Übertragen. Dazu werden Daten aus dem Speicher abgerufen und durch das *Steuerwerk* weitergeleitet, zurückgenommen, gelöscht usw. Dabei tritt das *Rechenwerk* in Funktion, das die gewünschten Lösungen ermittelt. Das *Ausgabegerät* gibt die Lösungen in der system- oder problemabhängigen Sprache bekannt.

Die Rückführung aller Informationen auf das Dualsystem von *Ja*- und *Nein*-Schaltungen bleibt in dieser Ausbildungsphase unberücksichtigt, da es die Schüler überfordern würde.

Historische Hinweise: Bereits vor 1000 Jahren soll es im Orient ein *mechanisches* Musikwerk gegeben haben, das

jedoch nicht mit einer Musikwalze arbeitete: im goldenen Baum des Kalifen Al Muqtadir von Bagdad saßen singende und mit Flügeln schlagende silberne Vögel. Mit einem Blasbalg wurde die Luft durch ein System von Kanälen in die Vögel geleitet. Im Jahre 1610 erbaute Achilles Langenbacher in Augsburg ein automatisches Musikwerk mit 2000 Takten. Kurz danach, 1615, wurden von de Caus Musikstücke für Stiftwalzen entworfen. Ab 1770 wurden mechanische Orgelwerke entwickelt.

In der Annakirche von Düren wird bereits 1564 ein Glockenspiel mit 12 Glocken von einer Stiftwalze bedient. Es ist das älteste belegbare Zeugnis von Musikwerken mit Stiftwalze, weil es noch erhalten ist. Wie die Abbildung 17.1 zeigt, kann die Walze beliebig umprogrammiert werden. Glockenspiele, die mit einer Uhr in Verbindung standen, werden schon im 14. Jahrhundert erwähnt.

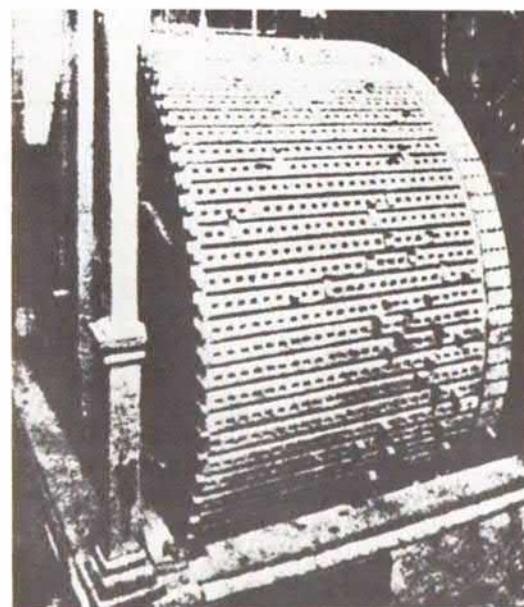


Abb. 17.1 Glockenspiel der Annakirche zu Düren im Rheinland von 1564

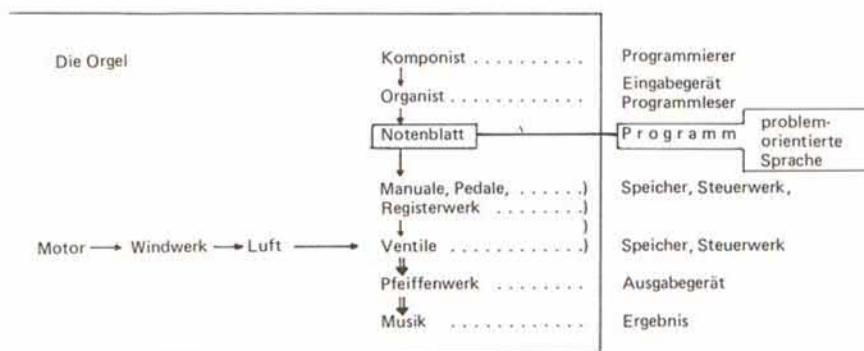
Literatur

F. M. Feldhaus, Die Technik, Wiesbaden 1970, 2. Aufl.
Die Technik, Wissen im Überblick, deutsche Ausgabe der
FOCUS INTERNATIONAL BOOK PRODUCTION, STOCK-
HOLM, Freiburg 1969
Meyer-Nachschlagewerk, Wie funktioniert das? Mannheim
1971

Didaktische Gesichtspunkte

Zwei Einstiegsmöglichkeiten können gewählt werden:
erlebnisorientiert – die Schüler bringen Spieluhren mit
problemorientiert – Ausgangspunkt ist der Begriff *Programmierte Steuerung*

Beginnt man mit der Demontage von Spieluhren, steht die Analyse im Mittelpunkt des Unterrichts. Geht man den Weg über die Einführung erster Erkenntnisse zur Datenverarbeitung, mündet das Unterrichtsgeschehen im Nacherfinden. Dieses Unterrichtsbeispiel geht den zweiten Weg, weil die Datenverarbeitung in der Sekundarstufe I häufiger Gegenstand des Unterrichts ist und deshalb die Einsicht in die Grundlagen systematisch aufgebaut werden sollte.



132 Abb. 17.2 Schema: Mensch und Instrument

Dadurch ergibt sich eine günstigere Spannungskurve, da aufbauend gearbeitet wird und am Ende eine mehr oder weniger selbst entwickelte Erfindung steht. Der erste Weg ist dagegen abbauend, da er immer präziser analysieren muß. Am Ende steht dann eine recht theoretisch gewonnene Erkenntnis, ein Merksatz, der sicherlich in vielen Fällen den Weg aller Merksätze und Regeln geht.

Das Thema gliedert sich nun in zwei Beispiele:
Grundbegriffe der Datenverarbeitung und
die exemplarische Behandlung der Musikwalze.

Lernziele

- Ein Programm als systematische Ordnung von Informationen erkennen.
- Dieses System als eine Sprache erklären können, die die Maschine und der Mensch verstehen müssen.
- Das Programm einer Musikwalze entwickeln und die Musikwalze konstruieren können.
- Andere Programmarten erkennen und beschreiben können.
- Begriffe: Datenverarbeitung – Information – Programmierte Steuerung – Computer – systemabhängige und problemabhängige Sprache – Eingabegerät – Speicher – Steuerwerk – Rechenwerk – Ausgabegerät – Lochkarte – Lochstreifen – Magnetband.

Aufgabenstellung

Der Lehrer schreibt folgenden Impuls an die Tafel:
Programmierte Steuerung

Hierzu äußern sich die Schüler. Wichtige Stichworte werden auf der Tafel festgehalten. Wenn das Vorwissen der Kinder erschöpft ist, erscheint als nächster Impuls das Wort *Orgel* an der Tafel. Es wird ein Schema wie Abb. 17.2 entwickelt; im

Normalfall wird es einfacher als dies Vorbild sein. Zentrale Einsicht: Das Notenblatt ist in technischem – nicht in musikalischen! – Sinne ein *Programm*.

Der Lehrer regt nun an, für die Schule ein Stunden- und Pausenzeichen zu schaffen, das am Ende jeder Stunde dreimal ertönen soll, und schlägt dafür die ersten Takte des Kanons „Wachet auf, wachet auf“ vor. Er spielt die Tonfolge auf dem Xylophon vor und schreibt die entsprechenden Noten (Abb. 17.3) an die Tafel.



Abb. 17.3 Notenbeispiel

Unterrichtsdurchführung 1

Material: u-t 1 und Xylophon aus der Schulsammlung

Zwei Unterrichtssituationen können sich jetzt ergeben. Entweder ist die Musikwalze den Schülern bekannt und sie verfallen sofort darauf, oder es kommen Äußerungen, die mit einer Musikwalze kaum etwas zu tun haben. In diesem Falle wird eine behutsame Hinführung notwendig.

Ein möglicher Weg wird hier vorgeschlagen. Das Spiel auf dem Xylophon verleitet die Schüler, mit Hilfe von Schlägern die Lösung zu finden. Eine nähere Betrachtung läßt erkennen, daß dann eine umständliche und komplizierte Konstruktion erforderlich ist, die sich außerdem nur mühsam auf eine andere Melodie umstellen läßt. Den Schülern muß unter diesen Umständen immer wieder vor Augen gehalten werden, daß es um die *dauernde Wiederholung von Informationen in der richtigen Reihenfolge ohne äußere Eingriffe* geht. Das Beispiel von der sich ständig wiederholenden Information 12 Uhr führt zu der entscheidenden Erkenntnis, daß eine

drehende Bewegung notwendig ist. An dieser Stelle folgen die ersten Modellversuche.

Zwei Hinweise dazu:

- 4 Töne und 6 Anschläge stellen keine Überforderung dar, weil es sich um überschaubare Mengen handelt. Außerdem ermöglicht die Mitnehmerscheibe aus dem Lernbaukasten u-t 1 die problemlose Konstruktion einer Walze mit 6 Stegen für die 6 aufeinanderfolgenden Anschläge.
- Wenn die Schüler nach der Anbringung der Töne und Anschläge fragen, so sei es ihnen freigestellt, die beiden folgenden Möglichkeiten zu verwirklichen. Entweder sind die Töne auf der Walze und die Anschläge daneben, oder die Töne sind neben der Walze und die Anschläge auf ihr. Wird in der Hauptsache die erste Möglichkeit gewählt, bieten sich gute Ansatzpunkte für ein weiterklärendes Gespräch.

Abb. 17.4 zeigt einen Lösungsversuch mit zwei deutlichen Fehlern. Die Tonleiter enthält zwar die 4 Töne, die Wiederho-

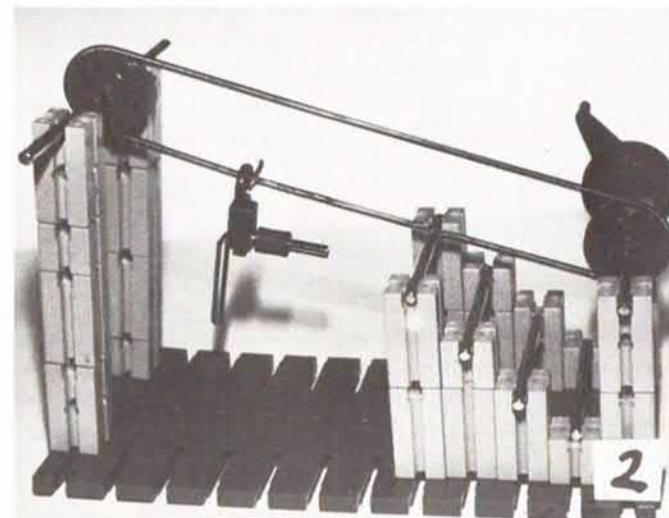


Abb. 17.4 Erster, noch fehlerhafter Lösungsversuch

lung der Töne e und g ist jedoch nicht möglich. Der Schläger und dessen Transport sind ungenügend konstruiert. Auch Abbildung 5 lässt die Tonleiter erkennen; die Drehbewegung ist wesentlich günstiger gelöst; der Anschlag fehlt. Eine technisch reifere Lösung zeigt Abb. 6. Die Klangstäbe drehen sich, u. z. in der richtigen Reihenfolge (also einschließlich Wiederholungen). Der Federfuß sorgt für einen kräftigen Anschlag. Erst Abb. 7 zeigt eine echte Musikwalze, die jedoch nicht fertiggestellt wurde, weil die 4 Anschläge nicht nebeneinander unterzubringen waren. Die Klangstäbe sind erstmals im Rahmen. Weitere Hilfen sind also notwendig.

Neue Aufgabenstellung

Die Schüler erhalten Kartonstreifen (1 cm breit), die sie in 6 Felder (2 cm lang) für 6 mögliche Anschläge einteilen. Nun wird folgender Auftrag gegeben.

Schneidet für jeden der 4 Töne einen Streifen zu und kennzeichnet die Felder, in denen der Ton angeschlagen werden muß. Legt die Streifen dann nebeneinander und klebt sie zusammen.

Daraus entsteht ein Programm nach Abb. 17.8.

Unterrichtsdurchführung 2

Material: u-t 1; Zusatzmaterial: Karton, Kistenstahlband, Sperrholz.

Der visuelle Eindruck lässt die Schüler sofort vom Programm sprechen, da die Reihenfolge und die Ordnung offensichtlich sind. Viele Schüler bemerken an dieser Stelle, daß Noten eine problemabhängige Sprache sind. Sollte sich diese Erkenntnis wider Erwarten nicht von selbst einstellen, müßte darauf hingewiesen werden.

Das Programm aus Karton soll zur Walze führen, indem der Lehrer fragt, ob dieses Programm helfen kann, endlich die Lösung zu finden. Da noch einmal von der drehenden Bewe-

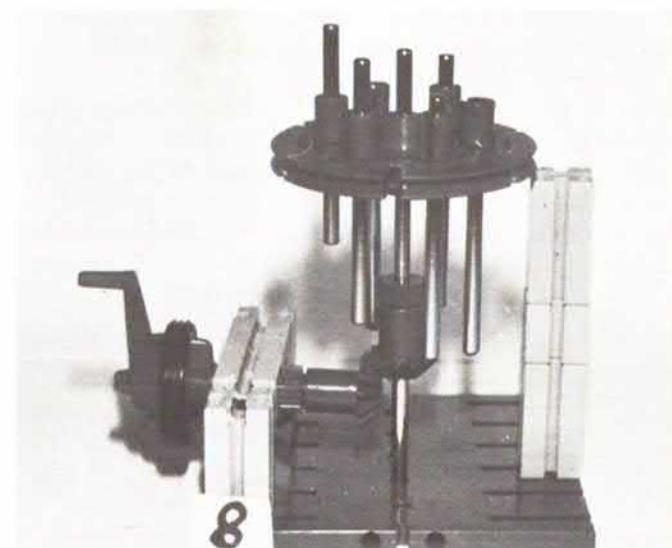


Abb. 17.5 Die Tonleiter, der Anschlag fehlt

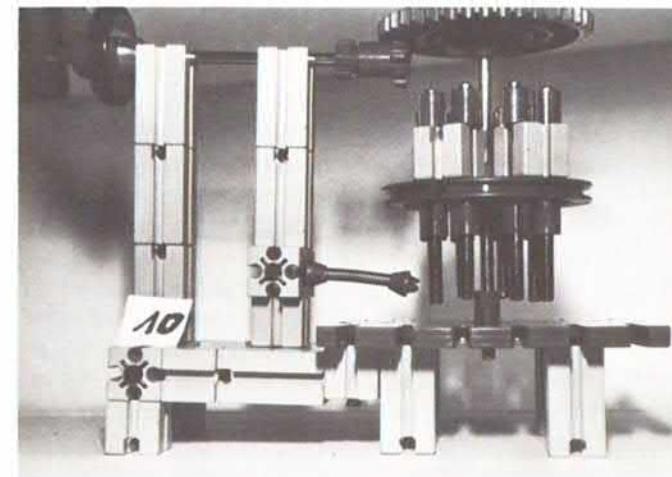


Abb. 17.6 Eine gelungene Lösung – jedoch noch keine Walze (Melodie)

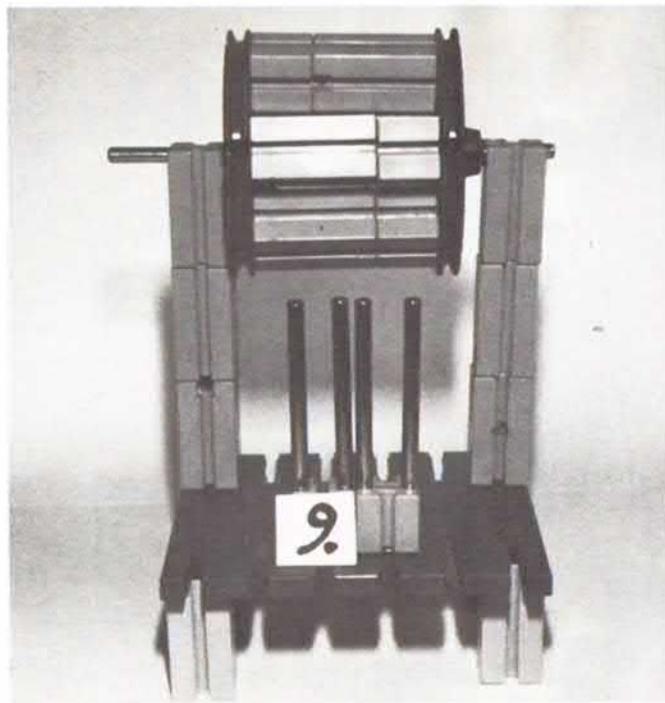


Abb. 17.7 Die erste echte Musikwalze, aber noch nicht spielbar

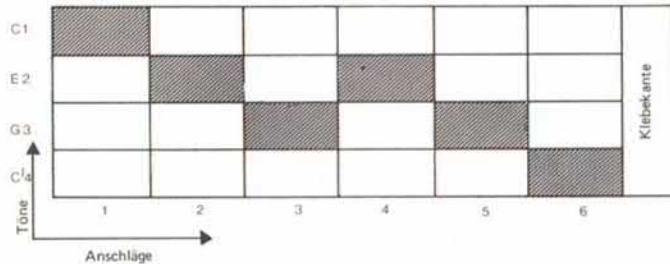


Abb. 17.8 Schema für ein Programm

gung die Rede ist, biegen viele Schüler den Karton zu einem Zylinder, der dann geklebt wird. Nun wird die Musikwalze für jeden deutlich, so daß ein zweites Modell gebaut wird.

Didaktische Hinweise

Vom Xylophon wissen die Schüler, daß die unterschiedliche Tonhöhe durch verschiedene lange Klangstäbe erreicht wird. Die Walze verlangt aber den gleichen Abstand aller Klangstäbe. Die Schüler müssen deshalb überlegen, wie beides zu vereinbaren ist.

Um allen die gleiche Chance zu geben, wurden zwischen-durch aus Sperrholz und Kistenstahlband die Tonkämme der Abbildung 17.9 (Originalgröße) hergestellt.

Die Schüler merken bald, daß individuelle Vielfalt der Modelle ausbleibt (Abb. 17.10), was die Erkenntnis fördert, daß

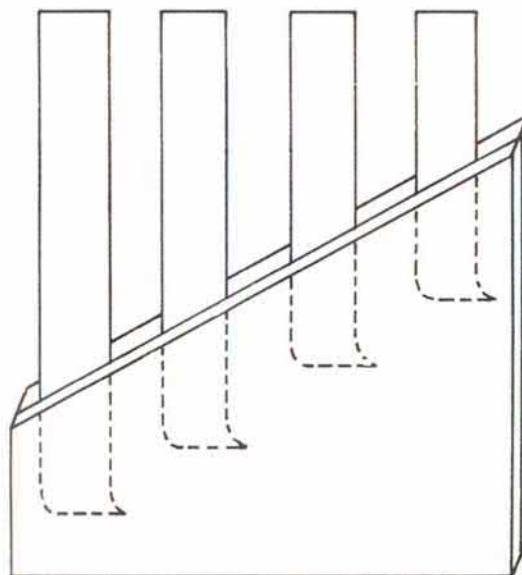


Abb. 17.9 Tonkämme

sich Programme einer Norm fügen müssen, die durch die Anlage oder durch das Problem vorgeschrieben wird.

Abb. 17.11 zeigt den gleichen Aufbau von Karton- und Musikwalze. Die waagerechte Lagerung der Klangstäbe (Abb. 17.12) ist günstiger als die senkrechte auf Abbildung 17.13, weil sich hier die Anschläge in den Klangstäben verhaken und verkanten.

Realbezug

Einige Spieluhren können von den Schülern zwecks Demontage leicht herbeigeschafft werden. Bei vollständigen Melodien wird die Walze in manchen Fällen durch ein breites Band ersetzt. – Jetzt ist wohl auch der günstigste Augenblick, einige geschichtliche Hinweise zu geben (z. B. Abb. 17.1). In diesem Zusammenhang werden auch Lochkarten und Lochstreifen gezeigt, die nicht mit Erhöhungen, sondern mit Vertiefungen arbeiten, was die Schüler recht schnell erkennen. Um aber die Arbeitsweise mit dem Loch-



136 Abb. 17.10 Neue Schwierigkeiten

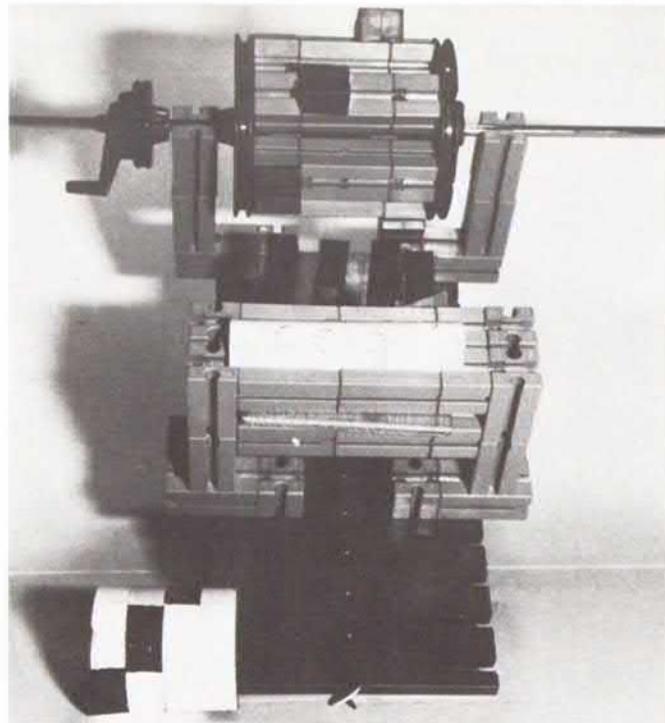


Abb. 17.11 Eine viertönige Walze für eine Folge von acht Tönen

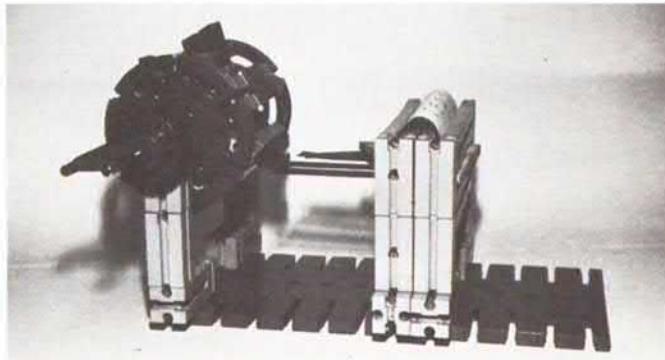


Abb. 17.12 Waagerechte Lagerung der Klangbleche

system voll verstehen zu können, sind zusätzliche Unterrichtseinheiten erforderlich. Das muß den Schülern gesagt werden. Beim Magnetband genügt der Hinweis, daß die Anlage durch das Band verschieden starke elektromagnetische Impulse empfängt, auf die sie reagiert.

Zusammenfassung für den Schüler

Die Zusammenfassung erfolgt in Verbindung mit den Denkfragen. Systematisch geordnete Informationen bilden ein *Programm*, wenn die dabei benutzte Sprache *system- oder problemabhängig* ist. Noten stellen solch eine problemabhängige Sprache besonderer Art dar. Lochkarten oder Lochstreifen benutzen eine systemabhängige Sprache. Maschinen, die die spezielle Sprache in ihrer systematischen Ordnung lesen und die darin enthaltenen Aufgaben lösen können, nennt man *Datenverarbeitungsmaschinen* oder *Datenverarbeitungsanlagen*. Sie werden durch ein Programm gesteuert.

Die *Musikwalze* ist ein Programm. Auf ihr sind Noppen in einer bestimmten *Ordnung* aufgesetzt. In der so vorgegebenen Reihenfolge können Töne oder Melodien *sich ständig wiederholend* mit Hilfe von Klangstäben gespielt werden. Für eine andere Melodie werden die Noppen ohne großen Arbeitsaufwand in eine neue Anordnung gebracht, oder die Walze wird ausgewechselt (Abb. 17.14).

Die *Lochkarte*, der *Lochstreifen* oder das *Magnetband* sind andere Systeme der Datenvermittlung mit systemabhängiger Sprache. Das *Eingabegerät* der Datenverarbeitungsanlage liest das Programm und gibt die Informationen an den *Speicher* oder das *Steuerwerk* weiter. Das *Steuerwerk* schaltet das *Rechenwerk* mit ein. Das *Ausgabegerät* teilt die Antworten in Form einer *Lochkarte*, eines *Lochstreifens* oder auf einem *Magnetband* mit. Ein eingebauter *Bildschirm* kann die Antwort sofort sichtbar machen.

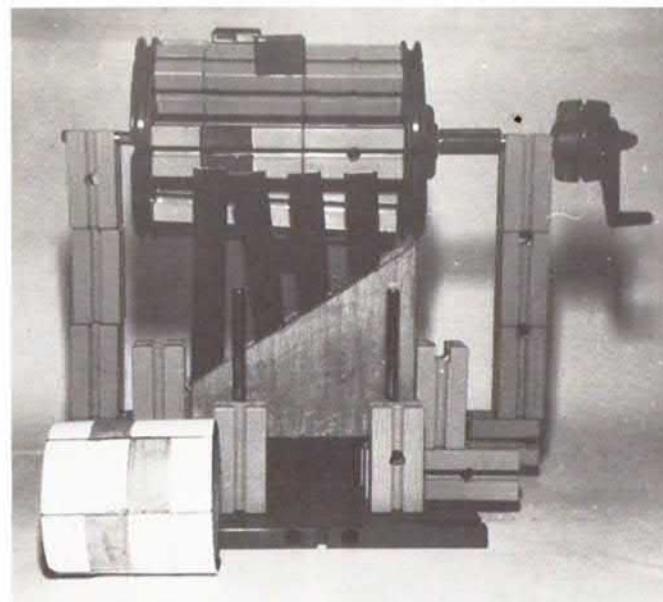


Abb. 17.13 Senkrechte Lagerung der Klangbleche

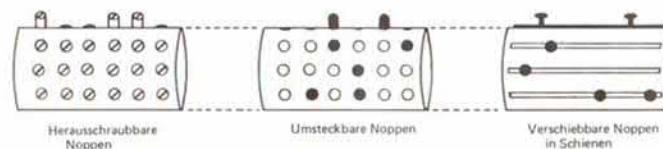


Abb. 17.14 Programmierung mit Noppen (s. Abb. 17.1)

Kontrolle des Lernerfolges

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 Selbständigkeit im Denken und nach einem weiterwachsenden Verständnis der im Unterricht durchdachten und im praktischen Tun bewältigten technischen Sachverhalte.

Drehbewegungen geradlinig weiterleiten

1. Zeichne die Drehrichtung der Räder ein! (Abb. 1. K 1)
Lösung: Die richtige Lösung ist punktiert eingezeichnet.

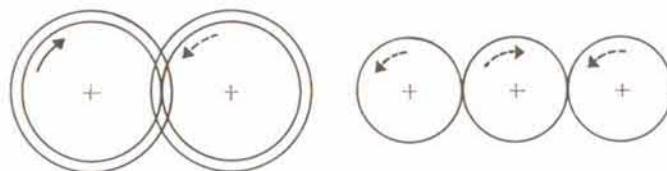


Abb. 1. K 1

2. Gib die Drehrichtung in diesem Zugmittelgetriebe an! (Abb. 1. K 2)
Lösung: Beide Räder drehen rechtsherum.

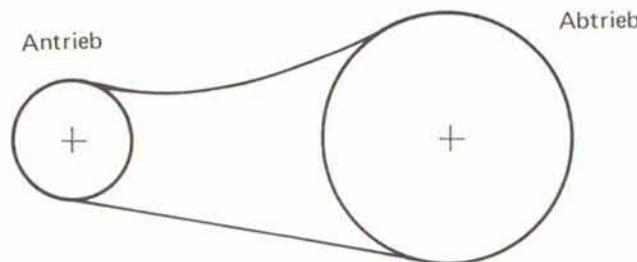


Abb. 1. K 2

3. Das Sägeblatt soll vom Motor mit Hilfe eines Flachriemens angetrieben werden. Das Kreissägeblatt sitzt auf der Riemscheibe. Zeichne den Riemen ein! Achte auf die entgegengesetzten Drehrichtungen! (Abb. 1. K 3)
Lösung: Die richtige Lösung ist punktiert eingezeichnet.
4. Setze in die richtige Spalte: Antrieb des Tellers beim Plattenspieler, Kettenantrieb des Fahrrads, Antrieb des Fahrraddynamos, Handbohrmaschine, Uhrwerk, Keilriemenantrieb der Lichtmaschine im Auto, fußbetriebene Nähmaschine.

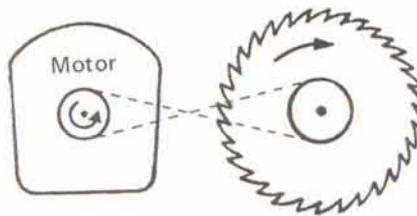


Abb. 1. K 3

formschlüssiges
Getriebe

Lösung:
Kettenantrieb
des Fahrrads
Handbohrmaschine

Uhrwerk

kraftschlüssiges
Getriebe

Lösung:
Plattenspielerantrieb
Antrieb des Fahrrad-
dynamos
Antrieb der
Lichtmaschine
Nähmaschinenantrieb

Die Lösung ist in die Tabelle eingetragen.

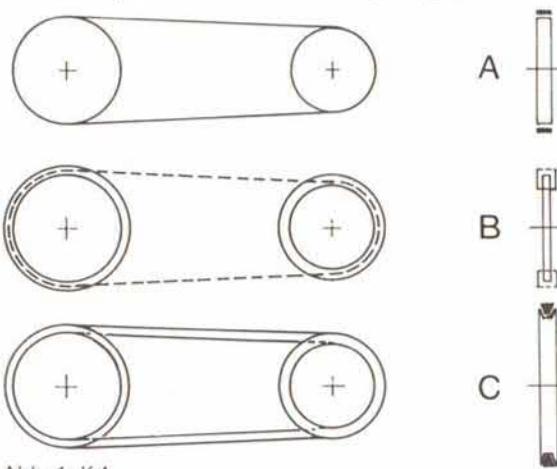


Abb. 1. K 4

5. Ordne die drei Zugmittel der Abbildung 1. K 4 nach der Größe der übertragbaren Kräfte: Flachriemen (A), Kette (B), Keilriemen (C).
 Antwort: B, C, A

Drehbewegungen im Winkel weiterleiten

1. Wie stehen bei zwei kämmenden Stirnzahnradern die Wellen zueinander? Wie stehen die Wellen bei zwei Kegelzahnradern?
 Antwort: Bei Stirnzahnradern parallel, bei Kegelzahnradern rechtwinklig.
 2. Die Drehung des Kurbelrades (1) soll durch ein Zugmittel auf das Rad 2 übertragen werden. Zeichne Zugmittel und Lenkrollen ein! (Abb. 2. K 1)

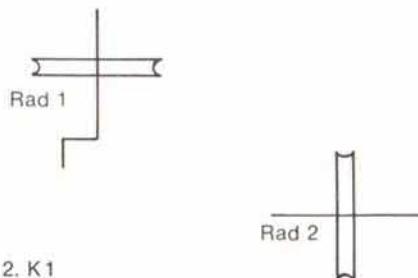
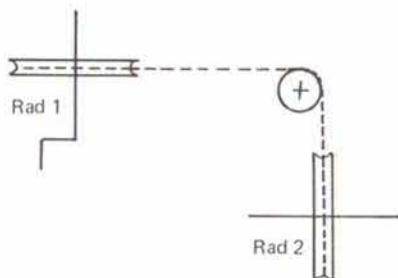


Abb. 2. K 1

Lösung: Die richtige Lösung ist punktiert eingezzeichnet.



140 Abb. 2. K 2

3. Welchen besonderen Vorteil bietet das Kardangelenk bei der winkligen Kraftübertragung?
 Antwort: Der Übertragungswinkel kann während des Betriebs geändert werden.
 4. Ordne richtig zu: a) Kegelzahnräder, b) Stirnrad / Kronenrad, c) Lenkrollenriementrieb, d) Reibräder, e) Kardangelenk, f) biegsame Welle, g) Schneckenrad / Stirnrad.

Übertragung nur in einem bestimmten Winkel möglich

Lösung:
 a, b, g

Übertragung in mehr als einem Winkel möglich

Lösung:
 c, d, e, f

Die Lösung ist in die Tabelle eingetragen.

Drehbewegungen umformen

1. Welches ist eine Übersetzung ins Langsame?

Antwort: Das Getriebe in der Mitte.

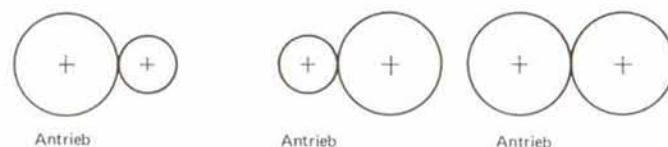


Abb. 3. K 1

2. Ein kleines Zahnrad mit 16 Zähnen treibt ein großes mit 72 Zähnen. Wie oft muß sich das kleine Rad drehen, damit das große eine ganze Umdrehung macht?
 Antwort: Viereinhalbmal.
 3. Berechne das Übersetzungsverhältnis (Abb. 3. K 2)!
 Lösung: 1 : 3.

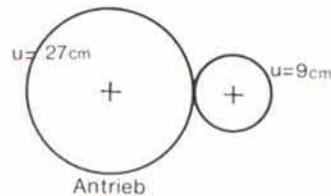


Abb. 3. K2

4. Wie schnell dreht sich das Endrad (Abb. 3. K 3)?

Antwort: Genau so schnell wie das Treibrad.

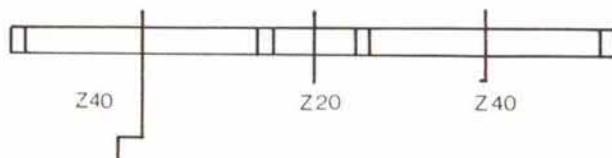


Abb. 3. K3

5. Zeichne ein Reibradgetriebe, bei dem sich das zweite Rad viermal so schnell dreht wie das Kurbelrad!

Lösung: Ein Getriebe, in dem das Treibrad einen viermal größeren Durchmesser hat als das angetriebene Rad.

6. Dreht sich das Abtriebsrad in der gleichen oder in entgegengesetzter Richtung wie das Antriebsrad? Berechne das Übersetzungsverhältnis (Abb. 3. K 4)!

Antwort: Es dreht sich in der gleichen Richtung. Das Übersetzungsverhältnis ist 1 : 9.

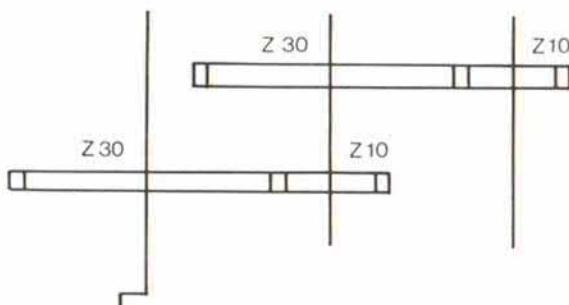


Abb. 3. K4

Die Schleifmaschine

1. Welche Maschinen kennst du, die eine Übersetzung ins Schnelle enthalten?

Antwort: Beispiele Kap. 4 unter „Realbezug“.

2. Welche Maschinen mit einer Übersetzung ins Langsame kennst du?

Antwort: Beispiele Kap. 4 unter „Realbezug“.

3. Ein Lastenaufzug wird von einem Elektromotor angetrieben. Welche Getriebeart (Reibrad, Zugmittel, Zahnrad) würdest du zwischen Motor und Seilrolle einbauen? Würdest du eine Übersetzung ins Schnelle oder ins Langsame wählen?

Antwort: Ein Zahnradgetriebe als Übersetzung ins Langsame.

4. Bezeichne bei einer elektrischen Brotschneidemaschine Energieteil, Übertragungsteil, Arbeitsteil!

Antwort:

Energieteil – Elektromotor

Übertragungsteil – Zahnradgetriebe

Arbeitsteil – gezähntes Schneideblatt

Die Waschstraße

1. Nenne die Bauteile eines Getriebes, das folgende Bedingungen erfüllt: Abgewinkelte Kraftübertragung mit umgekehrter Drehrichtung und einer Untersetzung im Verhältnis 3 : 1.

Antwort:

Zugmittelgetriebe – gekreuzter Riemen, Rollen, kleine Riemenscheibe als Antrieb, dreimal größere Riemenscheibe als Abtrieb.

Rädergetriebe – Reibräder, kleines Reibrad als Antrieb, dreimal größeres Reibrad als Abtrieb.

Zahnradgetriebe – zwei Kegelzahnräder oder ein Stirnrad und ein Zahnrad mit Tellerzahnkranz, kleines Zahnrad als Antrieb, Zahnrad mit der dreifachen Menge an Zähnen als Abtrieb.

2. Kann man bei der einfachen Verwendung der Kardanwelle eine Über- oder Untersetzung erzielen?

Antwort: Nein!

3. Wie muß die Konstruktion aussehen, wenn für den Bürstenantrieb zwei verschiedene Übersetzungsverhältnisse vorgesehen sind?

Antwort:

Zugmittelgetriebe – Der Riemen muß auf eine andere Riemenscheibe gelegt werden.

Zahnradgetriebe – Das große Zahnrad wird an ein weiteres kleines Zahnrad herangeführt.

4. Konstruiere eine einfachere Möglichkeit für die Anpassung der Bürsten an die Wagenform.

Antwort: Gegengewichte oder Federungen, wenn möglich.

5. Es wird behauptet, daß das Wagenwaschen am Haus vor der Garage oder am Bach im Wald (was verboten ist!) das Grundwasser verunreinigt. Kannst du Gründe dafür nennen?

Antwort: Öl, Benzin, Waschmittel.

Die Seilwinde

1. In welche Richtung muß sich die Seiltrommel drehen, damit die Last angehoben wird? (Abb. 6. K 1)

Antwort: Die Lösung ist punktiert eingezeichnet.

2. Stelle dir vor, du bedienst eine große Handwinde. Welche Bewegungen mußt du beim Drehen der Kurbel im einzelnen ausführen?

Antwort: Wenn die Kurbel unten steht (Uhrzeigerstellung 6 Uhr), wird sie hochgerissen (etwa Brusthöhe, Uhr-

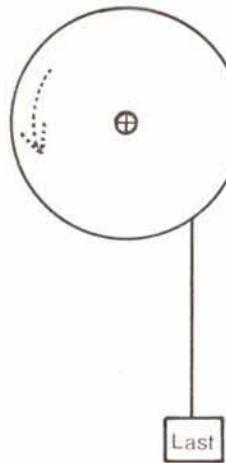


Abb. 6. K 1

zeigerstellung 8 bis 10 Uhr – je nach Körpergröße der Bedienungsperson); dann wird die Kurbel hochgedrückt bis der zweite tote Punkt (Uhrzeigerstellung 2 bis 4 Uhr – je nach Körpergröße). Danach wird die Kurbel wieder gezogen.

3. Nenne Beispiele, wo Handkurbeln oder deren kraftsparendes Wirkungsprinzip angewendet werden!

Antwort: Siehe „Realbezug“, S. 57.

4. Kennst du Beispiele aus deiner Umwelt, bei denen der Kurbelkreis *kleiner* ist als die Trommel oder der jeweilige Arbeitsteil?

Antwort: Die Kurbel wird in erster Linie wegen ihrer kraftsparenden Wirkung eingesetzt; deshalb ist der Radius des Kurbelkreises grundsätzlich immer größer als der des Arbeitsteils.

5. Weshalb muß heutzutage jede Winde ein Gesperre haben?

Antwort: Aus Sicherheitsgründen ist für jede Winde ein Gesperre vorgeschrieben; dadurch wird verhindert, daß die Last beim Loslassen der Kurbel abstürzt.

- Vervollständige den folgenden Satz: Je länger der Kurbelarm ist, desto . . . ist die Kraftersparnis.
Antwort: größer.
- Zeichne die Drehrichtung der Zahnräder ein (Abb. 6. K 2).
Antwort: Die Lösung ist punktiert eingezeichnet.

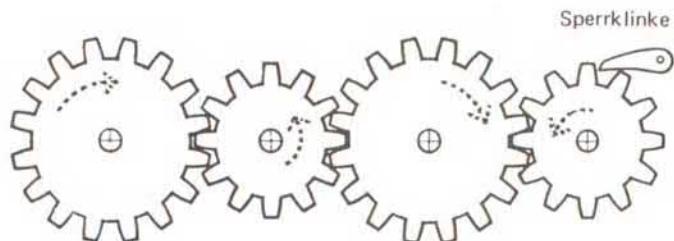


Abb. 6. K2

- In welche Richtung läßt sich die Zahnstange bewegen?
(Abb. 6. K 3)
Antwort: Die Lösung ist punktiert eingezeichnet.



Abb. 6. K3

Der Wagenheber

- Gib an, in welche Richtung sich die Zahnstange bewegt
(Abb. 7. K 1).
Antwort: Die Lösung ist punktiert eingezeichnet.
- Welches Gerät arbeitet nach demselben Prinzip wie die Klemmplatten-Wagenheber?
Antwort: Die Schraubzwinge.
- Weshalb ist es lebensgefährlich, unter einem Wagen zu arbeiten, wenn dieser nur mit einem Wagenheber angehoben ist?

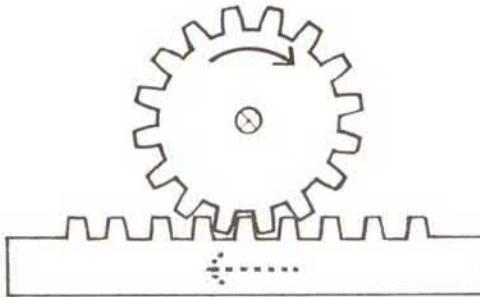


Abb. 7. K1

- Wird der Wagen oder der Wagenheber seitlich bewegt, rutscht der Wagen ab und fällt auf die darunterliegende Person. Deshalb muß grundätzlich bei solchen Arbeiten der Wagen zusätzlich abgesichert werden.

- Welche Wagenhebertypen kennst du?

- Antwort: Zahnstangenwinden (Stahlwinden gehören dazu), Schraubenwinden (eine Sonderform davon sind Scherenheber), Klemmplattenheber, hydraulische Wagenheber.

Der Gabelstapler

- Weshalb spielt der Gabelstapler eine so bedeutende Rolle in Wirtschaft und Industrie?
Antwort: Hohe Traglast, große Wendigkeit, beträchtliche Hubhöhe, kann Lasten nicht nur stapeln, sondern auch beladen und entladen und transportieren.
- Trage die Hubhöhe ein! (Abb. 8. K 1)
Lösung: Die Hubhöhe ist der Unterschied zwischen der höchsten und der niedrigsten Höhe (s. Abb. 8. K 1).
- Erkläre die Funktionsweise eines Gabelstaplers!
Antwort: Lasten sind auf Paletten gelagert. Die Gabel fährt unter die Palette und hebt die Last an. Viele Gabelstapler haben einen Teleskopmast, bei dem zwei bis 143

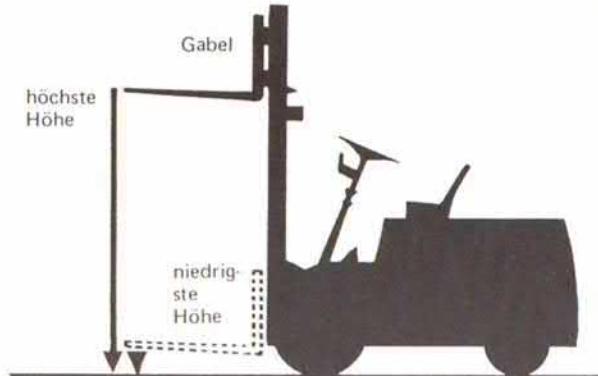


Abb. 8. K1

drei ineinander verschiebbare Mastteile – denke an ein Fotostativ – nacheinander ausgefahren werden können. So können Lasten bis zu beträchtlichen Höhen gestapelt werden.

Die Seilbahn

1. Über einen Fluß soll eine Seilbahn gebaut werden. Welche Möglichkeiten gibt es, erst einmal ein dünnes Seil über den Fluß zu bekommen, wenn man wegen der reißenden Strömung kein Boot benutzen kann?
Antwort: Ballon, (Modell-)Flugzeug, Drachen, hinüberschießen (Armbrust, Harpune).
2. Welche Sicherheitsvorkehrungen gegen das Abstürzen einer Seilbahn gibt es?
Antwort: Die Trag- und Zugseile werden regelmäßig untersucht (sehen, tasten, elektromagnetische Prüfgeräte). Sonst gibt es keine Vorkehrungen gegen einen *Tragseilriß*. Für den Fall, daß das Zugseil reißen sollte, ist entweder eine automatische Fangbremse oder ein zweites Zugseil angebracht (vgl. S. 72).

3. Weshalb sind die Tragseile vorgespannt?

Antwort: Senkung der Bau- und Betriebskosten, weniger Stützen, angenehmeres Fahren.

4. Hängt bei Seilbahnen mit *vorgespanntem* Tragseil das Tragseil im Sommer stärker durch als im Winter?

Antwort: Nein! Die Längsausdehnung und Verkürzung wird automatisch durch die Spanngewichte ausgeglichen.

Die elektrische Säge

1. Welches der abgebildeten Schubkurbelgetriebe funktioniert nicht? Kannst du es mit einem Satz begründen? (Abb. 10. K1)

Antwort: Das obere Schubkurbelgetriebe: die Pleuelstange ist zu kurz.

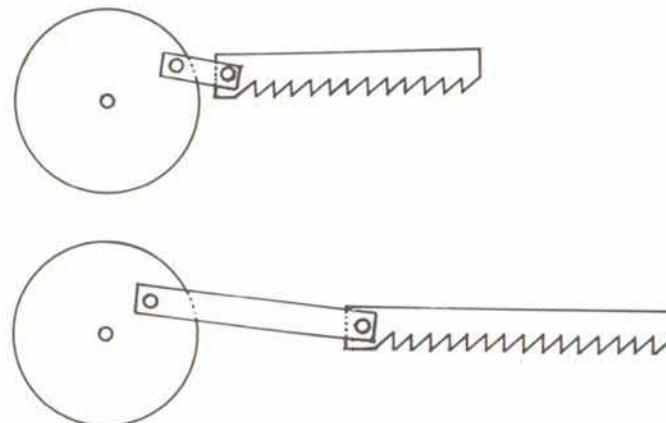


Abb. 10. K1

2. Trage in die Abbildung 10. K 2 Bezeichnungen ein!

Lösung: Siehe Abbildung 10. K 3.

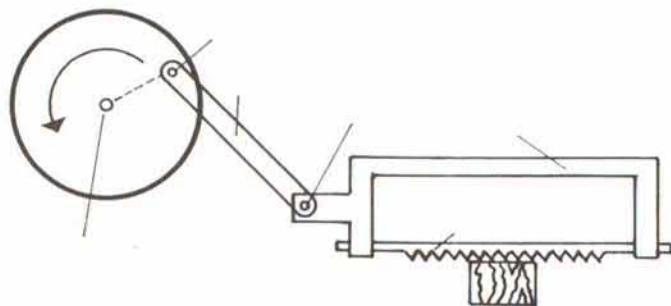


Abb. 10. K 2

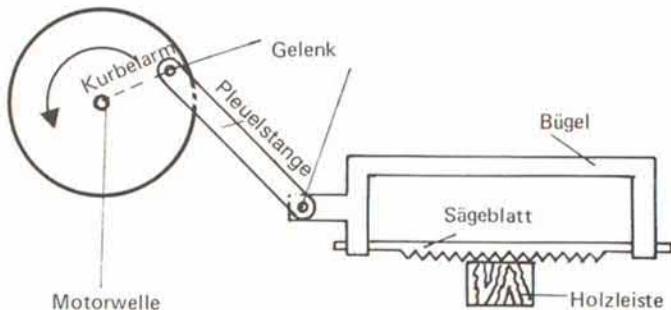


Abb. 10. K 3

3. Betrachte noch einmal Abb. 10. K 1: Die Pleuelstange hat zwei Gelenke. Welche Bewegung führt an der unteren Pleuelstange das Gelenk an der Exzentererscheibe aus?

Welche Bewegung macht das Gelenk am Sägeblatt?

Antwort: Das erste Gelenk macht eine Kreisbewegung, das zweite macht eine Hin- und Herbewegung.

Der Ventilator

1. Kennzeichne Druck- und Saugseite! (Abb. 11. K 1)

Antwort: Links entsteht ein Druck, rechts entsteht ein Sog.

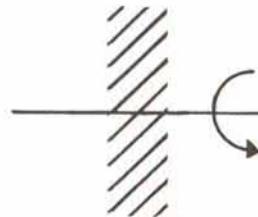


Abb. 11. K 1

2. Welches der drei Flügelräder erbringt bei gleicher Drehzahl die größte Leistung? (Abb. 11. K 2)

Antwort: Flügelrad B.

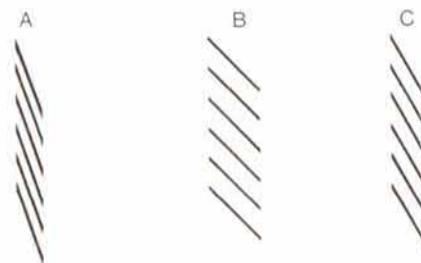


Abb. 11. K 2

3. Welches ist der Unterschied zwischen Axial- und Radiallüfter?

Antwort: Axiallüfter befördern die Luft längs der Achse. Radiallüfter saugen sie auch in Achsrichtung an, stoßen sie aber seitlich (radial) weg.

4. Zähle Apparate (Maschinen) auf, die einen Ventilator oder ein Gebläse enthalten!

Antwort: Siehe Beispiele Kap. 11 unter „Realbezug“.

Die Ramme

1. Welchen Einfluß haben Gewicht und Fallhöhe des Rammbären beim Rammen?

Antwort: Je schwerer das Gewicht und je größer die Fallhöhe, desto wirksamer arbeitet die Ramme.

2. Aus welchen Gründen benutzt man Stahlprofile, wann werden Pfähle oder Bohlen gebraucht?

Antwort:

Stahlprofile – Absteifung für Baugruben

- Abschirmen gegen Wassereinbruch
- Abdichten von Kanalböschungen
- Herstellen von Spundwänden

Bohlen

- Fundament-Unterbau
- Führungsdalben für Schwimmdocks
- Dalben zum Festmachen der Schiffe
- Gründung von Anlegestellen und Landebücken sowie Uferpromenaden

3. Überlege, bei welchen Gelegenheiten das Rammgut schräg eingerammt werden muß.

Antwort: Uferbefestigungen, Böschungen, Deichanlagen, Verankerung von Spundwänden.

4. Rammarbeiten sind eine erhebliche Lärmbelästigung für die Umwelt. Mache Vorschläge, wie der Lärm einer Ramme eingedämmt werden kann.

Antwort: Hier muß der Lehrer von Fall zu Fall selbst prüfen, was möglich ist oder nicht.

Der Magnetkran

1. Nenne Vor- und Nachteile eines Elektromagnetkrans!

Antwort: Magnetkräne sind ein ideales Fördermittel, weil sie selbsttätig Lasten aufnehmen und abgeben. Es können aber nur magnetisierbare Stoffe transportiert werden.

2. Die Form der Magnete richtet sich nach ihrer Verwendung. Welche Formen kennst du, und zu welchen Zwecken werden sie eingesetzt?

Antwort: Rundlastmagnete für Schüttgut. Rechtecklastmagnete für Röhren, Platten, Stangen.

3. In einem Hafen soll Eisenerz gelöscht werden. Welchen Kran würdest du dafür einsetzen?

Antwort: Einen Kran mit Greifer.

Der elektrische Türöffner

1. Die Mieter eines Etagenhauses möchten eine Kontrolle darüber haben, wer das Haus betritt. Vier Vorrichtungen müßten für eine Kontrolleinrichtung installiert werden. – Welche sind es?

Antwort: Klingel, Wechselsprechanlage, elektrischer Türöffner, automatischer Türschließer.

2. Beschrifte die Zeichnung des Türöffners (Abb. 14. K 1). Erkläre dann nach der Zeichnung die Wirkungsweise des Türöffners!

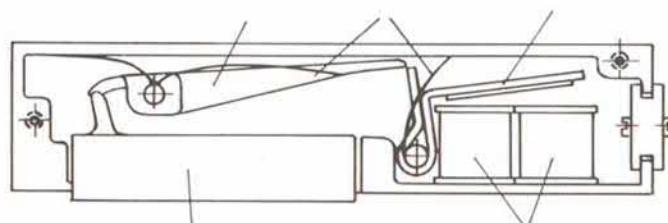


Abb. 14. K 1

Lösung: Siehe Zeichnung (Abb. 14.K 2).

Antwort: Zieht der Magnet den Anker an, so wird die Sperrklinke, die das drehbare Schließblech blockiert,

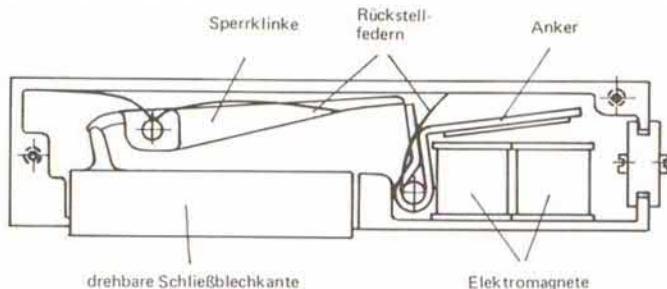


Abb. 14. K2

freigegeben. Bei Druck gegen die Tür kann nun die nicht sichtbare Schloßfalle – sie sitzt im Türrahmen – das Schließblech beiseite drücken.

Die Magnetschwebebahn

1. Welche seitliche Führung ist für die Magnetschwebebahn am besten geeignet? (Mit Begründung.)

Antwort: Eine seitliche Führung mit Rollen oder Rädern, da eine Rollreibung geringer ist als eine Gleitreibung.

2. Könnte eine Magnetschwebebahn auch dann über eine Magnetschiene hinwegschweben, wenn die Magnete mit einer Schutzkappe aus Kunststoff bedeckt werden?

Antwort: Ja! Denn die Magnetkraft durchdringt andere Stoffe (Ausnahme: Eisen, Nickel, Kobalt), ohne dabei geschwächt zu werden.

Die Blinkleuchte

1. Beschreibe die Funktion deiner Blinkleuchte.
2. Zeichne zu deinem selbsthergestellten Bimetallschalter eine Schaltkizze.
3. Auf welche verschiedenen Weisen arbeiten Blinkleuchten?

1. Reflektor wird durch einen Elektromotor gedreht;
2. Stromkreis wird durch drehbare Kontaktscheibe unterbrochen;
3. Bimetall öffnet und schließt die Kontakte;
4. Bimetallbirne.

Die Musikwalze

1. Noten sind die spezielle Sprache der Musik. Erkläre das System, nach dem die Noten geordnet werden. Nenne nur die wichtigsten Dinge.

Antwort: 5 Linien bestimmen die Tonhöhe. Verschiedene Notentypen geben die Tonlänge an. Pausen und Vorzeichen legen die Tonart und den Rhythmus fest.

2. Was weißt du vom *Leierkastenmann*, und wie funktioniert der Leierkasten bzw. die Drehorgel?

Antwort (als Hinweis für den Lehrer):

„Drehorgel, Leierkasten, eine trag- oder fahrbare Klein-Orgel mit Lippen- oder Zungenpfeifen. Die Stifte einer Melodiewalze, die mit einer Kurbel gedreht wird, öffnen die Ventile der Pfeifen, die dann durch den eintretenden, von der Kurbeldrehung erzeugten Wind erklingen. Statt der Walze werden auch gelochte Scheiben verwendet.“ (Der neue Brockhaus, Bd. 1, Wiesbaden 1960, 3. Aufl.) Vereinzelte Verwendung noch bei Schaustellern auf dem Kirmesplatz.

3. Könnte man mit einer Musikwalze das Aufleuchten einer Neonreklame steuern?

Antwort: Ja, anstatt der Klangstäbe Schalter oder Kontaktstreifen! (Von hier aus Überleitung zur Steuerung einer Ampelanlage möglich.)

4. Zeichne das Programm, das eine Uhr nach jeder Viertelstunde einmal schlagen lässt.

Antwort: Abb. 17. K. 1. Die schwarzen Erhebungen bringen einen Klöppel zum Ausschlag, der die Glocke ertönen lässt.

5. Welche Aufgaben haben deiner Meinung nach große Datenverarbeitungsanlagen zu erfüllen?

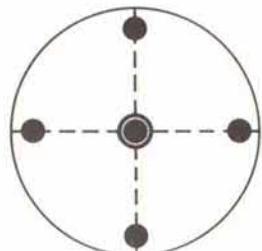


Abb. 17. K 1

Antwort (als Hinweis für den Lehrer):

- Lösung mathematischer Probleme (technische Rechenaufgaben, wirtschaftliche Kalkulationen)
- Verwaltungsaufgaben (Lagerhaltung, Buchführung, Rechnungswesen, Lohnabrechnungen usw.)
- Prozeßregelung (automatische Regelung von Systemen, die ständigen Wertänderungen unterliegen, z. B. Heizkraftwerke, Qualitätskontrollen)

BILDERNACHWEIS

Soweit nicht anders angegeben, stammen die Abbildungen von den Verfassern

- 1.8, 1.9, 1.10, 2.9, 2.11, 2.12, 4.9 Vollmers/Rolff
2.10 Volkswagenwerk
5.1 Beratungsstelle für Stahlverwertung, Düsseldorf
7.2–7.4 August Bilstein, Ennepetal
8.1 Steinbock, Moosburg/Isar
8.2 BKS, Velbert
9.1 Felten & Guillaume, Köln-Mülheim
9.3 Fremdenverkehrsverband Spittal/Kärnten
9.6, 9.8, G. Dietrich, Die Erfindung der
9.16 Drahtseilbahnen, Leipzig 1908
12.3 DELMAG, Esslingen
12.4 Menck & Hambrock, Hamburg
13.1, 13.2 DEMAG, Wetter/Ruhr
15.4 Krauss-Maffei AG, München
15.10, 15.12 Christa Herbig, Hamburg
15.16 Lexikon „Technik und exakte Naturwissenschaften“, Bd. 1, Fischer Taschenbuchverlag, 1972
17.1 F. M. Feldhaus, Die Technik der Vorzeit ... München
1965