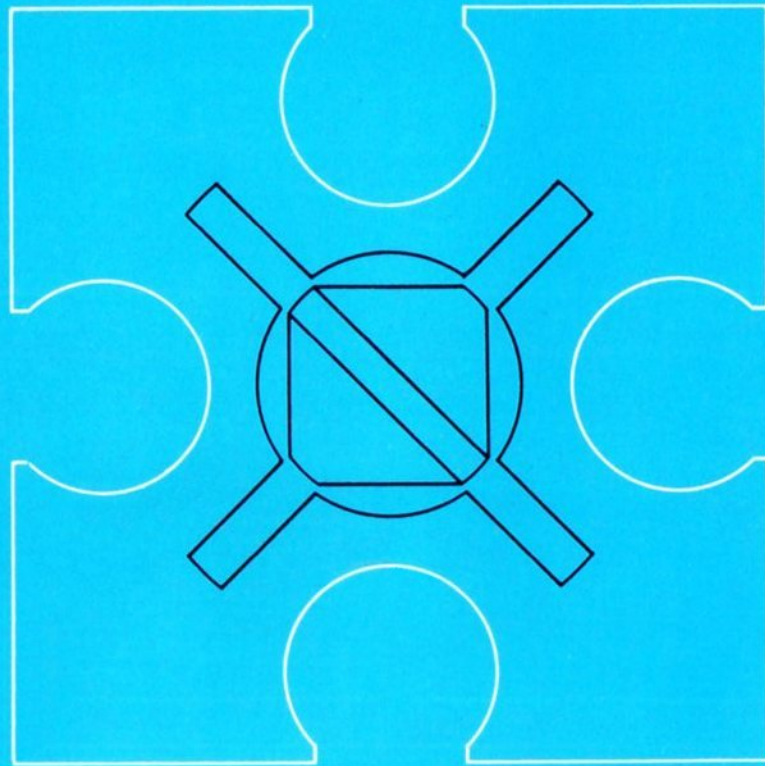


TECHNISCHE BILDUNG  
MIT FISCHERTECHNIK-SCHULPROGRAMM

# UNTERRICHT MIT LERNBAUKÄSTEN



BERICHTE - ERFAHRUNGEN - VORSCHLÄGE

Technische Bildung  
mit fischertechnik-schulprogramm

# Unterricht mit Lernbaukästen

Berichte – Erfahrungen – Vorschläge

Mit Beiträgen von

*Günter Bickert*

*Richard Meier*

*Werner Radigk*

*Helmut Wiederrecht*



Georg Westermann Verlag, Braunschweig

Westermann und ›fischertechnik‹  
arbeiten auf dem Schulsektor zusammen.  
Ziel der gemeinsamen Arbeit ist die  
Förderung der Technischen Bildung  
an allgemeinbildenden und weiterführenden  
Schulen.

Für diese Aufgabe bietet ›fischertechnik‹ in  
Zusammenarbeit mit namhaften Pädagogen das  
Schulprogramm als neuartiges Arbeitsmittel und  
Westermann als pädagogischer Fachverlag  
seine langjährigen Erfahrungen und ein Konzept  
didaktischer Fachwerke für Lehrer und Schüler an.

**fischertechnik –  
schulprogramm  
mit westermann**

# Inhalt

*Helmut Wiederrecht:* Technische Bildung im Rahmen des Technischen Werkens und der Arbeitslehre

*Richard Meier:* RÄDER – Phänomene der Technik im Unterricht der Grundschule

*Werner Radigk:* Der Lernbaukasten im naturwissenschaftlichen Unterricht

*Günter Bickert:* Technische Mechanik mit technischen Baukästen

Bauanleitung zum Lernbaukasten u-t 1 und u-t 2

## Quellenverzeichnis

Der Beitrag von Richard Meier  
*„Räder“-Phänomene der Technik im Unterricht der Grundschule*  
wurde zuerst in „Westermanns Pädagogische Beiträge“ 10/1969 veröffentlicht. (Georg Westermann Verlag, Braunschweig)

Der Beitrag von Werner Radigk  
*„Der Lernbaukasten im naturwissenschaftlichen Unterricht“*  
wurde zuerst in „AULA“ 4/1969 veröffentlicht. (Verlag Karl Ihl & Co, Coburg)

Der Beitrag von Günter Bickert  
*„Technische Mechanik mit technischen Baukästen“*  
wurde zuerst in „Werkpädagogische Hefte“ 2/1969 veröffentlicht. (Verlag Frech, Stuttgart-Botnang)

Westermann-Bestell-Nr. 168001

Fischer -Bestell-Nr. 39005

GEORG WESTERMANN VERLAG 1970

UMSCHLAGENTWURF: ADALBERT HOMEY

SATZ: HAGEDORN, BERLIN

DRUCK UND BINDUNG: GEORG WESTERMANN VERLAG, BRAUNSCHWEIG 1970

# Technische Bildung im Rahmen des Technischen Werkens und der Arbeitslehre

## 1. Die Aufgabe des technischen Werkens

Im Schüler ist ein Bewußtsein für elementare technische Probleme zu wecken. Technisches Denken soll in Auseinandersetzung mit konkreten technischen Problemen entwickelt werden. Die Inhalte, an denen dieses technische Denken erworben wird, sind im Vergleich dazu von sekundärer Natur. Der Versuch, durch eine Aneinanderreihung von Inhalten ein möglichst lückenloses technisches Wissen zu erwerben, ist von vornherein zum Scheitern verurteilt.

## 2. Das Ziel des Unterrichts: Technisches Denken

Das technische Denken wird an definierten, exemplarischen Beispielen entwickelt. Der Unterricht hat technische Welt nicht identisch, sondern didaktisch verwandelt abzubilden. Kräne, Getriebe, Verkehrsampeln, Pressen, die im Unterricht entstehen, entstehen nach didaktischen Prinzipien.

So erworbenes („mühsam“ erworbenes) technisches Denken ist dann durch **Beweglichkeit** gekennzeichnet und durch kreatives Verhalten ausgezeichnet. Stellen sich dem Lernenden später andere technische Probleme, so vermag er das beim Lösen des Problems erworbene Verhalten auf die Lösung eines neuen Problems zu übertragen. Technisches Denken erweist sich dann den Veränderungen der Umwelt gegenüber als flexibel.

Die Auswahl der Inhalte ist in erster Linie Aufgabe des Lehrers. Er kann dabei durch Lehrpläne, Richtlinien, Handbücher und Arbeitskarten unterstützt werden. Letztlich nimmt ihm aber niemand diese Verantwortung ab. Der Lehrer orientiert sich selbst dabei an der Lebenswirklichkeit, denn nur konkrete Gegenstände können für den Unterricht von **Belang** sein.

Dabei verstehen wir unter technischem Denken einen Prozeß, der auf dem Finden und Erfassen von Sinnzusammenhängen im technischen Bereich beruht.

Insbesondere in Anfangsklassen sind Denkprozesse und Denkleistungen des Schülers an unmittelbare konkrete Erfahrung gebunden. Es wird zunächst nicht möglich sein, daß Schüler der Grundschule, aber auch weitgehend die der Hauptschule, theoretisch planend Lösungen entwickeln, sei es durch Zeichnen oder durch Verbalisieren. Die zentrale Handlungsform des Unterrichts ist das **Konstruieren**. Das Konstruieren verfolgt die Frage, wie etwas wirkt, geht, funktioniert, ob es hält und vor allem: wie es zu machen sei. Es ist jenes Denken gemeint, das das Herstellen einer Sache lenkt, dabei korrigiert und vorantreibt.

<sup>1</sup> Das im folgenden dargestellte Grundmodell einer Didaktik für die Technische Bildung ist aus den gemeinsamen Überlegungen und Diskussionen der Arbeitsgruppe „Technische Bildung“ an der Päd. Hochschule Heidelberg entstanden. Die Arbeitsgruppe, die sich aus Psychologen, Werkerziehern, Schulpädagogen, Pädagogen, Technikern und Physikern zusammensetzt, erstellt nach diesem Grundmodell Lernprogramme im Bereich der Technischen Bildung.

### 3. Technische Bildung

Sie muß einerseits die Momente des Technischen berücksichtigen und als Bildungssinn anerkennen.

Solche Momente des Technischen sind zum Beispiel:

1. Die Methode der Technik: Feststellen oder Wecken eines Bedarfs, Planen, Konstruieren, Prüfen.
2. Die technischen Planungsprinzipien: Zweckmäßigkeit, Funktionstüchtigkeit, Haltbarkeit.
3. Die Zeit-Kosten-Relation: Sie berücksichtigt die wirtschaftlichen Abhängigkeitsverhältnisse auf die Entwicklung und Herstellung technischer Gegenstände.

### 4. Technik zur Daseinserleichterung und -erhöhung

Technik führt zur personalen Entlastung im Sinne einer Daseinserleichterung. Dabei ist daran zu denken, wie früher Menschen zum Transportieren, zum Heben und Bewegen schwerer Lasten eingesetzt wurden. (Beispiel: Bau der Pyramiden, Ruderer als Antrieb für Schiffe.) Heute ersetzen Motoren als Energiequellen weitgehend Mensch oder Tier.

Technik ermöglicht eine Erweiterung des Erlebnisraumes im Sinne einer Daseinserhöhung. Die Grenze personaler Aktionsmöglichkeit wird erweitert. Die Technik erst realisiert soziale menschliche Kommunikation und Kooperation über die persönlichen Ich-Du-Beziehungen hinaus. Technik in Gestalt von Zeitung, Rundfunk und Fernsehen läßt uns teilhaben an einem Geschehen, das uns ohne Vermittlung durch Technik verborgen bliebe.

Die Technik schafft die Voraussetzung für ein menschenwürdiges Dasein. Daß man die Möglichkeiten, die die Technik bietet, auch zum Schaden der Menschen einsetzen kann, ist bekannt. Beispiele dafür könnte jeder in großer Zahl anführen.

### 5. Die Didaktik der technischen Bildung

Sie wandelt diese Momente des Technischen in einen produktiven, geistigen und manuellen Prozeß um. Beobachten, Beschreiben, Planen, Entwerfen, Konstruieren, Überprüfen, Analysieren und Korrigieren sind entsprechend die wichtigen Tätigkeiten des Lernenden.

Die Didaktik für die Technische Bildung hat deshalb folgendes zu beachten: Sie muß technisches Denken an definierten Problemen heranbilden. Es genügt jedoch nicht, dieses Denken zu entwickeln, es muß auch in ständiger Bemühung gesichert werden. Es gilt die Neugier zu einer kultivierten Wißbegier zu entwickeln.

Einsicht ist nicht zu gewinnen im didaktischen Naivmodell des Vor- und Nachmachens. An die Stelle solcher „natürlicher“ Lehre muß eine Schulung anderer Art treten. Mit einem Schlagwort: **Selbstfinden ist besser als Nachbauen.**

### 6. Die Organisation des Unterrichts

Nur Gegenstände aus der Lebenswirklichkeit können wirksame Gegenstände für den Unterricht sein. Technische Bildung entnimmt deshalb die Aufgaben und die Problemstellungen der Lebenswirklichkeit. Sie kann natürlich nicht unreflektiert übernommen werden, denn die Wirklichkeit der Schule ist eine andere Wirklichkeit als die der Wirtschaft und des Berufes. Die Lebenswirklichkeit ist unter didaktischen Gesichtspunkten zu analysieren, um die für die jeweilige Situation in der Klasse richtige und sinnvolle Aufgabe auszuwählen. Der Lehrer kann sich dabei anregen lassen. Wichtig ist jedoch, daß die Schüler die Aufgabe und die darin enthaltene Problemstellung klar erkannt haben und zur Problemlösung motiviert sind.

## 7. Die Problemlösung

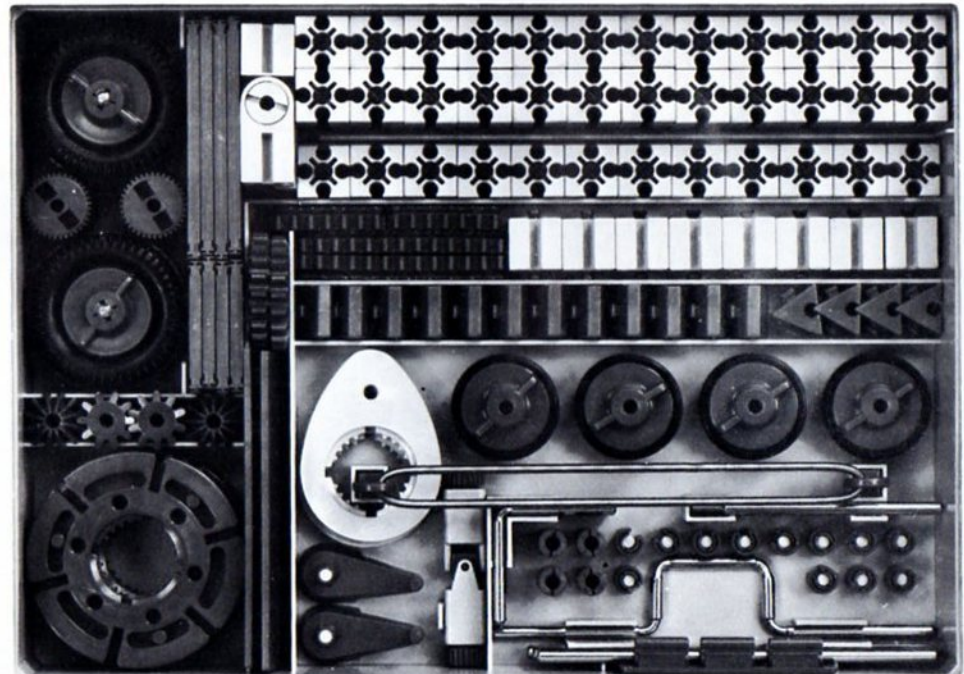
Sie wird zu einem Prozeß produktiven Denkens, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Der Schüler muß das in der Aufgabe enthaltene Problem als „sein“ Problem erkennen und anerkennen.
- b) Es muß gewährleistet sein, daß abweichende Lösungen und Lösungsprozesse nicht als Abweichungen von Normen diskreditiert werden. Das ist in der Aufgabe enthaltene Problem kann auf der Stufe des Modells auf unterschiedliche Arten gelöst werden. Alle Abbildungen von Modellen können nur als Vorschläge aufgefaßt werden. Sie wollen Anregungen und Hinweise geben. Sie können aber den Schülern nicht als die verbindliche und einzig richtige Lösung vorgegeben werden.

c) Es muß gesichert sein, daß Beweglichkeit des Denkens und Handelns nicht durch äußeren Druck (z. B. durch Fixierung auf handwerkliche Regeln) verhindert werden.

d) Scheinbar nur reproduktive Leistungen (z. B. das Nacherfinden einer Lenkung) werden als produktive Prozesse und Leistungen anerkannt. Es kommt hier auf den Standpunkt an, von dem aus die Problemlösung betrachtet wird.

Der Schüler, der mit diesem Material eine Lösung des Problems versucht, vollbringt einen Akt produktiven Denkens, wenn er aus Kenntnis der Aufgabe und des Materials versucht, ein Problem zu lösen. Aus der Sicht des Lehrers sieht die Problemlösung scheinbar reproduktiv aus; denn er weiß, daß das technische Problem schon längst gelöst ist.



Lernbaukästen u-t 1 aus dem „fischertechnik-schulprogramm mit westermann“



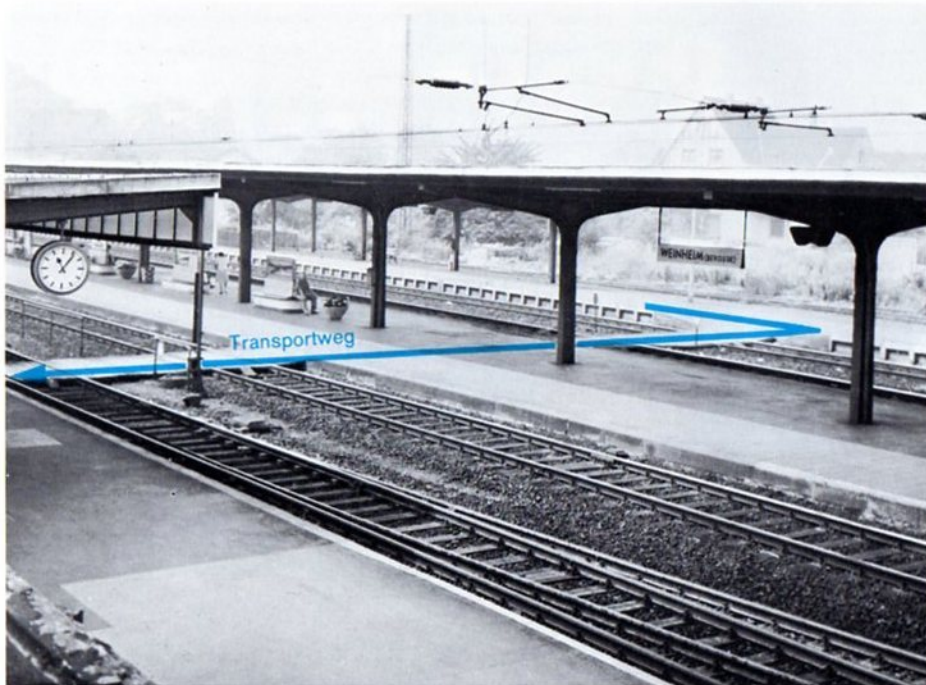
Der Unterricht muß, da er sich des Denkens nicht nur bedient, sondern dazu auffordert, suchend – versuchend, findend – erfindend sein. Er darf nicht Ergebnisse geben, er muß, soweit immer möglich, Lösungen originell sich entwickeln lassen. Irrwege, das läßt das geistige Prinzip „Versuch – Irrtum und Lenkung durch den Lehrer“ erkennen, sind fruchtbare Wege.

## 8. Die Analyse des Lernprozesses

a) In der ersten Phase der Problemlösung ordnet der Schüler sein *Vorwissen* der gestellten Aufgabe zu. Er tastet seine bisher gesammelte Erfahrung daraufhin ab, ob er sich an etwas erinnert, was zur Lösung des Problems dienen kann. Er gelangt so zu einer

ersten *Vermutung* einer möglichen Lösung. Schüler der Grund- und weitgehend auch Schüler der Hauptschule sind häufig nicht in der Lage, diese Vermutung andern Schülern durch Verbalisieren oder durch Zeichnen mitzuteilen. Der Schüler plant die Lösung anhand von Material. Er setzt seine Vermutung sofort in eine Konstruktion um. Jedes Detail der Konstruktion wird häufig sofort überprüft. Dabei wird nicht nur die Funktionstüchtigkeit des Details überprüft, der Schüler prüft hier seine Vermutung, seinen Plan. Gegebenenfalls setzt er schon hier eine Verbesserung seiner Konstruktion an. Der Schüler gelangt so zu einer kreativen, häufig noch unvollkommenen Lösung der in der Aufgabe enthaltenen technischen Probleme.

b) Wie in der Technik ist diese erste, kreative Konstruktion auf ihre Zweckmäßigkeit und ihre Funk-



Situationsbild aus der Arbeitskarten-Serie A „Fahrbar machen“, Satz II.

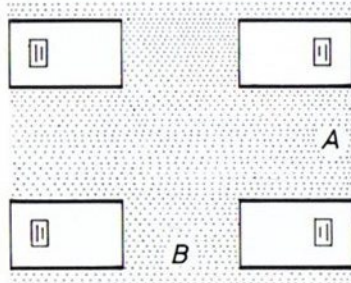
tionstüchtigkeit hin zu überprüfen. Da die Konstruktion auf der Stufe des Modells durchgeführt wurde, geschieht die Prüfung meist in simulierten Prüfungssituationen. Sie muß natürlich so angelegt sein, daß sie eine Überprüfung sämtlicher Determinanten der Problemlage ermöglicht und erzwingt. An einem Beispiel aus Arbeitskarten zum fischertechnik-schulprogramm sei dies erläutert:

Stellen Sie sich den Bahnhof einer kleinen Stadt vor. Züge fahren ein. Reisende lassen große und schwere Gepäckstücke im Gepäckwagen befördern. Am Ziel ihrer Reise möchten sie diese Gepäckstücke wieder an der Gepäckabfertigung abholen. Mit Anhängern, die von einem Elektrokarren oder von einem Mann gezogen werden, wird das Gepäck vom Gepäckwagen über den Schienenübergang zur Gepäckabfertigung gefahren.

### Determinanten der Problemlage:

1. Der Wagen braucht eine Ladefläche, auf der Gepäckstücke sicher stehen können.
2. Der Wagen muß von einem Mann gezogen oder an einen Elektrokarren angehängt werden können.
3. Der Wagen muß sich um enge Kurven lenken lassen.

Die Funktionstüchtigkeit und Zweckmäßigkeit des Anhängers erweist sich besonders beim Fahren. Die Prüfstrecke muß deshalb so angelegt sein, daß sie die



*Simulierte Prüfstrecke.  
Aus: Arbeitskarte  
Serie A, Satz II „Einfache Lenkung beim vierradrigen Wagen“*

entsprechenden Lenkbewegungen erzwingt. Wir bauen eine Prüfstrecke aus Heften und fahren einen entsprechenden Weg.

Technisches Denken als prozeßhaftes Geschehen kann sich nur entwickeln und entfalten, wenn *jeder* Schüler die Möglichkeit hat, seine Vermutung zu realisieren, d. h. zu konstruieren. Die ersten Phasen des Lernprozesses (Vermuten, Planen, Entwerfen, Konstruieren) sollten immer in Einzelarbeit verlaufen. Nur wenn der Schüler die Möglichkeit hat, seine Vorstellungen zu verwirklichen, kann er erfahren, ob seine Vermutung sich in einer zweckmäßigen und funktionstüchtigen Lösung realisieren läßt. In der Phase des Überprüfens befindet sich der Schüler jedoch in einer völlig anderen Situation. Er vermag seine Konstruktion nur dann objektiv zu überprüfen und zu beurteilen, wenn er innerlich davon Abstand gewinnt. Er wird versuchen, seine Konstruktion als zweckmäßig und funktionstüchtig zu verteidigen, bis er vom Gegenteil überzeugt ist. Es fällt dem Schüler schwer, diese Objektivität gegenüber seiner eigenen Konstruktion zu erreichen.

Es ist deshalb sinnvoll, wenn in der Phase der Überprüfung mehrere zusammenarbeiten. Dies kann in der Gruppe oder im Klassenverband geschehen. Das letztere hat jedoch den Nachteil, daß dann die Überprüfung sämtlicher Modelle erhebliche Zeit beansprucht. (Situation wie beim TÜV, man steht unbeeiligt da und wartet, bis der eigene Wagen über den Prüfstand rollt.) Der Konstrukteur führt dann seinen Wagen vor, die andern beurteilen und entscheiden mit. Dies Verfahren gewährleistet eine größere Objektivität der Beurteilung. Dem Konstrukteur bleibt immer noch die Möglichkeit, auf Vorzüge seiner Konstruktion aufmerksam zu machen.

In dieser Überprüfung kann zweierlei geschehen:

1. Die Überprüfung beweist die Zweckmäßigkeit und die Funktionstüchtigkeit des Modells. Das heißt, alle in der Aufgabe enthaltenen technischen Probleme sind gelöst.

2. Die Überprüfung beweist, daß nicht alle oder nur wenige Probleme gelöst sind.

c) In beiden Fällen ist es dann erforderlich, das Modell zu *analysieren*. Einzellösungen werden mit Lösungen anderer Schüler verglichen. Unterschiede werden verbalisiert und im Hinblick auf bessere oder geringere Funktionstüchtigkeit festgestellt bzw. erfahren. In dieser Phase der *Analyse* von Konstruktionen gewinnt der Schüler technisch-physikalische Einsichten. Funktionstüchtigkeit und Zweckmäßigkeit können im Detail der Konstruktion begründet werden. Ursachen des Scheiterns werden erkannt.

Auch in dieser Phase ist eine Zusammenarbeit mehrerer sinnvoll. Hat nämlich der Schüler in der Phase des Konstruierens und bei der dabei stattgefundenen Prüfung der Details die Unzweckmäßigkeit nicht erkannt, so ist er häufig auch jetzt noch nicht in der Lage, die Ursache des Scheiterns zu finden. Hinweise anderer bedeuten hier eine Hilfe, um zu einer besseren Lösung zu kommen.

d) Nach der Analyse der Modelle erfolgt in all den Fällen, in denen die Konstruktion noch keine optimale Lösung darstellt, die Phase des *Korrigierens*. Auf Grund besserer Einsicht, auf Grund von Hilfen ist der Lernende in der Lage, eine optimale Lösung der technischen Probleme zu finden. In einer nochmaligen *Überprüfung* erweist sich schließlich das Modell als eine optimale Lösung. Diese Phase der Analyse, des Korrigierens und der sich anschließenden Überprüfung können sich auch mehrmals wiederholen, wenn die erste Korrektur noch keine optimale Lösung darstellt.

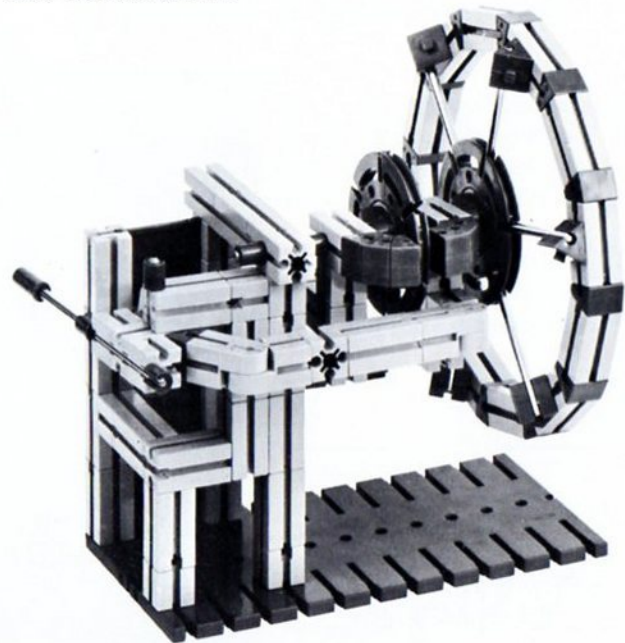
e) Im Verlaufe dieses Prozesses vom Erkennen des Problems bis zum Finden einer optimalen Lösung entwickelt sich beim Lernenden *technisches Denken*. Technisches Denken ist jeder dieser Phasen zugehörig, es kann von keiner losgelöst werden. Daß der Schüler sich dabei technische Kenntnisse und tech-

nisches Wissen aneignet, braucht nicht mehr besonders hervorgehoben zu werden. Das im Verlauf dieses Lernprozesses erworbene Wissen wird dann selbst wieder zum Vorwissen zur Lösung anderer Probleme und damit für den Lernenden Teil seiner Lebenswirklichkeit.

So gesehen erweist sich Technische Bildung, wie Bildung überhaupt, immer als Erfahrungszuwachs, denn der Lernende erfährt die eigenen Kräfte als Begabung.

An dieser Aufgabe des vierrädrigen Wagens können außer der Lenkung auch andere technische Probleme erörtert und geklärt werden. So z. B. das Problem der Einzelradbefestigung als Voraussetzung für das Durchfahren von Kurven; die Größe der Räder in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Fahrweges; Kurvenradius beim Anhängen mehrerer Wagen.

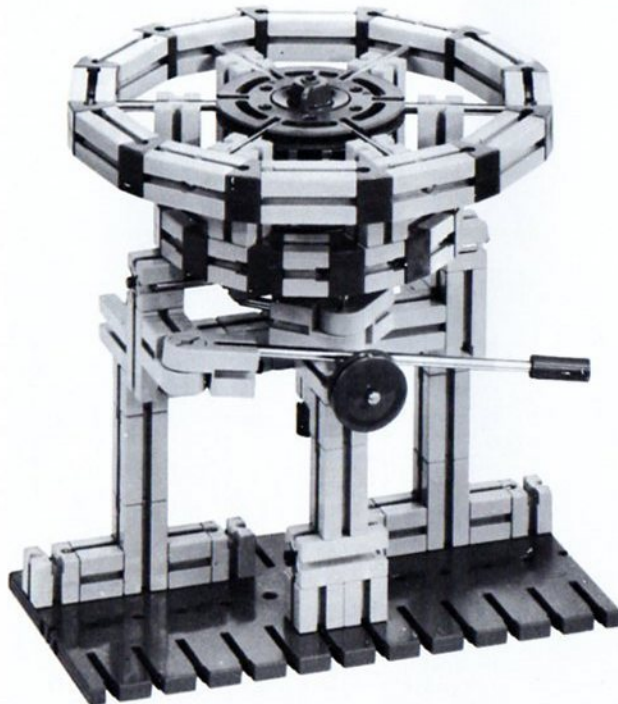
*Funktionsmodell  
einer Scheibenbremse*



## 9. Der technische Baukasten als Arbeitsmittel

Dieser didaktisch gesteuerte Prozeß der Technischen Bildung setzt ein Material voraus, das erlaubt, technische Probleme in die Stufe des Modells zu überführen, so daß die genannten Operationen des Konstruierens, Prüfens, Analysierens usw. konkret handelnd durchgeführt werden können. Der Lernbaukasten „fischer-technik“ erfüllt in hohem Maße die materialen didaktischen Bedingungen. Er stellt ein hervorragendes Arbeitsmittel für die Technische Bildung dar. Selbstverständliche Aufgabe des Lehrers ist nicht nur das Auswählen der für die jeweilige Klassensituation richtigen Problemstellung, der Lehrer ist

*Funktionsmodell einer Trommelbremse  
(Innenbackenbremse)*



*Funktionsmodell eines Krans mit starrem Ausleger und Hubwerk zur Verringerung des Kraftaufwandes*

vielmehr auch verpflichtet, das Material so auszuwählen, daß mit einem Minimum an Zeit ein Optimum an Lernzielen zu erreichen ist. Der Lehrer hat sich bei der Wahl des geeigneten Materials ausschließlich unter diesem ökonomischen Aspekt an den Lernzielen zu orientieren. Ist das Lernziel die Entwicklung technischen Denkens an Aufgaben aus den Bereichen „Fahrbar-Machen“, „Heben von Lasten“, Getriebelehre usw., so enthält der Lernbaukasten „fischer-technik“ das entsprechende Material. Es ist sinnvoll, weil lernökonomisch, für diese technische Grundenerfahrung vorgefertigtes Material zu verwenden. Steht dagegen die Materialerfahrung und der Umgang mit Werkzeugen im Vordergrund, so wird man ein entsprechend anderes Material auswählen.

Der Lernbaukasten erfüllt die Bedingungen aus verschiedenen Gründen:

a) Alle Teile des Baukastens werden mit hoher Präzision gefertigt. Die Fertigungstoleranzen betragen

2/100 mm. Diese Präzision stellt an Maschinen und Werkzeuge hohe Ansprüche. Diese Präzision ist aber unter anderem die Voraussetzung für das Gelingen vieler Konstruktionen.

Steht in diesen Aufgaben das Problem der Bremse im Mittelpunkt, dann muß gewährleistet sein, daß das Modell diese Funktion auch erfüllt. Keinesfalls darf es vorkommen, daß ein solches Funktionsmodell nach wenigen Bremsvorgängen kein einwandfreies Bremsen mehr ermöglicht.

Soll ein Problem aus dem Bereich des Hebens von Lasten im Mittelpunkt des Unterrichts stehen, so muß das Funktionsmodell das Verhältnis von angehängter Last und aufgewandter Kraft erkennen lassen. Die tragenden Bauelemente dürfen bei Belastung und mehrmaligem Wiederholen des Versuchs nicht auseinanderfallen.

Die beweglichen Elemente dürfen nicht klemmen. Auch die Reibung darf nicht zu hoch sein. Diese Funktionstüchtigkeit der Modelle ist nur dann möglich, wenn die Bauelemente mit großer Präzision gefertigt sind.

b) Die Bauelemente bestehen aus hochwertigem Material, das selbst stärkste Belastungen aushält. Grundplatten, Winkelsteine (alle roten Bauelemente) bestehen aus Nylon. Die Bausteine (alle grauen Bauelemente) bestehen aus Teluran. Besonders beanspruchte Teile, die Verbindungszapfen, sind aus Hostaform gefertigt. Sie besitzen noch einen Stahlkern. Dadurch wird gewährleistet, daß Konstruk-

tionen aus viel gebrauchtem Material keine „Zerfallserscheinungen“ zeigen.

c) Die Festigkeit der einfach und leicht herzustellenden Steckverbindungen ist unübertroffen.

d) Die Zahl und die Form der verschiedenen Bauelemente ermöglichen es, viele Konstruktionen auf der Stufe des Modells auszuführen. So kann z. B. an allen sechs Flächen des Bausteins angebaut werden. Ein Kreuzlochstein bietet sieben Möglichkeiten, eine Welle zu lagern.

e) Die Teile des Baukastens zeichnen sich weiter durch gute Gestaltung und durch klare Formgebung aus. Die Beschränkung auf zwei Farben (rot und grau) erleichtert die Übersicht.

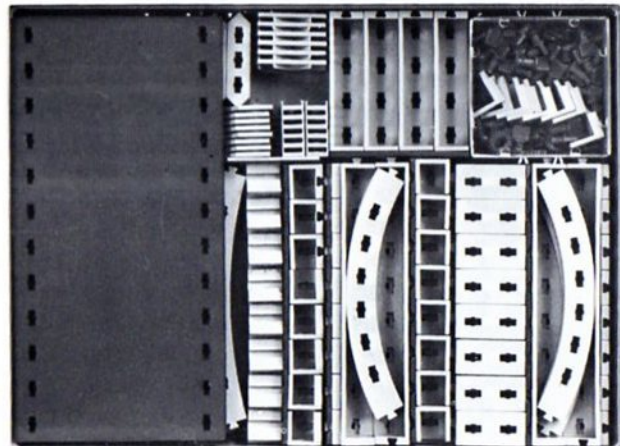
Weitere Lernbaukästen erschließen Probleme aus dem Bereich der Statik (u-t 5), aus dem Bereich der Getriebelehre (u-t 2). Der Lernbaukasten u-t 3 erfaßt den Bereich „Schalten und Steuern“, und der Lernbaukasten u-t 4 erschließt Aufgaben aus den Bereichen „Steuern und Regeln“

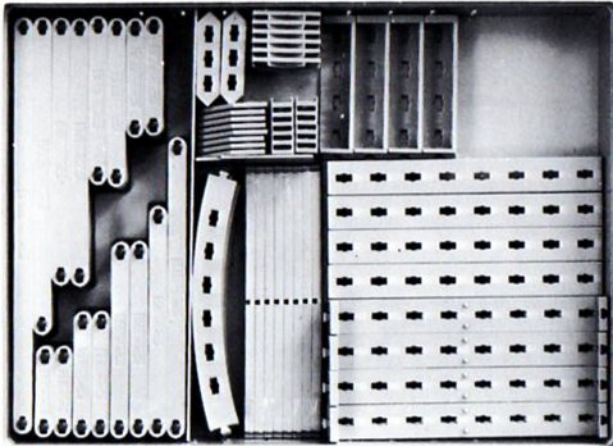
Es ist selbstverständlich, daß alle Bauelemente in das Rastermaß der Fischer-technik-Bauelemente passen, so daß jedes Bauelement an jeder beliebigen Stelle eines Modells eingebaut werden kann.

Ein fischertechnik-Baustein 30 (Schnitt)

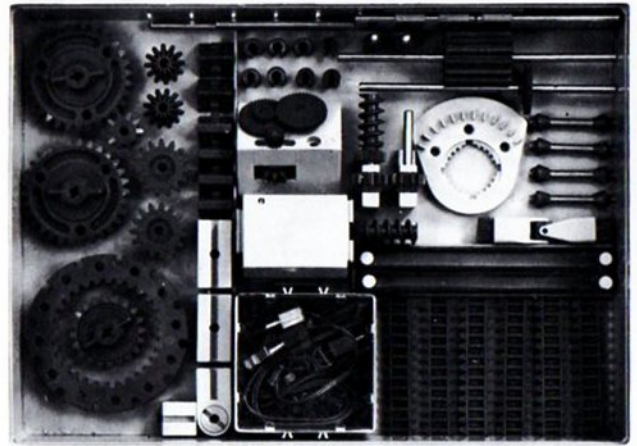


Der Lernbaukasten u-t 5 — Teilansicht (obere Lage)

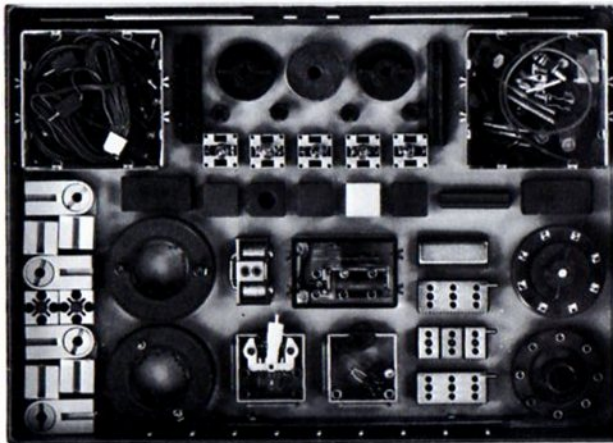




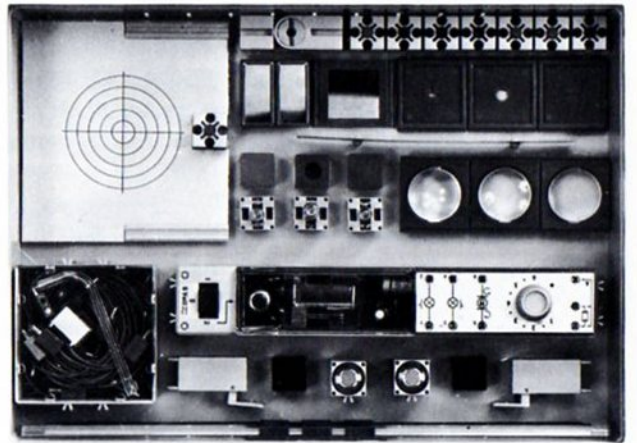
*Der Lernbaukasten u-t S — Teilansicht (untere Lage)*



*Der Lernbaukasten u-t 2 (Motor und Getriebe)*



*Der Lernbaukasten u-t 3 (Schalten und Steuern)*



*Der Lernbaukasten u-t 4 (Steuern und Regeln)*

## Räder

### Phänomene der Technik im Unterricht der Grundstufe

Handelnde und denkende Einführung in die Grundphänomene unserer Umwelt mit Hilfe der in den Lehrgängen und im täglichen Umgang erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten stellt sich als Aufgabe. Dabei erscheint Umwelt keinesfalls als jenes um Person und Familie konzentrierte Modell der sich erweiternden Umweltkreise. Auch ohne direkte räumliche Zuordnung müssen Grundphänomene der Umwelt erfahrbar gemacht werden. Nicht ein Vorkurs der kommenden Fächer steht zur Diskussion, wie ihn das Sammelfach Heimatkunde im Blick auf die Geographie anstrebte. In sachlicher Konzentration auf das Thema und sinnvoller Auswahl der Aufgabenstellungen mit wechselnden Schwerpunkten soll die Umwelt erfahrbar gemacht werden. Schwerpunkt der Arbeit ist neben der Kenntnis vor allem das Verfahren der Erschließung, die Methode des Lernens. Die gewählten Themen müssen die Möglichkeit bieten, in sinnvoller Zusammenarbeit vom unkritischen Sehen über das fragende Staunen zum tätigen Begreifen zu gelangen. In der Umwelt des Grundschülers sind Geräte, Wirkungen, Bedienungsweisen und Verlaufsfolgen der Technik und ihrer Geräte zu einer bestimmten Faktorengruppe geworden. Um den Kindern der Grundstufe wirkliche Zugänge zu diesen Erscheinungen zu ermöglichen, die über vordergründige Druckknopferfahrungen hinausgehen, sind im Blick auf kommende Stoffplanungen Unterrichtsmodelle notwendig. Mit der Besinnung über Inhalt und Form dieses Sachunterrichts im Bereich der Technik, der sich am „greifbaren Objekt“ zu orientieren hat, muß eine intensive Erprobung von Modellthemen einhergehen.

Erfahrungen und erste veröffentlichte Beispiele zeigen, daß Kinder der Grundschule in der Lage sind, Grundphänomene der Technik handelnd zu verstehen und sie in funktionierende Geräte umzusetzen. In der folgenden Darstellung sind drei Arbeitsstadien in ersten Entwürfen zusammengefaßt:

I. Unterrichtsskizze „Räder“ (4. Schuljahr), die sich aus der thematischen Idee entwickelte.

II. Kritischer Bericht zu diesem durchgeführten Entwurf, aus dem sich

III. eine langfristige Planungsskizze zum Themenbereich „Räder, rollende Reibung“ ergibt.

Um den unmittelbaren Bezug herzustellen, ist der Bericht (II) in die Planung einer Unterrichtsstunde (I, 2 c) eingefügt.

#### I. Unterrichtsskizze

##### 1. Sachliche Vororientierung

a) *Inhalte:* Die Erfindung des Rades liegt im Dunkeln. Abbildungen belegen diese geniale Erfindung bei den Sumerern (3500 v. Chr.). Sie benützten ein aus drei Kreisabschnitten zusammengesetztes Rad, das durch ein Querbrett gehalten wurde. Die durchbohrte Mitte nahm die starre Achse auf. Im Prinzip änderte sich lange Zeit wenig an der Konstruktion, die die Reibung eines bewegten Körpers in rollende Rei-

bung überführt und damit erheblich vermindert. Die Räder wurden leichter und größer, der Radkranz wurde durch stützende Speichen mit der Nabe verbunden. Der zweirädrige Wagen herrschte vor, da lange Zeit nur starre, nichtlenkbare Achsen bekannt waren. Die Ägypter führten ein leichtes Speichenrad ein, das dem schnellen Pferd angemessen war. Den Kelten soll eine weitere bahnbrechende Erfindung gelungen sein<sup>1</sup>. Sie setzten in die Naben ihrer Räder kleine Hartholzwalzen ein, die es ermöglichten, die starke Reibung zwischen Achse und Nabe durch eine Übertragung in rollende Reibung – sozusagen auf zweiter Ebene –, zu vermindern. Diese Walzen übernahmen erstmals die Funktion der Kugeln und Walzen in modernen Kugel- und Walzlagern. Die Idee des Kugellagers war geboren. Geeignete Metalllegierungen, Schmierstoffe und reibungsarme Lagerkonstruktionen haben das Rad in seinen unzähligen Varianten zu einer der leistungsfähigsten technischen Erfindungen gemacht. Die Leistungsgrenze ist für schienengebundene Fahrzeuge selbst beim Tokaidoexpress mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 162 km/h und einer sehr hohen Belastung noch nicht erreicht. Für Automobile liegt die Grenze noch wesentlich höher. Einem Ingenieurteam war vor einigen Jahren die Forschungsaufgabe gestellt, für eine Hochgeschwindigkeitsbahn geeignete Leitvorrichtungen und zugehörige Aufhängungen zu finden. Nach zahlreichen Versuchen gelang die Lösung in Form einer Einzelschiene und eines daran aufgehängten Radsatzes.

Die gesamte Entwicklung der Zivilisation und Kultur erhielt durch das Rad und den damit ermöglichten Verkehr des Geistes und der Güter entscheidende Impulse. Eine hohe Anzahl moderner technischer Anwendungen sind direkt von der Erfindung des Rades getragen, viele weitere technische Systeme ruhen auf der Grundlage „Rad“. So sind auch die weltumspannenden Transportsysteme der Schiff- und Luftfahrt ohne die Hilfsdienste des Rades nicht denkbar. Die unendliche Reihe der Modifikationen von der rollenden Baumscheibe über das Rad des Bauernwagens bis zur Konstruktion des über ein Jahr wartungsfreien Radlagers an Güterwagen; vom Schöpfrad zum Differential- zum auto-

matischen Getriebe ermöglicht die Entwicklung der Technik. Das Rad erscheint als eines der technischen Grundphänomene und bietet gleichzeitig ein höchst komplexes Beispiel der differenzierten Entwicklung des Grundphänomens selbst.

*b) Zugang der Kinder:* Das Kleinkind erlebt das Rad in seinen persönlichen Entwicklungsanfängen. Fasziniert beschäftigt es sich mit rollenden Dingen und Räderfahrzeugen schon im ersten Lebensjahr. Angeregt durch den anschwellenden rollenden Verkehr und die wachsende Bedeutung des Autos, hat diese Aufmerksamkeit für Fahrzeuge zugenommen. Fahrzeuge sind ein bevorzugter, nur noch in geringem Maß geschlechtsgebundener Spielgegenstand der Kinder. Bauspiele mit genormten Teilen bringen die konstruktive Seite ins Blickfeld der Kinder. Bauversuche setzen die Beobachtungen auch in eigene „ungenormte“ Versuche um.

Ein reiches Wissen von den Eigenschaften verschiedenartiger Räder, Achsbefestigungen und Radlager entwickelt sich. Diese reichen Erfahrungen sind einem klärenden Unterricht zugänglich.

## 2. Unterrichtsskizze „Räder“ (4. Schuljahr)

*a) Vorbemerkung:* Die vorliegende Stunde wurde als Beispiel für einen Lehrgang der Lehrerfortbildung entworfen. Ihre Aufgabe war es, in den engen Grenzen einer Stunde mit einer unbekanntem Klasse ein Beispiel zum Sachunterricht zu bieten, das zwei Zielsetzungen aufwies. Es sollte sichtbar werden, daß sinnvolle Zugänge zum Bereich der Technik möglich sind. Die Themenstellung „Räder“ sollte zeigen, welche Zugänge und Arbeitsmöglichkeiten beliebigen Schülern des vierten Schuljahres schon ohne schulisches Zutun erschlossen sind, und welche Möglichkeiten gezielter Unterricht vor allem im Rahmen einer neu organisierten Grundstufe bietet.

<sup>1</sup> Nach Angaben des Bandes „Räder“ aus der Serie der „Life-Bücher“.



Der hier wiedergegebene Entwurf war den Lehrgangsteilnehmern in gleicher Fassung zur Verfügung gestellt worden. Der eingeschobene Unterrichtsbericht stellt den Verlauf und die dazu angestellten Überlegungen in knappen Ausschnitten dar. Die Zielsetzung des Beispiels legt dieses Verfahren nahe.

### *b) Unterrichtsskizze*

Sachunterricht im 4. Schuljahr

Bezirk: Technischer Elementarunterricht

Themenkreis: Grundelemente der Technik

Thema: „Räder“

*Ziel des Themenkreises:* Der Themenkreis „Räder“ enthält Vorhaben der gesamten Grundschulzeit<sup>2</sup>. Meist ist die Thematik in angemessene Aufgaben eingeschlossen, denen das Phänomen Rad zugrunde liegt. So bietet das Bauvorhaben „Fahrzeuge“<sup>3</sup> im zweiten Schuljahr eine günstige Erfahrungsgrundlage. Ziel der gesamten Arbeit im Themenkreis ist es, den Kindern das Phänomen Rad in seinen verschiedenen Erscheinungsformen und dem zugehörigen Prinzip zugänglich zu machen. In eigener Handlung soll diese bedeutsame Erscheinung „ergriffen“ werden. In diesen thematischen Zusammenhängen kann die Bedeutung des Rades erfahrbar gemacht werden.

Wagen, Transportgeräte, Aufzüge, Förderbänder und ähnliche Geräte bieten günstige Möglichkeiten, den Bau des Rades, seine Befestigung und die Verfahren zur Verminderung der Reibung erfahrbar zu machen. Technische Baukästen und Modelle, die von der Spielzeugindustrie in reicher Fülle und wechselnder Qualität angeboten werden, bieten die Möglichkeiten, verschiedene Grundlösungen und Konstruktionsformen in relativ kurzer Zeit handelnd zu erschließen. Ein besonders ergiebiger Ansatz ist im Zusammenhang mit dem technisch bestimmten Werken der Grundstufe zu erreichen, wenn die verschiedenen Lösungen zu einer Fülle von Problemstellungen auch mit nur teilweise genormtem Material erprobt werden. Diese Aufgabenstellung wird besonders ergiebig, da die Kinder nach unseren Erfahrungen hierbei zu einer

sehr sachgerechten Arbeitshaltung und einem ungewöhnlichen Lösungsseifer gelangen.

Gleichzeitig bietet die „gelebte“ Umgebung der Kinder, die nicht einen unbedingt geographischen Raum darstellt, reiche Anlässe, Lösungen und Verwendungen zum Bereich Rad in der Wirklichkeit nachgehend zu erforschen.

*Absicht der Stunde:* In der einzelnen zur Verfügung stehenden Stunde ist es nur möglich, einen kleinen, gerafften Ausschnitt aus der gesamten Arbeit lebendig werden zu lassen. – Gewählt sind zwei verschiedene Ausschnitte des Unterrichts:

1. Kinder des zweiten Grundschuljahres sind gegen Ende des Jahres sehr gut in der Lage, verschiedene Radbefestigungen nicht nur nachzubauen oder zu erfinden, sie geben auch zusammenschauende Beschreibungen und Wertungen der verschiedenen Möglichkeiten.

2. Kinder des vierten Grundschuljahres sind in der Lage, diese Konstruktionsmöglichkeiten nach gemeinsamen und unterscheidenden Gesichtspunkten zu ordnen und in ihrer Wirkungstüchtigkeit, jeweils auf den bestimmten Zweck hin gesehen, zu bewerten. Dazu sind sie auch in der Lage, wie in unserem Fall, wenn sie vorher keine gemeinsam-schulische Arbeits-erfahrung in diesem Bereich haben.

Da die Klasse dem Unterrichten unbekannt ist, sind die sachlich gegebenen Voraussetzungen nur in allgemeinen Erfahrungswerten einzuplanen. Eine gemeinsame, wenn auch schmale Grundlage wird daher durch den ersten, an sich ins zweite Schuljahr gehörenden Ausschnitt, geschaffen. Getragen wird die Arbeit von den meist außerschulischen, reichhaltigen Erfahrungen der Kinder, die noch heute in bedauerlich geringem Maße Eingang in die Unterrichtsarbeit finden. Im zweiten Abschnitt soll durch einen möglichen Sprung der Versuch unternommen werden, verschiedene Konstruktionen der Radbefestigung zu bewerten.

<sup>2</sup> Siehe die Unterrichtsaufnahmen.

<sup>3</sup> Siehe Unterrichtsaufnahmen und Übersicht weiterer Unterrichtsversuche am Schluß des Beitrages.

Vor allem der erste Teil des Unterrichts wird durch die Fähigkeit der Kinder bestimmt, gemeinsam an einer Aufgabe zu arbeiten. Sie ist in unseren üblichen Grundschulen meist kaum entwickelt. Baumaterial und methodische Konzeption müssen deshalb diese Arbeitsform fordern und fördern.

### c) Skizze des Unterrichtsverlaufes

Sie hat den Charakter einer durch vorhergehende Erfahrung und gerichtete Phantasie gesteuerten Rahmenplanung. Besonders Klassensituation, günstigeres Materialangebot, nicht absehbare Vorerfahrungen und andere Faktoren können in der Ausführung Varianten oder Gegenmodelle sinnvoll machen.

**Organisation:** Vor Beginn der Stunde werden die Tische so gruppiert, daß fünf oder sechs Arbeitstische entstehen, um die sich je etwa vier bis sechs Schüler versammeln. Die Gruppen werden vom Lehrer gebildet, da die Kinder für diese isolierte Stunde nicht sachgerecht gruppieren können. Dem Lehrer fehlen natürlich entsprechende Kenntnisse zur Struktur der Klasse, er muß aus der Eingebung des Augenblicks handeln. Jede Gruppe soll eine bestimmte Materialzusammenstellung bekommen und daraus ein Fahrzeug bauen.

#### **Material der Gruppen:**

Gruppe 1: Walzen, schwere Last, Brett, Schnur

Gruppe 2: Kreisscheiben, lange Rundhölzer, Latten, Nägel, Hammer

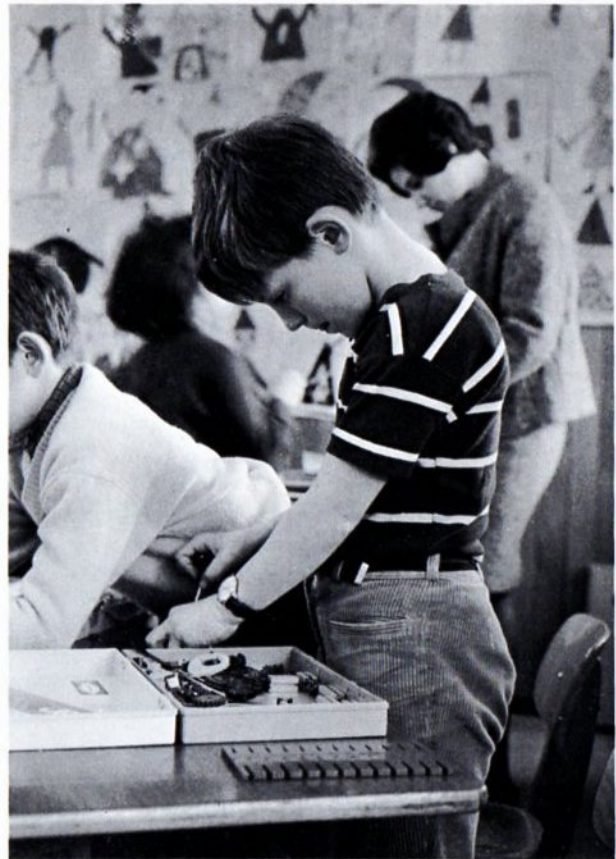
Gruppe 3: Traggestell eines Puppenwagens, Räder, Holzschrauben, Öl

Gruppe 4: Baukasten „Bau fix“ mit Trägern, Holzschrauben, Rädern

Gruppe 5: Baukasten „Plastikant“ mit großem Materialangebot ohne Achsen

Gruppe 6: Baukasten „fischertechnik“ zusätzlich weitere Achsen, Räder.

Ist die Teilnehmerzahl unter 24, wird Gruppe 4 nicht gebildet, da sie ein sehr einfaches und wenig ergiebig gestaltetes Material erhält.



*Radbefestigung an einer Achse.*

*Volle Konzentration eines Jungen im 1. Schuljahr.*

### **Erste Situation: Bekanntwerden mit dem Material, Einführung in die Aufgabe**

#### *Aufgabenstellung*

#### **Vermittlungshilfen**

Die Schüler werden zusammengerufen und sehen eine Materialsammlung: Räder, Achsen, Bauelemente für Fahrzeuge.

Was läßt sich mit diesem Material machen? (Nur wenn keine Spontanäußerung kommt.)

Eventuell bei entsprechenden Äußerungen Frage nach dem gemeinsamen Kennzeichen des Materials.

### *Schüleraktivität*

Die Schüler versammeln sich um einen Tisch, kommen langsam zusammen und konzentrieren sich auf das ausgestellte Material.

Bemerkungen wie „dies kenn ich“, „der ist kaputt“

Spontane Bauvorschläge.

Geförderte Vorschläge, was zu bauen ist.

Man kann daraus Wagen bauen. Es sind Teile von Wagen.

## **II. Kritischer Unterrichtsbericht**

Fünf Gruppen wurden gebildet, indem einige Änderungen an den ersten spontan entstandenen Gruppen vorgenommen wurden. Die aktiven Teilnehmer hatten sich in einer Gruppe gefunden. Sie waren schon bei der Umbauarbeit aufgefallen.

Diese gesamte Situation verlief wesentlich schneller und unproblematischer, als im Entwurf vermutet wurde. Das Material und die gemeinsamen Vorarbeiten hatten die Buben so angeregt, daß sie sofort mit eigenen Bauvorschlägen begannen. Der Vorschlag wurde an die Gruppe ausgegeben, von deren Mitgliedern er vorgebracht wurde. Nach wenigen Minuten war das Material verteilt, die ursprüngliche Zusammenstellung änderte sich den Vorschlägen entsprechend.

1. *Gruppe*: Vier Stuhlrollen mit zylindrischen Gewinden, ohne Mutter. Eigene Aufgabenstellung: „Rollstuhl“ (ein alter Stuhl wird ausgewählt).

2. *Gruppe*: Langes und kurzes Brett, ein Satz einfacher Rädchen und ein Sortiment Schrauben. Eigene Aufgabenstellung: „Tiefladewagen“.

3. *Gruppe*: Kasten „fischertechnik“ Eigene Aufgabenstellung: „Wir bauen einen fahrbaren Kran und Kippwagen“

4. *Gruppe*: Kleine Bretter, Schrauben, mehrere Sätze Räder. Eigene Aufgabenstellung: „Wir bauen einen kleinen Rennwagen ‚Seifenkiste‘“.

5. *Gruppe*: Die Schüler zögern, ein reiches Angebot an Material ist geblieben. Sie erhalten vom Lehrer einen Kasten mit „Plastikant“-Bauteilen ohne eine besondere Aufgabenstellung.

## **Zweite Situation: Bekanntwerden mit dem Material, handelnd**

### *Einführung in die Aufgabe*

Ihr sollt aus diesem Material Fahrzeuge bauen. Wichtig ist die brauchbare Befestigung des Rades. Wir wollen nachher ansehen, welche Fahrzeuge gut rollen können.

Gruppeneinteilung:

Jede Gruppe holt ihr zugeteiltes Material ab.

Bei Beginn: Wir wollen nachher verschiedene Wagen untersuchen, wie die Räder und Achsen angebracht sind.

### *Schüleraktivität*

Wünsche nach bestimmtem Material, Bemerkungen zur Qualität der einzelnen Zusammenstellungen. (Lehrer notiert diese Äußerungen für die 4. Situation.)

Die Schüler teilen sich in Gruppen zu vier oder fünf und gehen zu ihren Arbeitstischen. Verwunderung, Unruhe, wenn die Klasse noch nicht in Gruppen gearbeitet hat.

Schüler bauen, streiten, sprechen, verteilen, kritisieren, verbessern und schauen bei anderen Gruppen.

Gruppen verhalten sich nach Zusammensetzung sehr verschieden.

Protokoll wird angefertigt. Bauschritte müssen überlegt und formuliert werden.

Der spontane Beginn hatte eine ausholende Einführung in die Aufgabe unnötig gemacht. Die Buben hatten sich meist ihre Aufgabe selbst gestellt und begannen zu arbeiten.

Im Blick auf die knappe Unterrichtszeit und die mangelnde Übung wurde auf ein Protokoll verzichtet. In folgenden Arbeitseinheiten müßte es zur näheren Beschreibung und Klärung der Vorgänge unbedingt eingesetzt werden. Wahrscheinlich würde ein einfaches, gemeinsam erarbeitetes Beispiel notwendig.

### *Vermittlungshilfen, Aufgabenstellung*

Lehrer geht von Gruppe zu Gruppe, vermittelt, gibt Hinweise, notiert sich kritische Punkte und günstige Ergebnisse und Handlungen.

### *Schüleraktivität*

Schüler bauen, gehen auch zu anderen Gruppen, erproben ihr Fahrzeug, sind ratlos, finden nicht weiter, sind schnell fertig und beschäftigen sich oder warten.



*Die Lösung ist entworfen; passende Teile zu einem Fahrzeug werden gesucht.*

Die Gruppen, deren Material genormt war, hatten eine relativ lange Anlaufphase, in der sie sich mit den Bauprinzipien des Materials vertraut machen mußten. Sie erhielten einige Hinweise durch kleine Bauproben, die der Lehrer vorbaute und sofort wieder zerlegte. Die reichen Möglichkeiten der „fischertechnik“ wurden nicht ausgenützt. Für die Arbeit mit genormtem Material ist eine längere Einspielungsphase notwendig, um Möglichkeiten und Grenzen des Materials zu entdecken. Es würde sich empfehlen, längere Zeit



*Lösungsversuch zu einem zweirädrigen Gepäckwagen (Einzelarbeit).*

bei einem oder zwei Systemen zu verbleiben. Für diese Altersstufe hat sich „fischertechnik“ als die beste Konstruktion und Zusammenstellung erwiesen. Für Kinder der ersten und zweiten Klasse empfiehlt sich als Vorstufe „Plastikant“ und bei ungeübten Kindern „Baufix“

Das nicht genormte Material hatte für die Schüler vom Aufbau der Stunde her einen größeren Aufforderungswert. Die angebotenen Werkzeuge (alle gängigen Grundwerkzeuge) wiesen aus der Erfahrung

der Schüler bestimmte Arbeitswege. Diese Gruppen arbeiteten sofort zusammen und verfolgten konsequent ein Ziel. Immer wieder suchten sie nach entsprechendem Werkzeug und tauschten mit den anderen Gruppen. Hier waren nur kleine technische Hilfen und Hinweise notwendig. Obwohl keinerlei Spannvorrichtungen vorhanden waren, bohrten und sägten die Kinder relativ geschickt. Sie konnten genaue Angaben zu den Werkzeugen machen, die teilweise nicht ganz der Aufgabe gerecht wurden. Eine erstaunliche Sicherheit im Umgang mit Material und Werkzeug war zu beobachten, die im Unterricht der Grundschule kaum genützt wird. Auch bei Fehlern (ein Bohrer brach) stellten die Buben sofort die Ursache (schräge Haltung) fest. Gruppe 3 und 5 konnten sich über die Verteilung ihres Materials nicht einigen, es entstanden mehrere Konkurrenzbawerke, die nicht vollendet wurden, da die Teile fehlten.

Hier erlaubte das gleichförmige Material mit wenigen Mangelstücken (Räder) die gewohnte Verfahrensweise: „Material an sich raffen und möglichst allein eine Bauidee verwirklichen.“

Additive (Eisenbahn) oder zur Zusammenarbeit zwingende Aufgabenstellungen (Seilbahn) müssten hier von der Aufgabe her entsprechende Arbeitsgesetze fördern.

Nach zwanzig Minuten waren die meisten „Wagen“ fertiggestellt, die verbliebene Zeit wurde mehrmals angesagt, um eine sinnvolle Einteilung zu ermöglichen. Zwei Jungen hatten sich kaum beteiligt.

Es entstanden:

1. Gruppe: Ein Rollstuhl mit vier Kugelrädern, die Holzgewinde hatten und gut in den Stuhlbeinen festsaßen. Sie waren während der Arbeit gegen die Rollen mit ungeeignetem Gewinde ausgetauscht worden.

2. Gruppe: Ein einfacher Wagen aus einem langen Brett mit vier durch nicht ganz angezogene Holzschrauben befestigten Rädern.

3. Gruppe: Ein Kran mit gut gebautem Laufwerk und nicht ganz funktionstüchtiger Hebemechanik.

4. Gruppe: Zwei kleine Wagen wie bei Gruppe 2 ohne Lenkung. Die Befestigung mit Schrauben war besser gelungen. In einem Fall hatten die Schüler Abstandshülsen auf die Schraubachse geschoben.

5. Gruppe: Drei kleine fertige Fahrzeuge (zwei kleine Schubkarren, ein dreirädriges Wägelchen) und ein unfertiger Wagenkasten ohne Räder.

### **Dritte Situation: Berichte und erste Klärung**

Lehrer ruft die Gruppen zusammen, nachdem er vorher das Ende der Bauzeit angekündigt hat.

Zeigt eure Fahrzeuge, lest euren Baubericht vor!

Fragen, Hinweise.

Äußerungen zu den anderen Fahrzeugen. Kleine Fahrversuche. Kritik. Hohe Handlungsbereitschaft „fahren lassen“.

Jede Gruppe stellt ihr Fahrzeug vor, liest oder/und gibt mündliche Erläuterungen.

Spontane oder angeregte Äußerungen.

Durch die im Material schon heterogene Aufgabenstellung hatten sich eine Vielzahl von Problempunkten ergeben, an denen sich die weitere Arbeit orientieren könnte. Eignung des Materials, Werkzeuggebrauch, Werkzeugeignung, Möglichkeiten der Baukästen, Verbesserung der Modelle, Lenkung der Fahrzeuge, Stabilität, Reibungsminderung durch gute Konstruktion und Reibungsminderung durch die Idee Rad, diese Möglichkeiten boten sich nach einer Situationsanalyse, die während der Arbeit (dritte Situation) vorgenommen wurde. In der verbliebenen Zeit konnte nur eines der Probleme angesprochen werden. Es erschien sinnvoll, eine Fragestellung auszuwählen, die alle Teilnehmer berührte und nicht speziell auf eine Gruppe gezielt war.

Wir wählten die Frage der Reibungsminderung durch sinnvolle Lagerkonstruktion, mit der Absicht, der Erfindung des Kugellagers nahezukommen. Der Lehrer wählte aus den gebauten Fahrzeugen einige aus und bat die Buben, die Räder in Drehung zu versetzen.

#### **Vierte Situation: Vergleich und Klärung der Konstruktion durch Bauanalyse**

Anknüpfen an Bemerkungen der Kinder.

Aus der Arbeit werden Hinweise aufgegriffen.

Zwei Beispiele werden herausgegriffen und gegenübergestellt.

Bemerkungen zur Bauweise, Vor- und Nachteile.

Kinder gehen auf Anregungen ein oder bleiben bei ihren schon gegebenen Feststellungen.

Nähere Bezeichnung der verschiedenen Bauprinzipien.

Die Absicht der vierten Situation wurde in einer verengten Problemstellung verwirklicht. Nach praktischen Versuchen und geringen Impulsen, die sich in sachlich unbestimmten Aufforderungen erschöpften, konnten die Schüler wesentliche Konstruktionsunterschiede erkennen. Jeder Schüler hatte Gelegenheit, im praktischen Versuch den verschiedenen Reibungswiderstand zu erkennen.

Wir stellten fest: Je gleichmäßiger (glatter) die Achse ist, desto besser dreht sich das Rad. Je härter Achse und Nabe sind, desto weniger Abrieb tritt auf.

#### **Fünfte Situation:**

##### *Aufgabenstellung, Vermittlungshilfen*

Der Lehrer gibt nur möglichst knappe Hilfen, nimmt die Beiträge entgegen und macht durch Zeichen und Hinweise weitere Äußerungen möglich.

Bei günstigem Verlauf entsteht eine Tafelnotiz.

Weitere Modelle, Fragestellungen, Vergleiche, Demonstrationen werden eingesetzt.

Demonstration Reibung.

##### *Schüleraktivität, Lösungsbemühen*

Weitere Äußerungen zu den Prinzipien.

Zeigen, rollen lassen, anzeichnen, deuten, erklären, behaupten, bemerken, überzeugen.

Erste Ordnungsversuche.

Die Schüler schreiben an, schlagen vor, ordnen und kritisieren.

Sie ordnen und bewerten die Achsbefestigung, versuchen das Problem der Reibung anzusprechen.

Eigenes Wissen wie: Ölen, Kugellager, Schmiere, Rollen, glatte Achsen, passende Achsen, geölte Radnabe, Freilauf, Buchsen.

Da sich die Aufmerksamkeit der Buben beim gewählten Problem hielt, wurden keine weiteren Lösungshilfen eingesetzt. Schmierung, polierte Lager, starre Achsen und Drehbewegung in der Laubuchse, drehendes Rad mit Nabe auf starrer Achse und andere Konstruktionsvarianten wurden angedeutet. Einem größeren Teil der Schüler schien klar, daß alle Verfahren dienlich waren, die einen Teil der Reibung verhindern konnten.

#### **Sechste Situation: Prinzip des Rades, rollende Reibung**

Schlittenmodell oder Bild, dazu einfacher Wagen mit Massivrädern wird gezeigt (historische Bilder oder ähnliches).

Warum haben fast alle Fahrzeuge heute Räder?

Mithilfe, Zweifel, Hinweise.

Ein großes Kugellager wird gezeigt.

Schlußfrage: Was haben diese Räder alle gemeinsam?

Hinweis: Kulturen ohne Räder, Welt ohne Räder?

Arbeiten an der vertieften Problemstellung mit Hilfe ihres Vorwissens und der in der Stunde gemachten Erfahrung.

Die Schüler vergleichen, äußern sich über Vor- und Nachteile.

Lösungsversuche, Präzisieren der kommenden Aussagen durch gemeinsames Bemühen.

Kommentare: Schlitten schleift, geht schwer, Rad dreht sich, geht leichter.

Lösungsversuche: Versuche, die Verminderung der Reibung durch doppelte oder mehrfache Rollenlagerung zu deuten.

Lösungsversuche: rollt, dreht sich weg, geht leicht, weil es nicht schleift, sondern rollt.

Wahl des Schwerpunktes nach der dritten Situation, Verlauf der folgenden Arbeit und fortgeschrittene Zeit erzwangen eine eindeutige Konzentration auf die Frage nach der weiterführenden Idee des Kugellagers, die in der sechsten Situation nun den entscheidenden Stellenwert bekam.

Ein Abschnitt von einem Bambusrohr mit 15 cm Durchmesser und eine größere Anzahl von Holzkugeln wurden bereitgelegt, nachdem ein Junge versucht hatte, die doppelte Umsetzung in rollende Reibung beim Kugellager sprachlich zu fassen. Er baute mit Hilfe einer bereitliegenden Achse ein Kugellager und führte es seinen Mitschülern vor.

Mehrere Kinder versuchten diese Idee sprachlich zu fassen. Die Versuche gelangen befriedigend, ein wirkliches Bemühen der Buben schien in dieser angedeuteten Lösung erreicht.

Nach Ende der Stunde beschäftigten sich die Schüler mit dem Material. Ein Rennwagen mit sehr gut sichtbarem Differential hatte es ihnen besonders angetan. – Ende der Stunde.

In der folgenden Diskussion der Lehrgangsteilnehmer wurden aus der gemeinsamen Beobachtung eine Reihe von Feststellungen getroffen:

Eine reiche Umgangserfahrung ermöglicht den Schülern der Grundschule einen sinnvollen Umgang mit Werkzeugen.

Das heterogene Material hat gezeigt, daß eine Reihe von ergiebigen Ansätzen im Themenbereich Räder möglich sind.

Grundlegende Erscheinungen der Technik lassen sich in diesem Themenbereich klären, da er in diesem Sinne ergiebig ist und bei den Schülern auf günstige Voraussetzungen stößt.

Langfristige Planungen und ausgearbeitete Beispiele sind notwendig.

Einzelne Einheiten lassen sich in der Art eines Vorhabens durchführen.

Die Aufgabe des Lehrers liegt in der Bereitstellung günstigen Materials, der Themenstellung und Leitung der Arbeit. Angemessene Arbeitsformen für Schüler und Lehrer müssen in Grundschule und Ausbildung (Studium) entwickelt werden.

Den Lehrenden fällt es schwer, in längeren Arbeitsphasen zu denken und entsprechend zu disponieren. Möglichkeiten zur technischen Bildung müssen geboten werden.

Aus den weiteren Überlegungen zum Themenbereich entstand eine Planung für den Bereich der Grundstufe, die als erster Arbeitsvorschlag dient. Sie bedarf einer kritischen Prüfung und der durchgehenden Erprobung in der Praxis.

### III. Planungsskizze zum Themenbereich Räder

Die Thematik ist in zwei Richtungen für die Grundstufe geeignet. Eine relativ breite Erfahrungsgrundlage kann bei den Kindern erwartet werden, sie läßt sich, getrieben durch ein starkes Interesse, in wirklichen Handlungen erweitern, vertiefen und klären.

Das Rad als Thema der Technik besitzt eine zentrale Bedeutung, ist aber gleichzeitig in seinen Erscheinungsformen häufig sehr klar zu fassen, so daß ein exemplarischer Prozeß denkbar erscheint.

*Stufe A:* Arbeit mit genormten Baumaterialien im ersten und zweiten Schuljahr. Baukästen verschiedener Konstruktionsweise und Möglichkeitsbreite. Freies Bauen wechselt mit verbindlichen Aufgabenstellungen im Sinne des Themas. Der Umgang mit dem Material ist nicht auf den Themenkreis beschränkt. Auch erste Möglichkeiten zur Verwendung nicht genormter Teile (bei Mangel der genormten Teile) werden geboten.

Beispielreihe zur Thematik: Baue einen Wagen, baue ein Fahrzeug, baue ein Personenauto/Lastauto! Bau eines Spezialfahrzeuges wie Feuerwehr, Müllwagen, Kranwagen usw. Die Arbeiten können in regelmäßiger Folge während einer „Baustunde“ durchgeführt werden. Sie können aber auch als lockerer Zyklus mit anderen Aufgaben gemischt werden. Die Kombination ist so zu wählen, daß eine eindeutige Leistungssteigerung verbunden mit Einsicht eintritt, aber keine thematische Übersättigung ungewollt provoziert wird. Erste soziale Arbeitsformen lassen sich anhand differenzierter Aufgaben einüben.

Arbeitsprinzip: Die gebauten Fahrzeuge müssen funktionstüchtig und in ihrer Bestimmung klar er-

kenntlich sein. Die Kinder sollten einige Zeit mit dem gleichen Kasten arbeiten, um sich mit ihm wirklich auseinanderzusetzen. Dem Lehrer bietet sich die Möglichkeit, dabei verschiedene Systeme zu erproben.

Gleichzeitig soll mit nicht genormten, aber auch nicht sehr widerständigen Materialien gearbeitet werden, die zu funktionstüchtigen Ergebnissen führen (Wagenkästen und Bauteile, dazu Achsen, Räder). Kleine Arbeiten mit wirklichen Werkzeugen sollen hier zum Erfolg führen. Werkräume müßten der Grundstufe zur Verfügung stehen.

Alle Schüler müssen Gelegenheit haben, im Umgang mit Material und Werkzeug Erfahrungen zu machen, zu klären und sie für eine Aufgabe einzusetzen. Ein erheblicher Teil der Denkerziehung läßt sich über die „denkende Hand“ fördern.

Für Jungen und Mädchen müßte ein Grundkurs im Umgang mit Material und Werkzeug entstehen, der ein braches Feld nützt und den üblichen Handarbeits- und Bastelunterricht fraglich macht.

Die episodenhaften Einsichten und Fertigkeiten der Kinder sind über das thematische Feld hinaus zu nützen.

Gegen Ende des zweiten Schuljahres sind verstärkt aus diesem Bereich Aufgaben zu stellen, die einen Schwerpunkt der Arbeit in der folgenden Stufe darstellen.

*Stufe B:* Im dritten und vierten Schuljahr werden die Aufgabenserien in zwei Richtungen ausgedehnt und vertieft. Die Anforderungen an Funktionswert und bezeichnende Erscheinung werden gesteigert, zusätzliche Aufgaben ermöglichen neue Einsichten.

Gleichzeitig werden Arbeitsplanung und Themenstellung mit Bauplan, Baubericht und kritischer Verarbeitung immer intensiver gefordert. In gemeinsamem Bemühen sollen Einsichten in technische Zusammenhänge erarbeitet und formuliert werden. Notwendig wären hierzu Bausätze von Konstruktionsreihen aller Art, die relativ groß, haltbar und präzise sind. Ein konsequentes Normsystem müßte vielseitige

Verwendung garantieren (technische Bausätze — multivalentes Grundmaterial).

Die Verwendung von Werkzeugen wird intensiviert, der Werkraum wird unentbehrlich, die gewählte Thematik stellt nur einen Teil der gesamten Vorhaben dar. Zufallsmaterial ist in schöpferischen Vorhaben zu verarbeiten.

Beispielreihe zur Thematik: Fahrzeuge mit Anhängern, Rennwagen, die an schiefer Ebene verglichen werden, Nutzfahrzeuge mit echter Funktion, Lenkungen, Kraftübertragungen mit verschiedenen Motoren und Kraftquellen, Zahnräder, Kräne, Schöpfwerke, Windmühle, Wasserrad, einfache Getriebeformen.

In dieser Phase muß die kritische Besinnung und Ordnung das Tun tragen und klären, um erste Einsichten weiterzutreiben.

*Stufe C (fünftes und sechstes Schuljahr, Förderstufe):*

In beiden Bereichen wird das Anspruchsniveau gehoben. Bei der Arbeit mit freiem Material kommen einfache Maschinen (Säge, Bohrer) zum Einsatz. Raum und Fläche, maßgerechtes Zeichnen und Planentwurf gehören zum Handwerkszeug in dieser Phase. Gruppenarbeit und Projekt werden intensiv weitergeführt. Im Rahmen der Aufgaben lassen sich fachliche Aspekte betonen. Physikalisch-technische Einsichten können eröffnet werden. Hierbei lassen sich eine ganze Reihe physikalischer Erscheinungen als Phänomen und in ihren Gesetzmäßigkeiten aus der Arbeit entwickeln. Ein Gang durch die Geschichte des Rades ermöglicht vielleicht wirkliche Zugänge zur Geschichte, wie sie der Geschichte der Geschichtchen nicht gelingen. Zur Arbeit mit genormten Materialien eignen sich jetzt vor allem Ingenieurbaukästen, die vereinfacht und vergrößert wurden.

Beispielreihe zur Thematik: Fahrzeuge mit verschiedenen Rolleistungen (Reibungsverminderung), Lagerkonstruktionen am Fahrzeug, Übersetzungen bei Antrieb, einfache Getriebeformen mit verschiedenen Kraftübertragungen, Räder an Nutzfahrzeugen, Überprüfung der Lösungen in der Wirklichkeit. Besondere Anwendungsweisen und Konstruktionsformen des



Rades wie Zahnräder, Steuerungsräder, nicht zentrische Räder. Diese Themen lassen sich in der Wirklichkeit aufsuchen und in der Konstruktion näher untersuchen.

Die in der gesamten Grundstufe erarbeiteten Sachverhalte sind jetzt unter den Aspekten der fachlich gerichteten Gesetzmäßigkeiten näher zu bestimmen. Der Unterricht leitet über in Fachbereiche, zu denen in der Mittelstufe ein Bereich der „Umweltechnologie“ zu fordern wäre. Neben der fachlichen Schwerpunktbildung sei hier nur noch der sehr bedeutende Gesichtspunkt einer dringend notwendigen Humanisierung der Technik angedeutet. Sie kann nur über Erfahrungskennntnisse ermöglicht werden, die es dem Laien ermöglichen, aus der Haltung der „Druckknopfmentalität“ im Bereich der Technik herauszutreten.

Es empfiehlt sich — hier ist die viel beredete Umweltorientierung des Kindes wirklich vorhanden —, in dieser aufbauenden Arbeit von den täglichen, in den meisten Bereichen nur oberflächlich und teilweise fast magisch erfahrenen Erscheinungen der heutigen, technisch bestimmten Welt auszugehen. Ein naturwissenschaftlich-technischer Unterricht der Grundschule kann in solchen Zusammenhängen zu einem der produktivsten Lernbereiche einer kommenden Grundstufe werden. Eine Begründung der Notwendigkeit dürfte sich aus den Notwendigkeiten des 20. Jahrhunderts ergeben.

### **Übersicht zu weiteren Unterrichtsversuchen**

Seit der Skizzierung dieses Berichtes wurde eine Reihe von weiteren Unterrichtsversuchen in diesem Feld angesetzt. Die gewählten Schwerpunkte und die Tendenz der Ergebnisse sind hier in Stichworten angedeutet.

Den Schülern aller Grundschulklassen der verschiedensten Zusammensetzung und schulischen Situation stehen genügend Erfahrungen zur Verfügung, die es erlauben, in diesem Feld zu arbeiten.

Kinder der zweiten Grundschulklasse sind in der Lage, sehr brauchbare Lösungen zu Problemen zu finden, wenn man sie mit Schülern der vierten Klasse vergleicht, sobald sie vom Schulanfang an Gelegenheit hatten, sich mit entsprechenden Baukästen und Aufgabenstellung vertraut zu machen. Zur Zeit scheint das System „fischertechnik“ die beste Lösung darzustellen. Es bietet ein sehr variables Grundelement mit einer guten Verbindungstechnik, die nach langem Gebrauch noch hält.

Der Umgang mit nicht genormten Materialien bedarf einer in Form eines langfristigen Lehrganges aufgebauten Schulung im Umgang mit Werkzeug und Material. Ein Kurs im Werkunterricht der Grundstufe in Verbindung mit bescheidenen technischen Konstruktionsversuchen würde sich anbieten. Notwendig wären für größere Bauaufgaben Elemente in Form von Lochschienen in Winkelform, die sich durch zahlreiche Bohrungen verschrauben lassen. Nur so können haltbare, technische Vorrichtungen gebaut werden, die funktionstüchtig sind.

Während der von technischen Geräten ausgehenden Unterrichtsarbeit werden fast zwangsweise physikalische Fragen berührt. Eine ganze Anzahl physikalischer Erscheinungen lassen sich von hier aus untersuchen, da sie den technischen Apparaten zugrunde liegen.

Als Schwerpunkt des Unterrichts sollte das eigene Nacherfinden und „Begreifen“ der Kinder gewählt werden. Im Hintergrund ist ein möglichst produktives Verhalten anzustreben, daran finden Programme und genormte Lehrgänge ihre Grenzen. Vom Lehrer sind daher umfassende Information vor der Arbeit und intensives Studium der Unterrichtssituation zu fordern. Die einfache Erledigung eines Programmes, das vorgegeben ist, kann die Möglichkeiten zu einer produktiven Einarbeitung in diesen Bereich nicht nützen.

Es bieten sich innerhalb der verschiedensten Aufgabenstellungen gute Gelegenheiten zur Arbeit in Kleingruppen, die schon im ersten Schuljahr sehr günstig auf die Unterrichts Atmosphäre wirkt.

## Der Lernbaukasten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Unter wissenschaftlicher Begleitung durch die Pädagogische Hochschule Niedersachsen wurde an der Sonderschule für Lernbehinderte in Goslar zu Beginn des Jahres 1969 ein Unterrichtsversuch zum Einsatz von Lernbaukästen im Physikunterricht durchgeführt. Dieser Versuch im Grenzbereich pädagogischer Möglichkeiten fand weit über den Sonderschulbereich hinaus Interesse, da die didaktischen Möglichkeiten eines Arbeitsmittels unter extremen Bedingungen am besten sichtbar werden. Der Versuch wurde mit fischertechnik-Lernbaukästen durchgeführt. Sie sind von den Fischer-Werken entwickelt worden und sind ein besonderes Anliegen des Firmengründers Artur Fischer. Das 1948 in Tumlingen entstandene Unternehmen besitzt heute Weltgeltung. Professoren und Dozenten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg haben bei der Entwicklung der Lehrbaukästen mitgewirkt.

### Schule und Technik

Wie nie zuvor wird das Leben des Menschen durch die Technik bestimmt oder beeinflusst. Vom morgendlichen Wecken bis zum abendlichen Fernsehen zieht sich eine fast lückenlose Kette von Begegnungen mit technischen Einrichtungen. Sie begleiten den Tagesablauf des Menschen und helfen ihm, seine Ziele besser, schneller und leichter zu erreichen. Oft ermöglichen sie ihm erst ein unserer Zeit angepaßtes Verhalten. Fragen wir uns, ob die Schule in genügender Weise dazu beiträgt, den Heranwachsenden auf dieses Leben mit der Technik vorzubereiten, muß die Antwort verneinend sein. Wohl wird den naturwissenschaftlichen Fächern in den Richtlinien der Bundes-

länder eine erhöhte Bedeutung beigemessen, ob dies jedoch ausreicht, bleibt fraglich.

Wenn der Mensch heute trotz der relativen schulischen Inaktivität mit der Technik zurechtkommt, ist dies nicht das Ergebnis der naturwissenschaftlichen Schulbildung, sondern das des unablässigen Umgangs mit technischen Dingen, der andauernden Selbstbeschäftigung mit der Technik und den daraus resultierenden Folgen. Der Mensch sieht sich in die hochtechnisierte Welt hineingestellt, er muß sich in ihr zurechtfinden und versucht, an ihr zu lernen. Die modernen Kommunikationsmittel unterstützen ihn dabei. Sie helfen, vieles verständlicher zu machen, Vorzüge zu erkennen und vor Gefahren zu warnen. Das Kind findet in der Regel die ersten Kontakte zur Technik durch die Spielzeuge, mit denen es sich beschäftigt, mit denen es versucht, das Geschehen unserer Welt nachzuspielen. Ist am Anfang dieser Kontakt mehr nachahmender und aufnehmender Natur, stellt sich alsbald der Drang ein, selbst etwas zu gestalten, aufzubauen oder zu konstruieren. Die dabei verwandten Spielzeuge nehmen mit zunehmendem Alter kompliziertere Formen an, bis sie in ihrer höchsten Entwicklungsstufe so technisiert sind, daß der technisch nicht vorgebildete Erwachsene nichts mehr damit anzufangen weiß (Elektronikbaukästen). Mit dieser Entwicklung ist dann auch eine Stufe erreicht, wo die Unterscheidung zwischen Spielzeug und Lehrmittel oder Lernmittel kaum noch möglich ist. Beobachten wir den Umgang der Kinder mit den hochentwickelten Lernbaukästen, zeigt sich ein Ergebnis, das den Pädagogen zum Nachdenken zwingt: Da gibt es Zehnjährige, die ohne Hilfe eines Fachmannes

optische Geräte zusammensetzen, mit ihnen umgehen und dazu auch noch die Funktion derselben erklären können. Zwölfjährige bauen Elektromotoren oder setzen Rundfunkgeräte zusammen, ohne daß sie jemals in der Schule etwas über Elektrotechnik gehört haben. Das Erstaunliche aber ist, daß fast alle Kinder auch Auskunft über die Funktion der Einzelteile und die Wirkungsweise des Ganzen zu geben vermögen. Es handelt sich also bei der Arbeit mit den Lernbaukästen nicht um verständnisloses Nachgestalten, sondern um verstehendes Konstruieren.

Suchen wir nach der Herkunft der Kenntnisse, steht zweifelsfrei fest, daß sie nicht dem naturwissenschaftlichen Unterricht der Schule entstammen. Die Oberstufe der Volksschule, die bisher ihren Schülern eine mehr „volkstümliche“ Bildung zu geben bestrebt war, vermittelt ohnehin keine Kenntnisse, die etwa für den Aufbau elektronischer Schaltungen ausreichend wären. „Die Naturlehre soll dazu beitragen, daß die Schüler die Größe der Natur ahnen, Achtung vor dem Schaffen ihrer Mitmenschen empfinden und sich später verstehend und verantwortungsbewußt in die Arbeitswelt einordnen“ (Richtl. f. d. Volksschulen d. Ld. Nieders. S. 75).

Die weiterführenden Schulen, auch solche mit speziell mathematisch-naturwissenschaftlichem Zweig, beginnen mit dem Physik- und Chemieunterricht erst zu einem Zeitpunkt, wenn ein Teil der Schüler längst über ein beachtliches technisches Wissen verfügt.

So ist festzustellen, daß viele Kinder völlig selbständig Zugang zu technischem Wissen finden, ohne daß Lehrpersonen als Kenntnisvermittler eingeschaltet sind. Das Wissen wird in der Regel mit Hilfe von Lernbaukästen erworben, die mit handgerechtem, speziell für Lernzwecke hergestelltem Material und entsprechenden Anleitungsbüchern, Schaltschablonen und dergleichen ausgerüstet sind. Diese Lernbaukästen gestatten es, die Funktion der Einzelteile zu beobachten, zu prüfen und daraus mit verhältnismäßig geringem Zeitaufwand funktionsfähige Geräte herzustellen.

Die Leitungsfähigkeit des Lernbaukastens wird verständlich, wenn man Material und Anleitung genauer

betrachtet. Es zeigen sich dabei wesentliche Merkmale eines Programms und interessante didaktische Prinzipien:

- a) Der Schüler wird mit jedem einzelnen Bauteil, seinen Möglichkeiten, seinem Zweck und seiner Funktion vertraut gemacht.
- b) Die Materialien werden mit den richtigen Fachbezeichnungen benannt.
- c) Der Lehrgang baut auf Grundkenntnissen auf, die bei jedem normal entwickelten Kind vorausgesetzt werden können (Lesefähigkeit, allgemeines Wissen, allgemeines Verständnis).
- d) Der Lehrgang vermittelt den Stoff in verschiedenen Ebenen (Abstraktionsstufen, vgl. Radigk 1968 S. 19). Neben dem gegenständlichen Material stehen die zeichnerische oder fotografische Darstellung, die Schallbilder oder Funktionsschemata und die verbalen Programmierungen (Arbeitsanweisungen).
- e) Die Funktionsbeschreibung erfolgt in Übereinstimmung zwischen Bausatz, Zeichnung und verbaler (schriftlicher) Erläuterung.
- f) Der Lehrgang schreitet in kleinsten lückenlosen Schritten voran. Jeder Handgriff wird beschrieben oder zeichnerisch veranschaulicht.
- g) Zur Isolierung der Schwierigkeiten werden Zwischenversuche eingeschaltet, die zur Klärung schwieriger Sachverhalte geeignet sind.
- h) Durch das handwerkliche Tun wird ein hoher Grad von Aktionsbewußtsein erzeugt. Der Lernstoff prägt sich besser ein.
- i) Der Arbeitsweg ist soweit wie möglich abgestützt. Zeichen und Hinweise verhindern Fehlleistungen. Das Kind wird mit hochgradiger Sicherheit zum Erfolg geführt.

Neben den Merkmalen des Programms sind in einem so aufgebauten Arbeitsweg Prinzipien zu entdecken, die vor allem in der Orthodidaktik (Bleidick S. 31) angewandt werden. Es handelt sich demgemäß beim Lernbaukasten um ein technisches Lernmittel, das

nach Inhalt, Form und Programmierung darauf zugeschnitten ist, an sich schwierige technische Zusammenhänge so weit aufzulösen, daß die Einsehbarkeit gewährleistet ist und trotzdem die Verbindungen nicht verlorengehen. Der zu vermittelnde Stoff wird in gewissem Sinne vor der Vermittlung aufbereitet.

Didaktische Impulse werden im Material angelegt. Eine nach allgemeiner Erfahrung für das Kind zu schwere Aufgabenstellung wird durch eine schrittweise vorgehende Anleitung sowie durch zweckmäßige und handgerechte Bauteile in den Bereich der kindlichen Leistungsmöglichkeiten gebracht. Was dies für die Lernfähigkeit des Menschen auf technischem Gebiet bedeutet, wird klar, wenn man bedenkt, daß das Aufnahmevermögen des Schülers und die Festigkeit des Wissens um so größer ist, je mehr der zu vermittelnde Stoff mit der Interessenlage des Schülers übereinstimmt und je rechtzeitig er erfolgreich an ein Arbeitsgebiet herangeführt werden kann.

Man könnte gegen die hier vorgetragene Ansicht einwenden, daß es sich bei den erfolgreich mit Lernbaukästen arbeitenden Schülern um technische Begabungen handelt oder daß eine besondere Interessiertheit vorhanden ist.

Um neben den methodisch-didaktischen auch diese Frage zu klären, wurden im Rahmen eines Unterrichtsversuchs Lernbaukästen im Physikunterricht einer Lernbehindertenschule eingesetzt.

### **Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lernbehinderung**

Der naturwissenschaftliche Unterricht bei Lernbehinderten ist an sich problematisch, weil die allgemeine schulische Leistungsminderung auf einer generellen Schädigung beruht, die nicht nur mangelhaftes Wissen und Verstehen, sondern auch eine stark eingeschränkte Fähigkeit zur Übertragung von Sachverhalten (Transfer) einschließt. Darüber hinaus wird die Lernbehinderung oft von einer Leistungsminde-

rung auf motorischem Gebiet begleitet, die sich vor allem bei der Handhabung von Experimentiergeräten auswirkt.

Während die motorischen Schwierigkeiten in der Regel durch Übung zu meistern sind, stellt sich als Kernproblem des naturwissenschaftlichen Unterrichts bei Lernbehinderten die Transferschwäche heraus. Der Lernbehinderte kann zwar (nach einiger Übung) am Experimentiergerät die einzelnen Handgriffe nachvollziehen oder eine Versuchsanordnung aufbauen, es gelingt ihm jedoch nicht mehr, die Verbindung zwischen dem Versuchsergebnis und der Problemstellung zu finden, das heißt, er kann das im Experiment gewonnene Ergebnis nicht mehr in eine konkrete Anwendung bringen. Diese Meinung wird auch von Ruthemann vertreten: „Dem Ergebnis einer von W. Jacobs durchgeführten empirischen Untersuchung bei Hilfsschulkindern zum physikalisch-technischen Verständnis ist zu entnehmen, daß nur dann, wenn in der optischen Struktur einer physikalischen Erscheinung das ihr zugrunde liegende physikalische Prinzip transparent ist, auch der Hilfsschüler Kausalzusammenhänge in Gestalt konkreter Sachbeziehungen zu erfassen vermag“ (Sp. 2870).

Neben diese Forderung nach der Transparenz des physikalischen Prinzips tritt der Ruf nach einer Entwicklungsförderung des Kindes auf technischem Gebiet. Naturwissenschaftlicher Unterricht ist nur möglich, wenn psychische Grundleistungen vorhanden sind, das Erkennen zusammengehöriger Teile, das Erfassen von Bewegungen, das Abheben verschiedener Bewegungen gegeneinander usw. Solche Grundleistungen werden durch tätigen Umgang mit technischen Materialien entwickelt. Das Kind erlernt sie zum großen Teil im Spiel. Ein Arbeitsmaterial muß also um so geeigneter erscheinen, je mehr es Spielcharakter trägt, je mehr Anreize von ihm ausgehen.

Mit dieser Vermittlung technischer Grunderfahrungen geht der Lernbehindertenunterricht über den Normal-schulunterricht hinaus. Es handelt sich also keinesfalls um einen Normal-schulunterricht mit herabgesetzten Stoffzielen und vereinfachten Arbeitsweisen

(Stranz S. 616), sondern um das Präzisieren vorhandener Begriffe, um das Aufholen der kindlichen Entwicklung und um die Hinführung zur Auseinandersetzung mit der Technik. In diesem Sinne impliziert der Sonderunterricht therapeutische (richtende) Faktoren.

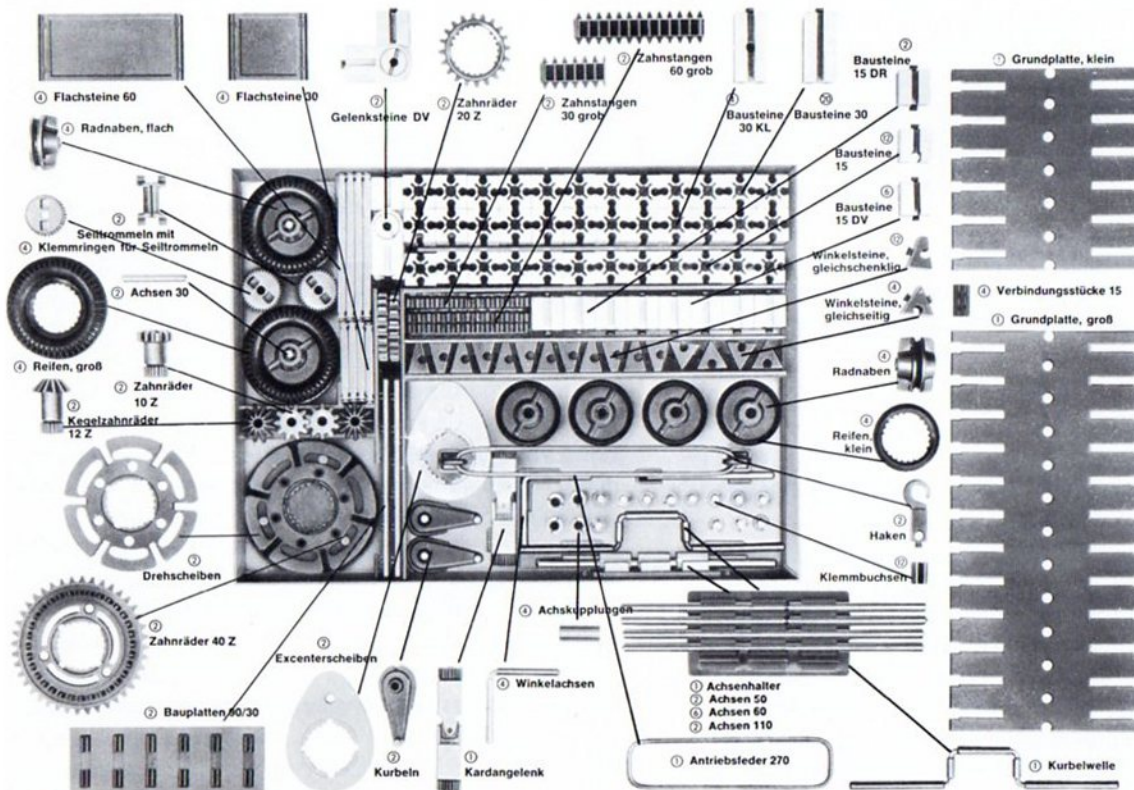
## Die Lernbaukästen

Bei der Suche nach einem Material, das eine möglichst problemlose Handhabung, eine weit gespannte Anwendung, weitgehendste Transparenz und Sammlung technischer Grunderfahrungen erlaubt, fiel die

Wahl auf den fischertechnik-lernbaukasten.

Die fischertechnik-lernbaukästen ermöglichen das Erarbeiten von Erfahrungen und Erkenntnissen aus den Bereichen: Statik, Kinetik, Kinematik, Steuerung, Elektromechanik, Elektrotechnik, Elektronik und Regeltechnik. Die Ausrüstung des Kastens L 1, so hieß der „Vorläufer“ des jetzigen Kastens u-t 1, umfaßte nicht alle diese Möglichkeiten (Aufbausystem), gestattete aber die notwendigen Versuche zur Statik und Mechanik.

Die Bauteile der fischertechnik-lernbaukästen sind aus einem abwaschbaren schlagfesten Material (Nylon, Terluran) hergestellt und zeichnen sich durch hohe Festigkeit und Präzision aus. Nach Form, Farbe



Zahlen im Kreis = Stückzahl

Deckel des Lernbaukastens u-t 1 mit Sortieranleitung und Stückliste

und Konstruktion tragen sie echten Aufforderungscharakter für das Kind. Die Zusammenstellung der Bauteile ist so gehalten, daß sich fast alle auf dem Gebiet der Mechanik notwendigen Grundversuche damit durchführen lassen. Die Einsatzmöglichkeiten reichen von der freien Konstruktion im Sachunterricht der Unterstufe bis hin zur programmierten Instruktion in der Oberstufe.

### Der Unterrichtsversuch

Der Unterrichtsversuch hatte die Aufgabe, zur Klärung folgender Fragen beizutragen:

1. Sind Lernbaukästen nur für besonders interessierte oder begabte Schüler geeignet?
2. Lassen sich ähnliche didaktische Prinzipien, wie sie den Lernbaukästen zugrunde liegen, auch in der Schule fruchtbringend anwenden?
3. Eignet sich das Baukastenmaterial für den naturwissenschaftlichen Unterricht?
4. Welche didaktischen Konzeptionen (Stundenmodelle) eignen sich für die Arbeit mit Lernbaukästen?
5. Sind Lernbehinderte in der Lage, nach Arbeitsanweisungen zu arbeiten, und wie müssen diese aussehen?
6. Welche Nebenwirkungen (Leseförderung, Sprachförderung) lassen sich mit Lernbaukästen erzielen?

Der Unterrichtsversuch wurde im Februar/März 1969 an der Sonderschule in Goslar durchgeführt. Um in dem kurzen Zeitraum zu einigermaßen auswertbaren Ergebnissen zu gelangen, wurde vorübergehend die Zahl der Physikstunden auf 6 Wochenstunden erhöht. Zur Klasse gehörten 8 Mädchen und 13 Jungen der Jahrgänge 1955 bis 1957, davon 4 Kinder mit einem IQ unter 65, 14 Kinder mit einem IQ zwischen 66 und 85 und 3 Kinder mit einem IQ über 86. An Mehrfachbehinderungen fanden sich unter den Jungen

2 Verhaltensgestörte, 1 Sehbehinderter, 1 Hörbehinderter. Unter den Mädchen waren 2 Sehbehinderte. Hinzu kamen 2 Jungen und 1 Mädchen mit Linkshändigkeit. Der Unterricht wurde von einem Lehrer erteilt, der über jahrelange Erfahrungen im Physikunterricht bestausgerüsteter Volksschulen verfügt. Ein Fachunterrichtsraum war nicht vorhanden, so daß für den Physikunterricht der Klassenraum benutzt werden mußte.

Da sich ein großer Teil des Unterrichts in Gruppenarbeit zu vollziehen hatte, wurde zu Beginn des Versuchs und etwa 14 Tage später je ein Soziogramm erarbeitet, wonach dann die Gruppenzusammenstellung erfolgte. Das trug wahrscheinlich wesentlich zu einer harmonischen Arbeitshaltung bei.

### Methodisches Vorgehen

Um die Transparenz der Versuche und die Übertragbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen, wurden die zu erarbeitenden Unterrichtsinhalte (das technische Wissen) um das Rahmenthema „Wagen-Automobil“ gruppiert. In diesem Bereich war zu erarbeiten:

1. Der Wagen
  - a) Transporterleichterung durch rollende Bewegung.
  - b) Die Lenkung — wodurch sich die Bewegungsrichtung ändert.
2. Das Automobil
  - a) Hebelwirkungen — Handbremse, Steuerung, Pedale.
  - b) Kraftübertragung und Übersetzung — der Ventilator.

Um die Kinder mit der Handhabung des Materials und der Umsetzung einfachster Arbeitsanweisungen ver-

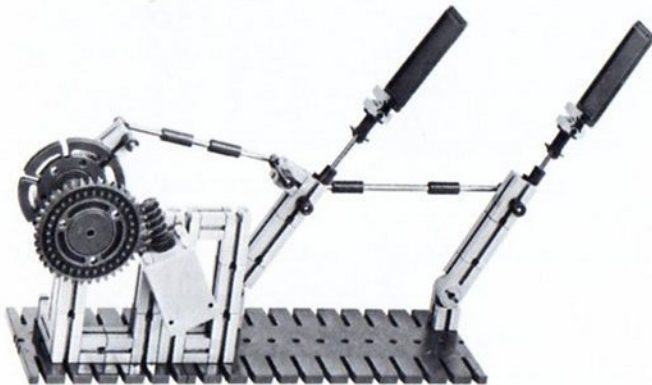
*Modell eines dreirädrigen Wagens*



traut zu machen, gingen den hier genannten Themen Übungen mit den Bauelementen voraus. Unterrichtsgegenstand waren dabei einige Brücken, die von den Kindern besichtigt, aufgezeichnet und nachgebaut wurden.

Bei den einzelnen Themen wurde methodisch nach folgenden Stufen verfahren:

*Modell eines Scheibenwischers*



1. Unterrichtsgang zum Zwecke individueller Realbegegnung.
2. Nachbau des Gegenstandes im Modell.
3. Wiedererkennen des Gegenstandes in Skizzierungen, Anschauungsbildern und halbanschaulichen Schemata mit Detailbenennungen.
4. Auffinden von Gesetzmäßigkeiten und deren schriftliche Fixierung.
5. Versuch zum „Transfer des Erlernten“ (Stauss, S. 14).

Die Unterrichtsgänge wurden als vorbereitete und gezielte Realbegegnung durchgeführt. Dabei ergab sich jeweils die Möglichkeit, den zu betrachtenden Gegenstand in Ruhe und in der Funktion zu erleben. Wo möglich, erhielten die Kinder Gelegenheit, ihn genauer zu untersuchen, zu betasten oder die Funktion auszulösen. Die Bedeutung (der Zweck) des Gegenstandes wurde an Ort und Stelle im Unterrichtsgespräch geklärt.

Beim Nachbau der Gegenstände als Modell wurde zur Führung eine Arbeitsanweisung benutzt. In ihr war der Arbeitsvorgang in kleinste lückenlose Schritte aufgelöst und durch Zeichnungen veranschaulicht. So enthielt die Arbeitsanweisung für das Ventilatormodell 23 Einzelschritte und 8 Skizzen.

Das Wiedererkennen des Gegenstandes in Skizzierungen, Anschauungsbildern und halbanschaulichen Schemata geschah mit Hilfe selbst entworfener und selbst hergestellter Schülerarbeitsblätter (Umdruck). Die im Arbeitsblatt einzusetzenden Bezeichnungen waren zum Teil auf diesem als Kontrollwörter vorhanden. Während die Arbeit am Schülerarbeitsblatt durchgeführt wurde, stand das betreffende Modell für jede Schülergruppe zum Vergleich zur Verfügung.

Das Auffinden von Gesetzmäßigkeiten wurde zum Teil im Direktunterricht, zum Teil in Gruppenarbeit durchgeführt. Bei der Gruppenarbeit fand wiederum eine Steuerung des Vorgehens mit Hilfe von Arbeitsanweisungen statt. Die mit dem Modell durchzuführenden Versuche waren in dieser Arbeitsanweisung verständlich, kurz und eindeutig beschrieben. Die

Arbeitsergebnisse waren in einem Arbeitsbericht zusammenzufassen, der in Form eines Lückentextes oder in zeichnerischer Form bereits vorbereitet war. Nach der differenzierten Arbeit wurden die Gruppenberichte gegeben und die Inhalte in der Verarbeitung der Gruppenberichte geklärt.

Während das Auffinden von Gesetzmäßigkeiten an dem zur Themenerarbeitung benutzten Modell erfolgte, sollten bei den Versuchen zum Transfer des Erlernten neue Modelle geschaffen werden. Auch hier wurden wieder schriftliche Bauanweisungen gegeben, die jedoch jetzt die erlernten Gesetzmäßigkeiten in die Planung einbezogen und höhere Anforderungen stellten.

### Die Arbeitserfahrungen

Trotz der kurzen Versuchszeit ließ sich eine Fülle von Erfahrungen und Ergebnissen ermitteln. Einige davon seien hier hervorgehoben.

Das schulische Interesse für den Lernbaukasten und seine Möglichkeiten hing nicht von einer besonderen Begabung ab (sicher muß man hier zwischen schulischem und außerschulischem Interesse unterscheiden). Im Unterricht rief das Material bei den Kindern eine solche Zuwendung hervor, daß fast jedes Kind unmittelbar durch Handbetätigung beteiligt sein wollte und Unterrichtsstörungen die Folge waren. Es bedurfte mehrerer Übungsstunden, bis die Kinder zu einer störungsfreien Gruppenarbeit in der Lage waren.

Auffallend war, daß die Mädchen in gleicher Weise an der Arbeit mit den Bauelementen interessiert waren wie die Jungen. Auch beim Umgang mit den Modellen und Arbeitsblättern zum Auffinden von Gesetzmäßigkeiten sowie bei den Transferübungen zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Zu Beginn des Versuchs standen 5 Lernbaukästen für die Klasse zur Verfügung. Es wurde also in Vierer-

gruppen und in einer Fünfergruppe gearbeitet. Bald zeigte sich jedoch, daß die Gruppen zu groß waren und der Tätigkeitsdrang der Kinder nicht befriedigt werden konnte, was zu leichten Anpassungsschwierigkeiten führte. Nach einer Woche wurden zusätzliche Lernbaukästen beschafft, und die Arbeit konnte in Dreiergruppen fortgesetzt werden. Dadurch gestalteten sich die Arbeitsmöglichkeiten günstiger, und ein kontinuierlicher Gruppenunterricht ließ sich entwickeln. Als beste Form der Zusammenarbeit stellte sich jedoch die Partnerarbeit heraus, die ganz unvermittelt möglich wurde, als besondere Umstände dazu führten, daß nur 16 Kinder anwesend waren. Hierbei zeigte sich zwischen einigen Partnern eine geradezu ideale Form der Zusammenarbeit (Lesefähigkeit – Handgeschicklichkeit).

Während des Versuchs wurden besonders die Leistungen der schwachen Schüler (IQ unter 70) beobachtet. Im Vergleich zu den intelligenteren Schülern benötigten sie längere Zeit, ehe sie eine Konstruktion beendeten. In der Regel waren sie beim ersten Bauvorgang nur helfend tätig, sie suchten die Einzelteile heraus, leisteten Hilfestellung und beobachteten die Montage. Erst beim zweiten oder dritten Aufbau des Modells wagten sie es dann, selbständig zu arbeiten. Hierbei waren dann die anderen Schüler der Gruppe beratend und helfend tätig. Diese abwartende Haltung änderte sich jedoch durch das zunehmende Vertrautwerden mit dem Material. Nach etwa 20 Unterrichtsstunden waren auch die schwächsten Schüler sofort bereit, eine neue Aufgabe in Angriff zu nehmen. Die Unterschiede zwischen den leistungsstärkeren und leistungsschwächeren Schülern verwischten sich mehr und mehr.

Auffallend war das Bemühen der schwachen Schüler, die Texte der Arbeitsanweisung zu lesen und genau den Sinn daraus zu entnehmen. Die Ergebnisse waren sichtlich besser als bei anderen Leseübungen. Ähnliche Beobachtungen konnten beim Ausfüllen der Ergebnisbogen gemacht werden. Die Kinder wandten mehr Sorgfalt und Mühe auf als bei anderen schriftlichen Arbeiten. Das läßt darauf schließen, daß



der handelnde Umgang mit dem Material zur Klärung der beim Lesen aufgenommenen oder beim Schreiben festgelegten Gedanken beiträgt.

Die leistungsfähigeren Schüler bewältigten die Konstruktionsaufgaben weitaus müheloser als der Klassendurchschnitt. Da sie die Arbeit schneller beendeten, mußte nach Anschlußaufgaben gesucht werden. Sie fanden sich in Form von Fehlersuchaufgaben. Zwei Schüler der Gruppe veränderten das Modell, während der dritte sich abwandte. Dieser mußte dann den Fehler finden und ihn beheben.

Mehrfach behinderte Kinder hatten im Umgang mit dem Material der Lernbaukästen keine besonderen Schwierigkeiten. Auch die Linkshänder kamen mit den Bauelementen zurecht, obwohl das Problem der richtigen Seitigkeit sie zu häufigeren Überlegungspausen veranlaßte. Zwei erethisch-versatile Kinder zeigten sich als begeisterte Modellbauer. Ihre Überbeweglichkeit machte sich erst nach der Konstruktionsarbeit wieder bemerkbar. Offensichtlich gab die Handbetätigung ihrem ungezügelteren Bewegungsdrang Richtung und Ziel.

Die sprachliche Leistungsfähigkeit ließ sich durch den Modellbau ebenfalls fördern. Ohne den Versuchsaufbau konnten sich einige Kinder nur sehr mangelhaft zu den Themen äußern. Beim Vorhandensein von Modellen, mit der Möglichkeit, die Modellteile während des Sprechens mit den Händen zu berühren, also zu zeigen, verbesserte sich die Fähigkeit zur sprachlichen Äußerung. Die der Sprache vorausgehende Vorstellungsbildung wurde sichtlich günstig beeinflußt.

**Abschließend kann festgestellt werden,** daß der Einsatz von Lernbaukästen im Physikunterricht der Lernbehindertenschule erfolversprechend ist. Es

wird notwendig sein, die Versuche fortzuführen, vor allem, um die Dauerhaftigkeit der hier aufgezählten Ergebnisse zu prüfen. Die Lernbaukästen stellen eine ideale Möglichkeit dar, den Schüler stärker am Unterricht zu beteiligen. Letzteres dürfte für Schüler aller Schularten gelten.

#### Literatur:

Bleichroth, W.: Zur Entwicklung des physikalischen Denkens im Volksschulalter. Zeitschr. f. Naturl. u. Naturk. 11/1957.

Bleidick/Heckel: Praktisches Lehrbuch des Unterrichts in der Hilfsschule. Marhold, Berlin 1968.

Eckel/Preuß: Einführung in die Elektrizitätslehre (Programm). Vieweg, Braunschweig 1969.

Jacobs/Töllner: Der einfache elektrische Stromkreis (Programm). Schroedel, Hannover 1967.

Klauer, K. J.: Programmierter Unterricht in Sonderschulen. Nieders. Kultusmin.: Richtlinien für die Volksschulen des Landes Niedersachsen.

Radigk, W.: Arbeitsmittel und Arbeitshilfen in der Sonderschule für Lernbehinderte. Marhold, Berlin 1968.

Radigk, W.: Handreichungen für den Lernbehindertenunterricht. Verb. Dt. Sondersch., Hannover 1969.

Ruthemann, G.: Sachkunde/Naturlehre in der Sonderschule für Lernbehinderte. In: Heese/Wegener, Enzyklopäd. Handbuch der Sonderpädagogik, Marhold, Berlin 1968.

Sander, M.: Der programmierte Unterricht. Mars, Bad Neuenahr o.J.

Strauß, E.: Untersuchungen zu den Möglichkeiten des Einsatzes von Konstruktionsbaukästen im Naturlehreunterricht der Sonderschule für Lernbehinderte. Hannover 1969 (unveröffentl.).

Ohne Verfasserangabe: Anleitungen zu den Kosmos-Experimentierkästen. Franckh, Stuttgart 1968.

## Technische Mechanik mit technischen Baukästen

### Bau und Wirkung der schwingenden Kurbelschleife – Versuch einer Unterrichtsskizze zum TECHNISCHEN WERKEN

#### A. Didaktische Analyse der Unterrichtsskizze

##### 1. Vorbemerkungen zum Thema

Es soll nicht Aufgabe des *TECHNISCHEN WERKENS* sein, junge Menschen schon im schulpflichtigen Alter zu Pseudo-Ingenieuren, Maschinenbauern oder Getriebeexperten auszubilden. Daher ist es unerheblich, daß die schwingende Kurbelschleife und ihre Anwendung im Werkzeugmaschinenbau für den engeren Lebensbereich von Hauptschülern normalerweise keine Bedeutung hat. Wir versuchen deshalb keinen Einstieg mit einer Fragestellung aus der „technischen Wirklichkeit“, es sei denn, eine solche ergäbe sich im Anschluß an eine Betriebserkundung unter technologischem Aspekt.

Die Analyse des Wirkungsprinzips der schwingenden Kurbelschleife in der technischen Wirklichkeit als Einstiegsmotivation scheint ebenfalls nicht empfehlenswert. Denn eine Maschine, die nach dem Prinzip der schwingenden Kurbelschleife arbeitet, wird von den Schülern der Hauptschule zunächst einmal als technisches Ganzes gesehen, das eine Fülle technisch-funktionaler und technisch-konstruktiver Elemente enthält. Das Prinzip der schwingenden Kurbelschleife könnte deshalb sowohl objektiv von der Maschine her als auch subjektiv von den Schülern aus von anderen und möglicherweise auffälligeren technischen Einzelformen oder -erscheinungen überlagert werden. Es würde dann schwer sein, aus dem Konzentrat an Technik, das eine moderne Maschine

heute enthält, die schwingende Kurbelschleife als technisches Phänomen herauszulösen.

Hinführung zur Arbeits- und Wirtschaftswelt (Arbeitslehre) heißt für das *TECHNISCHEN WERKEN* nicht unbedingt Hinwendung zur technischen Wirklichkeit, wenn sich eine solche aus der Didaktik des Faches und der Struktur des Themas nicht zwingend ergibt. Es ist z. B. im Geometrieunterricht anerkannt, daß der Unterricht zwar in der Regel von den Dingen und Formen des täglichen Lebens auszugehen hat, um nach der durch Abstraktion und Begriffsbildung gewonnenen Einsicht wieder auf die reale Umwelt Bezug zu nehmen, daß aber auch geometrische Probleme an sich die Weiterführung des Unterrichts motivieren können.

Der gleiche Gesichtspunkt muß auch für den Unterricht im *TECHNISCHEN WERKEN* gelten. „Technik erweist sich also weniger als ein Gegenstandszusammenhang, sondern primär als eine Denk- und Handlungsform des Menschen“<sup>1</sup>. Einsichten in technisch-funktionale und technisch-konstruktive Zusammenhänge werden daher auch dann gewonnen, wenn, wie im vorliegenden Beispiel, das Wirkungsprinzip der schwingenden Kurbelschleife ohne ausdrücklichen Bezug zur technischen Wirklichkeit erarbeitet wird.

##### 2. Vorbemerkungen zur Sache

Die gestellte Aufgabe gehört im Rahmen des *TECHNISCHEN WERKENS* in den Sachbereich „Maschine“.

Bezugsfeld des Problems ganz allgemein sind die technischen Wissenschaften, speziell ist es die „technische Mechanik“. Die Bewegungsvorgänge sollen nicht im Zusammenhang mit den verursachenden Kräften untersucht werden, d. h. die Kraft, die die Bewegungsänderung verursacht, und die Trägheit, die der Bewegungsänderung entgegenwirkt, bleiben bei allen Versuchen unberücksichtigt. Damit gehört das Thema innerhalb der „technischen Mechanik“ nicht in den Bereich der *DYNAMIK*, sondern in den der *KINEMATIK*. Es genügt zunächst, wenn die Schüler die Bewegungsvorgänge im Raum und in der Zeit erfassen.

Die Wirkung der mechanischen Energie kann durch Größe und Richtung als Kraftwirkung längs eines vorgegebenen Weges dargestellt werden. Für bestimmte produktionstechnische Vorgänge in Maschinen ist es oft erforderlich, daß das Arbeitsorgan (= [Maschinen-] Bauteil, in dem Energie in Wirkung

Abb. 1

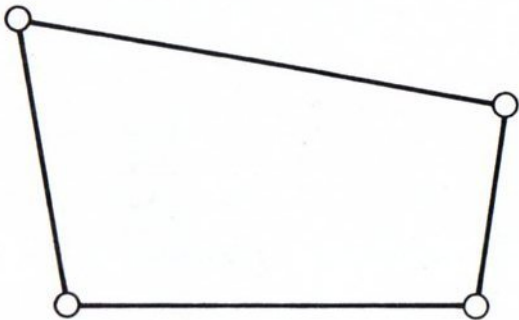
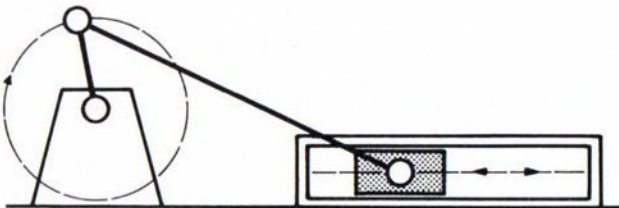


Abb. 2



umgesetzt wird) eine festgelegte Größe der Kraft und ihre Richtung längs eines vorgeschriebenen Weges einhält. Um das zu erreichen, muß die im Energieteil bereitgestellte Energie während ihrer Fortleitung zum Arbeitsorgan umgeformt werden. Diese Umformung mechanischer Energie besorgen Getriebe. Wenn diese Getriebe eine gleichförmige Drehung des Antriebsgliedes in eine periodisch veränderliche Bewegung umformen, werden sie Kurbelgetriebe genannt. Alle Kurbelgetriebe werden von der sogenannten Viergelenkkette abgeleitet (Abb. 1).

Wird beim Weiterbau aus dem Drehgelenk 4 eine Geradföhrung, dann entsteht eine Schubkurbel (Abb. 2). Zu den daraus weiterentwickelten Getrieben gehört auch die schwingende Kurbelschleife. Da bei ihr der Kurbelwinkel des Vorlaufs nicht gleich dem Kurbelwinkel des Rücklaufs ist (Abb. 5), erhält man im Abtrieb (an der Schleife) eine Schwingbewegung mit unterschiedlicher Schwingungsgeschwindigkeit. Dadurch bekommt z. B. ein von einer schwingenden Kurbelschleife bewegter Werkzeugmaschinentisch einen langsamen Vor-, aber raschen Rücklauf<sup>2</sup>.

### 3. Vorbemerkungen zum Unterricht

Das Thema „Bau und Wirkungsweise der schwingenden Kurbelschleife“ ist Teil einer Unterrichtsreihe, die sich mit der Umformung mechanischer Energie mit Hilfe von Kurbelgetrieben auseinandersetzt. Für die gedanklich richtige Zuordnung der schwingenden Kurbelschleife zu den Kurbelgetrieben durch den Schüler wird vorausgesetzt, daß die Viergelenkkette und das wichtigste und einfachste daraus abgeleitete Getriebe, die Kurbelschleife, zuvor im Unterricht erarbeitet wurden.

Die (Nach-)Konstruktion der Arbeitsmodelle mit den Bausteinen der „fischertechnik“ wird dann erleichtert, wenn die Schüler bereits herausgefunden haben, daß die Kurbel durch ein Rad ersetzt werden kann, an dem die Koppel exzentrisch angelenkt ist (Abb. 3).



zeichnungen, mit denen die Schüler wahrscheinlich überfordert wären. Und was geschieht, wenn ein Einzelteil nachher nicht paßt oder zerbricht? Dann muß neu gezeichnet, gesägt und gefeilt werden – vergebene Zeit. Hier leisten technische Baukästen mehr. Mit einem Minimum an Zeit können funktionsfähige und belastbare Modelle zur Demonstration technischer Phänomene zusammengestellt werden.

### 5. Fachübergreifende Beziehungen

Das Thema „Bau und Wirkungsweise der schwingenden Kurbelschleife“ hat einen fachübergreifenden Bezug zur Mathematik, denn bei der konstruktiven Klärung der unterschiedlichen Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit und des Maximalausschlags der Schleife nach links und rechts kann ein interessantes Problem gelöst bzw. wiederholt werden:

Gegeben sind ein Kreis (Kurbel) und ein Punkt P außerhalb des Kreises (Drehpunkt der Schleife).

Gesucht sind die Tangenten von P aus an den Kreis.

Die Tangenten zeigen den maximalen Ausschlag der Schleife nach links und nach rechts. Werden die Berührungspunkte der Tangenten mit dem Mittelpunkt des Kreises verbunden, entstehen zwei unterschiedlich große Mittelpunktswinkel, die Kurbelwinkel  $\alpha$  und  $\beta$ , deren verschieden große Bögen das Problem der unterschiedlichen Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schleife unmittelbar einsichtig machen. Aus dem Verhältnis der Bögen der Kurbelwinkel zueinander bzw. direkt aus deren Winkeln kann schließlich noch das Verhältnis der Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit berechnet werden, etwa folgendermaßen:

$b_1$  = Bogen des Vorlaufs bzw.  $\alpha$  = Kurbelwinkel des Vorlaufs

$b_2$  = Bogen des Rücklaufs bzw.  $\beta$  = Kurbelwinkel des Rücklaufs

$c_1$  = Geschwindigkeit des Vorlaufs

$c_2$  = Geschwindigkeit des Rücklaufs

$c_1 = 1$

Dann gilt:

$b_1 : b_2 = c_2 : c_1$                       bzw.  $\alpha : \beta = c_2 : c_1$ ;

$c_2 = \frac{b_1}{b_2}$                                       bzw.  $c_2 = \frac{\alpha}{\beta}$

Ob und inwieweit diese fachübergreifenden Möglichkeiten genutzt werden, hängt vom Leistungsstand und Leistungsvermögen der Schüler in Mathematik ab. Schüler des 8./9. Schuljahrs der Hauptschule sollten in der Leistungsgruppe A (NRW) so weit gefördert worden sein, daß diese mathematischen Strukturen eines technischen Problems verstanden werden. Das vorliegende Thema wurde mit Schülern des 7./8. Schuljahres erarbeitet, denen die notwendigen mathematischen Voraussetzungen zur Erarbeitung der zuvor genannten technisch-mathematischen Strukturen fehlten. Es konnte daher nur eine „ungeometrische“ Analyse des Problems der unterschiedlichen Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit versucht werden.

### B. Methodische Analyse

Wenn die fachübergreifenden technisch-mathematischen Einzelheiten mit bearbeitet werden, verlangt das Thema etwa 2 Doppelstunden von je 90 Min. Dauer. Da sich die schwingende Kurbelschleife aus der Kurbelschwinge entwickeln soll, ist es erforderlich, daß die von den Schülern in der vorhergehenden Stunde gebauten Modelle der Kurbelschwinge zur Verfügung stehen. Sachlogisch aufeinander folgende Unterrichtsschritte gewährleisten eine sinnvolle Erarbeitung des Themas.

Zu Beginn des Unterrichts erklären die Schüler den Bau und die Wirkungsweise der Kurbelschwinge an den Modellen und an einer vorbereiteten Tafelskizze.

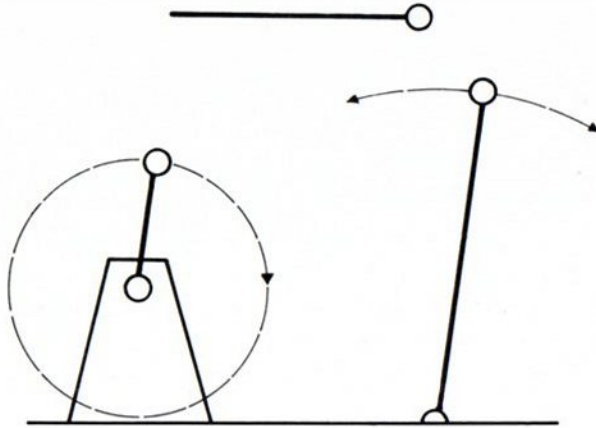
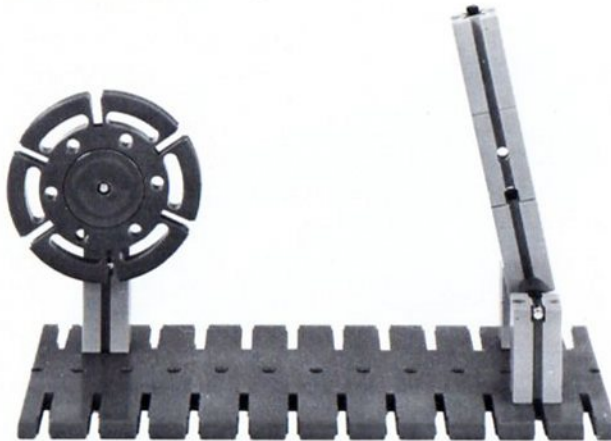


Abb. 4 und Foto 2



Auf eine klare und sachgerechte Sprache wird dabei besonders geachtet. (Gebrauch der technischen Fachausdrücke „Kurbel“, „Schwinge“, „Koppel“.) Die Aufgabenstellung, die sich nun anschließt, ist für den Stundenverlauf sehr entscheidend. Sie kann folgendermaßen vorgenommen werden:

Die Kurbelschwinge formt eine gleichmäßige kreisförmige Bewegung in die Hin- und Herbewegung der Schwinge um (Abb. 3).

Ist es möglich, die kreisförmige Bewegung ohne die Koppel direkt auf die Schwinge zu übertragen?

(Kurbel und Schwinge müssen jedoch weiter fest im Gestell gelagert sein!)

Die Erarbeitung der Lösung setzt voraus, daß das neue Problem zunächst sauber strukturiert wird. Zur visuellen Unterstützung des jetzt einsetzenden Denkprozesses entfernen die Schüler die Koppeln aus ihren Kurbelschwinge. Außerdem zeigt eine vorbereitete Tafelskizze ebenfalls eine „Kurbelschwinge“ ohne Koppel (Abb. 4). Die noch vorhandenen Einzelteile der Kurbelschwinge werden von den Schülern sowohl am Modell als auch an der Tafel gezeigt und benannt. Die Tafelskizze wird beschriftet.

Die Schüler beschreiben ihre Lösungsvermutungen am Modell und an der Tafel. In dieser Phase des Unterrichts scheint es erforderlich, daß die Lösungsansätze nicht gleich in die Praxis umgesetzt werden. Die Vorschläge werden daher zunächst auf ihre Durchführbarkeit hin durchgesprochen, um die technische Abstraktionsfähigkeit der Schüler auszubilden. Denken als Lernprozeß beinhaltet, daß sich die Phase des „selecting and connecting“ (Thorndicke) als ein gedankliches und kritisches Suchen nach der richtigen Lösung darstellt<sup>4</sup>.

Man kann darüber streiten, ob die Schüler auch objektiv falsche Lösungen, die subjektiv nicht als undurchführbar erkannt werden, praktisch durchprobieren sollen. Wenn sich die Schüler in eine falsche Lösung verrannt haben oder wenn überhaupt keine Lösungen angeboten werden, sollte es sinnvoll sein, daß der Lehrer Denkhilfen gibt, die allerdings die Lösung des Problems nicht vorwegnehmen dürfen: Diese Denkhilfen könnten folgendermaßen lauten:

Welche Bewegung kann das freie Glied der Kurbel ausführen?

Welche Bewegung kann die Schwinge ausführen?

Was geschieht, wenn ein Bolzen, der durch die Kurbel gesteckt wird, die Schwinge berührt?

Die Antworten auf diese Fragen werden am Restmodell geprüft.

Haben alle Schüler eine Lösung als richtig erkannt, wird diese mit Hilfe der Bausteine in die Praxis umgesetzt. Jeweils zwei Schüler bauen zusammen ein Modell.

Es ist theoretisch und auch praktisch denkbar, daß die Schüler statt der schwingenden Kurbelschleife eine umlaufende Kurbelschleife entwickeln. In diesem Falle müssen die Kinder darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Schwinge hin- und herschwingen und nicht umlaufen soll.

Die Phase der Vertiefung bezieht sich auf folgende Inhalte:

a) Sprachliche Bewältigung des neuen Modells. Aus der Kurbelschwinge ist die schwingende Kurbelschleife geworden. Die Einzelteile (Kurbel, Schleife) werden an einer vorbereiteten Tafelskizze und am Modell gezeigt und benannt. Die Tafelzeichnung wird beschriftet (Abb. 5).

b) Die Bewegung der Schleife wird analysiert. Zeichnerische (geometrische) Festlegung des Maximalausschlags der Schleife nach links und nach rechts. Die Schüler schließen vom Modell auf die Tafelzeichnung. (Wie steht die Kurbel, wenn die Schleife am weitesten nach links oder nach rechts zeigt?) Die unterschiedliche Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schleife wird an Hand der unterschiedlichen Längen der Kreisbögen untersucht, die die Kurbel bei einer Hin- und Herbewegung der Schleife beschreibt. Diese Untersuchung wird zweckmäßigerweise an der Tafelzeichnung vorgenommen. Der Vorlaufbogen und der Rücklaufbogen der Kurbel werden eingezeichnet.

c) Anschließen kann sich ggf. die Analyse der technisch-mathematischen Strukturen, d. h. geometrische Konstruktion des Maximalausschlags der Schleife nach links und nach rechts und der Kurbelwinkel des Vor- und Rücklaufs; Berechnung des Verhältnisses der Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit allgemein und an Hand eines Beispiels (Verwendung der Tafelzeichnung). Zur Berechnung können entweder die

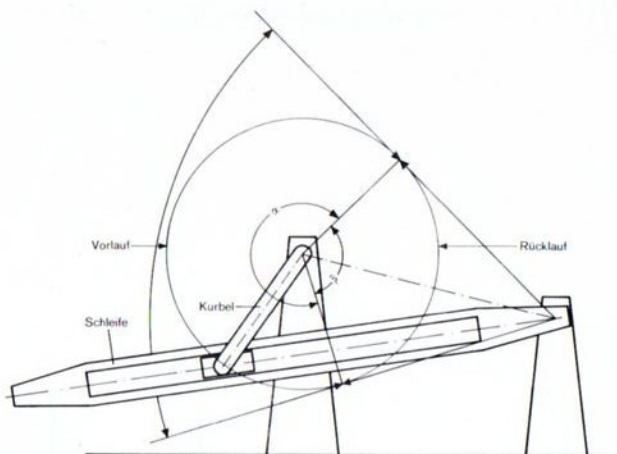
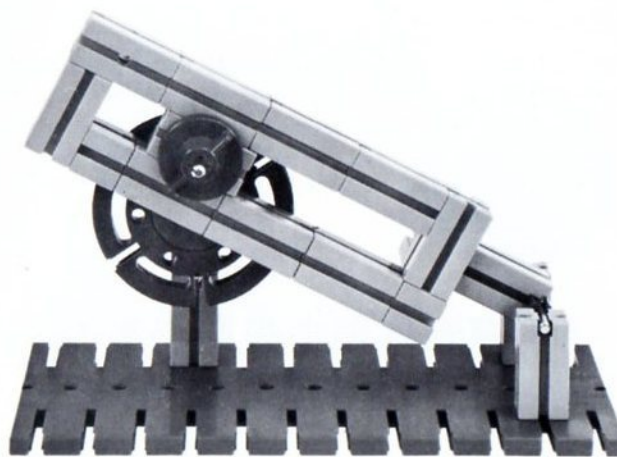


Abb. 5 und Foto 3



Kurbelwinkel oder die dazugehörigen Bögen verwendet werden.

Die Stillarbeit richtet sich nach dem, was in der Phase der Vertiefung behandelt wurde. Denkbar ist ein „ungeometrisches“ oder ein konstruierendes Abzeichnen der schwingenden Kurbelschleife von der Tafel. Eventuell kann das Verhältnis der Vor- und Rücklaufgeschwindigkeiten der Schleife an Hand der Zeichnungen berechnet werden, die von den Schülern angefertigt wurden.

Eine weitere Aufgabe ist der Versuch eines Unterrichtsprotokolls mit dem Thema: Bau und Wirkungsweise der schwingenden Kurbelschleife. Die Gliederung des Protokolls wird mündlich vorbereitet.

Schüler, die die Analyse der technisch-mathematischen Strukturen verstanden haben, können außerdem folgende Anschlußaufgabe lösen:

Von einer schwingenden Kurbelschleife sind bekannt:

Länge der Kurbel von der Mitte des festen Lagerpunktes bis zur Mitte der Lagerung des Bolzens, der die Schleife führt = 300 mm;

Entfernung von der Mitte des festen Lagerpunktes der Kurbel bis zur Mitte des festen Lagerpunktes der Schleife = 1000 mm;

Länge der Schleife = 1500 mm.

Fertige eine Strichzeichnung im Maßstab 1 : 10, die den Maximalausschlag der Schleife nach links und nach rechts und die Kurbelwinkel des Vor- und Rücklaufs zeigt. Berechne aus den Kurbelwinkeln oder aus den dazugehörigen Bögen das Verhältnis der Vorlauf- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schleife.

### C. Stundenverlauf / Zusammenfassung

#### 1. Einstieg

- a) Die Schüler erklären ihre in der vergangenen Stunde gebauten Modelle „Kurbelschwinge“
- b) Die vorbereitete Tafelzeichnung „Kurbelschwinge“ wird beschriftet (Abb. 3).

#### 2. Problemstellung

Die Kurbelschwinge formt eine gleichmäßige kreisförmige Bewegung mit Hilfe der Koppel in eine Hin- und Herbewegung der Schwinge um.

Ist es möglich, daß die kreisförmige Bewegung ohne die Koppel direkt auf die Schwinge übertragen wird? Kurbel und Schwinge sollen weiterhin im Gestell fest gelagert sein.

Strukturierung des Problems mit Hilfe der Tafelzeichnung und der „Kurbelschwinger“, denen die Koppel entfernt wurde (Abb. 4).

#### 3. Erarbeiten der Lösung

a) Ansätze einer möglichen Lösung werden von den Schülern an der Tafel und am Restmodell „Kurbelschwinge“ logisch entwickelt. Der Lehrer gibt, wenn nötig, Lösungshilfen.

b) Umsetzen der von den Schülern als objektiv richtig erkannten Lösung in die Praxis, d. h. Herstellen der schwingenden Kurbelschleife mit den Bausteinen der „fischertechnik“ (Abb. 5).

#### 4. Vertiefung

Die Tafelskizze zeigt das neue Modell (Abb. 5).

a) Das neue Modell bekommt den Namen „Schwingende Kurbelschleife“ Die Einzelteile werden am Modell und an der Tafelskizze gezeigt und benannt. Die Zeichnung wird beschriftet.

b) Analyse der Bewegung der Schleife am Modell und an der Zeichnung:

- aa) Festlegen des Maximalausschlags der Schleife nach links und nach rechts;
- bb) die Kurbel beschreibt beim Vorlauf der Schleife einen größeren Bogen als beim Rücklauf.

Was bedeutet das für die Geschwindigkeit der Schleife beim Vorlauf und beim Rücklauf? Darstellung der unterschiedlichen Vorlauf- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schleife mit Hilfe der unterschiedlich großen Kurbelwinkel bzw. der dazugehörigen Bögen.



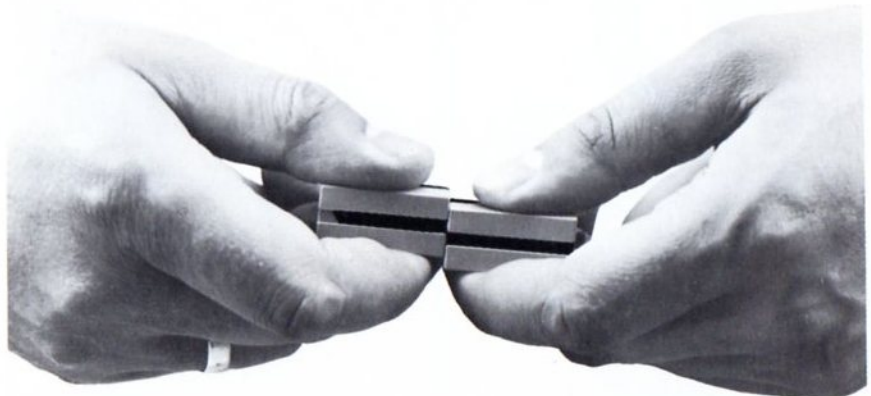


**Bauanleitung  
für die Lernbaukästen  
u-t 1 und u-t 2  
(auf den Seiten 42–48)**

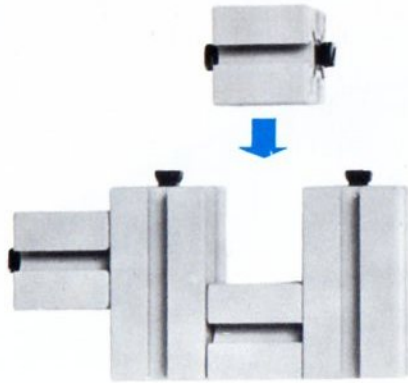
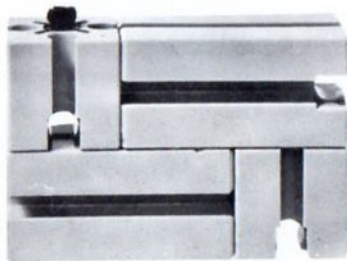


**Handhabung**

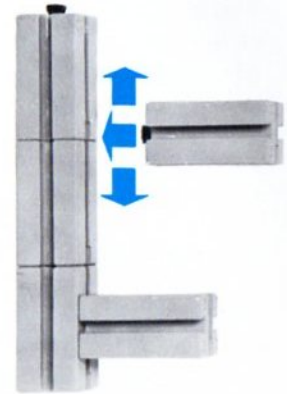
Jeder fischer-Baustein weist Verbindungszapfen und Nuten auf, mit denen die Bausteine stufenlos an allen 6 Seiten verbunden werden. Sie sind gegeneinander verschiebbar und halten trotzdem fest. fischer-technik ist ein System ohne Grenzen. Wenige Grundelemente ermöglichen unendlich viele und vielfältige Konstruktionen.

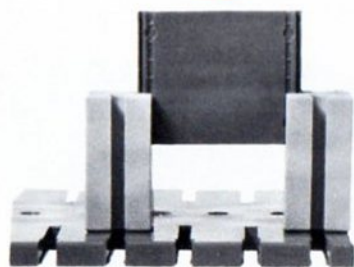


u-t 1

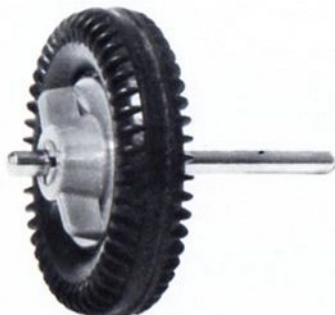


Baustein mit roten Verbindungszapfen  
= drehbar

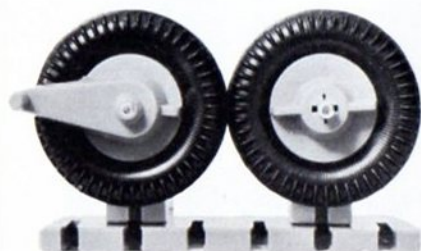
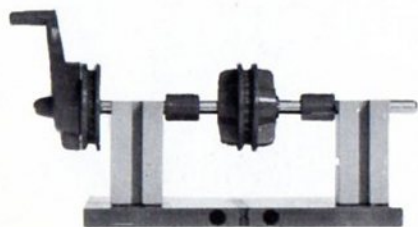
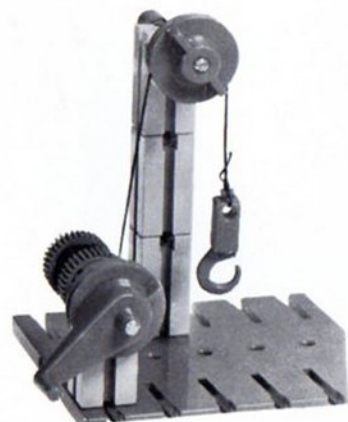
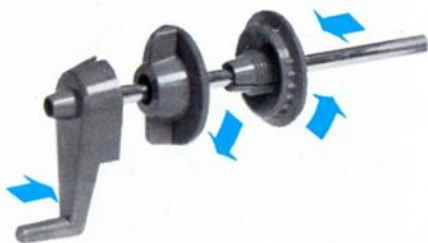
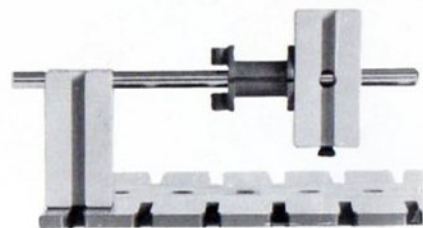


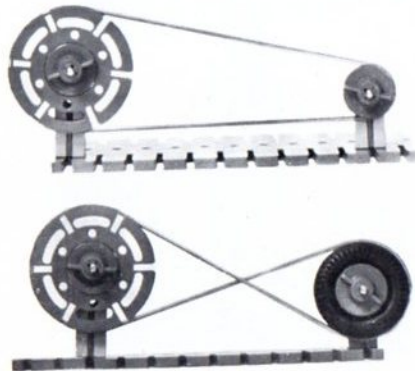
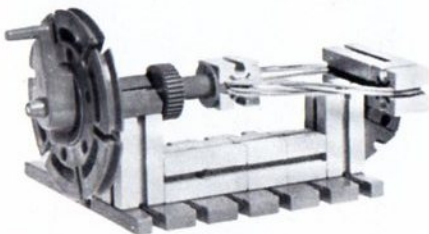
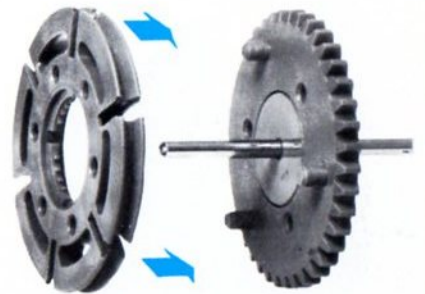
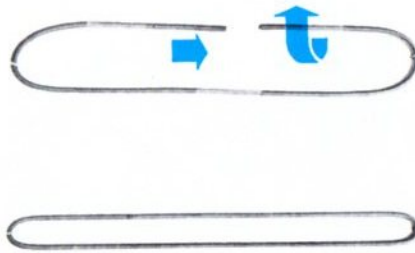
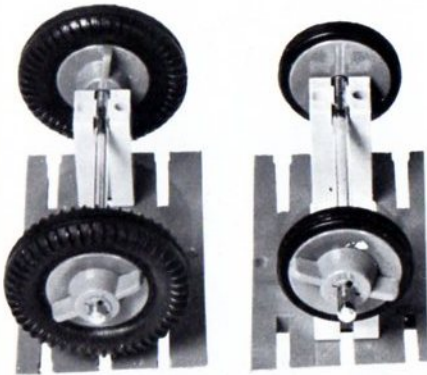
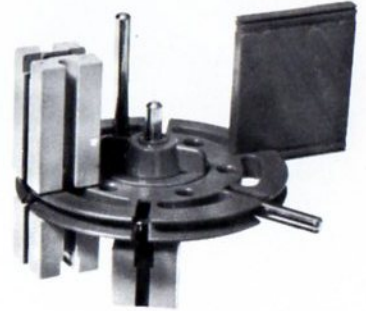


Mit diesen beiden Naben können alle hier gezeigten Bauteile fest oder lose auf einer Achse montiert werden.

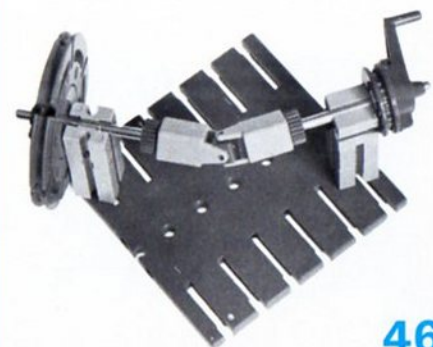
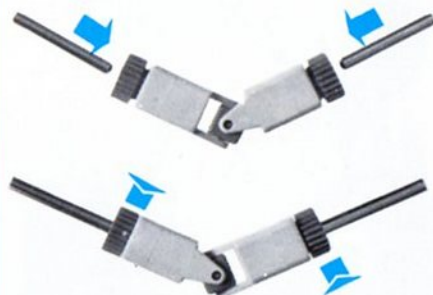
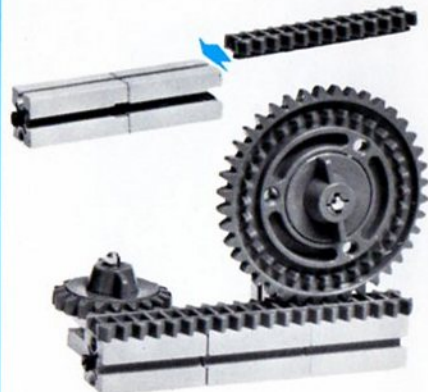
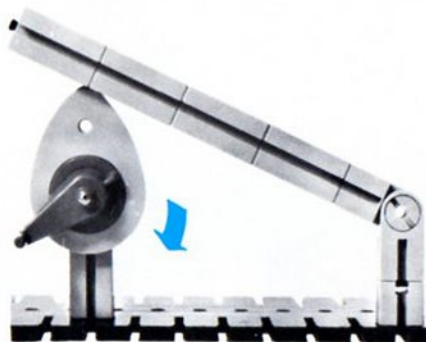
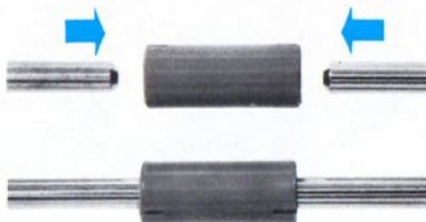
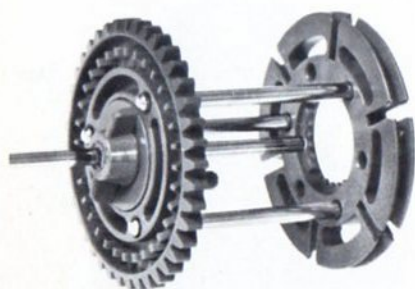


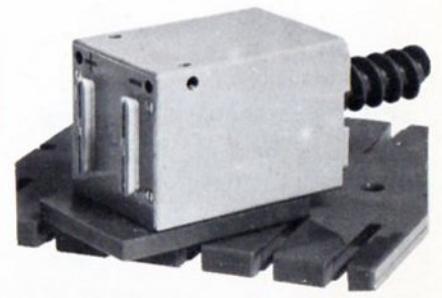
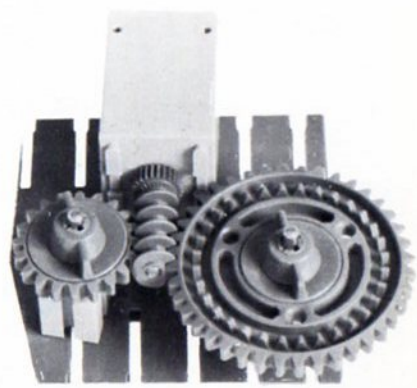
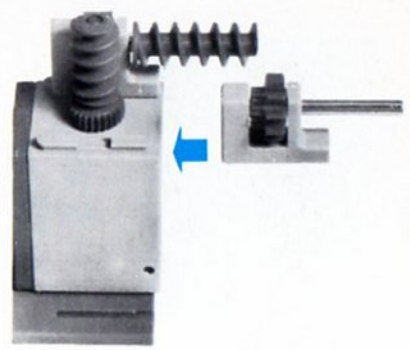
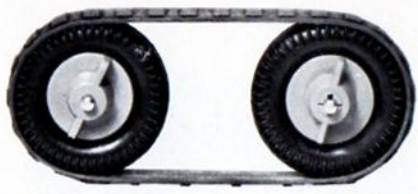
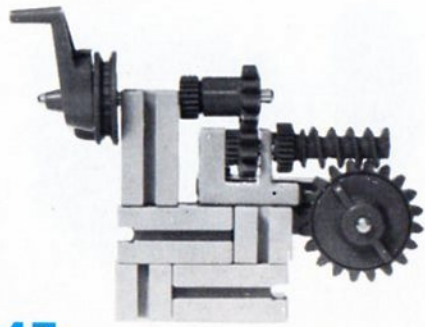
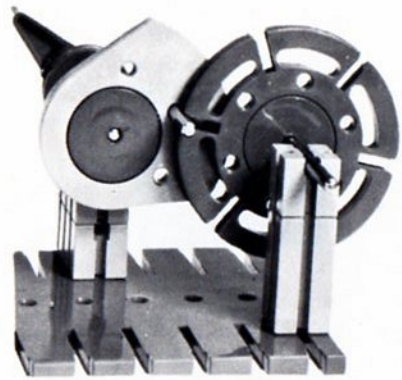
u-t 1



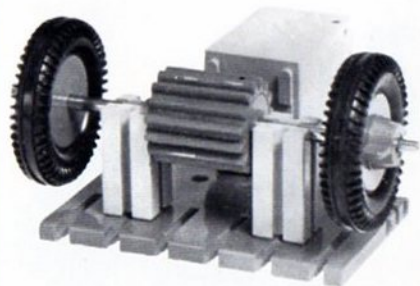
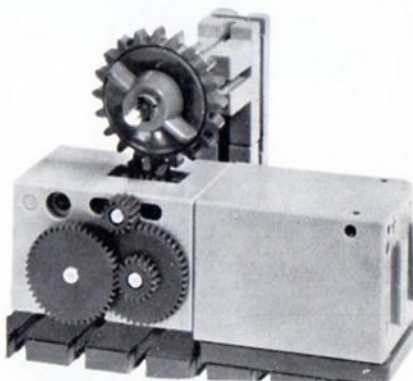
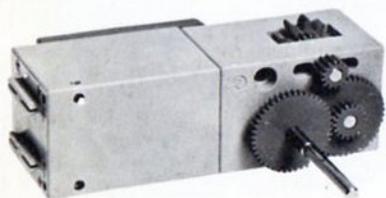
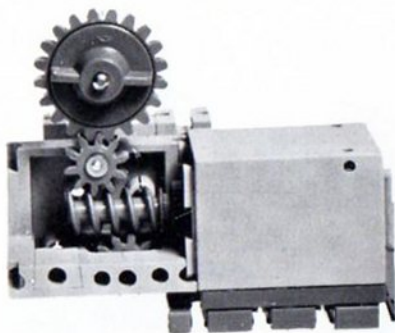
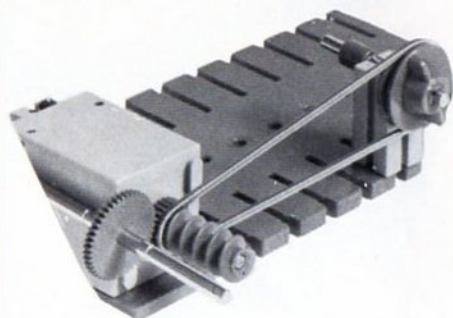
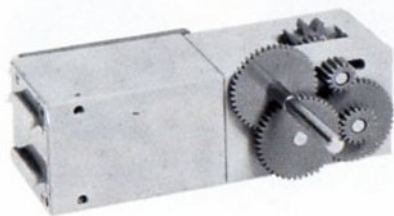
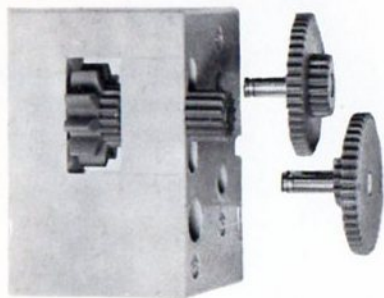


u-t1









FISCHERTECHNIK-SCHULPROGRAMM  
MIT WESTERMANN

# UNTERRICHT MIT LERNBAUKÄSTEN



16 8001