

Ein Lehrgang zur technischen Grundbildung

Konstruktionsbaukästen im Werkunterricht

Technische Baukästen sind ein geeignetes Arbeitsmittel für den Werkunterricht

Die Welt der Technik ist in der wissenschaftlichen Diskussion¹ als Bildungsaufgabe anerkannt. Entsprechende Lehrpläne, gestützt auf ein System von Lernzielen, und andere Grundlagen für die Durchführung eines zugehörigen Unterrichts gibt es bisher jedoch nur in Ansätzen. Der hier dargestellte Lehrgang zur technischen Grundbildung, ein Beitrag aus der Schulpraxis, möchte dazu ermutigen, sich an das der Schule noch so wenig vertraute Gebiet der Technik heranzuwagen und es durch eigene Unterrichtsversuche erschließen zu helfen.

Neue Unterrichtsinhalte verlangen neue Arbeitsmittel. Im Bereich der Technischen Bildung werden künftig Baukästen eine zentrale Rolle spielen. Das setzt voraus, daß der Werkunterricht seine Handwerksideologie aufgibt, die sich hauptsächlich darin zeigt, alle Teile eines herzustellenden Werkstücks von den Schülern selbst anfertigen zu lassen. Denn das Herstellen von Maschinenteilen (z. B. Zahnräder) durch die Schüler erfordert zu viel Zeit, ist zu wenig lernintensiv und kann in der notwendigen Präzision nicht geleistet werden.

In der DDR, die uns auf dem Gebiet der technischen Elementarbildung beträchtlich voraus ist, wird bereits seit Jahren und schon vom ersten Schuljahr an konsequent mit Metallbaukästen im Unterricht gearbeitet. Allerdings arbeiten die Schüler dort fast ausschließlich nach Vorlagen, Montagediktaten, Skizzen, Lehreremonstrationen und Bildbetrachtungen (vgl. 11; S. 20). Dadurch bleibt die wichtigste didaktische Qualität dieses Unterrichtsmittels ungenutzt: *zum technisch kreativen Denken zu erziehen*. Wie Technisches Werken diese didaktisch zentrale Leistung mit Hilfe von Konstruktionsbaukästen erbringen kann, soll das folgende Unterrichtsbeispiel zeigen.

Vorzüge und Grenzen der Konstruktionsbaukästen

Die Beobachtung frei spielender Kinder sowie der Schüler im Unterricht läßt Vorzüge und Grenzen dieses in der Schule noch ungewöhnlichen didaktischen Materials bald erkennen; seine *Vorzüge* sind:

¹ Vgl. z. B.: H. Frankiewicz, Technik und Bildung in der Schule der DDR. Berlin (Ost) 1968.

W. Linke, Technik und Bildung. Heidelberg 1961.

F. Kaufmann, E. Meyer, Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

H. Roth (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

H. Sellin, B. Wessels, Beiträge zur Didaktik der technischen Bildung. Weinheim 1970 (Beiträge zum Werkunterricht. Bd. 2).

G. Uschkerit, O. Mehrgardt F. Kaufmann, Werkunterricht als technische Bildung. Weinheim 1969 (Beiträge zum Werkunterricht. Bd. 3).

1. Konstruktionsbaukästen haben einen hohen Aufforderungscharakter, der die Aktivität des Schülers herausfordert.
2. Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Einzelteile lassen unterschiedliche Grundkenntnisse und verschiedene Lösungsmöglichkeiten zu.
3. Der Schüler kann Arbeitstempo und Schwierigkeitsgrad (bei entsprechender Aufgabenstellung) selbst bestimmen.
4. Die Baukastenteile entsprechen den in der Technik verwendeten Maschinenelementen; dadurch ist die Vermittlung eines technischen Grundwissens möglich.
5. Die hohe Präzision der Einzelteile ermöglicht die Darstellung sogar komplizierter Funktionszusammenhänge (z. B. Ausgleichsgetriebe).
6. Die schnelle Verbindungsmöglichkeit und die hohe Paßgenauigkeit der Einzelteile gewährleisten ein optimales Ausnutzen der Unterrichtszeit.
7. Das funktionstüchtige Modell ermöglicht dem Schüler und dem Lehrer eine Kontrolle des Lernerfolgs.

Angesichts dieser wesentlichen Vorzüge sollten die *Grenzen* dieses Arbeitsmittels nicht übersehen werden:

1. Baukästen sind in erster Linie zum Lernen (und Spielen) da. Hauptzweck ist nicht der fertige Gegenstand, sondern dessen Herstellung. Das hat zur Folge, daß die Schüler — im Gegensatz zu den übrigen Arbeiten im Werkunterricht — ihre Baukastenmodelle nicht als Eigentum behalten können, weil das Material wieder verwendet wird. Dieser Nachteil wird allerdings zu einem Vorzug, wenn die Schüler den Baukasten als Spielzeug besitzen. Auf diese Verschränkung von Schularbeit und spielender Arbeit kann hier didaktisch nicht eingegangen werden — die großen Möglichkeiten lassen sich jedoch ahnen, die hier für freiere Lernformen der Zukunft gegeben sind.
2. Technische Probleme, die sich z. B. im Zusammenhang mit dem Gestellbau für die Maschine, mit der Lagerung der Achsen und Wellen sowie ihrer parallelen Anordnung ergeben, werden den Schülern so gut wie gar nicht bewußt, weil man mit den genormten Baukastenteilen keine Fehler machen kann, durch die das entsprechende technologische Problem deutlich würde. Um diejenigen technischen Probleme zu lösen, die der Baukasten aufgrund seiner Perfektion verhindert, muß die Schule entsprechende Methoden und Arbeitsmittel ersinnen: So sollte einmal eine Maschine mit herkömmlichen Materialien zusammen mit billigen, vorgefertigten Schnur- oder Zahnrädern aus Kunststoff gebaut werden, damit die erwähnte Problematik bewußt wird.

W. Biester (6; S. 292) sieht einen Mangel der Baukästen darin, „daß ein wesentliches Ziel des Werkunterrichts, Sachverhalte möglichst in der Weise zu strukturieren, daß sich die *Funktion* auch in der *Form* darstellt, sich nicht verwirklichen läßt“. Dieser Einwand ist wenig überzeugend, weil in der Technik in erster Linie ökonomische und praktische Kriterien die Konstruktion bestimmen: So sind geringe Herstellungskosten, niedriges Gewicht, günstige Handhabung und minimale Platzbeanspruchung entscheidendere Faktoren als Gestaltungsprinzipien.

Die äußeren Umstände des Unterrichtsversuchs

Von November 1969 bis Januar 1970 habe ich in einer 6. Klasse der Hamburger Volksschule Bismarckstr. 83—85 einen Unterrichtsversuch über die Möglichkeit einer technischen Elementarerziehung durchgeführt. Beteiligt waren daran 17 Schüler,

aus schulorganisatorischen Gründen nur Jungen. Als Arbeitsmittel benutzten die Schüler den Lernbaukasten u-t 1 der Fischer-Werke in Tümlingen. Dieser Baukasten, zu dem auch Bausätze zur Elektrotechnik, Elektronik und Statik existieren, ist meines Erachtens zur Zeit die günstigste Ausführung für die Schule. Sein größter Vorzug liegt darin, daß sich alle Einzelteile aufgrund von Zapfen und entsprechenden Rillen sehr schnell miteinander verbinden lassen. Für die Arbeit in der Schule bedeutet es außerdem eine große Erleichterung, daß der Baukasten mit einem Blick auf Vollzähligkeit geprüft werden kann.

Für den hier dargestellten Lehrgang standen 15 Baukästen zur Verfügung², so daß 13 Jungen über einen eigenen Kasten verfügen konnten, für den sie dann auch verantwortlich waren. Die übrigen vier Jungen arbeiteten in Zweiergruppen. Alle Aufgaben wurden den Jungen schriftlich auf selbsthergestellten *Schülerarbeitsblättern* (Umdruck) gegeben. Außerdem hatten die Schüler die Aufgabe, von ihrer Konstruktion eine *Skizze* anzufertigen, um ein späteres Nachbauen möglich zu machen. Einige Getriebeteile der anzufertigenden Skizzen³ waren bereits vorgezeichnet (z. B. Abb. 1—4), um Unterrichtszeit einzusparen. Zum Zeitausgleich hatten die Jungen die Möglichkeit, Konstruktionen ihrer Mitschüler zu skizzieren, eine andere Lösung der Aufgabe zu bauen oder schwächeren Klassenkameraden zu helfen.

Nach etwa 60 Minuten wurden sämtliche Schülerarbeiten nebeneinandergestellt und besprochen. Dann wurde ein *Tafeltext* gemeinsam erarbeitet, der dann auf das Schülerarbeitsblatt abgeschrieben wurde. Bei Zeitmangel oder zu umfangreichen Aufgaben wurde der Text vom Lehrer formuliert und vervielfältigt. Am Ende jeder Doppelstunde sortierten die Schüler ihren Baukasten wieder ein. Dies dauerte nach einiger Übung etwa 10 bis 15 Minuten.

Das didaktische Prinzip des Lehrgangs

Für diesen Lehrgang wurde eine Methode⁴ gewählt, bei der wir der Anteilnahme der Schüler sicher sein können: Der technische Gegenstand wurde in seinen Werden-prozeß zurückverwandelt. Es wurde die *Bedarfssituation*, aus der heraus der Gegenstand früher einmal erfunden worden war, wieder hervorgerufen. Daraus folgt: Nicht das Anfertigen eines bestimmten Werkstücks (z. B. Kran) wird als Aufgabe gestellt, sondern es wird eine Lösung (von mehreren) für eine technische *Funktion* gefordert. Dieses methodische Vorgehen erscheint als der beste Weg, technisch-konstruktives Denken zu entwickeln. Bei dieser Aufgabenstellung ist die größte Weite für Erfindungsmöglichkeiten gegeben, wie die großen Unterschiede im zugrundeliegenden Konstruktionsgedanken der gefundenen Schülerlösungen beweisen. Die Aufgabe wird also nicht lauten: „Baue einen Kran“, sondern: „Baue eine Vorrichtung, mit der du eine Last hochheben und an einem anderen Ort wieder absetzen kannst.“ Diese Aufgabenstellung läßt als Lösung neben dem Kran die Laufkatze, den Gabelstapler, den Kranwagen, die Planier-raupe, den Bagger zu — jene erwünschte Mannigfaltigkeit der Erfindung, die das kreative Denken fördert und den technischen Kerngedanken aus den vielen Variationen um so klarer hervortreten läßt.

² Die Baukästen wurden mir freundlicherweise von der Beratungsstelle für den Werkunterricht in Hamburg geliehen.

³ Es wurden keine genormten Symbole für die einzelnen Getriebeteile eingeführt.

⁴ Vgl. *Heinrich Roth*, Die „originale Begegnung“ als methodisches Prinzip, S. 123 f. In: *H. Roth*, Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens. Hannover 1960⁴, S. 116—126.

Bei dem folgenden Unterrichtsbeispiel handelt es sich um einen *Lehrgang*. Das bedeutet nicht, daß der Werkunterricht ausschließlich aus Lehrgängen bestehen soll. Aber Lehrgänge sind notwendig, weil sie die Voraussetzungen für die Durchführung späterer *Projekte* schaffen. Dabei ist es verständlich, daß die Lernmotivation bei Projekten, in deren Rahmen Gegenstände mit offensichtlichem Verwendungszweck hergestellt werden, größer ist. Auch entspricht die Herstellung solcher „brauchbarer“ Gegenstände eher dem Wesen der Technik; denn Erfindung, Lösung eines technischen Problems und Konstruktion sind fast immer auf einen realen Zweck im Gegenstandsbereich von Geräten und Maschinen ausgerichtet. Ein Lehrgang andererseits hat den Vorteil, didaktische Schwierigkeiten isoliert behandeln, einen technischen Bereich systematisch erfassen und dabei die erforderliche Fachterminologie zusammenhängend vermitteln zu können.

Die Maschinenlehre ist ein bedeutender Bereich der Technik, der verhältnismäßig anschaulich ist und einen starken Aufforderungscharakter in Hinsicht auf eigenes produktives Schaffen aufweist. Dafür gibt das folgende Unterrichtsbeispiel viele Belege. Es befaßt sich mit dem technischen Zentralstück dieses Bereichs: mit dem *Getriebe*.

Als *Lernziele* dieses Lehrgangs zur technischen Grundbildung haben sich herauskristallisiert:

1. Übung und Fortbildung der technischen Kombinationsgabe.
2. Kennenlernen der Funktion einiger wichtiger Getriebearten und wesentlicher Getriebeelemente sowie ihrer Terminologie.
3. Wiedererkennen der gelernten technischen Sachverhalte in Maschinen und Geräten der Umwelt (Transfer).
4. Berechnen von Getrieben, z. B. Übersetzungsverhältnisse.

Der Lehrgang im Ablauf des Unterrichts

Aufgabe 1: Du darfst in diesen zwei Stunden bauen was du willst. Sieh dir vorher den Baukasten genau an, damit du ihn nachher selbständig einpacken kannst.

Die Schüler sollten sich zuerst einmal mit dem neuen Arbeitsmittel vertraut machen; dafür sind mindestens zwei Schulstunden erforderlich. Einige wichtige Verbindungen von Bauelementen wurden vom Lehrer der gesamten Gruppe gezeigt. Die übrigen Hilfen erfolgten in Einzelgesprächen; denn die Jungen bauten nach freier Wahl. 8 von 17 Schülern nahmen von sich aus die dem Baukasten beiliegende Anleitung für einfache Grundverbindungen als Vorlage.

15 Jungen bauten irgendwelche Funktionsmodelle (hauptsächlich Fahrzeuge und Phantasiemaschinen; siehe Farbbeilage, 1). Nur zwei verwendeten die Bauteile wie Holzbausteine zum Bau eines Wild-West-Forts. 15 Schüler wählten also ein Thema aus dem Bereich der Technik; ein Drittel von ihnen setzte seine Konstruktion abschließend auf Räder, so daß ein Wagen entstand. Diese Bevorzugung sich bewegender Mechanismen läßt auf ein starkes Interesse an Maschinen und ihren Funktionselementen schließen. Die Jungen durften aufgrund ihres Drängens mehrmals einen Baukasten mit nach Hause nehmen.

Aufgabe 2: Lagere zwei Räder so in einem Gestell, daß ihre Achsen parallel zueinander liegen (Abb. 1)! Rad 1 ist mit einer Kurbel versehen; Rad 2 befindet sich in einiger Entfernung.

A

Beim Drehen der Kurbel soll sich Rad 2 mitdrehen.

Skizze deiner eigenen Lösung⁵:

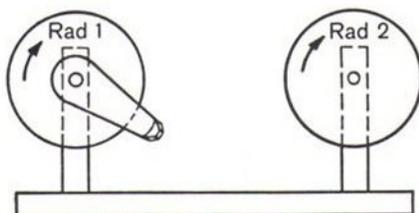


Abb. 1

B

Beim Drehen der Kurbel soll sich Rad 2 in entgegengesetzter Richtung mitdrehen.

Skizze deiner eigenen Lösung:

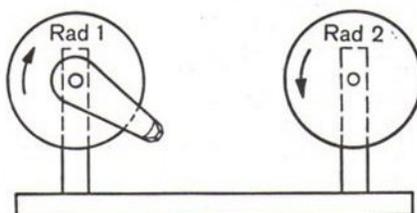


Abb. 2

Weitere Lösungen vor dir selbst oder von Klassenkameraden:

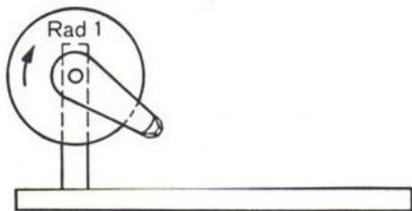


Abb. 3

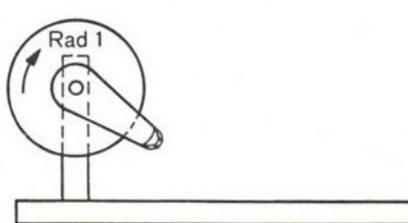


Abb. 4

Tafeltext: In dieser Aufgabe sollte die Bewegung von Rad 1 auf Rad 2 übertragen werden. Derartige Vorrichtungen zum Weiterleiten von Bewegungen nennt der Ingenieur *Getriebe*. In allen Maschinen befinden sich irgendwelche Getriebe. Bei Abbildung —⁶ handelt es sich um ein *Zugmittelgetriebe*, bei dem die Räder durch biegsame Zugmittel (Antriebsfeder, Gummiband, Seil, Riemen, Keilriemen, Kette) miteinander verbunden sind. Je strammer das Zugmittel gespannt ist, desto besser wird die Kraft übertragen. Um beim Riementrieb den *Schlupf* (das Rutschen) zu verhindern, wird oft zusätzlich eine *Spannrolle* verwendet. Hier liegt also der Fall vor, daß eine hohe *Reibung* erwünscht ist.

Beim Kreuzen des Riemens ändert sich die Drehrichtung (Abb. —⁶). Die Drehbewegung läßt sich auch durch ein *Reibrad-* (Abb. —⁶) oder *Zahnradgetriebe* (Abb. —⁶) weiterleiten.

Transfer: Zugmittelgetriebe: Fahrrad (Kettentrieb), Lichtmaschine (Automotor — Keilriemen), Nähmaschine, Werkzeugmaschinen, Mähdrescher u. a.; bei den meisten Maschinen ist die Hauptantriebswelle mit dem Motor durch einen Riemen (bevorzugt Keilriemen) verbunden, der oft nicht sichtbar ist.

Reibradgetriebe: Antrieb des Fahrraddynamos, Umspulvorrichtung an der Nähmaschine, Spindelpresse mit Reibradantrieb, Antrieb des Plattenspieler Tellers.

Zahnradgetriebe: Uhren, Autogetriebe, Handbohrmaschine, Spielzeug mit Federzug, Fahrradklingel.

⁵ Um das räumliche Vorstellungsvermögen der Schüler zu schulen, war bei allen Skizzen die *Drehrichtung* der Räder einzuzeichnen.

⁶ Der Schüler setzt die Nummer der jeweiligen selbstgezeichneten Skizze selbst ein.

Information für den Lehrer:

Die mechanischen Getriebe sind die Grundelemente aller Maschinen. Sie lassen sich auf folgende sechs Grundformen zurückführen: 1. *Schraubengetriebe* (z. B. Schraubstock), 2. *Kurbelgetriebe* (z. B. Scheibenwischer), 3. *Rädergetriebe* (Zahnrad- und Reibradgetriebe; z. B. Uhr, Antrieb des Fahrraddynamos), 4. *Zugmittelgetriebe* (z. B. Riemenantrieb bei der Nähmaschine, Kettenantrieb beim Fahrrad), 5. *Kurvengetriebe* (z. B. Nockenwelle zur Ventilsteuerung am Verbrennungsmotor) und 6. *Sperrgetriebe* (z. B. Hemmwerk bei der Pendeluhr). Die bei dieser zweiten Aufgabe von den Schülern gebrachten Lösungen sind Zahnradgetriebe (Farbbeilage, 2), Reibradgetriebe (Farbbeilage, 5) und Zugmittelgetriebe (Farbbeilage, 3 und 4; Gummiband und Antriebsfeder⁷).

Alle mechanischen Vorrichtungen zum Weiterleiten oder Umformen von Bewegungen sind Getriebe. Ihre einfachste Form besteht aus zwei in einem *Gestell* gelagerten Rädern (oder anderen Gliedern), je eines für den *Antrieb* und *Abtrieb*. Bei einem Getriebe wird die Kraftwirkung entweder *kraftschlüssig* (mit Schlupf; Reibungsschluß bei Reibrad- und Rientrieb) oder *formschlüssig* (ohne Schlupf; Formschluß bei Zahnrad- und Kettentrieb) übertragen. Beim Reibrad- und Riemengetriebe wird die Drehbewegung nicht schlupffrei übertragen, denn bei hoher Belastung rutschen die Räder oder der Riemen; dieser Schlupf muß bei der Berechnung von Drehzahlen und Kraftübertragungen berücksichtigt werden. Bei Baukastenmechanismen allerdings ist dieser Einfluß vernachlässigbar. Im übrigen ist der Schlupf für Maschinen ein gutes Sicherheitsmoment, weil bei einer Belastung über das zulässige Maß keine Kraft übertragen wird.

Beim Rientrieb — der häufigsten und bekanntesten Form des Zugmittelgetriebes — wird die Drehbewegung kraftschlüssig durch *Haftreibung* übertragen. Bei einer zusätzlichen *Spannrolle* (Farbbeilage, 9) oder durch trapezförmigen Querschnitt des Riemens (Keilriemen) läßt sich die Anpreßkraft vergrößern. Die Rientriebe können große Wellenabstände überbrücken; allerdings werden durch die hohe Vorspannung die Lager stark beansprucht. Sehr viel Anwendung findet der nahezu schlupffreie *Keilriementrieb*. Er beansprucht im Gegensatz zum Flachriementrieb wenig Platz; denn wenn ein großes und ein kleines Rad eng beieinandersitzen (= großes Übersetzungsverhältnis und geringer Wellenabstand), berührt der Riemen das kleinere Rad nur auf einem kurzen Teilstück (kleiner Umschlingungswinkel). Dadurch entsteht nur eine geringe Haftreibung, die allerdings beim Keilriemen durch dessen große Oberfläche (trapezförmiger Querschnitt) ausgeglichen wird. Da sich der Keilriemen im Laufe der Zeit etwas dehnt, muß sich eine der beiden Wellen nachstellen lassen.

Die Begriffe Achse und Welle dürfen nicht verwechselt werden: *Achsen* nehmen Lasten auf und stützen sie ab. Deshalb werden sie nur auf *Biegung* beansprucht, die sich aus dem eigenen Achsengewicht und der zu tragenden Last ergibt. Dabei spielt es keine Rolle, ob eine Achse fest sitzt oder sich mitdreht, wie z. B. bei den Eisenbahnwagen.

Wellen dienen in erster Linie zum Weiterleiten von Drehbewegungen (z. B. Schiffswelle). Dadurch werden sie hauptsächlich auf *Verdrehung* (Torsion) beansprucht. Darüber hinaus werden Wellen aber auch durch ihr Eigengewicht und das Gewicht daran befestigter Maschinenteile, wie Riemenscheiben, Zahnräder, Schiffsschrauben, auf Biegung beansprucht.

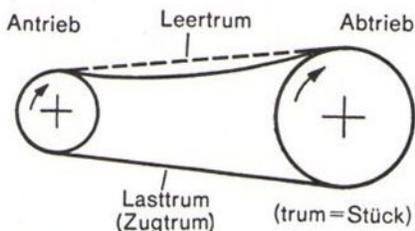


Abb. 5

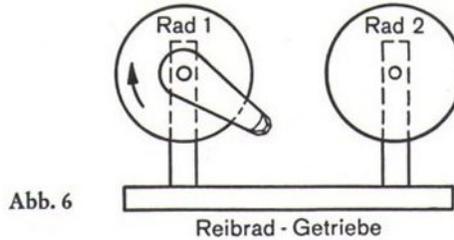
Lernziele:

- Kennenlernen und entwerfendes Bauen verschiedener Übertragungsmöglichkeiten von Drehbewegungen. Konstruktive Lösung für Führung, Lagerung und Andruck, technische Probleme, die durch die Vorspannung beim Riemen- und Reibradtrieb auftreten.
- Richtiger Gebrauch folgender Fachausdrücke: Getriebe, Zahnrad-, Reibrad-, Riemen- und Zugmittelgetriebe, Achse, Welle, Drehrichtung, Antrieb und Abtrieb.

⁷ Die dem Baukasten beiliegende Antriebsfeder besteht aus einem schraubenförmig gewickelten (gewendeten) Draht. Dadurch läßt sie sich wie ein Gummiband dehnen.

- c) Wiedererkennen der gelernten technischen Sachverhalte in der Umwelt (Transfer), und Vorbereitung auf den sachgerechten Gebrauch von Maschinen und Geräten.

Aufgabe 3: Baue ein Reibradgetriebe und zeichne in Abbildung 6 ein drittes Rad so ein, daß sich beim Drehen von Rad 1 auch Rad 2 dreht! Ver-
 giß nicht, mit Pfeilen die Drehrichtung der Räder einzuzeichnen!



Tafeltext: Das Reibradgetriebe überträgt Drehbewegungen nur über kleinere Entfernungen. Je stärker der Reibungsdruck des Reibrades ist, desto besser gelingt die Kraftübertragung.

Transfer: Reibradantrieb des Fahrraddynamos, Umpolvorrichtung an der Nähmaschine, Antrieb des Plattenspieler Tellers durch ein Gummireibrad.

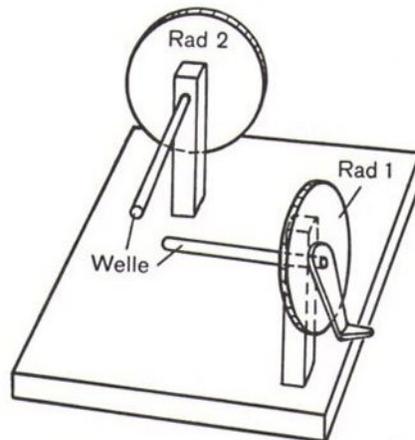
Information für den Lehrer:

Die Wiederholung des Reibradgetriebe in Form einer neuen Aufgabe ist empfehlenswert, weil es gegenüber dem Zahnrad- und dem Zugmittelgetriebe in der vorherigen Aufgabe nicht genügend zur Geltung gekommen ist. Da für diese Unterrichtseinheit nur 45–60 Minuten erforderlich sind, eignet sie sich als Zeitausgleich für andere Aufgaben; innerhalb des Lehrgangs könnte diese Wiederholung auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Reibradgetriebe haben durch die Entwicklung geeigneter Materialien für die Reibräder heute eine etwas stärkere Bedeutung erlangt. Sie zeichnen sich durch einfachen Aufbau, geringen Platzbedarf (kurzer Wellenabstand), niedriges Gewicht, ruhigen und stoßfreien Lauf und geringe Wartung aus. Hinzu kommt, daß eine stufenlose Änderung des Übersetzungsverhältnisses ohne Schwierigkeiten möglich ist. Dem stehen als Nachteile der belastungsabhängige Schlupf und der Verschleiß der Reibflächen gegenüber. Außerdem müssen die Lager wegen der hohen Anpreßkräfte besonders stark sein. Im Maschinenbau werden Reibradgetriebe wenig eingesetzt.

Lernziele:

- a) Wiederholung der Bauelemente und Wirkungsweise eines Reibradgetriebe.
- b) Erkennen der Drehrichtung der einzelnen Räder: Bei zwei sich berührenden Reib- oder Zahnrädern ändert sich die Drehrichtung. Soll bei einem Reibrad- oder Zahnradgetriebe das Abtriebsrad dieselbe Drehrichtung haben wie das Antriebsrad, so muß die Zahl der Räder ungerade sein.



Durch selbsttätiges Lernen zum technischen Wissen: fischertechnik-schulprogramm mit westermann



Das „fischertechnik“-schulprogramm führt – im neuorientierten Sachunterricht der Grundschule – vom Spielen über das Bauen zum Lernen und hilft als Arbeitsmittel für das Technische Werken in der Hauptschule die Forderung nach technischer Bildung unserer Jugend zu erfüllen.

„fischertechnik“ Lernbaukästen regen das Kind zur aktiven und konzentrierten Teilnahme am Unterricht an. Sie erleichtern – auch lernbehinderten Kindern – das Begreifen und Erfassen und helfen ihnen zu dem Erfolgserlebnis, das gerade sie zur Selbstbestätigung dringend brauchen.

„fischertechnik“ Lernbaukästen sind ein System ohne Grenzen:

Wenige Bauelemente bieten zahlreiche Möglichkeiten für die Konstruktion funktionsgerechter Modelle. Ergänzungskästen vermitteln Grundkenntnisse der Elektromechanik, der Schaltungs-, Lichtschranken-, Steuerungs- und Regelungstechnik.

„fischertechnik“ Lernbaukästen – von Hochschulpädagogen, Schulpraktikern und Technikern weitschauend konzipiert – sind im Unterricht erprobt.

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| u-t-1: Grundkasten | 54,- DM (30 606) |
| u-t-2: Motor und Getriebe | 54,- DM (30 607) |
| u-t-3: Schalten und Steuern | 118,- DM (30 608) |
| u-t-4: Steuern und Regeln | 114,- DM (30 609) |
| u-t-S: Statik | 58,50 DM (30 610) |

Batteriestab, Kraftmesser, Transformator, Voltmeter etc.

Fordern Sie bitte weiteres Informationsmaterial an.

Über den Unterricht mit „fischertechnik“-Lernbaukästen unterrichtet Sie eine Neuerscheinung, die wir Ihnen auf der gegenüberliegenden Seite vorstellen.

fischertechnik schulprogramm mit westermann



„fischertechnik“-Lernbaukästen

haben sich als Arbeitsmittel für das Technische Werken im Rahmen der Arbeitslehre im experimentellen Sachunterricht und im Physikunterricht bestens bewährt. Auch Lehrer, die sich bisher wenig mit technischen Problemen beschäftigt haben, können mit diesem neuartigen Arbeitsmittel ihren Schülern die Sachbereiche Kinetik, Kinematik, Licht-Elektronik und Regeltechnik erschließen.

In der neuen Broschur

Unterricht mit Lernbaukästen

berichten Pädagogen über ihre Erfahrungen mit den Lernbaukästen im „fischertechnik“-schulprogramm.

H. Wiederrecht: Technische Bildung im Rahmen des Technischen Werkens und der Arbeitslehre — R. Meier: RÄDER — Phänomene der Technik im Unterricht der Grundschule — W. Radigk: Der Lernbaukasten im naturwissenschaftlichen Unterricht — G. Bickert: Technische Mechanik mit technischen Baukästen.

46 Seiten, zahlreiche Fotos, 5,— DM, Best.-Nr. 16 8001

**fischertechnik
schulprogramm
mit westermann**

Aufgabe 4: Baue ein Getriebe, in dem zwei Räder nicht wie bisher auf parallel liegenden Wellen sitzen, sondern auf Wellen, die einen Winkel miteinander bilden (Abb. 7)! Wenn du Rad 1 (mit Kurbel) drehst, soll sich Rad 2 ebenfalls drehen. Es gibt verschiedene Hilfsmittel, die Drehbewegung „um die Ecke“ zu leiten: Zahnräder, Gummiräder, Zugmittel und ein besonderes „Gelenk“, das in deinem Baukasten enthalten ist.

Tafeltext:

Lösung 1: Zwei ineinandergreifende *Kegelzahnräder* (die Wellen schneiden sich im rechten Winkel; Farbbeilage, 6).

Lösung 2: Ein kleines Zahnrad greift in den aufliegenden Zahnkranz (Tellerzahnrad) eines großen Zahnrades (die Wellen stehen rechtwinklig zueinander; Farbbeilage, 6).

Lösung 3: Zwei Gummiräder reiben sich aneinander (*Reibradgetriebe*; Farbbeilage, 7).

Lösung 4: *Zugmittelgetriebe*: Beim „Knick“ wird das Zugmittel über zwei Rollen geführt (Farbbeilage, 8).

Lösung 5: *Gelenkwelle* (Kardangeln, der Winkel zwischen den Wellen muß etwas größer sein als 90° ; Farbbeilage, 7).

Transfer: Gelenkwelle bei Kraftfahrzeugen; die meisten landwirtschaftlichen Maschinen werden über eine Gelenkwelle vom Traktor angetrieben; Antrieb des Fahrraddynamos; Tachometerantrieb (biegsame Welle); in Göpelwerken stehen so gut wie immer Wellen im rechten Winkel zueinander; der Zahnarztbohrer wird durch ein über viele „Ecken“ laufendes Zugmittel angetrieben.

Information für den Lehrer:

Eine weitere Lösung stellt das *Schneckengetriebe* dar; es konnte von den Jungen aber nicht gebaut werden, weil der Baukasten u-t 1 kein entsprechendes Bauelement enthält. Mit kleinen Schlauchstücken (z. B. Ventilgummi) läßt sich ein „elastisches Gelenk“ herstellen. Diese Verbindung entspricht den *biegsamen Wellen*, die aus zusammengedrehten Stahlstrahlen bestehen und zum Übertragen kleiner Kräfte zwischen Wellen mit beliebiger Anordnung dienen. Sie werden z. B. als Tachometerwelle oder zum Antrieb von Bohrköpfen und Handschleifscheiben eingesetzt.

Zwei Wellen, die in einem Winkel zueinander stehen, können mit einem Gelenk (z. B. Kardangeln) miteinander verbunden werden. Derartige Gelenkwellen ermöglichen die Veränderung des Winkels sogar während des Betriebes. In der Praxis werden oft *zwei* Gelenke und eine Zwischenwelle — die manchmal zum Längenausgleich ausziehbar ist — eingesetzt, weil bei nur einem Kardangeln die gleichförmige Antriebsdrehung zu einer ungleichförmigen Abtriebsdrehung wird.

Lernziele:

- Bekanntmachen mit Kegelzahnradern und dem Kardangeln.
- Kennenlernen und konstruktive Lösung von Winkelzuggetrieben (Lösung 4).
- Wiedererkennen der gefundenen technischen Sachverhalte in Maschinen und Geräten der Umwelt (Transfer).
- Erkennen, daß bei bestimmten Lösungen (1 und 2) der Winkel zwischen den Wellen unveränderlich ist, bei anderen Lösungen (3 bis 5) die Lage der Wellen dagegen verändert werden kann.

Aufgabe 5: Erfinde eine Vorrichtung (ein Getriebe), mit der eine langsame Handbewegung (Kurbelbedienug an Rad A; A = Anfang) in eine schnelle Drehbewegung (Rad E; E = Ende) umgewandelt wird! Alle verfügbaren Gummi- oder Zahnräder dürfen benutzt werden, auch Zugmittel sind erlaubt. Wenn du das Anfangsrad (A) langsam drehst, soll sich das Endrad (E) so schnell wie möglich drehen. Wer findet die beste Lösung?

Skizze deiner eigenen Lösung:

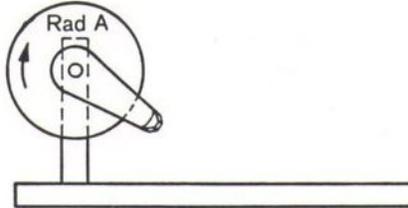


Abb. 8

Tafeltext: Mit der *Übersetzung* kann die Drehgeschwindigkeit geändert werden. Dazu sind verschieden große Räder nötig. Wenn ein großes Rad ein kleineres Rad antreibt, dreht sich dieses schneller als das große. Man spricht dann von einer *Übersetzung ins Schnellere*. Treibt dagegen ein kleines Rad ein größeres an, spricht man von einer *Übersetzung ins Langsamere* (Untersetzung).

Teilt man die Zahnzahl (oder den Durchmesser) des *angetriebenen* Rades durch die Zahnzahl (oder den Durchmesser) des *treibenden* Rades, dann erhält man das Übersetzungsverhältnis. Beispiel: Ein Zahnrad mit 40 Zähnen treibt ein kleineres mit nur 10 Zähnen an. In diesem Fall ist das Übersetzungsverhältnis 10 : 40 oder 1 : 4.

Transfer: *Übersetzung ins Schnellere:* Fahrrad Antrieb, Handbohrmaschine, handbetriebener Schleifstein, Umspulvorrichtung für Filme.

Bei Wäscheschleuder und Ventilator liegt keine Übersetzung vor, weil beide unmittelbar auf der schnell drehenden Elektromotorwelle sitzen.

Übersetzung ins Langsamere: Die meisten elektrischen Maschinen haben eine Untersetzung, um die schnelle Drehbewegung des Elektromotors herabzusetzen. So ist z. B. für die langsam drehende Waschtrommel in vielen Waschmaschinen eine zwei-stufige Untersetzung nötig. Schneckengetriebe übersetzen fast nur ins Langsamere.

Information für den Lehrer:

Um die Aufgabe nicht zu umfangreich werden zu lassen, wurde nur das Übersetzungsgetriebe verlangt. Eine Verbindung mit einem konkreten Gebrauchsgegenstand, wie z. B. einem Ventilator, wurde nicht gesucht.

Die Wettbewerbssituation (wer findet die beste Lösung?) schafft viel Spannung. Der Vergleich der Getriebe wurde folgendermaßen angestellt: Das Abtriebsrad (Endrad) erhielt eine Klebmarke und dann wurde im Beisein aller gezählt, wie oft sich das markierte Rad bei einem Umschwung der Kurbel drehte (Farbbeilage, 9). Die beiden besten Lösungen hatten eine 7fache Übersetzung. Nach dem Klassengespräch über das Zustandekommen der Übersetzungen und nach der Berechnung des Übersetzungsverhältnisses wurde in den beiden folgenden Stunden noch einmal dieselbe Bauaufgabe gestellt. Die beste Übersetzung war jetzt 29fach (Farbbeilage, 10). Damit war für diesen Baukasten die Grenze erreicht: Der hohe Kraftaufwand beim Drehen der Kurbel (Antrieb) beanspruchte die Bauelemente so stark, daß die Räder nicht mehr fest auf den Wellen saßen, sondern sich ohne sie drehten. Dadurch war eine Kraftübertragung nicht mehr möglich.

Für das Übersetzungsverhältnis (i) gilt:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Die Drehzahlen verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser.

z = Zahl der Zähne
d = Raddurchmesser
n = Drehzahl

Die wichtigste Kenngröße für Zahnräder ist der *Modul* (m). Soll ein Getriebe neu gebaut oder ein schadhafte Zahnrad ausgewechselt werden, muß der jeweilige Modul (gemessen in mm) bekannt sein, weil sich Zahnradgetriebe nur aus Zahnrädern gleichen Moduls zusammensetzen lassen. Diese Grundvoraussetzung muß im Unterrichtsgespräch deutlich herausgestellt werden. Für die Schüler ist es ebenfalls nicht selbstverständlich, daß die Zähne der großen Zahnräder im Baukasten genauso groß sind — und auch sein müssen — wie die der kleinen Räder.

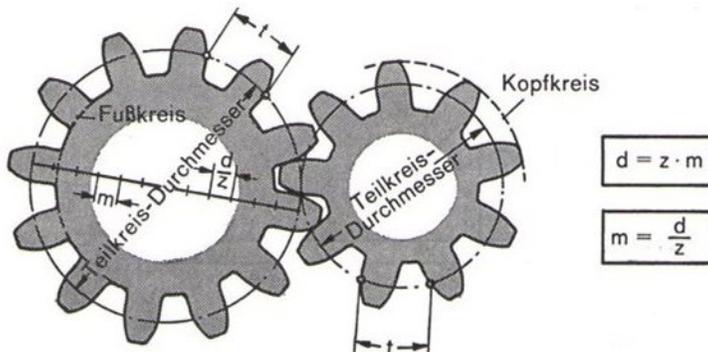


Abb. 9

Die Einführung der nach DIN genormten Modulreihe hat den Vorteil, daß die Zahl π für die Zahnradberechnungen nicht mehr nötig ist und die Anzahl der Werkzeuge zur Zahnradherstellung auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt. Für die Berechnung des Moduls ist die *Teilung* (t) wichtig. Sie ist der auf dem Teilkreis (Abb. 9) als Bogenmaß gemessene Abstand von Zahn zu Zahn. Dieser Teilkreis (auch Wälzkreis genannt) ist die Linie, auf der sich zwei Zahnräder mit ihren Zahnflanken berühren. Teilt man den Umfang (U) dieses Kreises in z (Zahl der Zähne) gleiche Teile, so erhält man die Teilung. Es bestehen folgende Beziehungen:

$$\begin{array}{ll}
 U = \text{Umfang} & U = d \cdot \pi \quad \text{oder} \quad U = z \cdot t \\
 d = \text{Durchmesser} & \text{also ist } d \cdot \pi = z \cdot t \\
 z = \text{Zahl der Zähne} &
 \end{array}$$

Weil die Zahl der Zähne (z) stets eine ganze Zahl ist, muß die Teilung t ein Vielfaches von π sein. Der Multiplikationsfaktor ist der Modul (m).

$$\text{Teilung} = \text{Modul} \cdot \pi$$

$$t = m \cdot \pi$$

Mit Hilfe des Moduls und der Zahl der Zähne können die anderen Zahnradmaße errechnet werden:

$$\begin{array}{l}
 d \cdot \pi = z \cdot t, \text{ wird für } t = m \cdot \pi \text{ gesetzt,} \\
 \text{so gilt: } d \cdot \pi = z \cdot m \cdot \pi
 \end{array}$$

$$d = z \cdot m$$

$$\text{Teilkreisdurchmesser} = \text{Zähnezahl} \cdot \text{Modul}$$

Wollte man das Übersetzungsverhältnis eines Zahnradgetriebes nicht mit Hilfe der Zahnzahl, sondern anhand der Raddurchmesser ermitteln, müßte genaugenommen der Teilkreisdurchmesser zugrunde gelegt werden.

Im Getriebebau wird das kleine Rad meist *Ritzel* genannt. Welche Zahnrad-Grundform für ein Getriebe gewählt wird, hängt von der Lage der entsprechenden Wellen ab. Laufen diese parallel, werden *Stirnräder* (zylindrische Grundformen) eingesetzt. Am bekanntesten und am meisten eingesetzt sind die Räder mit *geraden* Zähnen. Es gibt aber auch schräge, kreisförmige und pfeilförmige Zähne. Bei kreuzenden Wellen werden Kegelhäder oder Schnecken verwendet. Auch im *Zahnprofil* gibt es Unterschiede: Im Maschinenbau hat sich die Evolventenverzahnung durchgesetzt.

Lernziele:

- a) Kennenlernen und Bauen einer Übersetzung.
- b) Berechnung von Übersetzungsverhältnissen. Es muß klarwerden, daß bei einem größeren Übersetzungsgetriebe mit mehreren Stufen das *Abtriebsrad* der ersten Stufe auf derselben Welle sitzt wie das *Antriebsrad* der zweiten Stufe. Das Übersetzungsgetriebe auf Farbfoto 9 hat zwei Stufen, das auf Foto 10 vier Stufen.
- c) Richtiger Gebrauch folgender Fachausdrücke: Stirnrad, Übersetzung ins Schnellere und ins Langsamere (Untersetzung).

Aufgabe 6: Lagere ein Rad so, daß du es mit einer Kurbel drehen kannst! Erfinde nun ein Getriebe (eine Maschine, eine Vorrichtung), bei dem sich etwas *hin-* und *herbewegt*, wenn du die *Kurbel* drehst!

Skizze deiner Lösung:

Tafeltext:

Lösung 1: *Hammerwerk* (Farbbeilage, 11).

Lösung 2: Ein Zahnrad bewegt sich auf einer Zahnstange hin und her (Farbbeilage, 12).

Lösung 3: Ein Gestell auf Rädern bewegt sich hin und her. Die Drehbewegung der Kurbel wird auf eine *Kurbelwelle* übertragen (Farbbeilage, 13).

Lösung 4: Senkrechte Stangen werden durch *Exzentrerscheiben* hochgedrückt (Farbbeilage, 14).

Lösung 5: *Schubkurbel* mit *Pleuelstange* (Farbbeilage, 15).

Transfer: Hammerwerk, Ventilsteuerung im Viertaktmotor, elektrische Laubsäge, Scheibenwischer, Fahrstuhlaufzug; bei der Mähmaschine und der Langhaarschneidevorrichtung an vielen Trockenrasierern wird ein Schermesser hin- und herbewegt; beim Kolbenmotor erfolgt die Bewegungsumwandlung in umgekehrter Folge: die Hin- und Herbewegung des Kolbens wird in eine Drehbewegung umgewandelt.

Information für den Lehrer:

Die verschiedenen Lösungsbeispiele zeigen deutlich, wie groß der *geistige Spielraum* ist, der bei dieser Art der Aufgabenstellung für die Schüler bleibt. Mit der ausführlichen Besprechung der Schülerarbeiten wurde der Lehrgang abgeschlossen. Er soll erst in etwa einem Jahr fortgesetzt werden, damit bei den Schülern nicht durch allzu häufigen Umgang mit ein und demselben Arbeitsmittel eine geistige Ermüdung eintritt. Folgende Themen bieten sich für die Fortsetzung des Lehrgangs an:

1. *Kurbelschwinge* (Scheibenwischer) als weitere Lösung für Aufgabe 6.
2. *Kupplung*: Baue ein Getriebe, bei dem sich das Endrad (E) dreht, wenn du die Kurbel am Anfangsrad (A) bewegst! Erfinde aber noch eine Vorrichtung, mit deren Hilfe du die Verbindung zwischen den Rädern A und E unterbrechen kannst! Es muß also jederzeit möglich sein, daß sich nur das Kurbelrad (A) dreht und das Endrad (E) dabei stillsteht.
3. *Sperrgetriebe*: Baue ein Getriebe, bei dem sich das Kurbelrad nur in einer Richtung drehen läßt!
4. *Aufzugsgetriebe* (mit Untersetzung): Baue eine Vorrichtung, mit der sich durch Drehen einer Kurbel Lasten heben lassen!
5. *Stufenschaltung*: Baue ein Übersetzungsgetriebe, mit dem du während des Betriebs auf ein anderes Übersetzungsverhältnis umschalten kannst!

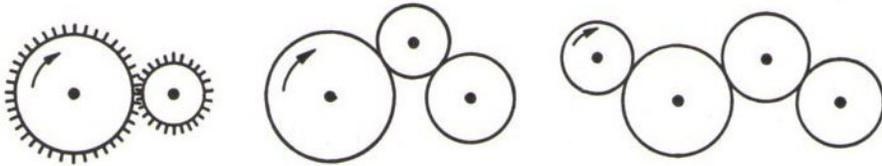
Lernziele:

- Richtiger Gebrauch folgender Fachausdrücke: Hammerwerk, Nocke, Zahnstange, Kurbelwelle, Exzentrerscheibe, Pleuelstange.
- Erkennen, daß bei Lösung 1 und 4 die Schwerkraft einen Teil der Bewegung verursacht.

Überprüfung des Lernerfolgs

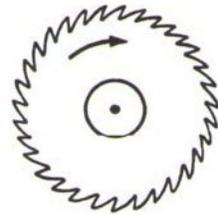
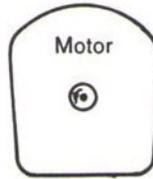
Am Ende des Lehrgangs wurde den Schülern folgende Fragenarbeit⁸ vorgelegt:

- Sitzt eine Schiffsschraube auf einer Achse oder auf einer Welle?
- Trage in den folgenden Abbildungen die Drehrichtung der Räder ein!



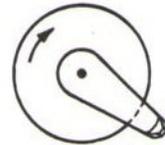
- Wie werden Getriebe genannt, bei denen eine *schnelle* Drehbewegung in eine *langsamere* umgewandelt wird?

- Ein Tischlermeister will mit Hilfe eines Riemens seine Kreissäge antreiben. Zeichne den Riemen in die Abbildung hinein! Achte dabei auf die verschiedenen Drehrichtungen! Das Kreissägeblatt ist an einem kleineren Rad befestigt, das durch den Riemen angetrieben wird.



Schreibe unter die Abbildung den vollständigen Namen dieses Antriebs!

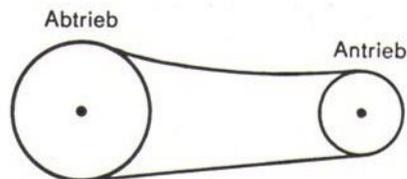
- Zeichne ein Zugmittelgetriebe, bei dem sich das zweite Rad *viermal* so schnell dreht wie das Kurbelrad! Vergiß nicht, die Drehrichtung anzugeben!



Kurbel

- Was ist ein Kardangelen? Wozu braucht man es?
- Ein großes Zahnrad mit 36 Zähnen treibt ein kleineres Zahnrad mit 9 Zähnen an. Wie viele Male dreht sich das kleinere Rad schneller oder langsamer?
- Bei der Übertragung einer Drehbewegung mit Hilfe eines Riemens muß das *Rutschen* des Riemens verhindert werden.
Wie nennt man dieses Rutschen?
Wodurch kann das Rutschen des Riemens verhindert werden?
- Nenne einige Beispiele für eine Übersetzung ins Schnellere!
- Welche Möglichkeiten kennst du, um eine Drehbewegung „um die Ecke“ zu leiten? (Zwei Räder und ihre Wellen stehen im Winkel zueinander.)

⁸ Auf den beiden Fragezetteln war so viel Platz, daß hinter jede Frage der Antwort-Text geschrieben werden konnte.



11. Zeichne bei diesem Zugmittelgetriebe die Drehrichtung ein!
12. Bei einem Hammerwerk werden die Hämmer durch Nocken hochgehoben. Wodurch fallen die Hämmer wieder in ihre Ausgangslage zurück?
13. Bei den Eisenbahnwagen drehen sich die Räder mit den „Stangen“, auf denen sie sitzen. Handelt es sich hierbei um Achsen oder Wellen?

Punkte:

Zensur:

Eine ausführliche Besprechung der Klassenarbeit ist hier nicht möglich. Doch zumindest seien der Klassenspiegel und der Bewertungsmaßstab genannt: Bei den Fragen 1, 3, 7, 12 und 13 gab es je 1 möglichen Punkt, bei den Fragen 4, 5, 6 und 11 waren je 2 Punkte und bei den Fragen 2 und 8 je 3 Punkte zu bekommen. Bei der Frage 9 wurde jede Antwort mit $\frac{1}{2}$ Punkt und bei Frage 10 mit 1 Punkt bewertet. $24\frac{1}{2}$ Punkte waren die beste und 10 Punkte die schwächste Lösung. Die schlechteste Arbeit wurde jedoch nur bedingt gewertet, weil der Schüler oft gefehlt hatte.

| Klassenspiegel | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Zensur | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Zahl der Schüler | 2 | 5 | 6 | 3 | 1 |
| Punkte | ab 22 | 20—22 | 17—20 | 14—17 | unter 13 |

Literatur über Baukästen:

1. *Arbeitsgruppe* Technische Bildung (Hrsg.): „Fahrbar machen“. Fischer-Werk o. J., Tümlingen (7 Karten, Serie A, Satz I).
2. *Baukästen* aus Plast. Werkunterricht 1. bis 3. Klasse. Erfahrungsbericht und Selbstbauanleitung. In: *Beilage* zur Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost), 6. Jg., 1964, H. 8/9, S. 1—11.
3. *H. Berndt*, Schülerübungen mit Metallbaukästen in den Klassen 5 und 6. In: *Systematisch lernen und arbeiten in der polytechnischen Oberschule*, hrsg. von *H. Frankiewicz* u. a., Berlin (Ost) 1965, S. 53—74.
4. *H. Berndt*, *S. Schmidt*, Erfahrungen aus der Arbeit mit Lehr- und Lernmitteln in der Klasse 5. Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost), 9. Jg., 1967, H. 1, S. 31—34.
5. *Günter Bickert*, Technische Mechanik mit technischen Baukästen. Bau und Wirkung der schwingenden Kurbelschleife — Versuch einer Unterrichtsskizze zum Technischen Werken. *werkpädagogische hefte*, 2. Jg., 1969, H. 2, S. 7—11.
6. *Wolfgang Biester*, Technische Baukästen als Arbeitsmittel im Werkunterricht. In: *Werkunterricht als technische Bildung*, bearb. von *G. Uschkerkeit*, *O. Mehrgardt* und *F. Kaufmann*, Weinheim 1969, S. 291—294.
7. *H. Egen*, Neue Arbeitsmittel für den Werkunterricht. *werkpädagogische hefte*, 1. Jg., 1968, H. 2, S. 11—14.
8. *Kurt Enders*, Arbeit mit Metallbaukästen richtig organisieren! Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost), 5. Jg., 1963, H. 1, S. 41—42.

9. *Fischer Technik im Unterricht, Pädagogen über Fischer Technik.* 14 Gutachten. Fischer-Werk, Tumlingen 1968.
10. *Fischer-Werk* (Hrsg.): *Spielen und Erkennen mit fischer technik*, verfaßt von *Siegfried Mrowka*. Fischer-Werk o. J., Tumlingen, 47 S. (1. Über das Spiel; 2. Über die Grundlagen der Naturgesetze).
11. *Hinweise für die Erarbeitung der elementaren Maschinenlehre mit technischen Baukästen.* In: *Beilage zur Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost)*, 9. Jg., 1967, H. 8/9, S. 1—24.
12. *Wilfried Lange*, *Vom Sinn der Baukastenarbeit im Werkunterricht.* *Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost)*, 10. Jg., 1968, H. 3, S. 115—118.
13. *Otto Mehrgardt*, *Bauen mit dem Metallbaukasten.* *Die Werkaufgabe*, 3. Jg., 1960, Nr. 33.
14. *Wolfgang Müller*, *Arbeit mit Metallbaukästen — schöpferische Form der Kenntnisvermittlung.* *Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost)*, 5. Jg., 1963, H. 1, S. 39—41.
15. *Werner Radigk*, *Der Lernbaukasten im naturwissenschaftlichen Unterricht.* *aula*, 2. Jg., 1969, H. 4, Sp. 262—270.
16. *Herbert Samietz*, *Technische Versuche zur Getriebelehre (9. Klasse).* *Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost)*, 9. Jg., 1967, H. 5, S. 186—187.
17. *Hans Sawade*, *Die Arbeit mit Baukästen.* In: *Systematisch lernen und arbeiten in der polytechnischen Oberschule*, hrsg. von *H. Frankiewicz u. a.*, Berlin (Ost) 1965, S. 39—53.
18. *Eva und Ehrenfried Schneider*, *Symbole zur Darstellung von Einzelteilen des technischen Baukastens.* *Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost)*, 9. Jg., 1967, H. 4, S. 167—170 und H. 5, S. 217.
19. *Selzer*, *Technische Baukästen.* Donauwörth (in Vorbereitung).
20. *Gertrud Weismantel*, *Technische Baukästen als Arbeitsmittel in der Grundschule.* In: *Werkunterricht als technische Bildung*, bearb. von *G. Uschkerit, O. Mehrgardt* und *F. Kaufmann*. Weinheim 1969, S. 285—289.
21. *Wolfgang Wettig*, *Demonstrationsbaukasten für den Lehrer.* *Zeitschrift Polytechnische Bildung und Erziehung, Volk und Wissen Verlag, Berlin (Ost)*, 6. Jg., 1964, H. 12, S. 510—512.

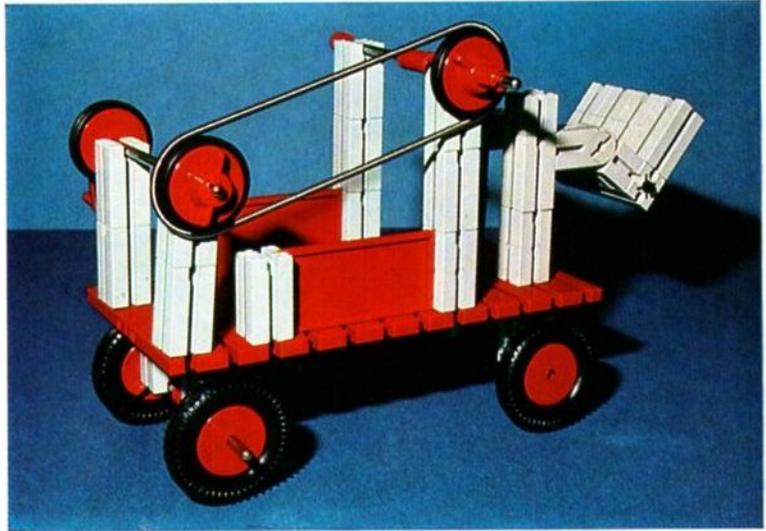
Nach der Drucklegung sind mir noch folgende Aufsätze bekannt geworden:

22. *Gottfried Aigner*, *Konstruktionsbaukästen.* (Test von 24 Baukästen.) In: *DM*, H. 12, 1969, S. 48 ff.
23. *Horst Knolle*, *probi — ein neues technisches Baukasten-System.* *werkpädagogische hefte*, 1. Jg., 1968, H. 3, S. 28.
24. *Otto Mehrgardt*, *Technische Baukästen im Unterricht.* *Die Werkaufgabe*, 13. Jg., 1970, Nr. 145.
25. *J. Schalomon*, *Über die Verbindung von Denken und Handeln bei der Lösung von Konstruktionsaufgaben durch Schüler.* *Pädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der sozialistischen Erziehung*, Berlin (Ost) 1961, Beiheft 1, S. 44 ff.

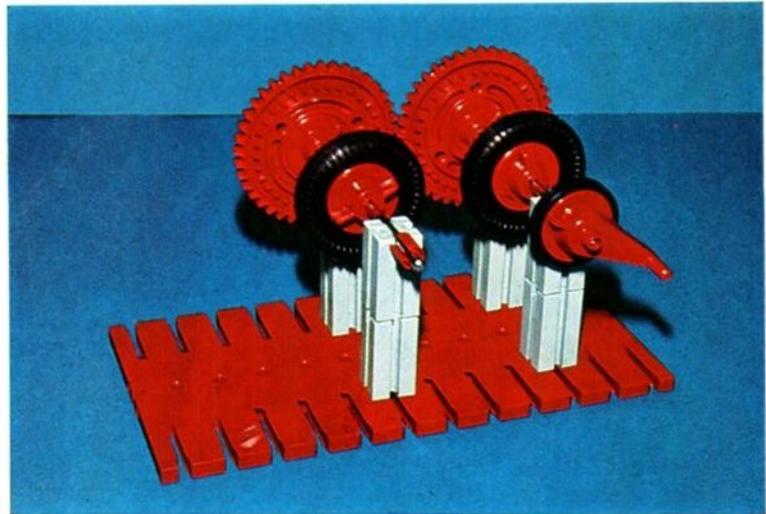
CHRISTIAN VOLLMERS

**Ein Lehrgang zur
technischen Grundbildung**

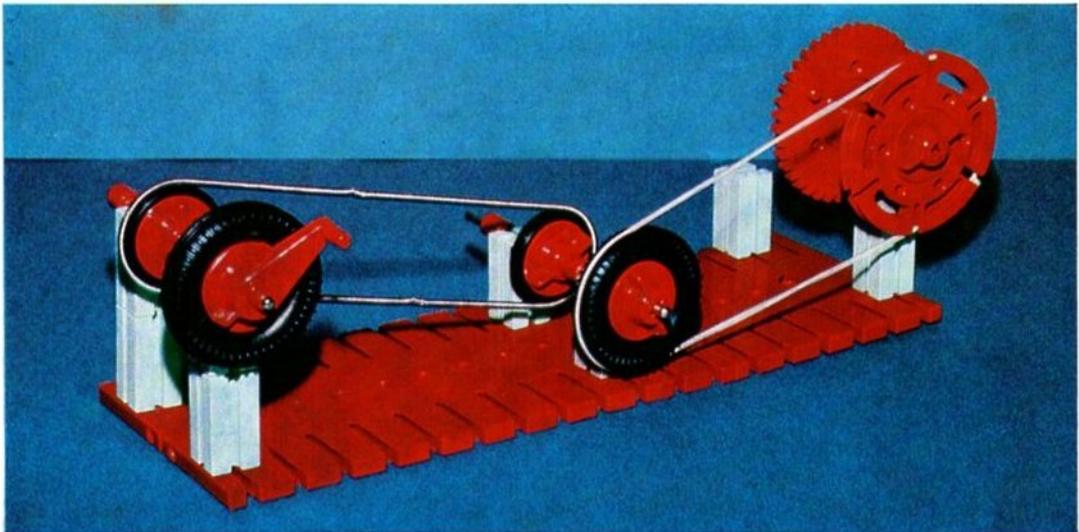
① Funktionsloses Zugmittel-
getriebe auf einem Fahrzeug
mit Planierschild

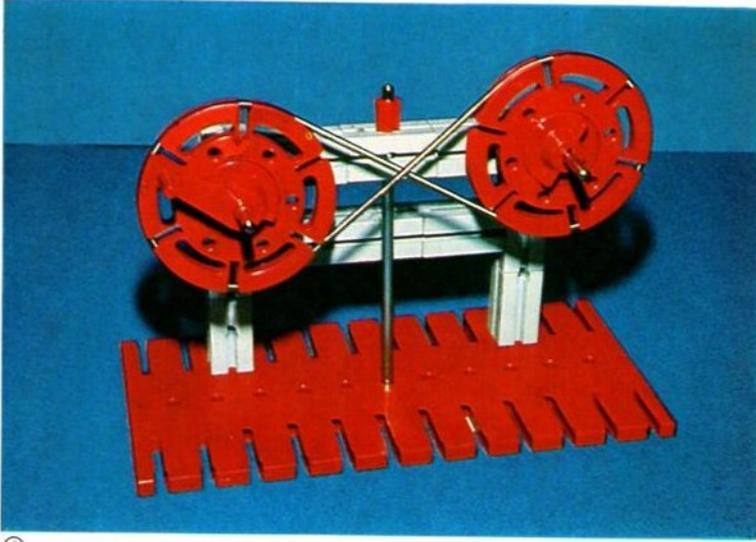


② Zahnradgetriebe. Die Räder
drehen sich entgegengesetzt

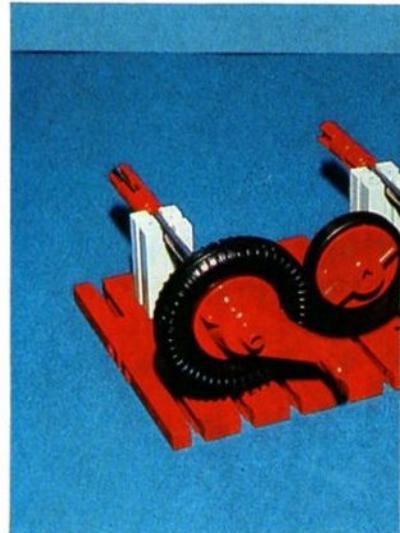


③ Zugmittelgetriebe

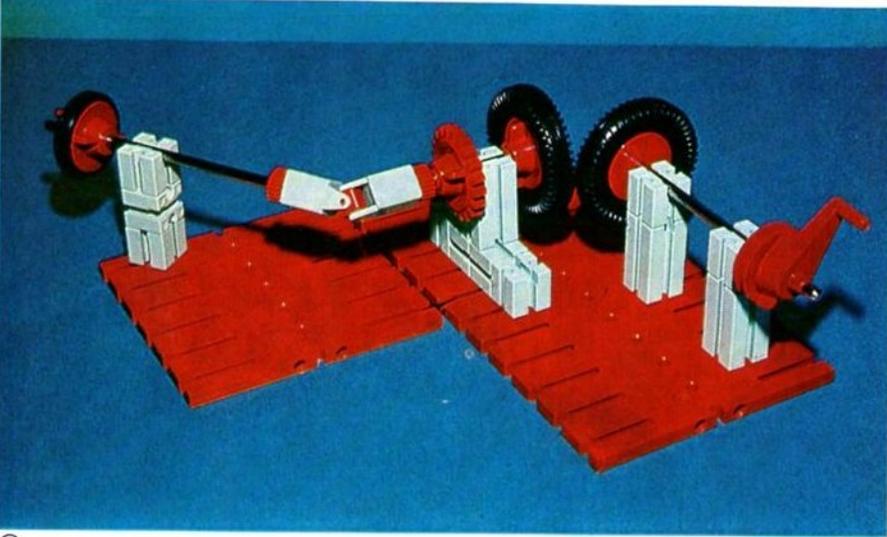




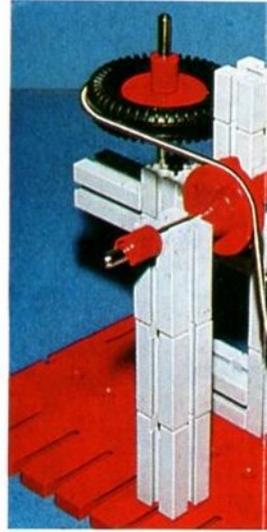
④



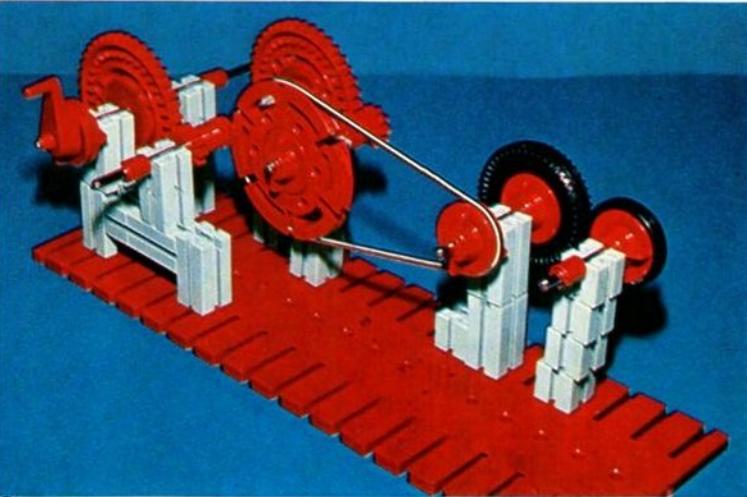
⑤



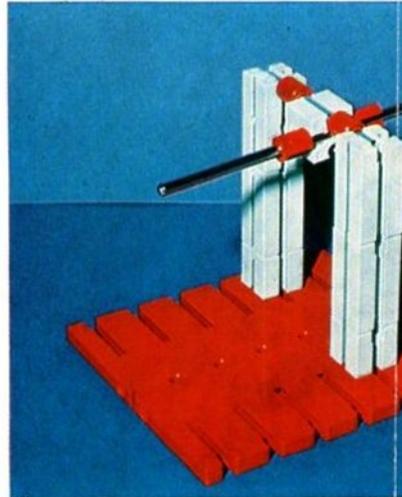
⑦



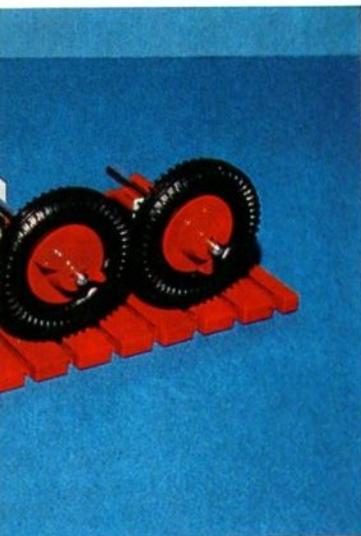
⑧



⑩



⑪



④ Gekreuzter Riementrieb. Pfeiler müssen abgestützt sein!

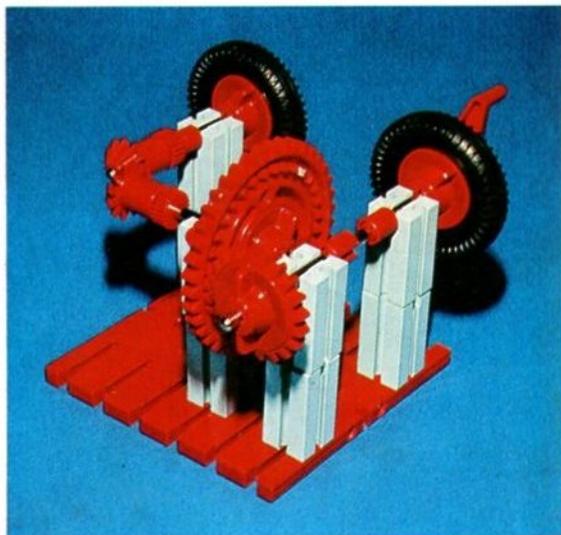
⑤ Reibradgetriebe. Funktionsfähig, obwohl das kleine Rad keine Achse hat

⑥ Kegelhäznräder und Tellerzahnrad

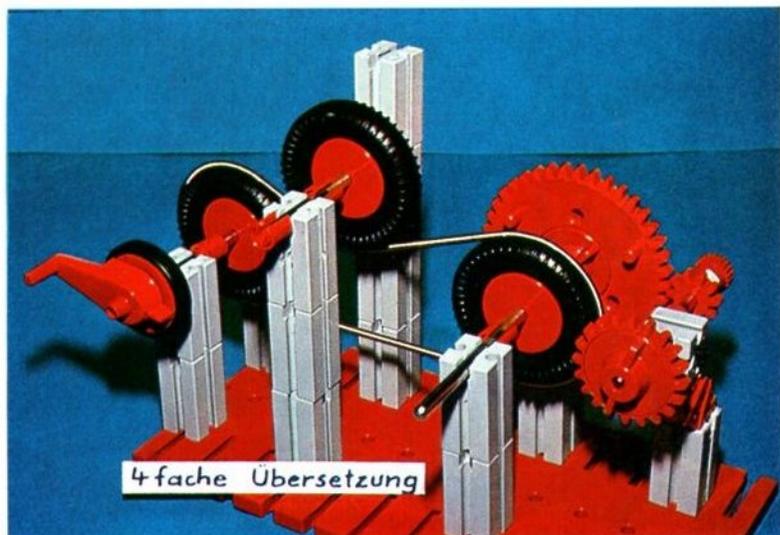
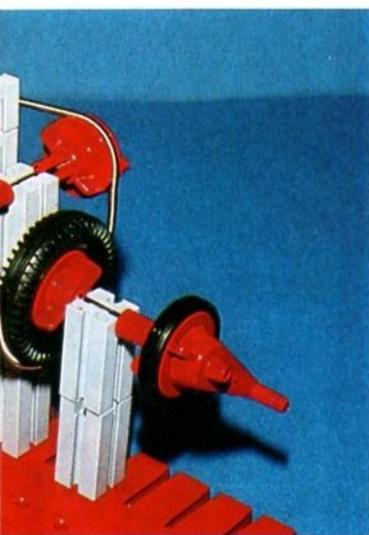
⑦ Gelenkwelle und Reibradgetriebe

⑧ Winkel-Riementrieb. Führungsrollen drehen sich entgegengesetzt!

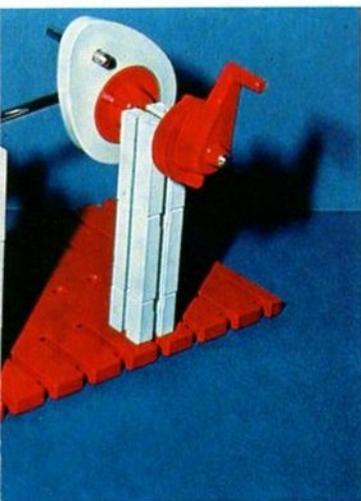
⑨ Übersetzungsgetriebe mit Spannrolle



⑥



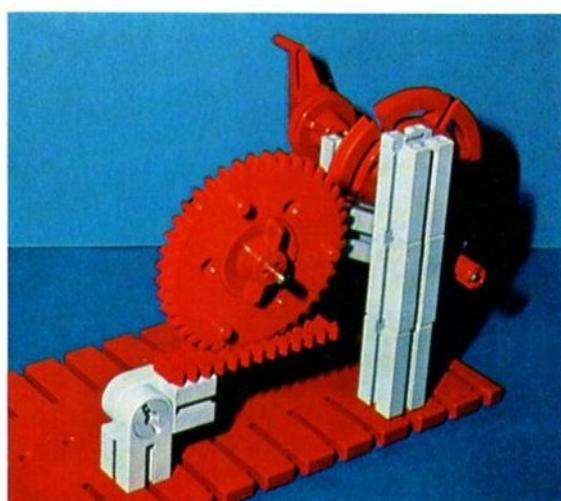
⑨



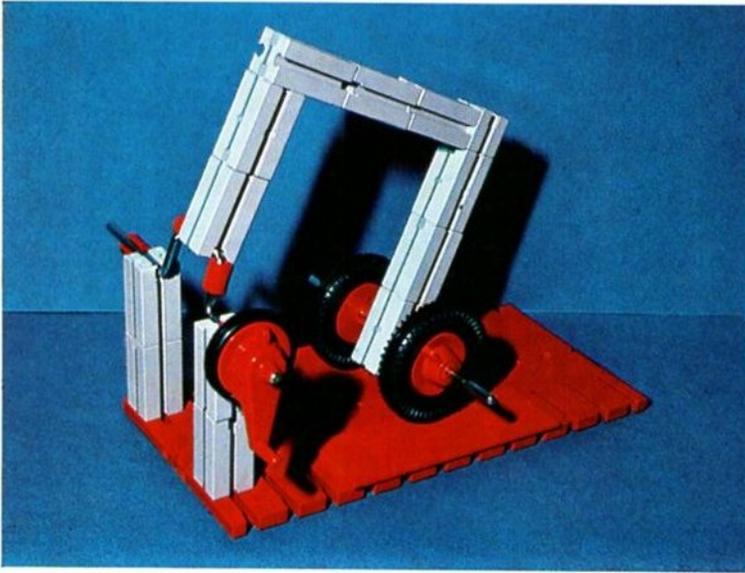
⑩ 29fache Übersetzung

⑪ Die Stahlstange bewegt sich auf und ab: „Hammerwerk“

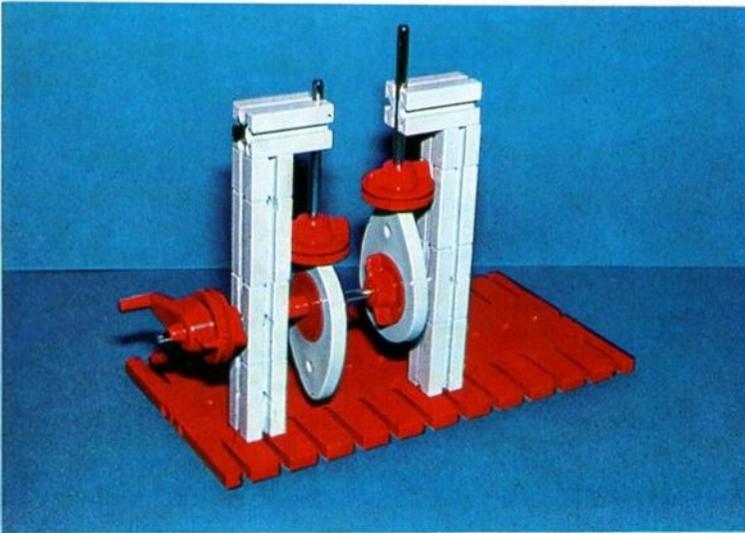
⑫ Das Zahnrad bewegt sich auf der Zahnstange hin und her



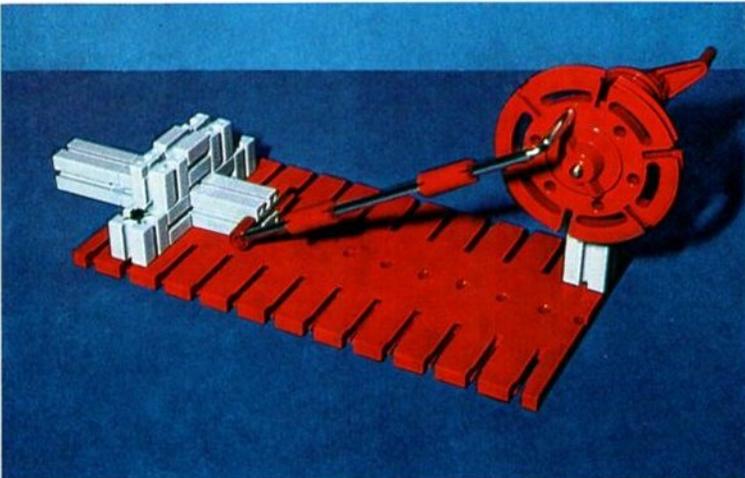
⑫



13 Die Kurbelwelle bewegt das Fahrgestell hin und her



14 Spiel zwischen Stempel und Exzentrerscheibe (Ventilsteuerung beim Verbrennungsmotor)



15 Schubkurbel mit Pleuelstange