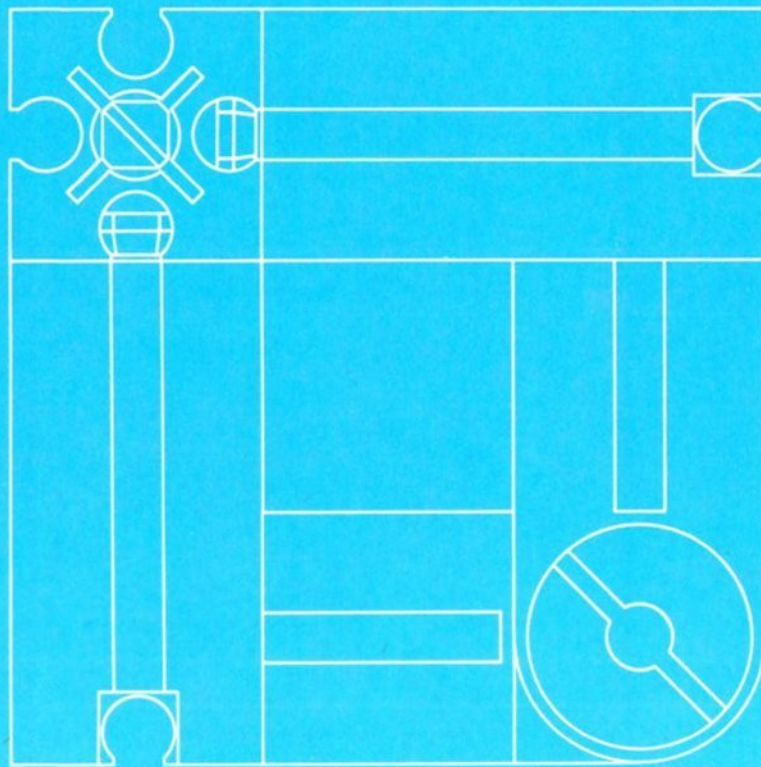


TECHNISCHE BILDUNG
MIT FISCHERTECHNIK-SCHULPROGRAMM
LERNBAUKÄSTEN

DIDAKTISCHES MODELL UND UNTERRICHTSORGANISATION



AKTUELLE EINFÜHRUNG
IN DEN TECHNISCHEN BILDUNGSBEREICH
GEORG WESTERMANN VERLAG

*Arbeitsgruppe Technische Bildung
Pädagogische Hochschule Heidelberg*

*Lernbaukästen
Didaktisches Modell und Unterrichtsorganisation*

Technische Bildung mit
fischertechnik-schulprogramm

Lernbaukästen Didaktisches Modell und Unterrichtsorganisation

Aktuelle Einführung in den technischen Bildungsbereich

Band 1

*Arbeitsgruppe Technische Bildung
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Redaktion: Ewald Fr. Rother*



Georg Westermann Verlag, Braunschweig

Westermann-Bestell-Nr. 16 8002

Fischer -Bestell-Nr. 3 9006

GEORG WESTERMANN VERLAG 1971

UMSCHLAGENTWURF: ADALBERT HOMEY

GESAMTHERSTELLUNG: GEORG WESTERMANN, BRAUNSCHWEIG 1971

Inhalt

| | |
|---|-----|
| Einleitung | 7 |
| WALTER BREUNIG Daseinsanalytische Betrachtung zum Verhältnis Mensch-Technik | 9 |
| HANS MAIER Didaktische Grundkonzeption zur Organisation von Unterricht im technischen Bildungsbereich | 21 |
| ARBEITSGRUPPE TECHNISCHE BILDUNG Die fischertechnik-Lernbaukästen – Schema des didaktischen Grundmodells – | 47 |
| GERHARD RUCKWIED Konstruktive Grundformen und Handhabung der Bauelemente | 59 |
| GERHARD RUCKWIED / HELMUT WIEDERRECHT Konstruktionsbeispiele mit fischertechnik- Lernbaukästen u-t 1 und u-t 2 | 80 |
| FRANZ JAKOB Einführung in die Getriebelehre | 107 |
| Literaturverzeichnis | 127 |

Einleitung

„Technische Bildung“ heißt der neue Aufgabenbereich der Schule. Der Unterricht muß folglich *Lernprozesse* eröffnen.

Das Ziel: Der Schüler soll angeregt werden, technisch zu denken. Er soll in das System technischer Konstruktionsprinzipien eingeführt werden.

Die Voraussetzung: Dem Schüler muß ein Arbeitsmittel an die Hand gegeben werden, das ihm einen experimentierenden, planend-entwerfenden Umgang mit technischen Problemen ermöglicht.

Das vorliegende Handbuch will dem Praktiker Hilfen beim Unterricht im Bereich der Technischen Bildung anbieten.

Die Autoren des Handbuchs führten empirische Untersuchungen durch mit folgendem Ergebnis: Das vorgefertigte, normierte Material technischer Lernbaukästen eignet sich in besonderer Weise, solche Lernprozesse auszulösen. Bei Vorversuchen stellte sich jedoch heraus, daß die anfallenden Probleme nur durch die Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen zu lösen waren. So bildete sich im Sommer 1968 an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg aus Vertretern der Fachbereiche Allgemeine Pädagogik und pädagogische Kommunikationsforschung, Schulpädagogik und Allgemeine Didaktik, Grundschulpädagogik, Pädagogische Psychologie, Didaktik der Physik, Werkdidaktik und Schulpraxis die Arbeitsgruppe Technische Bildung (ATB Heidelberg). Die Entwicklung einer anthropologisch begründeten didaktischen Konzeption für die Technische Bildung und die Erarbeitung von Kriterien für die Einschätzung technischer Baukästen waren die ersten Ergebnisse dieser Zusammenarbeit.

Die Analyse bekannter technischer Baukästen ergab, daß das System fischertechnik den entwickelten Kri-

terien am besten entsprach: Mannigfaltige Darstellung technischer Funktionszusammenhänge, Durchsichtigkeit der Funktionszusammenhänge an gebauten Modellen, Stabilität und Funktionstüchtigkeit der gebauten Modelle, leichtes und schnelles Verbinden der einzelnen Bauelemente, Präzision und Haltbarkeit der Einzelteile, ansprechende visuelle und taktile Qualität. Aufgrund dieser didaktischen Voraussetzungen des Systems fischertechnik für technische Lernbaukästen kam es zu Kontakten mit den Fischer-Werken in Tümlingen (Schwarzwald). Der Firmeninhaber Artur Fischer war bereit, Lernbaukästen in seinem Werk nach den Intentionen der Arbeitsgruppe auszustatten und die didaktische Konzeption mitzuvertreten.

Eine weitere Aufgabe der Arbeitsgruppe bestand darin, für den technischen Bildungsbereich nunmehr Lernorganisationen zu entwerfen und zu überprüfen. Diese Lernorganisationen wurden zunächst in Form von Arbeitskarten für den allein lernenden Schüler veröffentlicht. Die Lernbaukästen des fischertechnik-Schulprogramms und die Handbücher zur Technischen Bildung, die im Georg Westermann Verlag erstellt werden, ergeben zusammen mit den Arbeitskarten „Lernpakete“, mit deren Hilfe der Praktiker jetzt unmittelbar seinen Unterricht gestalten kann. Darüber hinaus kann er sowohl durch Erprobung als auch durch Kritik an der Verbesserung und der weiteren Ausgestaltung der fischertechnik-Lernbaukästen und der Arbeitskarten an der Lernorganisation mitwirken.

Die Arbeitsgruppe hat zur Beobachtung des Schülerverhaltens innerhalb einzelner Lern- und Konstruktionssequenzen Erfassungsbögen entwickelt, die eine kontrollierte Überprüfung des person- und sachgemäßen Aufbaus der einzelnen Lernorganisationen ermöglichen.

Mit diesem didaktischen Gesamtprogramm wird ein Prozeß von Information und Rückmeldung angestrebt, der bei allen Beteiligten eine Schärfung des Aufgabenbewußtseins hervorrufen soll.

Nur so wird eine Optimierung des didaktischen Projekts und eine Verbesserung des Unterrichts erreicht werden können.

Den Fischer-Werken und dem Georg Westermann Verlag ist dafür zu danken, daß sie ihre technischen und verlegerischen Erfahrungen in den Dienst dieser pädagogischen Aufgabe stellen.

Heidelberg, im Juli 1970

ARBEITSGRUPPE TECHNISCHE BILDUNG
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Daseinsanalytische Betrachtung zum Verhältnis Mensch – Technik

I

Die angesprochene Thematik bedarf zunächst einer methodischen und einer gegenstandstheoretischen Erläuterung:

Die Bezeichnungen „Dasein“ und „Daseinsanalyse“ erhielten besonders durch M. Heidegger (1953), K. Jaspers (1937) und L. Binswanger (1964) ihre existential- und existenzphilosophische und ihre anthropologische Eigenbedeutung. Daseinsanalytisches Vorgehen soll sich hier auf das phänomenale Vorhandensein des Menschen erstrecken. Es soll sich – ähnlich wie bei Binswanger – auf das menschliche Dasein beschränken und will nicht bis auf „das Dasein überhaupt“ vordringen; es nimmt sich der einzelnen Person ebenso an wie Personengruppen, die jeweils in einem mannigfaltigen Weltverhältnis zueinander stehen.

Unsere daseinsanalytische Betrachtung wendet sich dem Verhältnis Mensch–Technik zu als einem Weltverhältnis¹ des Menschen unter anderen, wobei Technik eine mögliche Repräsentation seiner Welt darstellt. Was sich in der Welt als Technik repräsentiert, ist das Ergebnis menschlicher Gestaltungsprozesse zum Zwecke einer flexiblen und damit typisch menschlichen Daseinsgestaltung².

Der Mensch gelangt über sie zu einem anderen Weltverständnis und dadurch zu einem anderen Verhältnis zur Natur und zu sich selbst. Zwar bleiben die naturhaften Grunderscheinungen und Prozesse bestehen, sie sind jedoch für die Daseinsgestaltung des Menschen nicht mehr unabdingbar, und sie sind vor allem durch den Einfallsreichtum und durch den handelnden

Eingriff des Menschen transparenter geworden. So mag auch im fortgeschrittenen Stadium der Automation die Begegnung mit den „Elementen“ der Natur den Charakter des Ursprünglichen und zeitweise Abhängigen nicht verloren haben. Auch der „archaische“ Umgang mit naturhaften Materialien behält den Charakter des Unmittelbaren, wie etwa beim „zeug“-freien *Um-handen*³ mit Sand, Ton, spannbarem Holz und dergleichen, und dennoch wird dieses noch „ungebrochene“ Verhältnis zur Natur im Lebensvollzug regions- und situationsbegrenzt sein, wird relativiert durch die mögliche Bereitstellung und Einbeziehung des „Zeug“-haften der Technik. Antreffbare Natur kann schauend aufgenommen, kann pathisch⁴, d. h. passiv hingebend erlebt werden. Aber schon im nächsten Augenblick ist ein Umspringen zum gnostischen Erleben, zum rationalen Betrachten ein und desselben Naturphänomens möglich. So kann sich eine unbe-

¹ Vgl. hierzu E. Strauss (1956) über das „Drinne“ und „Draußen“ als Phänomen des Spielraumes, und H.-J. Pfister (1968) über den Gegenstand der „Psychognostik“.

² K. Tuchel (1967, S. 24) schlägt in Anlehnung an F. Dessauer (1956) u. a. eine „Begriffsvereinbarung“ vor, die den „Bezug der Technik auf den Menschen“ mit aufnimmt: „Technik ist der Begriff für alle Gegenstände und Verfahren, die zur Erfüllung individueller oder gesellschaftlicher Bedürfnisse aufgrund schöpferischer Konstruktionen geschaffen werden, durch definierbare Funktionen bestimmten Zwecken dienen und insgesamt eine weltgestaltende Wirkung ausüben.“ — Diese Umschreibung geht ähnlich wie die von Dessauer über die sokratische „Techne“, über das an die Person gebundene Können im Sinne erlernter, routinemäßig ablaufender (motorischer) Fertigkeiten hinaus.

³ Siehe die Ausführungen zum Basalverhältnis Werkstoff — Mensch in: W. Breunig (1969), Der Aufforderungscharakter von Werkmaterialien im pädagogisch-psychologischen Experiment.

⁴ Vergleiche: L. Klages, Grundlagen der Charakterkunde. Bonn 1951ff.

rührte Winterlandschaft in der Vorstellung des aktiv gestaltenden Menschen in eine zweckgebundene Skulptur verwandelt⁵.

Passives Verhalten wird abgelöst oder überlagert durch aktives Handeln mit gemachtem „Zeug“, mit Werkzeug, Maschinen und Automaten. Was zuvor noch unmittelbar im Sinne pathischen Aufnehmens von Natur anmutet, ist austauschbar durch die Unmittelbarkeit aktiven Machens und Handelns mit Gemachtem, wobei die neu gewonnene Unmittelbarkeit im und über den Umgang mit Technik gnostisch, aber auch (wieder zurücktretend) pathisch erlebt werden kann. Beide Erlebnisformen sind reversibel; sie können je nach Einstellung einmal Naturhaftes, ein anderes Mal Technisches beinhalten und hierdurch den Daseinsablauf des Menschen beeinflussen.

Dennoch wird unser Verhältnis zur Natur mehr ein pathisches, das zur Technik vorwiegend ein gnostisches sein. Die gnostische Erlebniseinstellung wird anthropologisch-psychologisch dadurch begründbar, daß der Mensch nicht eingefügt ist in ein „Merkwelt“-„Wirkwelt“-Schema, daß er Ausschau halten und sein Dasein erkunden kann und seine Handlungsweise rationeller und wirkungsvoller zu gestalten weiß. Das Ergebnis ist die Technik als menschliche Eigenleistung, ist jenes „Ur-Humanum“ (W. Schadewaldt, 1957), das der Mensch mit den leib-seelischen Mitteln seiner Basalausstattung schon früh in Gang setzte. Diesen Prozeß finden wir fortwährend motiviert durch die personale und (besonders heute) durch die soziale Bedürfnislage des Menschen. Seine vielfältigen Bedürfnisse sind der Motivator für „Wozudinge“ (W. Schapp, 1953), für artifizielle Leistungen und ihre Verwendung. E. Bloch (1959): „Auch Pläne müssen angetrieben werden. Es gibt keinen inwendigen Drang an sich, etwas zu erfinden.“⁶

II

Bekanntlich leiten Soziologen und Anthropologen die Notwendigkeit einer Technik aus den „Organmängeln“ des Menschen her (A. Gehlen, 1969, S. 8). Man

sieht die Prinzipien des Organmangels, des Organersatzes und der Organverstärkung in human-typischen Handlungen, in den sogenannten Ergänzungs-, Verstärker- und Entlastungstechniken verwirklicht. Dieser organ-physiologische Klärungsversuch zur Herkunft der Technik hat seinen Bezugspunkt im organisch-physischen Defizit des homo sapiens, auch bei den Entlastungstechniken, die auf „Organentlastung“ und „Organausschaltung“ bezogen werden. An zwei Beispielen soll angedeutet werden, daß eine human-organologische Begründung nicht ausreicht, um die Technik als daseinsgestaltende Leistung des Menschen zu begreifen: Gemeint sind einmal jene Erfindungen, die in der Natur ohne Vorbild sind, wie etwa das um eine Achse rotierende Rad, und zum anderen die allmähliche Ausweitung des Organersatzes über den leibnahen Bereich hinaus. A. Gehlen (1969, S. 9) selbst bezeichnet solche Erfindungen als derart abstrakt, daß sie nicht einmal in den alten südamerikanischen Hochkulturen gelangen. Das bedeutet, daß ihre Menschen auch ohne Töpferscheibe und ohne Wagen lebensfähig und sogar kulturträchtig waren. Technische Leistungen sind mithin nur bedingt aus den Organmängeln des Menschen begründbar, etwa Techniken, die eine leibergänzende oder eine leibverstärkende Funktion haben und die einer einfachen Daseinsermöglichung dienen. Anders aber bei den erwähnten natur- und leibabgelösten Erfindungen, die dem Menschen Entlastung einbringen und nicht nur organische, sondern gesamt-personale (und damit auch seelische) Entlastung ermöglichen. Diese Art der Entlastung führt uns in die Nähe einer Daseinserleichterung. Darüber hinaus sind all jene technischen Manigfaltigkeiten anzusprechen, die den Menschen

⁵ Vgl. J. v. Uexcüll, *Nie geschaute Welten*. Berlin und Frankfurt 1949, 9.–13. Auflage.

⁶ In welcher Form und in welcher Gliedfolge technische Gestaltungen zur Daseinsbewältigung und wohl auch zur Daseinsbereicherung der Menschheit beitragen, wurde in letzter Zeit von A. Gehlen (1969), W. Schadewaldt (1957), H. Schelski (1961), K. Tuchel (1967) u. a. eingehend ins Bewußtsein gerückt. Und das geschah ungeachtet des anthropologischen Ansatzes, von dem aus der Ursprungsfrage technischer Menschheitsleistungen nachgegangen wird.

organunabhängig zu Erlebnissen einer Daseinserhöhung führen.

Die auf Kompensation und Verstärkung hinzielende Thesen vom Nicht-haben und Zu-wenig-haben leiblicher Fähigkeiten bedarf einer Ergänzung. Technische Leistungen erfüllen nicht nur eine verstärkende und ausgleichende Funktion im Bereich des Leiblichen⁷. Technische Erfindungen sind menschliche Eigenleistungen sui generis. An ihrem Werden war und ist der ganze Mensch als Person beteiligt, und ebenso nimmt die ganze Person rückwirkend Anteil – nicht nur ihre Leibseite. Erfindungen können eine Daseinserleichterung im vielfältigen Sinne erfüllen, wiewohl sie bei zunehmender, partieller Organentlastung eine pathologisch bedingte Daseinerschwerung auslösen kann. Und technische Menschheitsleistungen können den Menschen leiblich entlasten, dieselbe Erfindung kann ihn dagegen seelisch oder auch geistig belasten.

An diesen Beispielen ist zu erkennen, daß die Erlebnislage des Menschen zur Technik eine personal-asynchrone, aber auch eine personal-synchrone sein kann, und zwar positiv im Sinne einer Erleichterung, einer Erweiterung, Steigerung und Erhöhung, wie auch negativ im Sinne einer Erschwerung, einer Erniedrigung, Einengung und Minderung menschlichen Daseins. Beide Erlebnislagen entsprechen dem Grundverhältnis Mensch–Technik, das verschiedene Einstellungs- und Erlebnismöglichkeiten erlaubt. Und beide Erlebnislagen lassen noch einmal die Notwendigkeit einer personumgreifenden Betrachtung zum Verhältnis Mensch–Technik aufscheinen, in der wir den anthropologisch-organologischen Ansatz seinem Stellenwert gemäß aufgehoben wissen.

Im Weltverhältnis des Menschen wird auch sein Verhalten zur Technik sichtbar, wird technisches Erleben über den Weg mannigfaltiger Kundgabe erkennbar. Personales Erleben und Verhalten lassen erkennen, in welcher Weise der Mensch Technik als *Ergebnis* variabler Daseinsermöglichungen akzeptiert und in welchem Grad von Bewußtsein er Technik als eine *Methode* zur Daseinsbewältigung annimmt. Sein vor-

wiegend gnostisches Verhältnis zur Technik – das in ein pathisches zurücktreten kann – spiegelt sich wider in der Art und Weise wie Technik erlebt wird, ob als faszinierendes oder bedrückendes und „entseeltes“ Faktum, als daseinseinengend oder daseinserweiternd, als Routineerlebnis oder als Würdigung menschlicher Gestaltungskraft. K. Jaspers (1949) sieht im Zweckhaften der Technik den eigentlichen Sinn für den Menschen: in der „Daseinserleichterung“, in der „Verminderung des täglichen Mühens um die physischen Daseinsvoraussetzungen“ und im „Gewinn von Muße und Bequemlichkeit“. Demgegenüber versucht A. Gehlen (1969) Technik aus einer in ihr liegenden „Triebkomponenten“, d. h. als „Naturvorgang“ verstehbar zu machen⁸. Entlastung wird zum Ergebnis „fortschreitender Objektivation menschlicher Arbeit und Leistung“ über die Stufen⁹ des Werkzeugs und der Arbeits- und Kraftmaschinen bis hin zur Automation verringert sich der leibliche und schließlich auch der geistige Aufwand des Menschen. Dieses phylo- und ontogenetisch interpretierbare Entlastungsprinzip muß wiederum im gesamtpersonalen Kontext begriffen werden. Organische (auch gehirnorganische) Entlastung wirkt erst befreiend, wenn diese Art der Entlastung psychisch als daseinserleichternd empfunden wird. Entscheidend ist, was Entlastung für die Daseinsgestaltung des Menschen bedeutet, welchen Erlebniswert sie besitzt. So kann die Automation als „methodische Vollendung der Technik“ (H. Schmidt) daseinserleichternd oder aber daseinsniedrigend sein, „Chance“ und „Gefahr“ zugleich in sich bergen¹⁰. Das Beispiel der Auto-

⁷ Auch H. Schelski (1961) kann das Prinzip der Technik nicht nur darin sehen, daß der Mensch als organisches Mängelwesen die Technik als „künstliche Organfortsetzung“ entwickelt habe. Dieses Prinzip des „Organersatzes“, der „Organentlastung“ und der „Organüberbietung“ sei zwar noch in der modernen Technik enthalten, es treffe aber nicht mehr „das Wesentliche“ dieser Technik. „Der entscheidende Umweg des über den Kopf, ... über das die Welt analysierende und sie neu synthetisierende Bewußtsein“ bleibe unberücksichtigt.

⁸ A. Gehlen (1969, S. 17) bezeichnet es als ein weit verbreitetes Vorurteil, daß technisches Verhalten „nur rational“ und „bloß auf Zwecke abgestellt“ sei.

⁹ Gemeint ist das Drei-Stufen-Gesetz von H. Schmidt, zitiert nach A. Gehlen (1969).

¹⁰ Siehe: H. G. Schachtschabel (1961).

mation ist dazu geeignet, auch andere *Erlebnismodi* im Handlungsfeld Mensch–Technik zu erwähnen: automatisierte Technik kann als mein-Dasein-erhöhend und als mein-Dasein-erschwerend erlebt werden. Ist es die Faszination organähnlicher Funktionseinheiten, die auf den Menschen überspringt und sein Selbst- und Lebensgefühl erhöht, oder ist es die Gewißheit, ursprüngliche Kräfte gebannt und dafür neue geschaffen und in einen autonomen „Handlungskreis“ entlassen zu haben? Letztere erfordert Einsicht und Voraussicht in die initiierten Regelprozesse, und Ein- und Ausblick wiederum erweitern den Spielraum an Handlungs-Freiheit. Handlungsfreiheit erfährt indessen erst dadurch seine daseinsspezifische Erhöhung, daß mit allen Techniken vernünftig umgegangen wird, d. h. über den Weg sinnvoller menschenwürdiger Entscheidungen. Sie zu fällen wird auch ferner in das Ermessen des Menschen (auch des allseitig informierten) gestellt sein.

Was sich hier in Grenz-Situationen als daseinsbelastend einstellen mag, ist mit den „einfachen“ Gefahren, die durch die Technik in der Arbeits- und Verkehrswelt direkt ausgelöst werden, wohl nicht mehr vergleichbar¹¹. „Angesichts der Verfügbarkeit der gestalteten Dinge entdeckt der Mensch die Unverfügbarkeit der Grundzüge seiner Existenz. Angesichts der Gestaltbarkeit seiner Umwelt lernt er die Unsicherheiten des Lebens neu verstehen“ (K. Tuchel, 1967, S. 86).

Erleben mit Technik und Verhalten zur Technik geben weitere Daseinsmodi frei. Sie beinhalten, ob Technik mehr zur *Erweiterung* und *Steigerung* oder mehr zur *Einengung* und *Minderung* menschlichen Daseins beiträgt. Ausschlaggebend wird auch hier sein, inwieweit die Gesellschaft Technik als eine Funktion der Daseinserweiterung einschätzen lernt. Auch rationalisierte und automatisierte Arbeitsvorgänge bedürfen fortwährend der Überprüfung, ob sie vorwiegend der „Macht des Etablierten“ oder der „Humanisierung und Befriedung des Daseins“ dienen (K. Tuchel, 1967 S. 10). – Dabei wird es vorerst eine Frage des Anspruchs bzw. der Bedürfnislage des einzelnen Men-

schen bleiben, ob z. B. einseitiges Spezialistentum und betriebseigene „Wohngettos“ daseinseinengend empfunden werden.

Daseinseinengung als technisch bedingte, aber vom Menschen (technisch) ungelöste soziale Problematik hat ihren Gegenpol in der Daseinserweiterung. Trotz ihrer Spannungsweite können beide Daseinsmodi von ein und derselben Person durchlebt werden: beim Weltraumflieger liegen langwierige, daseinseinengende Vorbereitungen und daseinserweiternde (technisch kontrollierter) Wagemut nahe beieinander. Das Zusammenwirken aller Mannigfaltigkeitsstufen der Technik ermöglicht es, daß die Wahrnehmungs- und Erlebnisgrenzen des Menschen hinausgeschoben und neu geortet werden¹², daß sein Dasein eine Änderung erfährt. Eine solche Umzentrierung tritt bei jeder Erfindung ein, auf der Stufe des einfachen Werkzeugs ebenso wie auf der des hochentwickelten Automaten. Daseinsänderung heißt dann: aufgrund neuer (technischer) Einsichten sich neu zurechtzufinden und neu einzustellen. Daseinsänderung ist ein intensiver, die Erlebnislage in Unruhe versetzender Vorgang.

Mit der technischen Erfindung öffnet sich ein neues, unbekanntes „Feld“, das zu betreten und auszuloten ist. Hierdurch werden beim Menschen neue, oft kreative Prozesse auf der Erlebnisbasis einer Daseinssteigerung ausgelöst. Sie ist die „Rückmeldung“ des schöpferisch schaffenden Menschen an die Technik selbst. Aus dieser Art „Schwingkreis“ (Heer) wird sichtbar, daß das Verhältnis des Menschen zur Technik ein integriert-gesamtpersonales ist und daß sich – wie H. Roth (1965, S. 27) richtig bemerkt – Daseins- bzw. Lebenssteigerung und Daseins- bzw. Lebens-*erhöhung* nicht nach der „Technik“- und nach der „Geist“seite trennen und entsprechend bewerten lassen.

Des Menschen Verhältnis zur Technik wird faßbar

¹¹ G. Quaeg (1949) beschreibt eindrucksvoll die „Zeitkrankheiten“ im Verlauf der verschiedenen Gesellschaftsepochen.

¹² F. Heer (1968) sieht diese Erlebnisenerweiterung organologisch und spricht vom „Großleib“ des Menschen.

über die Beschreibung antreffbarer Erlebnismodi, die als (technisch) thematisierte Seins- und Geschehensweisen hervortreten. Dieses Vorgehen soll noch etwas systematisiert werden. Aus den zuvor (8) beschriebenen Erlebnismöglichkeiten werden die Modi der Daseinserleichterung, der Daseinserhöhung, der Daseins-

erniedrigung und der Daseinserschwerung herausgelöst. Ihrer Umschreibung und Konkretisierung folgt eine integrative Zuordnung und Abgrenzung anhand eines „Wertequadrates“¹³.

¹³ P. Helwig (1951) bedient sich mit dem „Wertequadrat“ eines „Kunstgriffes“, um die Vieldeutigkeit der Charaktereigenschaften einzugrenzen.

Wie kann TECHNIK erlebt werden?

Daseinserleichterung: Technik führt auf allen Mannigfaltigkeitsstufen zur allseitig personalen Entlastung.

Daseinserhöhung: Technik bedingt eine Daseinsänderung durch Erweiterung des Erlebnisraumes und ermöglicht differenziertere Einsichten in das Mensch-Welt-Verhältnis. Die Grenzen leib-personalen Sich-auslegens im „Nahraum“ des Menschen werden überschritten.

Daseinserniedrigung: Technik vermag personales Anspruchsniveau und soziale Bedürfnislage des Menschen (noch) nicht zu erfüllen.

Daseinserschwerung: Technik schränkt den personalen Handlungsspielraum ein und belastet den Menschen durch fortwährenden Verantwortungsdruck.

(*Beispiele:* Fahrbarmachen und Anheben von Lasten, Übernahme manueller und geistiger Routinearbeit, Technik als Kommunikationsmittel und medizinisch-therapeutische Lebenshilfe.)

(*Beispiele:* Person-„erhöhende“ Erlebnisse des Angehoben- aber auch des Herabgelassenwerdens, des Schwebens und Fliegens, des interkontinentalen Sprechens, Hörens und Sehens und des technisch-autonomen Regulierens; Erlebnisse des kreativen Experimentierens und des Konstruierens.)

(*Beispiele:* Erledigung industriell und kommerziell geforderter Arbeit mit technisch unzureichenden Mitteln; Mangelnder Betriebs- und Arbeitsschutz.)

(*Beispiele:* Weltraumtechnik, Experimente der Human-genetik, Lärm- und Schmutzproblematik.)

Die vorgestellten Erlebnismodi sind Befindlichkeitsreaktionen auf die Frage: „Wie kann Technik erlebt werden?“ Hierbei erfahre ich mich als mich selbst befragend. Und Antwort gibt mir mein Erleben im Umgang mit der Technik.

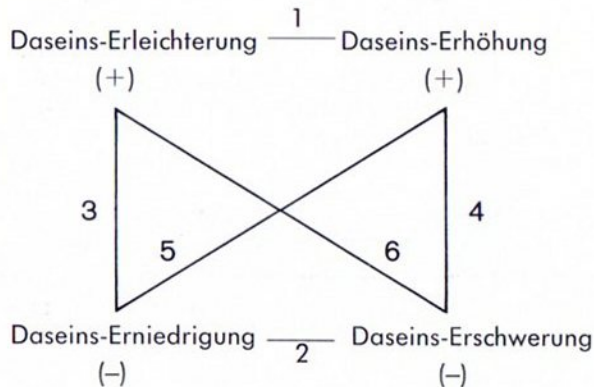
Eine weitere Antwort vermittelt mir und dem anderen mein Ausdruck und mein Verhalten, so daß bei entsprechender Fragehaltung zum Beispiel Daseins-erweiterung auch *Verhaltensmodus* sein kann. Wir wollen die erlebnisbezogene Fragestellung beibehalten und

Technik im Kontext menschlicher Daseinsermöglichung auf ihre Werthaftigkeit überprüfen. Dieses Vorgehen ist charakterologisch und persönlichkeitsdiagnostisch, aber auch von der Technik her begründbar. So be-

greift K. Tuchel die Technik als „weltgestaltende Macht“ und „neue Umwelt des Menschen“ und nicht mehr als „wertneutrales Mittel“, das der Mensch nach Belieben „gebrauchen oder aus der Hand legen kann . . .“

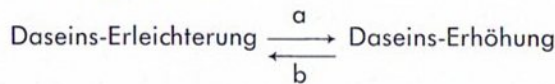
Erlebismodi zum Verhältnis Mensch—Technik

Wertequadrat¹⁴



Die ein Spannungsfeld auslösenden „Quadrat“-Begriffe sind Seins- und Geschehensweisen allgemeiner und besonderer Art, sie beziehen sich auf das „Menschsein“ und auf den Menschen als einzelne Person und als Glied einer Personengruppe. Als Erlebismodi sind sie keine konstanten Eigenschafts- oder „Daseins“-Begriffe. Eher könnten sie als Befindlichkeitsvariablen bezeichnet werden, die z. B. vom „Ursprungsschicksal“ (Rudert) einer Person, von ihrem Persönlichkeitsniveau, ihrem Alter und sozialen Status abhängen. Was für ein bestimmtes Alter daseinserleichternd ist, kann für eine andere Altersstufe oder für eine andere soziale, kulturelle oder gesellschaftliche Gruppierung bereits unzumutbar, kann daseiserniedrigend sein.

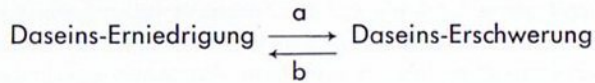
1. Betrachtungsebene:



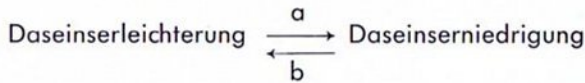
Beide Erlebismodi sind Befindlichkeitsvariablen mit positivem Wertakzent. Sie bilden ein komplementäres Verhältnis im Sinne einer positiven Daseinsbewältigung und können sich je nach Erlebnislage gegenseitig bedingen. Technik als Daseinserleichterung kann eine „ethische Erhöhung“ (a), Technik als Daseins-erhöhung eine praktisch-rationelle Tönung erfahren (b).

¹⁴ Siehe P. Helwig (1951, S. 65).

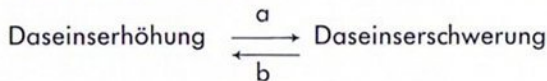
2. Betrachtungsebene:



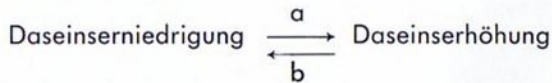
3. Betrachtungsebene:



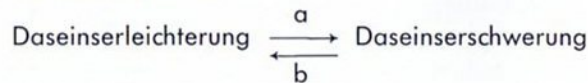
4. Betrachtungsebene:



5. Betrachtungsebene:



6. Betrachtungsebene:



Erlebnismodi mit *negativem* Wertakzent. Sie bilden ein komplementäres Verhältnis im Sinne einer *negativen* Daseinsbewältigung. Eine technisch bedingte Daseinserniedrigung (a) wirkt sich nicht selten auch daseinserschwerend aus. Technisch bedingte Daseinserschwerung hat häufig ihren Ursprung in menschschädigenden Arbeits- und Daseinsbedingungen (b).

Erlebnismodi mit ungleichem (\pm) Wertakzent. Technik kann den Menschen (a) in eine personal- und sozialkritische Daseinslage abgleiten lassen und (b) auf ein personwürdiges Niveau heranzuführen (vgl. Genese des Verhältnisses Mensch–Technik).

Diese Erlebnismodi sind Befindlichkeitsvariablen mit ebenfalls ungleichem (\pm) Wertakzent. Der „Höhenflug“ der Technik kann in Grenzsituationen die Daseinslage des Menschen belasten (a); ein Herausführen aus dieser Belastung ist möglich durch den „Fortschritt“ und durch die „Herausforderung“ der Technik hin zu neuen Grenzerlebnissen, zu einer „verinnerlichten“ Daseinserhöhung (b).

Erlebnismodi als (diagonal angelegte) Gegenpole mit entsprechend ungleichem Wertakzent. Ihr Spannungsfeld liegt primär im personal-*geistigen* Bereich und löst je nach Erlebnislage eine Tendenz nach „abwärts“ (a) oder nach „aufwärts“ (b) aus.

Diese Erlebnismodi sind ebenfalls diagonal angelegte Gegenpole mit ungleichem Wertakzent. Ihr Spannungsfeld liegt primär im personal-*leiblichen* Bereich. Die Tendenz „a“ ist angezeigt, wenn ein Gefälle zwischen technischer Repräsentanz und Daseinsmöglichkeit entsteht oder in einem anderen Bezugsfeld: wenn technischer Entwicklungsstand und wirtschaftspolitische Erwartungen auseinanderlaufen. Die Bezugsrichtung „b“ charakterisiert das Verhältnis Mensch–Technik, und zwar phylogenetisch, ontogenetisch und gegenstandsgenetisch, bezogen auf das Werden der „Techniken“ selbst.

Mit der von uns modifizierten Methode des „Wertequadrates“ können technische Fakten und Handlungen auf dem Hintergrund komplementär und polar angeordneter Erlebnismodi¹⁵ durchgemustert werden. „Chance“ und „Gefahr“ der Technik werden je nach ihrer Anwendung durch den Menschen hervorgehoben (Beispiel: Atom- und Strahlentechnik!). Diesem idealtypischen Vorgehen kann sich eine quantifizierbare Einschätzung (rating scales) als methodisches Gegenstück anschließen. Hierbei wird das Mehr oder Weniger einer positiven oder negativen Erlebens- (und Verhaltens-)Tendenz zur Technik auf einer Skala markiert. Beide Verfahren geben die Einstellung bzw. den Erlebnismodus zu technischen Phänomenen im Zusammenhang einer anthropologischen, hier daseinsanalytischen, Fragestellung frei.

III

Technik wird als Ergebnis und Methode variabler Daseinsermöglichung auf dem „background“ komplementär und polar zugeordneter Erlebnismodi bewertet. Dadurch kann untersucht werden, ob die jeweilige Technik „sichtbar zurückgebunden ist . . . in das Element des Lebens, dem sie dient“¹⁶. So finden wir die daseinsanalytisch-anthropologische Dimension der Technik auf jeder Betrachtungsebene freigelegt (S. 13–15). Als solche beinhaltet sie auch die pädagogische Dimension, die z. B. im Verhältnis Daseins-erleichterung → Daseinserhöhung angesprochen wird. Sehen wir uns die anderen Verhältnispaare an, so wartet manches Gefälle zwischen Mensch und Technik darauf, in „Verantwortung des Geistes“ (*Picht*) genommen zu werden. Mithin muß die „Herausforderung der Technik“ als Erziehungs- und Bildungsaufgabe verstanden werden. *H. Roth* und andere nehmen diese Herausforderung an: „Technik als Element der Bildung ist ebenso wichtig wie Bildung als Element der Technik“ (1965, S. 28). Diese an beide Seiten ge-

richtete Aussage ist als programmatische Formel zu verstehen. Sie kann auf das Grundverhältnis Mensch–Technik und allgemein auf den unter Umwelt- und Erziehungseinflüssen stehenden Menschen übertragen werden. Wohl bedarf es eines gezielten Anstoßes, um Erziehungs- und Bildungsprozesse in Gang zu setzen, die der Humanisierung und Sozialisierung einer fortschreitenden Technik dienen. Personale, soziale und technische Strukturen sind daseinsdiagnostisch zu erkunden und als Befund in die Problemstellung einer pädagogischen Anthropologie einzubringen – insofern sie sich als eine Disziplin versteht, der das Doppelverhältnis Mensch–Technik und Technik–Mensch ein ernstes Anliegen ist.

Konkret kann das heißen, daß sie

1. das Verhältnis zur Technik als personalen Erziehungsprozeß in der Zeit begreift und
2. Technik als „Element der Bildung“ im Sinne personaler und sozialer Daseinsgestaltung akzeptiert und als technische Bildung im Unterricht realisiert.

Beide Zielsetzungen schließen – wie könnte das anders sein – Lernprozesse mit ein, die eine Einstellungsänderung zur Technik bewirken. Gehen wir davon aus, daß sich unser Verhältnis zur Technik über Erlebnis- bzw. Verhaltensmodi und außerdem an Erlebnis- bzw. Verhaltensformen darstellen und mitteilen läßt. Mithin kann die Einstellung zu einem technischen Phänomen ein affektiv-irrationales, ein gnostisch-rationales oder ein pathisch-irrationales sein. Wie die Strahlen- und Atomtechnik noch heute als Schreckbild der Menschheit gezeichnet wird, so geschah es der Einbildungskraft des Menschen des 19. Jahrhunderts

¹⁵ Die durch das Verhältnis Mensch – Technik thematisierten Erlebnismodi können teilweise auch als Daseins„techniken“ bzw. „Reaktionen“, d. h. als „Kunstgriff der menschlichen Natur zur Bewältigung des Daseins“ (*H. Thomae*, 1968), jedoch nicht im „rationalen“ Sinne verstanden werden. So bieten sich z. B. Daseins-erleichterung, Daseinssteigerung und Daseins-erweiterung als „instrumentelle Geschehensstrukturen“ an.

¹⁶ Siehe: *H. Roth* (1965) Teil I: Technik und Bildung.

entsprechend mit der Dampfkraft und der Elektrizität. Es bedarf einer gewissen Zeit, bis affektbesetzte Vorurteile überwunden sind und an deren Stelle kognitiv-rationale Einsichten treten – bis man sich mit dem Neuen abgefunden und das „bisher völlig Unge wohnte dem Alltagsleben einverleibt hat“ R. König (o. J.) nennt diesen Vorgang „Routinisierung der Technik“

Dieser direkte, für den technisch unaufgeklärten Laien übliche Weg zeigt Parallelen zur magischen und pathisch-irrationalen Einstellung gegenüber Naturphänomenen. Sie ist auch hier nur eine Seite menschlichen Erlebens und Verhaltens, zumal sich aktiv schaffende und erkennende Menschen „hand“ und technisches Ergebnis gegenseitig bedingen. Das vom Menschen provozierte Eintreten der Technik in sein Dasein bedarf – und wenn nur paradigmatisch – einer Bewußtmachung technischer Prinzipien und ihrer Anwendung.

Des Menschen Verhältnis zur Technik darf nicht auf prärationaler Erlebnis- und Verhaltensstufe verharren und darf ebensowenig vorschnell in pathische Passivität ableiten, es muß gnostisch-rationales Handeln mit einschließen. So erlangt Technik als Mittel möglicher Daseinserleichterung und Daseinssteigerung erst ihre volle anthropologische Bedeutung.

Die angedeutete Erlebnis- und Verhaltensänderung zur Technik ist im Kontext eines pädagogisch-psychologisch initiierten Lernprozesses mit all seinen Verlaufsgestalten zu verstehen. Wir meinen an dieser Stelle nicht nur das Sprechen und Nachdenken über die Technik in einigen „geisteswissenschaftlichen Unterrichtsfächern“¹⁷, sondern ihre konkrete Einbeziehung in den Bildungsprozeß, wie es der Physikunterricht mittelbar und eine Technische Bildung im Werkunterricht unmittelbar anstreben¹⁸. Zwar dürfte noch manches ungeklärt sein, meint doch K. Klöckner (1966): „Technischer Unterricht vor dem ‚welthaften‘ Hintergrund der Technik, technischer Unterricht aus dem modernen Selbstverständnis der Technik, technischer Unterricht als Aufschließung der Technik aus ihrem eigenen Geschick hat bisher weder das Problembewußtsein einer

Disziplin noch einer spezifischen Fächergruppe entscheidend bestimmt.“

Die Ausgangs- bzw. Motivationslage scheint für alle, die ihr Verhalten der Technik gegenüber korrigieren wollen, ähnlich zu sein. Ob Kulturphilosoph oder Schulpolitiker, ob Lehrer oder Schüler und selbst der Techniker, alle müssen ihre affekt-starren Verhaltensmuster in Bewegung bringen. Hier kann eine lernpsychologisch und sachlogisch begründete Didaktik der technischen Bildung zur Hand gehen.

Eine ihrer Grundfragen wird sein, wie technische Schlüsselprobleme im Rahmen menschlicher Daseinsgestaltung erkannt, wie sie als Problemlage formuliert und als Aufgabe für den Schüler aufbereitet werden. Denn technische Bildung darf sich nicht auf den technischen Umgang mit Technik beschränken, darf kein „blindes“ Einüben von Funktionsabläufen sein. Der Schüler – und nicht nur er – muß anthropologisch, das heißt daseinsthematisch so motiviert sein, daß er den Sinn einer technischen Aufgabe erkennt, daß er sie möglichst selbständig löst und technische Prinzipien allmählich verstehen und anwenden lernt. Hierbei muß der Modellcharakter – auch eines technischen Unterrichts – gewahrt bleiben.

Damit ist zweierlei gemeint: einmal das modellhaft Typische eines in der Wirklichkeit vorkommenden technischen Problems und zum andern seine unterrichtliche Erschließung, Darstellung und Erprobung am Modell, dessen Funktionstüchtigkeit und Materialbeständigkeit unter der Hand des planenden und konstruierenden Schülers sich fortwährend zu bewähren hat.

Es liegen verhältnismäßig wenig Entwürfe vor, deren Problemlage sachlogisch und daseinsanalytisch reflektiert sind und die über gut motivierte Konstruktions- und Lernsequenzen in gnostisch-rationales Erleben und Verhalten einführen. Die bisher entwickelten

¹⁷ Siehe: H. Roth (1965) Teil II: Technik im Unterricht der Schulfächer.

¹⁸ Vgl. die Dokumentationen zu den werkpädagogischen Kongressen im Jahre 1966 und 1968.

Unterrichtsbeispiele der Heidelberger „Arbeitsgruppe Technische Bildung“ scheinen den genannten Kriterien eines technischen Unterrichts am nächsten zu kommen¹⁹. Ihre „Prinzipien einer Didaktik der Technischen Bildung“ beziehen sich auf einige „Momente“ des Technischen, auf das elementare, funktionale, konstruktive, auf das methodale und ökonomisch-ratio-nelle Moment und verweisen schließlich auf die „anthropologische Bedeutung der Technik als Mittel der Daseinserleichterung und der Daseinserhöhung“²⁰. Übersichtlich angelegte Arbeitskarten dienen dem Lehrer als didaktische Leitlinie, dem Schüler beim „Konstruieren und Erkennen“ als unmittelbare Wegführung. Sie stützen sich auf den Lernbaukasten „fischertechnik“, der es aufgrund seiner Materialeigenschaften erlaubt, technisch-physikalische Phänomene auf die Stufe des Modells zu übertragen. So können z. B. an einer technischen Grunderscheinung, wie der des Fahrbarmachens, technische Einzelprobleme, wie Standfestigkeit, Lenkung, Bremsung usw., in den Handlungsprozeß des Schülers aufgenommen und einsichtig gemacht werden. Die unter „Konstruieren und Erkennen“ laufenden Arbeitssätze sind in der Weise aufgebaut, daß ihre Konstruktionssequenzen vom (beobachtenden) Lehrer überprüft werden können²¹. Er kann ein Studium kreativ-freien Konstruierens ebenso verfolgen wie Stadien, in welchen der Schüler beobachtet, plant, prüft, analysiert und sein Modell in ein reales Bezugssystem überträgt.

Aufbau und Handlungsformen der Arbeitssätze lassen erkennen, daß Technik (über den Weg technischer Lernbaukästen) als Element der Bildung im Unterricht realisierbar ist. Die daseinsanalytisch motivierte Problemlage (zum Beispiel: „Was kannst Du bauen, um der Frau den Transport der Lasten zu erleichtern?“²²) hat unmittelbaren Lebensbezug. Sie begnügt sich nicht mit einer isolierten Einführung in technische Funktionsabläufe, sondern sie weckt im Umgang mit der Lernbau-Technik ein daseinsbezogenes Problembewußtsein. Dabei wirkt die Initialmotivation, z. B. der Frau aus der daseins„erniedrigenden“ Situation herauszuhelfen, über die Stadien des Planens und Kon-

struierens hinaus. Durch entsprechende Fragestellung wird sie „verstärkt“²³, so daß eine daseinsthematische Problemlage über weite Strecken zum Motivator technischer Problemlösungen werden kann.

Der Schüler tritt in die Daseinsthematik der Problemlage ein, identifiziert sich möglicherweise mit ihr und sucht in der Modellsituation mit dem didaktischen Angebot nach menschenwürdigen und technisch brauchbaren Lösungen. Er nimmt die Intention des Didaktikers auf, Technik als Mittel der Daseinserleichterung oder aber der Daseinserweiterung mittelbar zu erfahren. Auf der Suche nach daseinserleichternden Möglichkeiten, besonders über das freie (kreative) Konstruieren, erhält sein Tun eine daseinserhöhende Akzentuierung, die sich ihm als Werk- bzw. Gestaltungsfreude mitteilt. Die daseinsthematisierte Modellsituation erlaubt es, daß gewonnene Kenntnisse und Einsichten eingeordnet werden in den personalen Wissensbestand und in die allgemeine Daseinslage des Menschen²⁴. Hier kann der irrationale magisch-pathische Erlebnis- und Verhaltenszirkel unterbrochen und gnostisch-rationale Einstellungen können geübt werden; hier ist der Ort, wo sich über eigenes Erfahren Einsichten und Haltungen als Bedingungen für ein „reifes, technisches Handeln“²⁵ bilden können.

¹⁹ Siehe auch: H. Gieding und H. Maier in: „Entwurf einer technischen Bildung in der Grundschule.“ Unveröffentlichtes Skriptum der Arbeitsgruppe Technische Bildung, Heidelberg, 1968.

²⁰ Arbeitsgruppe Technische Bildung, Pädagogische Hochschule Heidelberg: Technische Bildung mit fischertechnik. Tümlingen 1969.

²¹ Von der Arbeitsgruppe Technische Bildung, PH Heidelberg, hierfür eine Liste von Verhaltens- und Handlungsmerkmalen zur Erfassung von technischen Problemlösungen bereitgestellt.

²² Siehe: Konstruieren und Erkennen mit fischertechnik, Serie A, Satz I, Karte, (Bild einer Frau, die schwere Taschen schleppt).

²³ Zum Beispiel: „... in welcher Stellung muß sich der beladene Wagen befinden, damit die Frau die Last möglichst wenig spürt?“

²⁴ Siehe: „Didaktisches Grundmodell...“ in: Technische Bildung mit fischertechnik. Tümlingen 1969.

²⁵ C. F. v. Weizsäcker (1963).

Literaturverzeichnis

Arbeitsgruppe Technische Bildung, Technische Bildung mit Fischertechnik. Tümlingen 1969.

Binswanger, L., Grundformen und Erkenntnis menschlichen Daseins. München - Basel 1964⁴.

Bloch, E., Das Prinzip der Hoffnung. Frankfurt am Main 1959.

Breunig, W., Der Aufforderungscharakter von Werkmaterialien im pädagogisch-psychologischen Experiment, in: Werkunterricht als technische Bildung. Weinheim 1969.

Dessauer, F., Streit um die Technik. Frankfurt am Main 1956.

Gehlen, A., Die Seele im technischen Zeitalter. Hamburg 1957/1969.

Heer, F., Die Technik als Ausdruck des schöpferischen Geistes, in: Verein Deutscher Ingenieure (1968).

Heidegger, M., Sein und Zeit. Tübingen 1953⁷.

–, Gelassenheit. Pfullingen 1959.

–, Die Technik und die Kehre. Pfullingen 1962.

Helwig, P., Charakterologie. Stuttgart 1951.

Hetzer, H., Die Auseinandersetzung von Kindern mit der Technik im natürlichen und pädagogischen Lernprozeß (1962), in: Roth, H. (1965).

Jaspers, K., Existenzphilosophie. Berlin 1937.

–, Vom Ursprung und Ziel der Geschichte. München 1949.

Kaufmann, F. / Meyer, E., Werkerziehung in der technischen Welt. Dokumentation eines Kongresses. Stuttgart 1967.

König, R., Der Einfluß der technischen Entwicklung auf Gesellschaft und Beruf, in: Verein Deutscher Ingenieure, „Technik und Gesellschaft“. Freiburg i. Br. 1968.

Maier, H., Das Reflexionsmodell einer Didaktik für die technische Bildung, in: Unterricht heute, 21. Jg. 1970/5.

Pfistner, H.-J., Erziehungsberatung. Koblenz 1968.

Picht, G., Die Verantwortung des Geistes – Pädagogische und politische Schriften. Olten - Freiburg i. Br. 1965.

Quarg, E., Leistungen und Aufgaben des Abendlandes für die Technik der Menschheit (1949), in: Roth, H. (1965).

Roth, H., Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

–, Pädagogische Anthropologie, Bd. I. Hannover 1966.

Schachtschabel, H. G., Automation in Wirtschaft und Gesellschaft. Hamburg 1961.

Schadewaldt, W., Die Anforderungen an die Technik. Göttingen 1967.

Schelski, H., Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation. Köln - Opladen 1961.

Schietzel, C. / Kalipke, H., Technik, Natur und exakte Wissenschaft. Braunschweig 1968.

Sellin, H. / Wessels, B., Beiträge zur Didaktik der technischen Bildung. Weinheim 1970.

Spranger, E., Gedanken zur Daseinsgestaltung. München 1955.

Steinbuch, K., Automat und Mensch. Kybernetische Tatsachen und Hypothesen. Heidelberg - New York 1965⁸.

Strauß, E., Vom Sinn der Sinne. Berlin - Göttingen - Heidelberg 1956⁹.

Tuchel, K., Sinn und Deutung der Technik. Stuttgart o. J.

–, Herausforderung der Technik. Bremen 1967.

Thomae, H., Das Individuum und seine Welt. Eine Persönlichkeitstheorie. Göttingen 1968.

Uexcüll, J. v., Nie geschaute Welten. Berlin Frankfurt 1949¹⁰⁻¹³.

Uschkereit, G. / Mehrgardt, O. / Kaufmann, F., Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Verein Deutscher Ingenieure, Technik und Gesellschaft. Freiburg i. Br. 1968.

Wagenschein, M., Technik und Physikunterricht, in: Roth, H. (1965).

Weizsäcker, C. F. v., Bedingungen des Friedens. Göttingen 1963.

Didaktische Grundkonzeption zur Organisation von Unterricht im technischen Bildungsbereich

Ein Unterricht, der ein selbständiges, kritisches Verhältnis des Lernenden zur Welt der Technik vermitteln will, hat die Momente des Technischen und deren anthropologischen Bedeutung als Grundlage anzuerkennen.

Momente der Technik:

1. Technik ist aufzufassen als ein Mittel der Daseins-erleichterung und der Daseinserhöhung.
2. Technik beruht auf der rationalen Konstruktion zweckmäßiger Gebilde. Zur Rationalität der Technik gehört, schon entdeckte technische Funktionseinheiten zu Gebilden von immer höherer Leistung zu aggregieren.

Abzulehnen ist ein Unterricht, der einseitig an der Entfaltung der sogenannten technischen Intelligenz und der Mitteilung formaler technischer Kenntnisse orientiert ist.

Folgerungen für die Lernorganisation:

1. Besonders in der Anfangsphase des Unterrichts müssen die Schüler lernen, Lebenssituationen auf die Technik hin zu interpretieren. Zum Beispiel: Welche bestimmten technischen Gebilde erleichtern uns in dieser Situation die Arbeit, ermöglichen eine Verbesserung der Lebensbedingungen? – Die Interpretation zielt auf die Gewinnung von Determinanten für die Konstruktion von technischen Gebilden. Die Schüler sollen diese Determinanten selbst entdecken, indem sie versuchen, solche Gebilde zu planen, zu konstruieren und zu prüfen.
2. Die Schüler müssen anhand von geeignetem Material technische Gebilde planen und konstruieren können. Die Planung und Konstruktion erfolgt gemäß der entdeckten speziellen Determinanten der vorgegebenen Ausgangslage. Bei fortschreitendem Lernprozess sollten die Schüler bei der Planung und der Konstruktion auf schon bekannte technische Funktionseinheiten zurückgreifen. (Funktionseinheiten sind z. B. Zahnstangenlenkung, Drehschemel, Zugmittelgetriebe u. ä.)

3. Die von der Technik entwickelten Methoden beruhen auf Planung, Konstruktion und Überprüfung. Die Methoden stehen im Dienst der technischen Prinzipien wie Zweckmäßigkeit, Funktionstüchtigkeit, Haltbarkeit, Zeit-Kosten-Relation (Herstellungskosten, Bedienungsaufwand, Wartungskosten).

4. Die Technik verbindet sich mit den ökonomischen Prinzipien eines Gesellschaftssystems (Massenproduktion, Marktbedürfnisse und Marktanteil, Konkurrenz, Rationalisierung der Herstellung, Senkung der Herstellungskosten u. ä.).

5. Die Technik verbindet sich aufgrund der Wechselwirkung innerhalb der Gesellschaftssysteme mit den ökonomischen Prinzipien und dem Machtstreben des Menschen. Dabei wird der ursprünglich humane Grundzug der Technik gefährdet.

3. Die zentrale Stelle in der Lernorganisation ist das Überprüfen der Modelle in geeigneten Prüfsituationen auf Zweckmäßigkeit und Funktionstüchtigkeit. Die Schüler sollen dabei allmählich lernen, Prüfsituationen selber zu entwickeln, in denen sie ihre Modelle kontrollieren können. Sie sollen weiter lernen, technische Funktionen und Erscheinungen aus der Beobachtung heraus zu beschreiben. Erst dann ist das Benennen mit Fachausdrücken der Technik sinnvoll; denn es geht nicht um die Vermittlung von Faktenwissen, sondern um die Entwicklung von Fähigkeiten und Verhaltensweisen.

Die Schüler sollen an geeigneten Stellen immer wieder anhand von Materiallisten und Fertigungszeiten die Zeit-Kosten-Relation erfassen und den Zusammenhang mit Funktionstüchtigkeit und Haltbarkeit sehen lernen.

4. Die Schüler sollen die Herstellungs- und Verteilungswege und die Marktbedingungen kennenlernen (durch Information und Analyse). Als Ausgang kann der Vergleich von Baukastenmodellen mit Gebilden der industriellen Produktion dienen. Unterschiede im Material, in der Konstruktion zwischen Modell und Fertigprodukt können diskutiert werden (Kosten, Zeit und Herstellungswege usw.). Arbeitsteilige Herstellungsverfahren können zunächst in der Modellebene entwickelt und erörtert werden und dann mit der industriellen Produktion (Fertigung) verglichen werden.

5. Die Schüler müssen lernen, Lebenswirklichkeit, d. h., die ökonomisch-kulturellen Gegebenheiten einer Gesellschaft daraufhin zu analysieren, ob der ursprüngliche Sinn der Technik, Mittel der Daseinserleichterung zu sein, verwirklicht und an welchen Stellen, in welchen Bereichen er verkehrt worden ist.

Die Aufgaben des Lehrers beim Entwurf von Lernorganisationen im technischen Bildungsbereich

1. Entwurf von Realsituationen (Ausgangslagen), die die Schüler auffordern, die Lebenswirklichkeit auf technischen Vorteil und technische Gebilde zu interpretieren.
2. Vorausblick auf Schwierigkeiten, die beim Bauen von Modellen auftauchen können, und auf unzureichende Modelle; das Überlegen von Konstruktionshilfen.
3. Vorentwurf von Prüfsituationen, innerhalb denen die Schüler die technische Brauchbarkeit ihrer Modelle überprüfen können. (Nach einiger Erfahrung sollen die Schüler selber solche Situationen entwerfen und diskutieren.)
4. Analyse der technischen Funktionen und Erscheinungen, die zur Lösung der Konstruktionsaufgaben notwendig sind. Terminfreie Beschreibungsversuche des Lehrers.
5. Heraussuchen von Wirklichkeitsfeldern (Verkehr, Bau, Fabrikation u. ä.), in denen die in den Modellen erkannten technischen Funktionen und Erscheinungen auftreten. Durch den Vergleich von Modell und Wirklichkeit sollen beim Schüler die entscheidenden Transfervorgänge eingeleitet werden.

Erläuterung der didaktischen Grundkonzeption an einem Unterrichtsbeispiel

(Arbeitskarten für den allein lernenden Schüler)

Die Arbeitskarten¹, die im folgenden erläutert werden, gehören zu einem Unterrichtsprogramm für die technische Bildung. Das Unterrichtsprogramm besteht aus einer größeren Anzahl von Lerneinheiten, die jeweils in Sätzen von zusammengehörigen Arbeitskarten angeboten werden. Die Arbeitskarten enthalten Arbeitsaufträge, Kontrollmöglichkeiten und Informationen, so daß die Schüler allein oder in kleinen Gruppen lernen können. Der Lehrer hat dadurch die Möglichkeit, bei auftretenden Schwierigkeiten sich der individuellen Beratung zu widmen. Er kann selbstverständlich auch Phasen des Lernprozesses, wenn er es für effektiver hält, in andere Formen, für größere Gruppen zum Beispiel in die Form des Gesprächs oder der Demonstration, überführen.

In der Lernorganisation für den allein lernenden Schüler müssen alle entscheidenden Lernschritte angegeben werden, so daß die korrespondierenden Lernchancen der Schüler sich deutlich abzeichnen. Dadurch sind objektivierende Überprüfungen und Kritik möglich.

Die Lernziele der Einheit

„Einfache Lenkung beim vierrädrigen Wagen“²

1. Die Schüler sollen in die kognitiven Verhaltensweisen des Interpretierens und Analysierens von Situationen oder technischer Gebilde, des Planens und Konstruierens, des Überprüfens in geeigneten Prüfungssituationen eingeführt und eingeübt werden, so daß sie allmählich über Planungs- und Lösungsstrategien verfügen. Aufgrund dieser Strategien sollen sie Lerninhalte analoger Struktur sich immer selbständiger aneignen.

2. Die Schüler sollen am Ende der Unterrichtseinheit in der Lage sein,

a) an Wagen aus ihrer Umwelt Drehschemellenkungen zu erkennen und die wichtigsten technischen Elemente angeben zu können (Lenkzapfen, Drehscheibe, Drehbalken, Drehkranz, Drehrahmen);

b) die Notwendigkeit der Einzelradbefestigung aus den physikalisch-geometrischen Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können.

c) Die Schüler sollen Situationen beschreiben können, in denen der technische Vorteil der Drehschemellenkung deutlich wird. Dabei sollen sie konkrete Erscheinungen (wie Verhalten der Räder, Kraftaufwand u. ä.) angeben können.

¹ Arbeitskarten für die Technische Bildung. Verfasser: Arbeitsgruppe Technische Bildung Pädagogische Hochschule Heidelberg. Herausgeber: Fischer-Werke, Tümlingen, und Georg Westermann Verlag, Braunschweig.

² Arbeitskarten-Serie A, Grundphänomen Fahrbar machen, Satz II. Bestell-Nr. 11 8002 Westermann Verlag.

Erläuterung der Lernorganisation

Anfangssituation:

Eine Umweltsituation aus dem Erfahrungsbereich der Schüler wird in Bild und Text vorgestellt. Die Schüler sollen lernen, aus der Situation die Determinanten für ein zweckmäßiges technisches Gebilde zu entwickeln. Durch die Erklärung unter dem Bild wird das Konstruktionsmerkmal „vierrädrig“ genannt, um unproduktive und sehr zeitraubende Irrwege (Bau von zwei- oder dreirädrigen Wagen) zu vermeiden. Daß der Wagen so zu konstruieren ist, daß er mit der Hand gezogen oder angehängt werden kann, sind ebenfalls Bedingungen, die aus dem Bild nicht hervorgehen. Die Abbildung eines Gepäckkarrens an dieser Stelle verbietet sich, weil die Schüler zu einem reinen Nachbauen verführt würden. Die Schüler sollen folgende Determinanten für den Bau eines Wagens aus dem Bild entnehmen:

1. der Wagen muß sich durch Kurven lenken lassen;
2. er darf beim Kurvenfahren nicht kippen;
3. er muß eine nach oben und unten bewegliche Deichsel haben;
4. die Deichsel muß sich ankoppeln lassen.

Die Bedingungen 1 und 2 sind für die Lernziele zentral. Die Determinanten und ihre Gewichtung werden hier nicht herausgestellt. Die Schüler entsprechen der Aufforderung der Situation durch konstruktives Handeln und Denken. In der Prüfsituation erst werden die Determinanten auffällig. Die hier vorgelegte Art des Bewußtmachens der technischen Bedingungen der Situation ist nur eine Möglichkeit. In schwierigeren Fällen können die Schüler veranlaßt werden, die Determinanten der Situation und die entsprechenden Konstruktionsmerkmale zu bezeichnen, verbal oder durch eine Zeichnung. (Vergleiche Satz III der Arbeitskarten-Serie A, „Die Schwenkrolle“.)

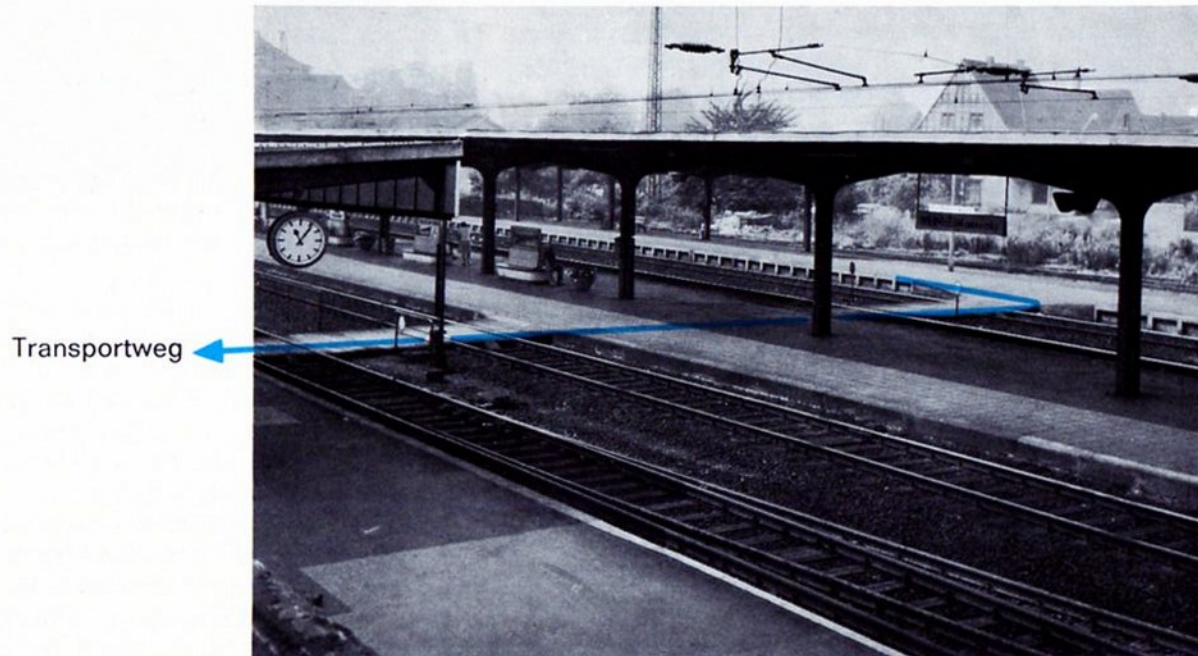


Abbildung 1

Auf Bild 1 siehst Du den Bahnhof einer kleinen Stadt.

Stelle Dir vor, ein Zug ist auf Gleis 4 eingefahren. Gepäckstücke werden ausgeladen und auf einem 4rädriigen Wagen zur Gepäckabfertigung transportiert. Der vierrädrige Wagen kann von einem Mann gezogen oder an einen Elektrokarren angehängt werden.

Versuche mit Deinem Baukasten das Modell eines Gepäckwagens zu bauen.

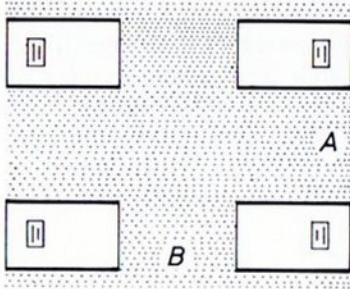
Überprüfung der Modelle:

Die Lerneinheit „einfache Lenkung beim vierrädrigen Wagen“ steht am Beginn des Lehrgangs. Die Schüler sind mit den Methoden und Formen des technischen Denkens noch nicht vertraut. Deshalb wird die Prüfsituation (Prüfstrecke) vorgegeben und nicht diskutiert. Selbstverständlich könnte hier eine Diskussionsphase unter der Fragestellung eingeführt werden: „Wie können wir die Zweckmäßigkeit unserer Modelle überprüfen?“ Dabei müßte die von uns vorgeschlagene oder eine ähnliche Prüfstrecke entwickelt werden.

Bei der Prüfsituation ist die Gegenwart des Lehrers besonders wichtig. Im allgemeinen neigen die Schüler dazu, ihre Modelle zu positiv einzuschätzen. Sie müssen zu genauer Beobachtung und genauem Lesen erst angehalten werden. In Kleingruppen wird die Beobachtung und Einschätzung objektiver; deshalb ist dieser Form der Vorzug zu geben.

Die Vorgabe von sprachlichen Formulierungen, z. B. Karte 1, Rückseite 1a bis d und 2a bis c, hat den Zweck, Beobachtungsgesichtspunkte für eine genaue Beobachtung mitzuteilen und sprachlich weniger geförderten Kindern Formulierungshilfen zu geben.

Überprüfung der Modelle auf einer Prüfstrecke



Seite 1

Schau Dir die nebenstehende Zeichnung an. Sie stellt eine Wegkreuzung dar, die Du mit vier Heften nachbauen kannst. Die Fahrbahn soll 20 cm breit sein. Sie ist in der Zeichnung punktiert.

Kannst Du Deinen Wagen von A nach B oder von B nach A ziehen, ohne daß die Räder über den Wegrand geraten?

Versuche es mehrmals.

Belade dazu den Wagen mit einem schweren Gegenstand.

▼ G Die Modelle kannst Du zusammen mit anderen Schülern auf der Prüfstrecke erproben.

1. Was empfindest Du, wenn Du den Wagen aus der Geraden in die Kurve ziehst?
 - a) Fährt der Wagen in der Kurve leichter oder fährt er schwerer?
 - b) Rutscht er oder rollt er leicht dahin?
 - c) Brauchst Du mehr Kraft oder gleichviel Kraft?
 - d) Mußt Du Deine Kraft mehr zum Vorwärtsziehen oder mehr zum Seitwärtsziehen aufwenden?

Schreibe Deine Beobachtungen auf Dein Heftblatt.

Schreibe etwa so:

- a) Mein Wagen fährt in der Kurve b) Er
- c) Ich brauche d)

2. Was kannst Du beim Kurvenfahren an den Rädern beobachten?
 - a) Welche Räder drehen sich schneller – welche langsamer – welche gar nicht?
 - b) Oder drehen sich alle Räder gleich schnell?
 - c) Berührt dabei jedes Rad den Boden?

Schreibe Deine Beobachtungen wieder in das Berichtsheft.

▲ G

Beobachtungsaufgaben:

Mit den Beobachtungsaufgaben beginnt die Phase der Beschreibung und Analyse technischer Einzelercheinungen und technischer Funktionseinheiten, die hier zunächst frei von Termini erfolgen.

Genaueres Lesen von Beobachtungsgesichtspunkten, Beobachten und Beschreiben sind allgemeine Verhaltensweisen, die hier geübt werden sollen.

Konstruktionsbeispiele für die Drehschemellenkung

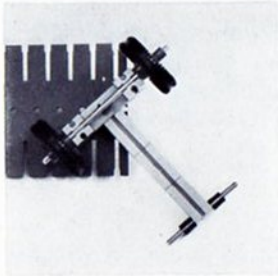


Abb. 2a: Drehbalken mit starrer Deichsel

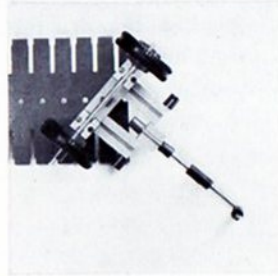


Abb. 2b: Drehbalken mit beweglicher Deichsel

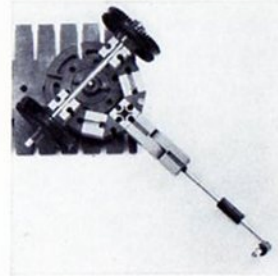
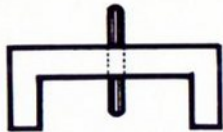


Abb. 3a: Drehscheibe mit beweglicher Deichsel



Abb. 3b: Drehscheibe mit beweglicher Deichsel - andere Konstruktion



Skizze 4

Was ist ein Drehschemel?

Wie Du aus den Fotos ersiehst, kann eine Wagenlenkung mit einem Drehbalken (Abb. 2a und 2b) oder mit einer Drehscheibe (Abb. 3a und 3b) konstruiert werden. Drehbalken und Drehscheibe mit aufgesetzten Achslagern sehen einem Schemel ähnlich (Skizze 4).

Der Schemel ist um einen Zapfen, den Lenkzapfen, drehbar. Deshalb sagt man dazu Drehschemel.

Der Lenkzapfen verbindet den Drehschemel zugleich mit dem Wagenboden, so daß der Wagen gezogen und gelenkt werden kann. Die ganze Lenkung heißt **Drehschemellenkung**. Sie ist die technisch einfachste Konstruktion einer Wagenlenkung.

Erkennst Du den Drehschemel?

Das Gestell für die Lagerung der Achse (1) ist deutlich zu erkennen. Anstelle der Drehscheibe siehst Du einen Drehkranz (2). Der Drehkranz braucht hier keinen Lenkzapfen, weil er in einem ringförmigen Rahmen (3) läuft.



Verbesserung der Modelle und technische Erklärungen:

Die Verbesserungsvorschläge berücksichtigen die Unterschiede der Brauchbarkeit der freigebauten Modelle auf drei Niveaus (Differenzierung).

Es werden vier verschiedene Konstruktionsbeispiele zur Wahl gestellt.

In dieser Lerneinheit geschieht das in der Form der Abbildung von Beispielen, die mit Baukastenteilen gebaut worden sind. Andere Möglichkeiten mit höheren Anforderungen sind Strichzeichnungen, Abbildungen aus der Technik, einfache Zeichnungen, Konstruktionspläne, Beschreibungen. Die Schüler sollen hier lernen, ihre Modelle mit den zweckmäßigen Lösungen zu vergleichen, einzelne technische Elemente zu erkennen und sie sollen, wenn nötig, Verbesserungen vornehmen. Die verbesserten Modelle wären dann erneut zu überprüfen.

Du hast eine Drehschemellenkung in Deinen Wagen eingebaut. Dabei hast Du Dich für eines der Konstruktionsbeispiele entschieden (siehe Rückseite Karte 2).

Begründe Deine Entscheidung. Lies dazu die folgenden Vorschläge durch, die Dir helfen sollen, Deine Begründung sprachlich auszudrücken. Du kannst auch andere Gründe anführen.

Schreibe etwa so:

Ich habe mich für die Drehschemellenkung Abb. entschieden,

weil sie leicht zu konstruieren ist.

weil sich der Wagen damit sicher lenken läßt.

weil sie sich leicht am Wagenboden befestigen läßt.

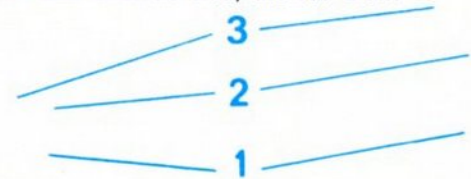
weil sich die Deichsel hochstellen läßt.

weil sich durch die Verwendung der Drehscheibe der Lenkzapfen zugleich festschrauben läßt.

weil sich der Drehschemel mit wenigen Bauteilen konstruieren läßt.

Bevor Du begründest, überlege gut. Wähle **nur die** Gründe aus, die für Dein Beispiel zutreffen.

Schreibe sie in Dein Berichtsheft.



Die Analyse:

Auf Karte 3, Vorderseite, wenden sich die Schüler analysierend auf den von ihnen gewählten Lösungsvorschlag zurück, um ihre Wahl zu begründen. Sie sollen dabei jetzt mit den technischen Fachausdrücken Drehschemel, Deichsel, Gelenk, Lenkzapfen umgehen lernen, über die sie auf Karte 2 informiert worden sind. Sie sollen zugleich lernen, Konstruktionen unter den Gesichtspunkten „formschön“ und „funktions-tüchtig“ zu beurteilen.

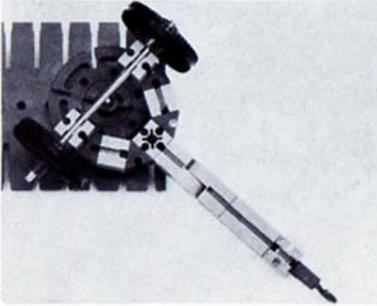


Abb. 4: Drehscheibe, Lenkzapfen, schwere Deichsel mit Gelenk

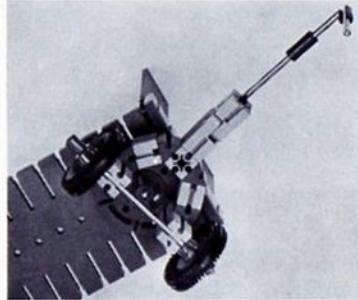


Abb. 5: Drehscheibe, Lenkzapfen, leichte Deichsel mit Gelenk

Die beiden Drehschemellenkungen sind die besten. Lies aufmerksam die Begründung und vergleiche sie mit Deiner Entscheidung.

1. Die Drehscheibe bietet dem Wagenboden eine größere Auflagefläche. Dadurch wird beim Ziehen und Lenken ein Verkanten verhindert. Die Lenkung ist stabiler.



Skizze 5: Verkanten (siehe linkes Rad) macht die Lenkung unstabil

2. Die Deichsel hat ein Gelenk (Scharniergelenk), deshalb läßt sie sich z. B. für das Ankuppeln auf- und abbewegen.
3. Die Deichsel darf sich beim Ziehen nicht aus ihrer Halterung lösen. Die Konstruktion auf Abb. 4 erfüllt diese Bedingung. Nachteilig wirkt sich aus, daß die Deichsel plump und schwer ist. Die Deichsel auf Abb. 5 ist formschöner, leichter und handlicher, sie sitzt aber nicht so fest im Scharniergelenk.

Zum Lernziel 2 a:

Wichtig ist, daß die Schüler angehalten werden, technische Erscheinungen und technische Funktionseinheiten aus der Modellebene auf die wirklichen technischen Gebilde zu übertragen. Diese Übertragung wird auf Karte 2 (Rückseite) mit der Frage: „Erkennst Du den Drehschemel?“ und am Schluß von Karte 6 eingeleitet. Der Transfer kann im Unterricht durch Analysen von Wagen aus der Umwelt der Kinder weiter vertieft werden.

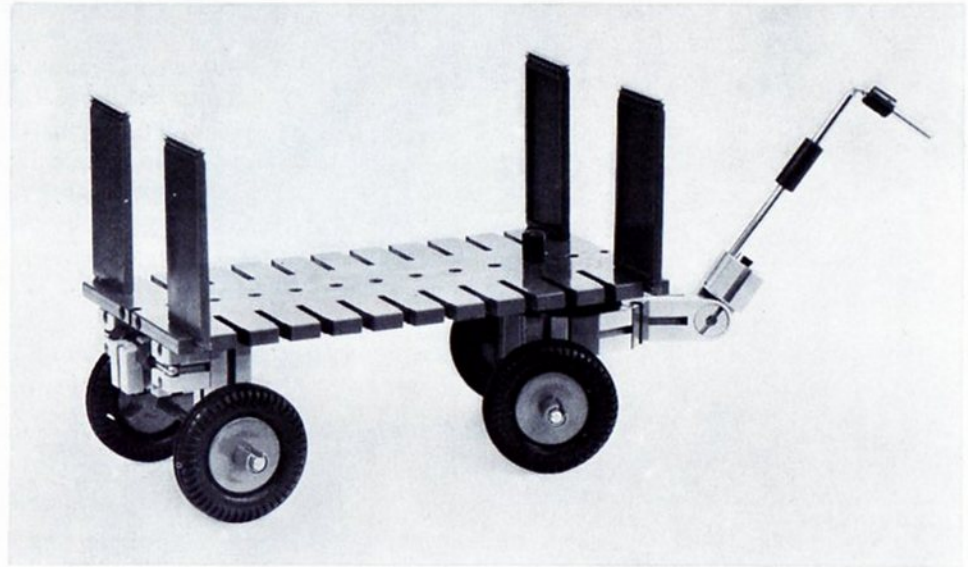


Abbildung 6

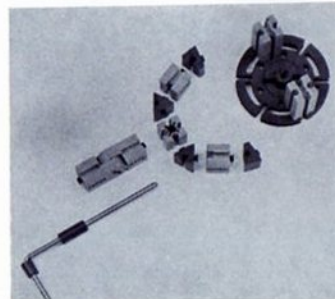


Abbildung 7

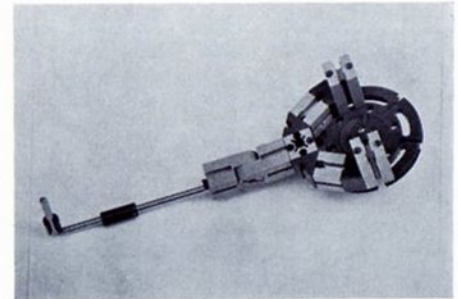


Abbildung 8

Für eine Reihe von Versuchen brauchen wir den Wagen, den Du auf dem Foto (Abb. 6) siehst. Die Drehschemellenkung und die Anhängerkupplung sind gut konstruiert. Baue diesen Wagen. Du kannst richtig konstruierte Teile Deines Wagens übernehmen. Der Drehschemel entspricht dem auf Abb. 5 der Karte 3 (Rückseite). Außerdem erleichtern Dir die Abb. 7 und 8 das Bauen.

Zum Lernziel 2 b:

Erkennen der unterschiedlichen Drehzahl der Räder beim Kurvenfahren und Folgerungen für die technische Konstruktion (Einzelradbefestigung).

Zu Beginn dieser Lernsequenz lassen wir einen durch Abbildung vorgegebenen Wagen nachbauen. Dieser Bauauftrag hat folgende Gründe: Nicht in jedem Fall gelingt es den Schülern, auch nach den Konstruktionshilfen einen einwandfrei funktionierenden Wagen zu bauen. Wir wollten für die jetzt einsetzende Versuchsphase den Niveauunterschied bei den Wagenkonstruktionen beseitigen. Den Umbau oder Neubau des Wagens haben wir nach unserer Auffassung durch den Hinweis: „Für eine Reihe von Versuchen“ ausreichend motiviert. Ein anderer Grund besteht darin, daß wir besonders in der Anfangsphase des Umgangs mit technischen Baukästen das Bauen nach einer Vorlage, sofern der Bauauftrag an einer sinnvollen Stelle im Gesamtprozeß erscheint, für produktiv halten. Die Schüler lernen hier Abbildungen richtig zu lesen und die Bauschritte zweckmäßig zu koordinieren.

Versuche zur Feststellung der Umdrehungszahlen der Räder

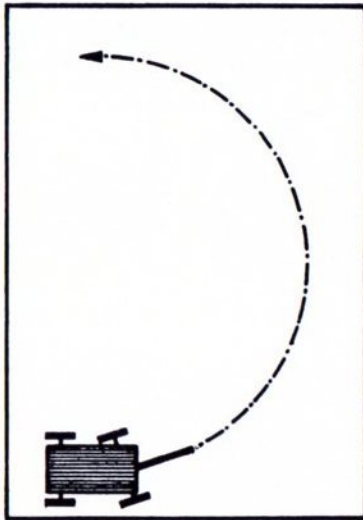
Für eine sichere Lenkung ist es wichtig, daß die Räder in den Kurven einwandfrei rollen. Deshalb wollen wir überprüfen, wie sich die einzelnen Räder der Vorderachse beim Kurvenfahren verhalten. Zunächst wollen wir die Radspur sichtbar machen.



Zum Versuch brauchst Du:

1. ein Stempelkissen zum Einfärben der Gummireifen
2. ein Blatt helles Papier, so groß wie ein Zeitungsblatt
3. 3 m dünnen, weichen Draht oder 3 m dünne Schnur
4. Zange oder Schere
5. Tesaband oder Tesafilm

Rolle jetzt die Räder der lenkbaren Vorderachse mehrmals über das Stempelkissen, bis genügend Farbe an den Reifen haftet.



Skizze 6

Setze Deinen Wagen auf das Blatt, wie es die Skizze zeigt. Belaste Deinen Wagen über der Vorderachse, damit sich die Radspur deutlich auf dem Papier abzeichnet und fahre eine Kurve in Pfeilrichtung.

Zeichnet sich die Spur nicht deutlich auf dem Papier ab, färbe die Räder neu auf dem Stempelkissen ein und wiederhole den Versuch wie angegeben.

Schau das Kurvenbild auf Deinem Blatt genau an. Vergleiche die innere mit der äußeren Radspur. Es läßt sich daraus etwas über die Umdrehungszahl der Räder entnehmen. Ist sie bei beiden Rädern gleich? Bevor Du antwortest, kannst Du den Wagen dem Kurvenbild nachziehen und die Räder beobachten.

Schreibe Deine Vermutung in Dein Berichtsheft.

Beobachtungen und Versuche:

Das eigentliche Lernziel soll durch eine Reihe von Beobachtungen und Versuchen erreicht werden. Es geht dabei darum, aus einer physikalisch-geometrischen Gesetzmäßigkeit, es sollen unterschiedliche Wege (Strecken) in der gleichen Zeit zurückgelegt werden, dann muß die Geschwindigkeit entsprechend unterschiedlich sein –, die technischen Konsequenzen zu ziehen. Die physikalische Gesetzmäßigkeit braucht dabei nur soweit vorgestellt (aufgefaßt) werden, daß die hier intendierten technischen Folgerungen für die Radbefestigung durch die unterschiedliche Umdrehungszahl der Räder einsichtig werden. Der hier geforderte Erkenntnisprozeß hat folgende Glieder:

1. Feststellen eines Handikaps (Blockade der Räder beim Kurvenfahren);
2. Vermutung der Ursache;
3. Durchführung von Versuchen, um die vermutete Ursache zu bestätigen;
4. formelfreie Beschreibung der Gesetzmäßigkeit;
5. Folgerungen für die technische Konstruktion und konstruktive Lösungen.

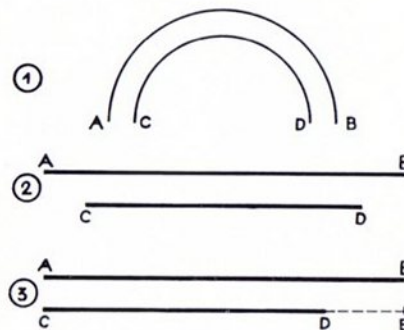
Versuch zur Bestimmung der Umdrehungszahlen

Lege mit dünnem, weichen Draht oder mit Schnur die äußere Radspur genau nach. Schneide den Draht (die Schnur) am Spurende ab.

Der Draht (die Schnur) ist jetzt genauso lang wie die Spur. Damit ist die Länge der Radspur gemessen. Wiederhole denselben Meßvorgang für die innere Radspur mit einem zweiten Draht (Schnur).

Zwei verschieden lange Stücke Draht (Schnur) liegen vor Dir. Sie stellen die Wegstrecken dar, die das äußere und das innere Rad beim Kurvenfahren zurücklegen. Du kannst die Wegstrecken genau miteinander vergleichen.

Schaue Dir dazu auch die drei Skizzen an. Lege Deine Drahtstücke (Schnurstücke), wie Du es in der Skizze 7 (2) dargestellt siehst. Achte darauf, daß die Stücke gespannt sind. Befestige sie mit Tesaband (Tesafilem).



Skizze 7

Lernökonomische Überlegungen:

Es liegt am Alter der Schüler (5. Schuljahr), daß in dieser Sequenz Information und Arbeitsanweisung gegenüber eigenem Planen und Versuchen überwiegt. Auch sind lernökonomische Überlegungen (Zeitaufwand) zu berücksichtigen, zumal bei dem Lernziel 1 der Vermutungs- und Entscheidungsspielraum der Schüler innerhalb des Lernprozesses recht groß gewesen ist.

1. Du kannst jetzt feststellen, wie oft sich das innere Rad auf seiner Wegstrecke dreht (Strecke C – D).
Markiere dazu den rechten Vorderreifen an der Außenseite mit Kreide (Farbstift), damit Du siehst, wenn sich das Rad einmal gedreht hat.
Ziehe den Wagen an der kurzen Strecke (C – D) entlang und zähle die Umdrehungen. Notiere die Umdrehungszahl auf Dein Blatt.
Führe den Versuch auch für die lange Strecke (A – B) durch.
Notiere wieder die Umdrehungszahl.
2. Bestimme den **Unterschied** zwischen den Umdrehungszahlen.
Diesen Unterschied kannst Du auch feststellen, wenn Du nur die Strecke D – E abfährst (Skizze 7 (3) und die Umdrehungen zählst.
Vergleiche die Ergebnisse der Versuche 1) und 2). Stimmen die Zahlen überein, dann hast Du den Unterschied der Umdrehungszahlen exakt bestimmt.



Technische Überlegungen zur Radbefestigung

Der Techniker berücksichtigt bei seiner Konstruktion die unterschiedlichen Umdrehungszahlen der Räder beim Kurvenfahren. Auf welche Weise, wirst Du nach einem kleinen Versuch leicht einsehen.

Drehe Deinen Wagen so, daß die Räder nach oben zeigen und treibe ein Rad an. Bremse das andere Rad mit dem Finger leicht ab.

Was kannst Du beobachten?

Folgende Beobachtungen sind möglich:

- a) Achse und zweites Rad drehen sich gleichschnell mit.
- b) Die Achse dreht sich gleichschnell mit, das zweite Rad dreht sich nicht oder langsamer.
- c) Das angetriebene Rad läuft allein, die Achse und das andere Rad werden nicht mitgenommen.

Wähle die für Deinen Wagen zutreffenden Beobachtungen aus. Schreibe sie in Dein Berichtsheft.

Vom Versuchen zum Erkennen:

An keiner Stelle darf das Handeln der Schüler zum gedankenlosen Nachahmen entarten. Deshalb ist es wichtig, daß die Schüler ihre Vermutungen über die Umdrehungszahl der Räder auch tatsächlich äußern (z. B. ins Berichtsheft schreiben). Eine Verbesserung der Lernorganisation wird erreicht, wenn die Schüler über Verfahren diskutieren, mit denen die Umdrehungszahlen festgestellt werden können. Die Vorschläge müßten in der Nähe der auf Karte 5 (Vorderseite) angeführten liegen.

Ergebnis der Beobachtung:

Du erinnerst Dich: Beim Kurvenfahren ist die Umdrehungszahl des Rades auf der Außenspur größer als die Umdrehungszahl des Rades auf der Innenspur. Die beiden auf einer Achse laufenden Räder müssen deshalb so montiert sein, daß sich jedes Rad unabhängig von dem anderen drehen kann.

Hast Du beobachtet, was hinter Punkt a) steht (siehe Rückseite Karte 5), nämlich, daß sich Achse und 2. Rad gleichschnell mitdrehen, dann ist die Radbefestigung unzweckmäßig.

Konstruktionsvorschläge:

1. Eine Einzelradlagerung auf gemeinsamer Achse kannst Du mit den Bauteilen folgendermaßen erreichen: Du befestigst das eine Rad auf der Achse, das andere Rad (mit der Flachnabe) bringst Du lose an. Durch eine Klemmbuchse sicherst Du es auf der Achse.

Hast Du beobachtet, was hinter Punkt b) oder c) steht (siehe Rückseite Karte 5), so hast Du ein Fahrgestell mit Einzelradlagerung auf gemeinsamer Achse konstruiert. Dies ist eine zweckmäßige Lösung.

Dein Wagen fährt jetzt leicht durch die Kurven, weil alle 4 Räder sich einzeln drehen können, auch wenn jeweils ein Rad fest auf der Achse sitzt.

2. Eine andere Lösung besteht in der Trennung der Achsen. Du mußt anstelle einer langen, durchgehenden Achse jeweils für ein Rad eine Kurzachse einbauen. Du kannst dann das Rad fest auf der Achse montieren und hast dennoch die Möglichkeit, daß sich jedes Rad frei und unabhängig von den anderen drehen kann.

Zwei von vielen Möglichkeiten der Radbefestigung findest Du abgebildet. (Abb. 9 und 10.) Der Techniker spricht hier von **Einzelradlagerung auf getrennten Achsen**.

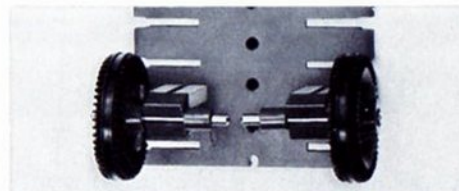


Abb. 9: Hinterräder: Einzelradlagerung auf getrennten Achsen.



Abb. 10: Vorderräder: Drehschemel mit Einzelradlagerung auf getrennten Achsen.

Anmerkung für Lehrer und Studierende:

Zur Überprüfung des Schülerverhaltens und des Lernprogramms bringt die Arbeitsgruppe Technische Bildung PH Heidelberg Merkmalslisten und ein Instruktionsblatt heraus.

Alle Pädagogen werden gebeten, die ausgefüllten Merkmalslisten der Arbeitsgruppe zur Auswertung leihweise zur Verfügung zu stellen.

Merkmalslisten und Instruktionsblatt sind über den Georg Westermann Verlag, Braunschweig, erhältlich.

Bei dem verbesserten Wagen wirst Du feststellen, daß er sich jetzt noch leichter und sicherer durch die Kurven ziehen läßt.

Schwenkst Du die Lenkung bei **stehendem** Wagen stark von links nach rechts ein, so bemerkst Du, daß sich jeweils ein Rad vorwärts, das andere aber rückwärts dreht.

Was geschieht mit den Rädern der **Hinterachse**, wenn Du bei stark eingeschlagener Lenkung den Wagen im Kreis herumziehst?

Lies zum Abschluß die folgende Erklärung genau durch.

1. Beim Kurvenfahren müssen die inneren Räder einen kürzeren Weg zurücklegen als die äußeren. Das ist nicht möglich, wenn sie fest auf einer Achse montiert sind. In diesem Fall verhalten sie sich so:
**sie radieren auf dem Boden,
sie geraten aus der Spur.**
Die Lenkung ist dadurch erschwert.
Durch das Radieren werden die Reifen stark abgenutzt.
2. Sind beide Räder (oder auch nur eines) lose auf der Achse montiert, so können sie sich unabhängig voneinander drehen. Der Techniker nennt dies Einzelradbefestigung. Beim Kurvenfahren können sich die Räder mit der Umdrehungszahl der unterschiedlichen Länge der Innen- und Außenspur anpassen. Ein einwandfreies Rollen aller Räder in der Kurve ist gewährleistet. Der Wagen läßt sich leicht lenken. Die Reifenabnutzung ist viel geringer.
3. Bei starkem Lenkungseinschlag gerät bei der Drehschemellenkung ein Rad unter den Wagenboden. Dadurch besteht die Gefahr, daß der einseitig beladene Wagen seitwärts kippt. Beim Kurvenfahren sollte daher die Lenkung möglichst nicht so weit eingeschlagen werden, daß das Innenrad unter die Mitte des Wagenbodens gelangt.

Jetzt hast Du viel über Lenkung, Spur und Kurvenfahren gelernt und kannst nun Deine Kenntnisse durch Beobachtung von Fahrzeugen auf Bahnhöfen, bei der Post und auf Baustellen erweitern. Findest Du Wagen mit Drehschemellenkung? Kannst Du feststellen, ob sie einen Drehbalken, eine Drehscheibe oder einen Drehkranz haben?

Die fischertechnik-Lernbaukästen

– Schema des didaktischen Grundmodells –

Alle in diesem Lehrerhandbuch aufgeführten Modelle sind mit den Lernbaukästen Unterricht–Technik, u-t 1 und u-t 2 (Motor und Getriebe) aus dem „fischertechnik-schulprogramm mit westermann“ gebaut worden. Die fischertechnik-Lernbaukästen sind Arbeitsmittel im Sinne der Definition von *Peter Petersen* (vgl. Kap. VI, Führungslehre des Unterrichts).

Die Lernbaukästen sind von der Arbeitsgruppe gemeinsam mit Schülern erprobt.

Der u-t 1 ist der Grundkasten (Unterricht–Technik), er findet Verwendung in allen Jahrgängen.

In Verbindung mit dem u-t 1 können die anderen Lernbaukästen u-t 2 (Motor und Getriebe), u-t 3 (Steuern und Schalten), u-t 4 (Steuern und Regeln) sowie u-t S (Statik) zur Konkretisierung verschiedener Aufgabenbereiche eingesetzt werden. Der u-t S (Statik) kann auch allein eingesetzt werden. Die Themenbereiche, die auch von den Arbeitskartensätzen für den allein-

→lernenden Schüler zu technischen Aufgaben konkretisiert werden, gliedern sich wie folgt:

Serie A Grundphänomen Fahrbar machen

Serie B Grundphänomen Heben von Lasten

Serie C Grundphänomen Übertragen und Umwandeln von Bewegungen („Getriebelehre“)

Serie D Grundphänomen Steuern und Regeln

Serie E Grundphänomen Stützen und Tragen

Technische Einzelprobleme der Serie A

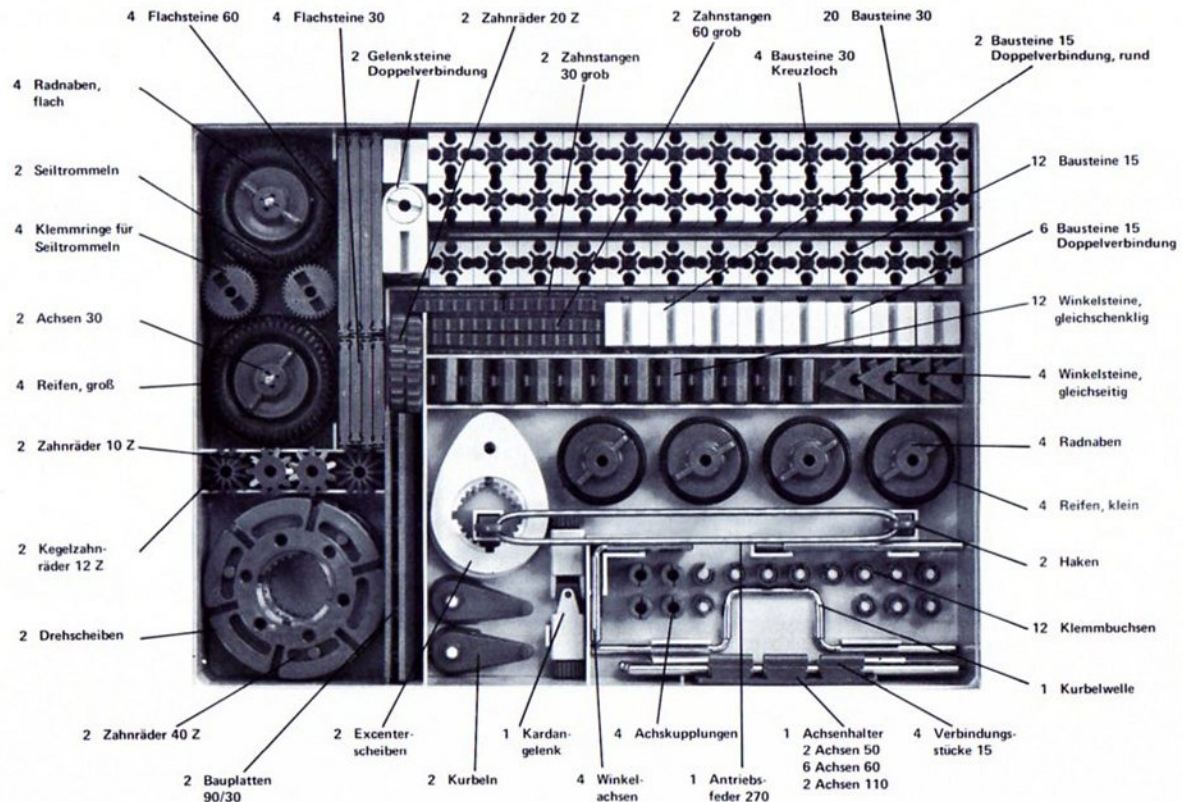
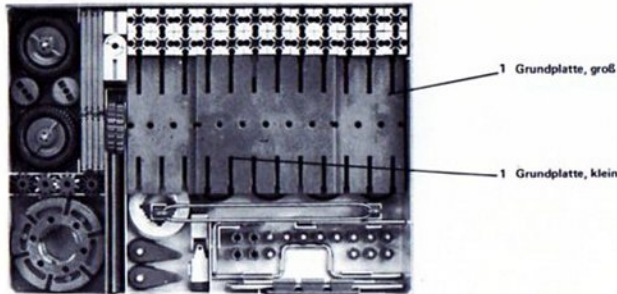
Satz I Transporterleichterung beim zweirädrigen Wagen

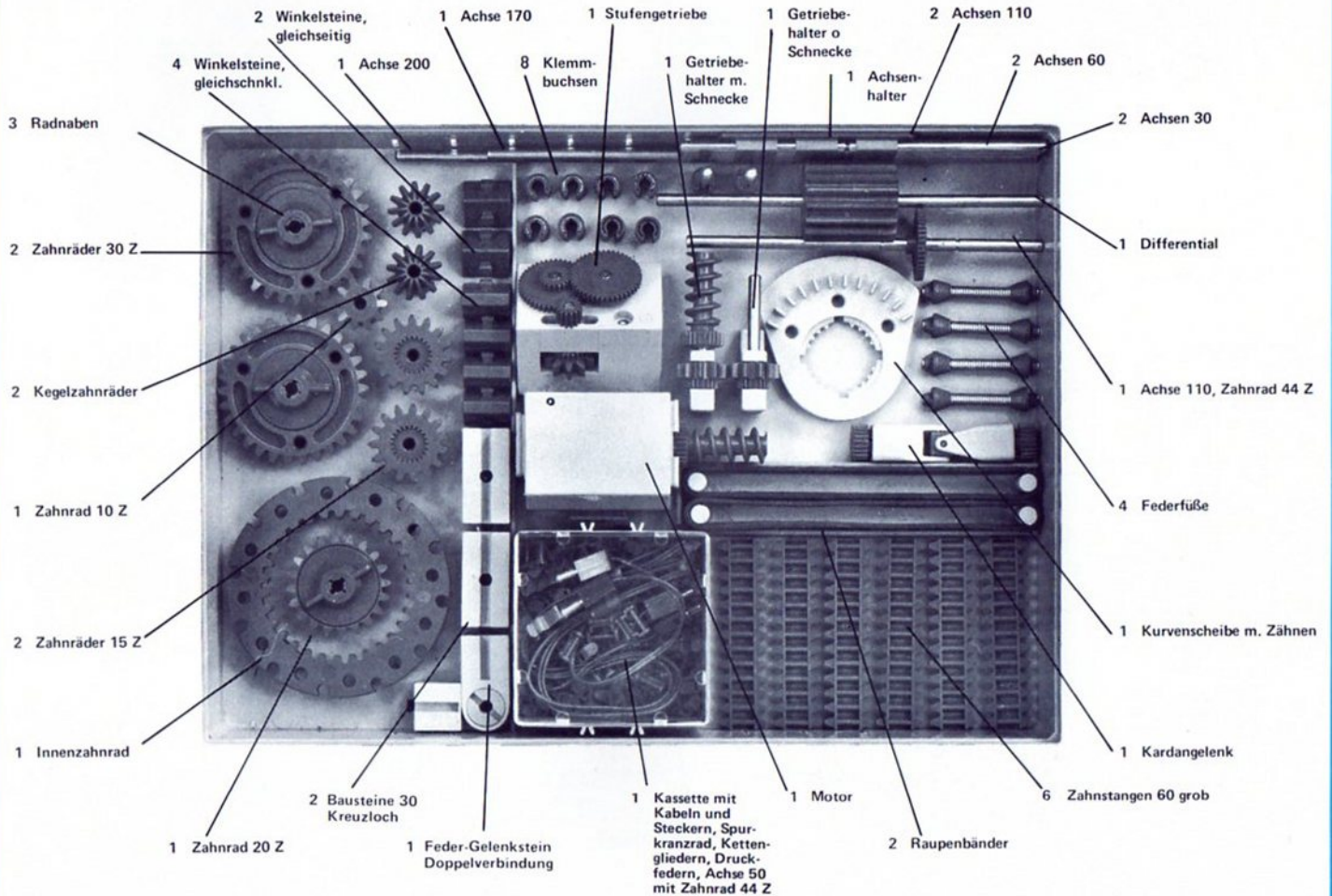
Satz II Einfache Lenkung beim vierrädrigen Wagen (Drehschemellenkung)

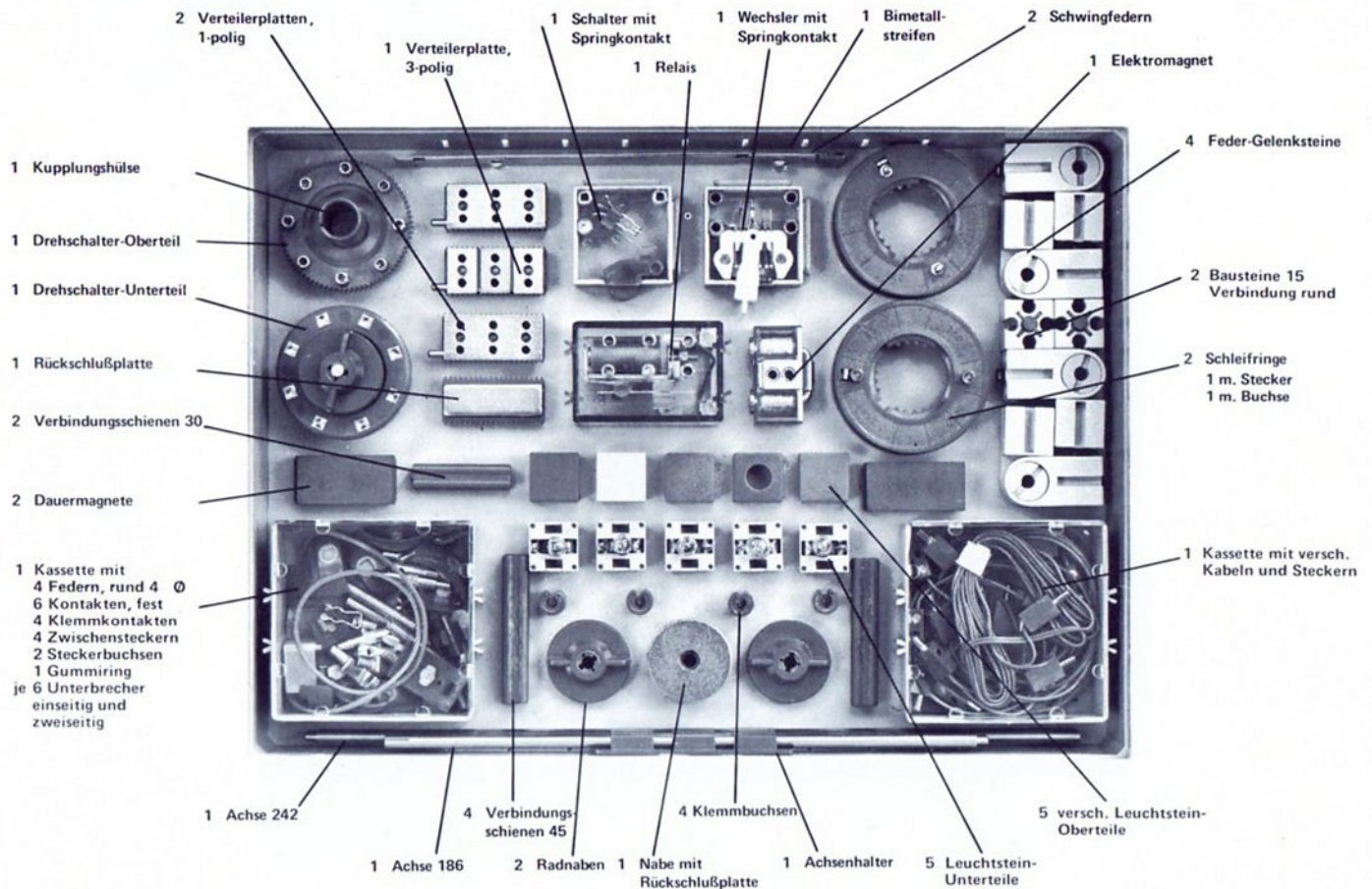
Satz III Wendigkeit beim Lenken (Schwenkrollenlenkung)

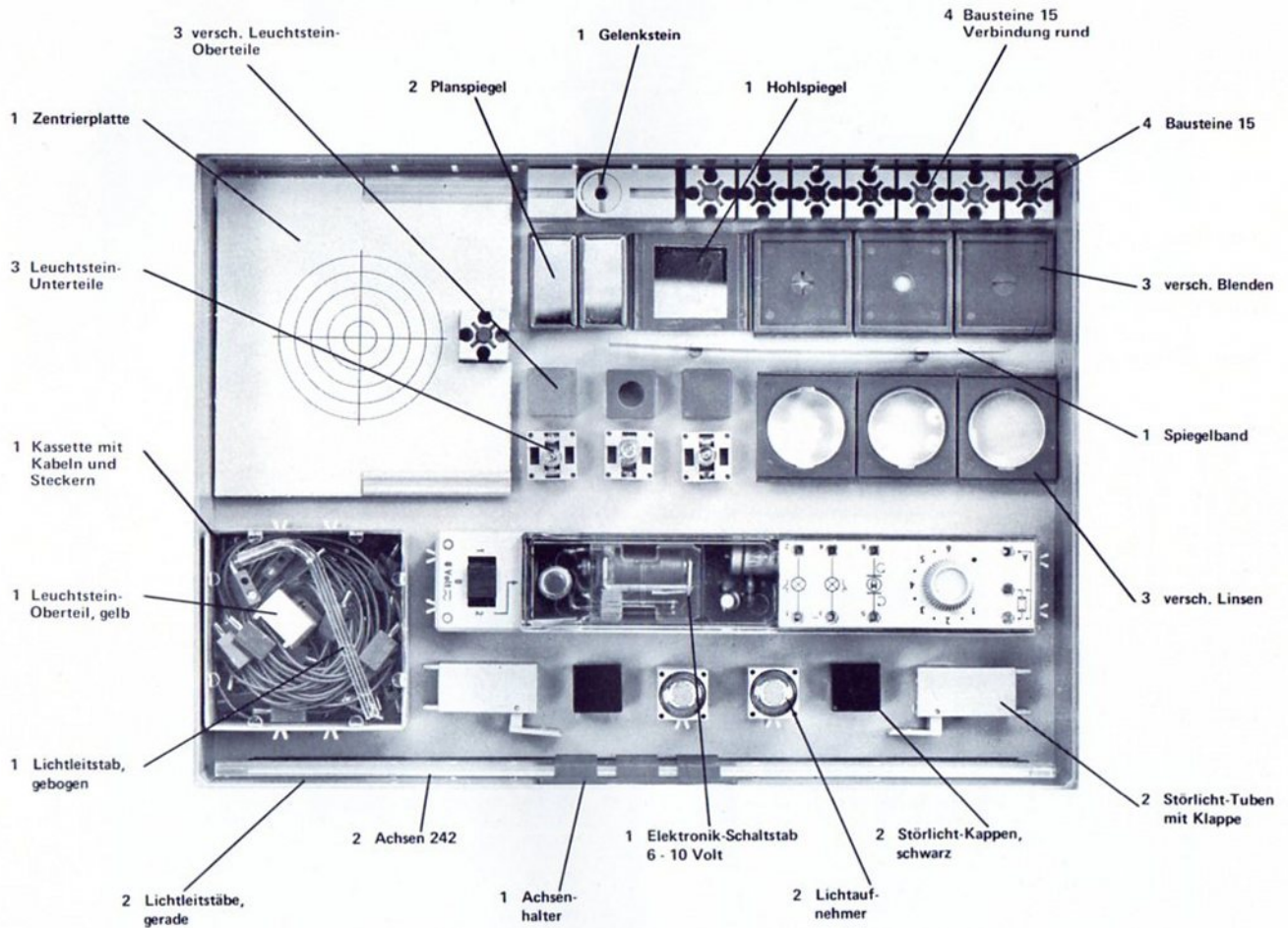
Technische Einzelprobleme der Serie C

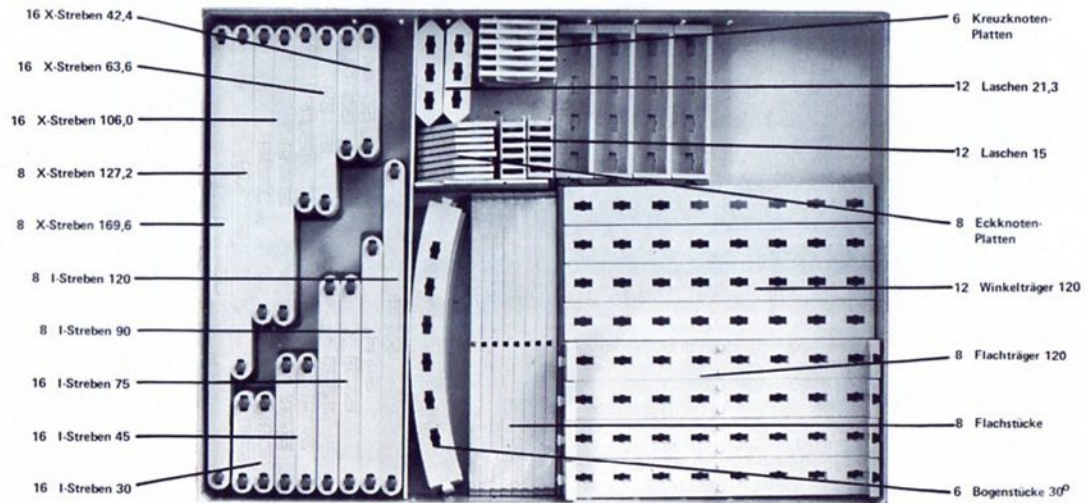
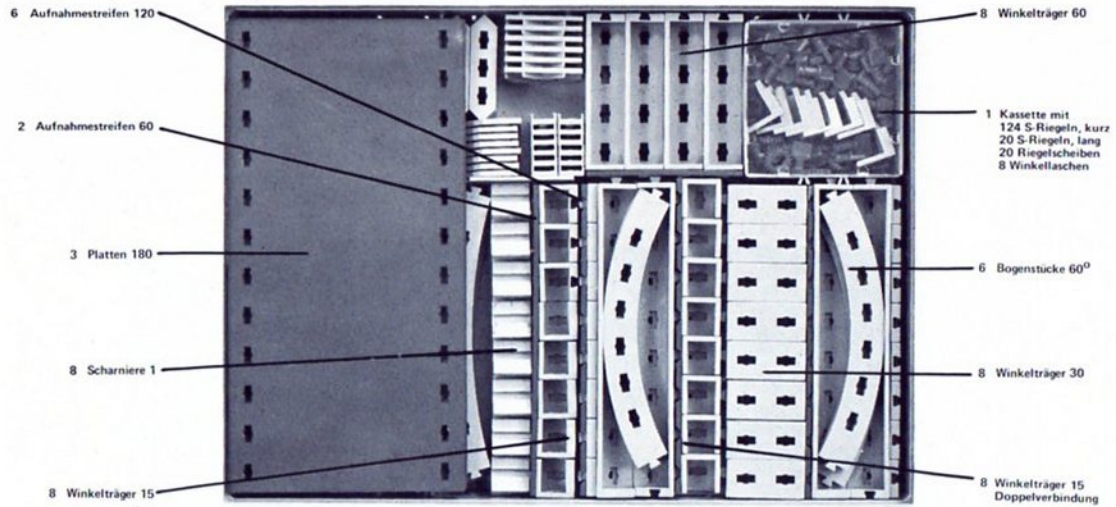
Satz II Der Scheibenwischer









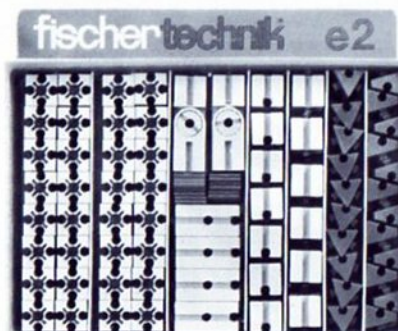


Der Lernbaukasten u-t 1 ermöglicht es dem Lehrer, die technischen und physikalischen Zielsetzungen eines zeitgemäßen Unterrichts konstruktiv und funktionell darzustellen. Die Ergänzungskästen e 1, e 2 und e 3 enthalten Bauelemente des u-t 1, die erfahrungsgemäß am häufigsten benötigt werden, der Ergänzungskasten e 5 beinhaltet Bauplatten verschiedener Abmessungen.



e 1 Grundbauplatten/Flachbausteine.

Art.-Nr. 30611



e 2 Bausteine.

Art.-Nr. 30612



e 3 Räder/Achsen.

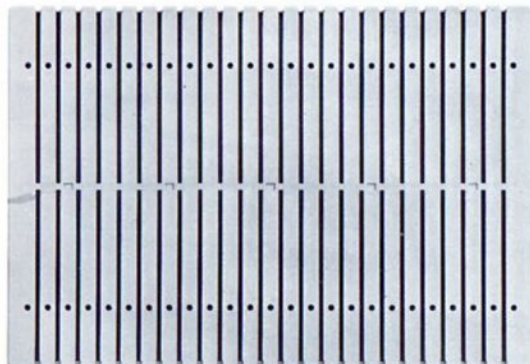
Art.-Nr. 30613



e 5 Bauplatten.

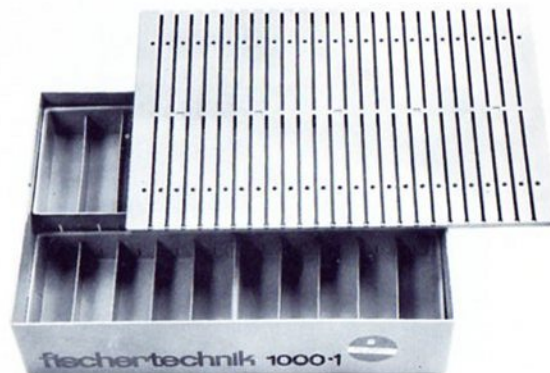
Art.-Nr. 30615

Im Sammelkasten 1000 können 4 u-t-Kästen oder 8 Ergänzungskästen untergebracht werden; sein Deckel ist gleichzeitig Großbauplatte (Format 39 x 27 cm).



Großbauplatte 1000-0

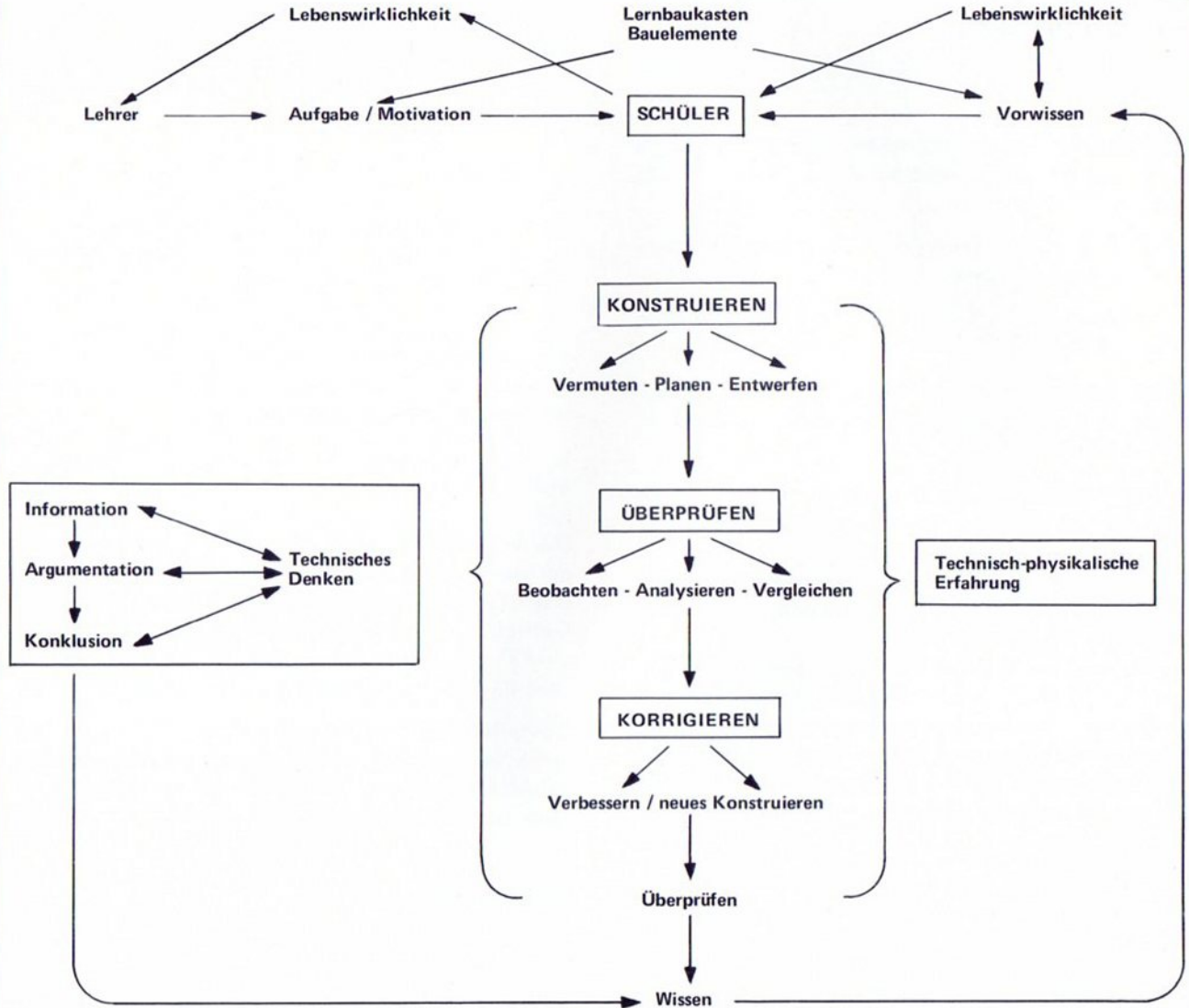
Art.-Nr. 30602



Sammelkasten 1000-1 (mit Deckel und 8 Ergänzungseinsätzen, leer).

Art.-Nr. 30604

Didaktisches Grundmodell



Die Prinzipien einer Didaktik der Technischen Bildung

I. Die Didaktik für die Technische Bildung muß die Momente des Technischen berücksichtigen und als Bildungssinn anerkennen:

1. Die technisch-physikalischen Elementarerscheinungen.
2. Die elementaren technischen Funktionseinheiten, durch die die Elementarerscheinungen verwirklicht werden.
3. Die Konstruktion komplexer Gebilde aus elementaren Funktionseinheiten.
4. Die Methode der Technik: Planung – Konstruktion – Überprüfung.
5. Die technischen Planungsprinzipien: Zweckmäßigkeit, Funktionstüchtigkeit, Haltbarkeit und die Zeit-Kosten-Relation.
6. Die anthropologische Bedeutung der Technik als Mittel der Daseinserleichterung und Daseinserhöhung.

II. Die Didaktik für die Technische Bildung muß diese Momente des Technischen in einen produktiven geistig-manuellen Prozeß umwandeln.

Beobachten, Beschreiben, Planen-Entwerfen, Konstruieren, Überprüfen, Analysieren und Korrigieren sind entsprechend die wichtigsten Tätigkeiten der Lernenden. Die Erprobung und Entwicklung der Intelligenz und des Könnens und die Wahrung der Selbständigkeit und Freiheit des Lernenden sind die übergreifenden Prinzipien.

III. Der didaktisch gesteuerte Prozeß für die Technische Bildung setzt ein Material voraus, das erlaubt, technisch-physikalische Erscheinungen in die Stufe des Modells zu überführen, so daß die genannten Operationen des Konstruierens, Prüfens, Analysierens usw. konkret handelnd durchgeführt werden können.

Der Lernbaukasten „fischertechnik“ erfüllt in hohem Maße die materialen didaktischen Bedingungen. Die Lernprogramme „Konstruieren und Erkennen“, die im folgenden durch Konstruktionsbeispiele und die Angabe der Lernziele vorgestellt werden, wollen mit-helfen, daß der Prozeß gemäß den Grundprinzipien der modernen Didaktik verwirklicht wird.

Die Lernprogramme sind didaktische Modelle; alle Kundigen sind aufgefordert, an ihrer Verbesserung mitzuarbeiten.

1. Die Bezeichnung „Modell“ wird verwendet, wenn die Konstruktionen fast alle Funktionen der realen technischen Gebilde (wie z. B. Einkaufswagen, Kran usw.) so darstellen, daß sie in simulierten Prüfungssituationen kontrolliert werden können.

2. Die Bezeichnung „Funktionsmodell“ wird verwendet, wenn die Konstruktionen nur einzelne, für den Lerngang wichtige technische Funktionen so darstellen, daß sie überprüft werden können.

3. Die Bezeichnung „mit u-t 1“ bedeutet, daß die betreffenden Modelle mit dem „Lernbaukasten Unterricht-Technik 1“ (u-t 1) gebaut werden können.

Die Bezeichnung „mit u-t 1 + u-t 2“ bedeutet: gebaut mit dem „Lernbaukasten Unterricht-Technik 1“ und dem „Lernbaukasten Unterricht-Technik 2 (Motor und Getriebe)“. Entsprechendes gilt für die Bezeichnungen „u-t 3“ = „Lernbaukasten Schalten und Steuern“ und „u-t 4“ = „Lernbaukasten Steuern und Regeln“.

Das Schulprogramm für den u-t 3 und u-t 4 sowie den u-t 5 wird im 2. Band des Buches „Lernbaukästen“, aktuelle Einführung in den technischen Bildungsbe-reich, ausführlich dargestellt.

Planungshilfen:

Im Sinne der hier vorgestellten und erläuterten didak-tischen Grundkonzeption will das Handbuch für das selbständige Organisieren von Unterricht Planungs-hilfen geben:

soweit Erfahrungen vorliegen,
werden für die Technische Bildung geeignete Modelle
vorgestellt,
wird auf schwierige Stellen bei der Konstruktion mit
dem Lernbaukasten aufmerksam gemacht,
werden technische Erscheinungen und Funktionen her-
ausgestellt,
werden mögliche Prüfsituationen skizziert,
wird auf Wirklichkeitsbereiche hingewiesen, in denen
ähnliche technische Gebilde eine Rolle spielen,
wo diese Erfahrungen noch nicht vorliegen, werden
zur Anregung konstruierbare Modelle vorgestellt und
die technischen Funktionen beschrieben.

Gerhard Ruckwied

Konstruktive Grundformen und Handhabung der Bauelemente

Abschnitt u-t 1

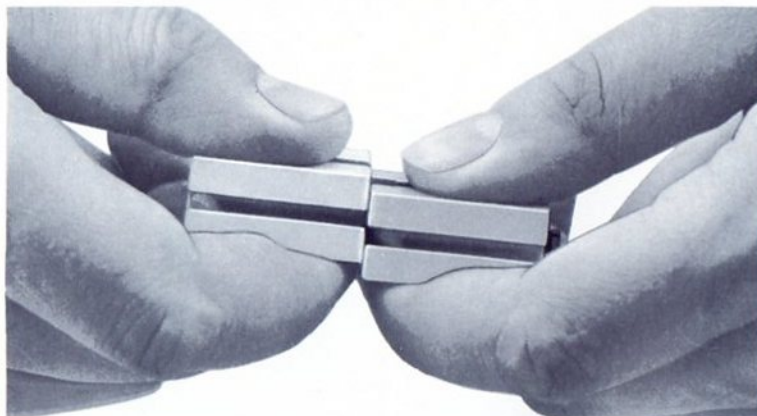


Bild 1–12
Zusammenfügen der Grundbausteine

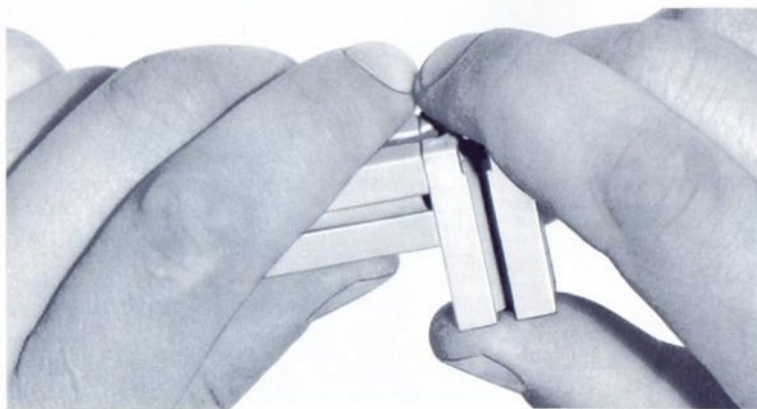
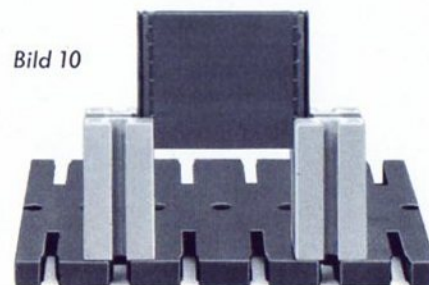
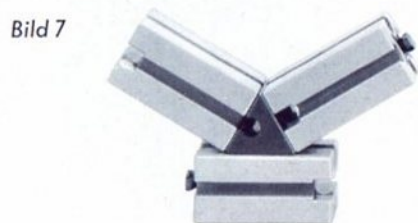
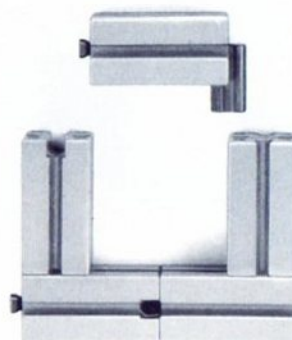
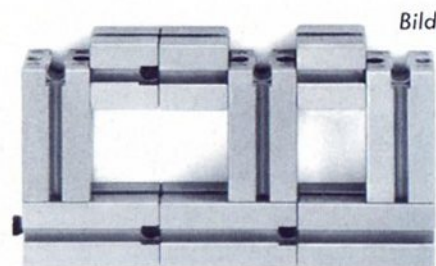
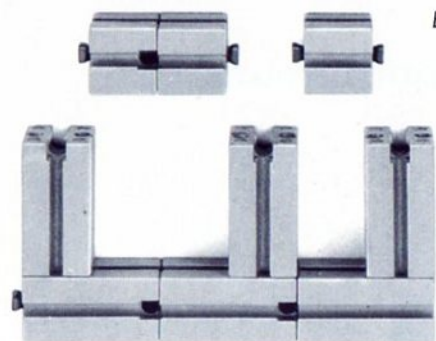


Bild 1



◁ Bild 2

Bild 3



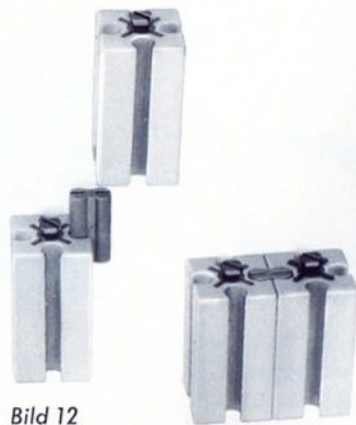
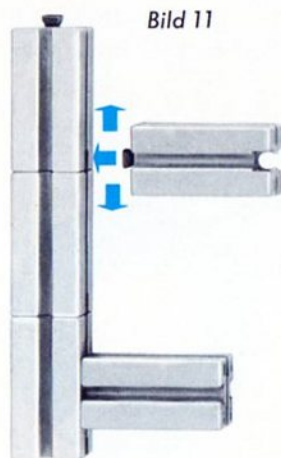


Bild 13
Drehgelenk zwischen Bausteinen
(nur bei Stein mit rotem Zapfen
drehbar)

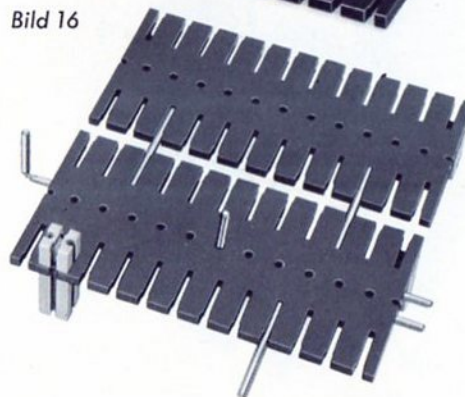
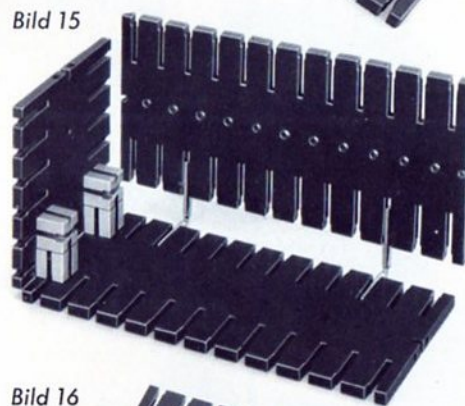


Bild 17–25

Die beiden Naben (10) als Radeinsätze der Bauteile von Bild 18–21



Bild 17



Bild 20

Bild 23



Bild 18



Bild 21



Bild 24



Bild 19



Bild 22

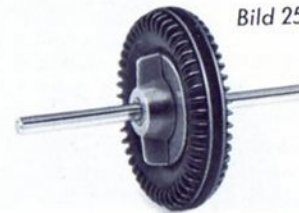


Bild 25

Bild 26–27
Einbau und Verwendung der Zahnstange



Bild 26

Bild 27

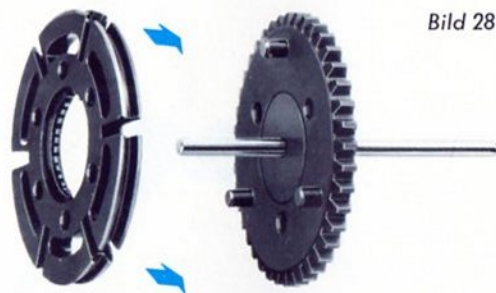


Bild 28

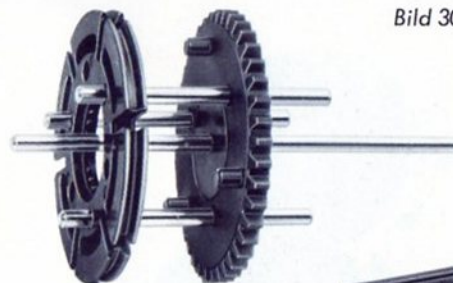


Bild 30

Bild 28–31
Verbindung der Drehscheibe
mit anderen Bauelementen

Bild 29

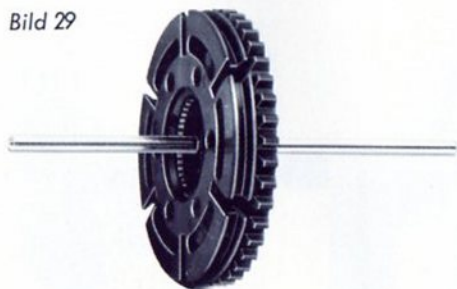


Bild 31

Bild 32



Bild 32–33
Das Zahnrad 40 Z als Stirn- und Winkelzahnrad



Bild 33



Bild 34–35
Übertragung einer Drehbewegung im rechten Winkel

Bild 34



Bild 35

Bild 36



Bild 36–37
Anbau einer Handkurbel



Bild 37

Bild 38–40
Montage der Bauteile mit Klemmverschraubung



△
◁ Bild 40

Bild 42
Lösen der Antriebsfederverbindung

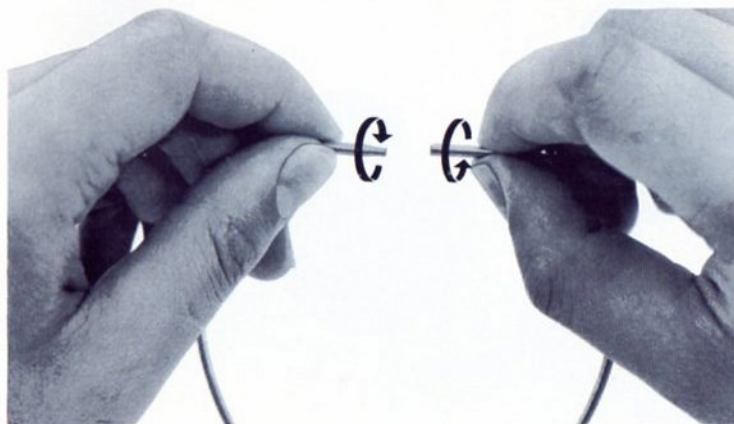


Bild 41
„Werkzeug“ zum Lockern
der Gelenkverschraubung



Bild 43–44
Die Antriebsfeder als Zugmittel

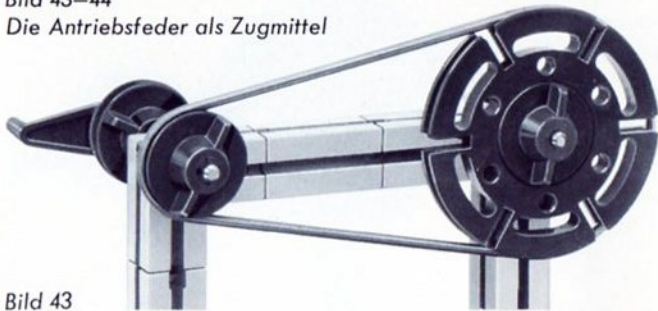


Bild 43

Bild 44

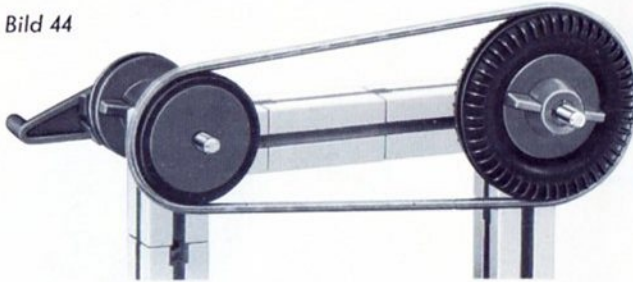


Bild 45–47
Lagerung von Wellen, Achsen und Stangen

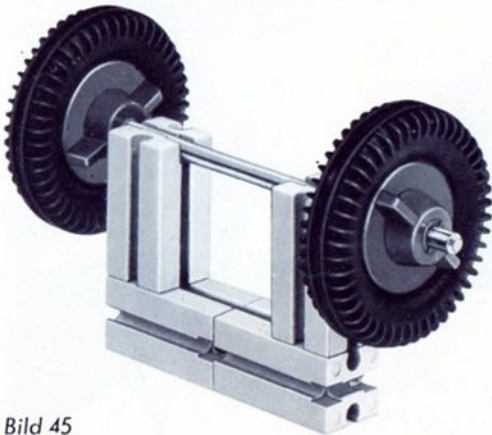


Bild 45

Bild 46



Bild 47



Bild 48–53
Befestigen von Achsen und Stangen



Bild 48

Bild 49



Bild 50





Bild 51



Bild 52

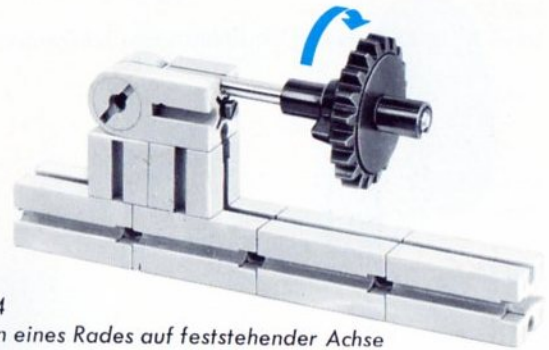


Bild 54
Lagern eines Rades auf feststehender Achse

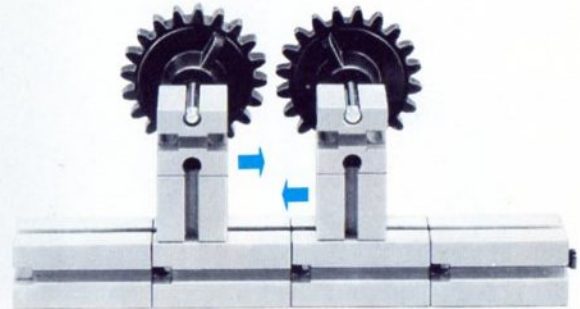


Bild 55
Stufenlos angleichbare Achslager ▶

Bild 56
Gestufte Achslagerung je nach erforderlicher Distanz

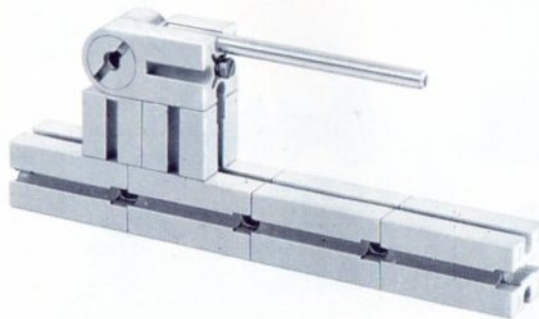


Bild 53

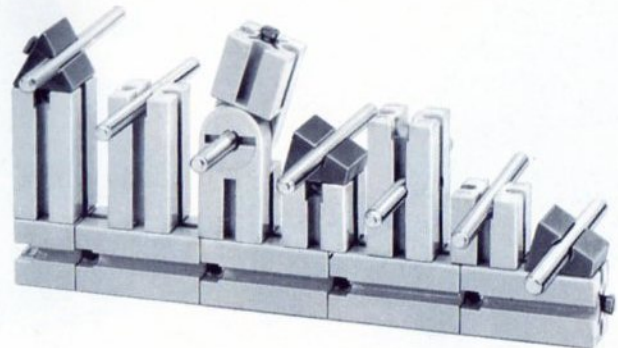


Bild 59–61
Lagern der Kurbelwelle, Anschluß einer Schubstange ▷

Bild 57–58
Anbringen der Klemmbuchsen

Bild 57

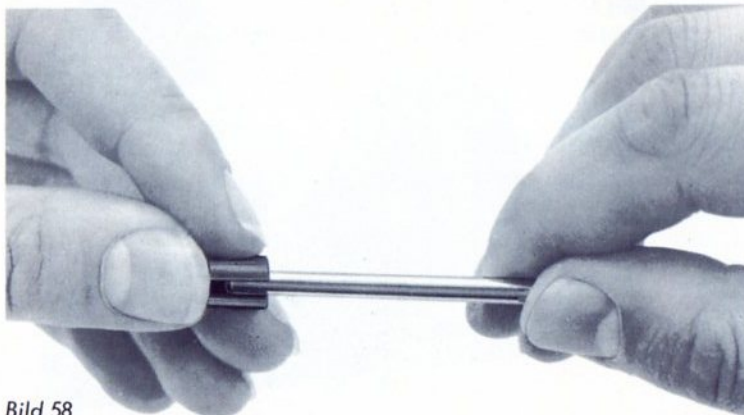
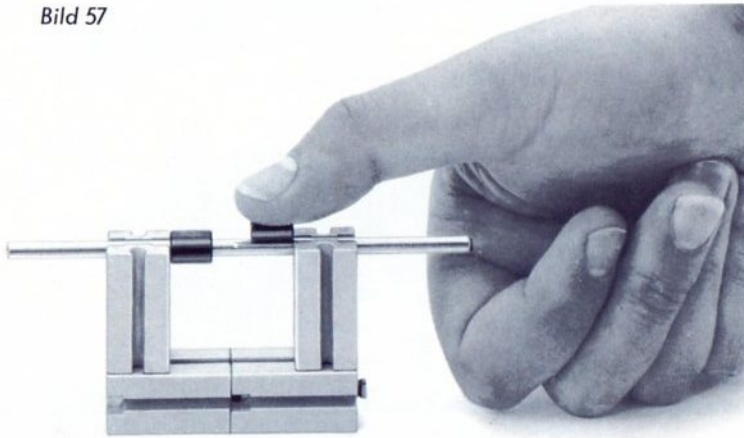


Bild 58

Bild 59

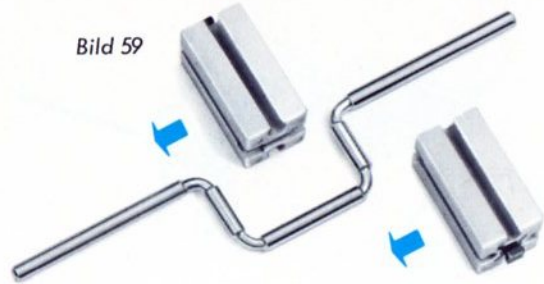


Bild 60

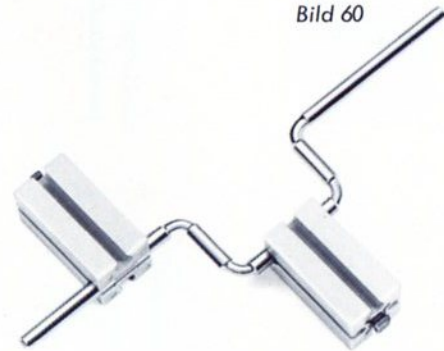


Bild 61



Bild 62–64
Befestigen der Seiltrommel



Bild 62

Bild 63



Bild 64

Bild 65
Seiltrommeln als Klauenkupplung

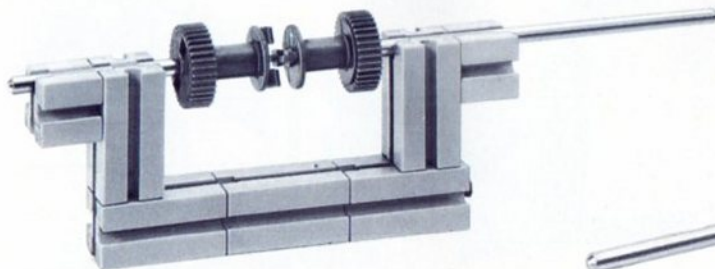


Bild 66
Der Klemmring als
Distanzscheibe



Bild 67–69

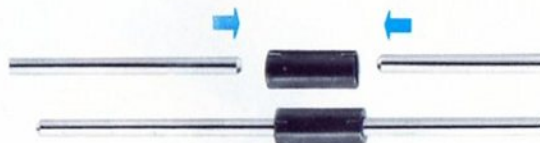


Bild 67

Bild 68



Bild 69

Bild 70–73
Befestigen von Zugseilen

Bild 70

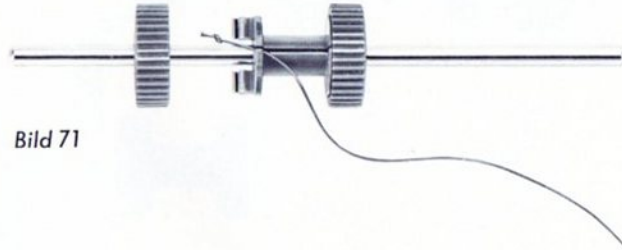
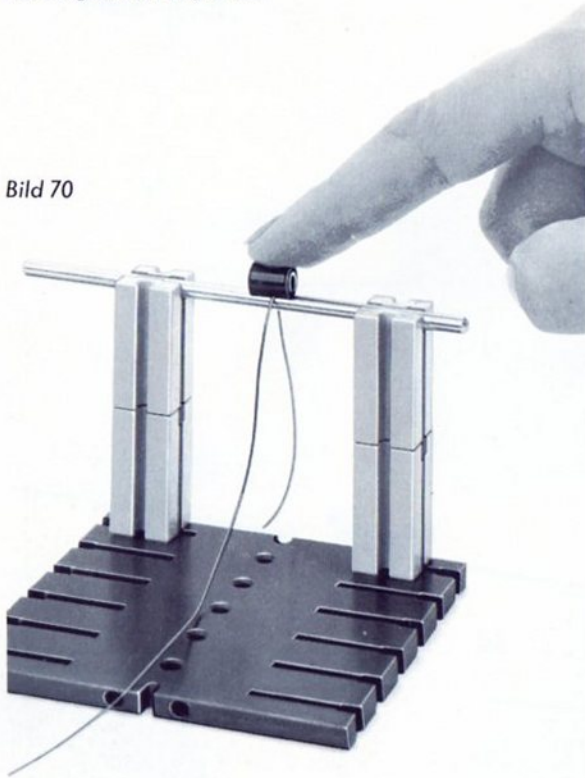


Bild 71

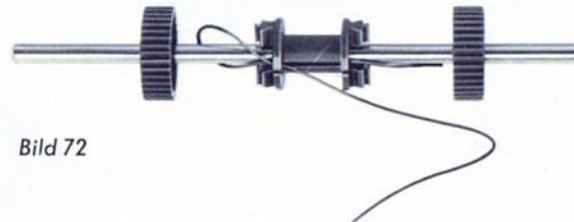


Bild 72

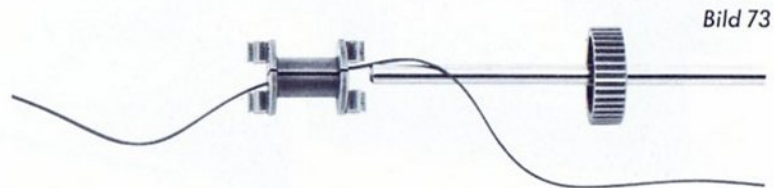


Bild 73

Abschnitt u-t 2

*Bild 74–76
Montage des Motors auf Grundplatte und Baustein*

Bild 74

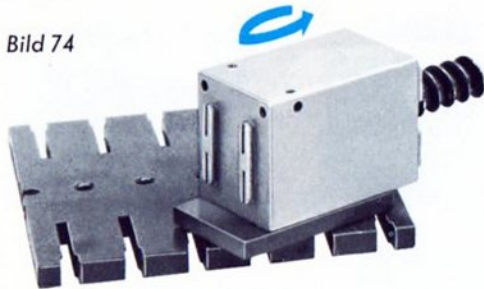


Bild 75

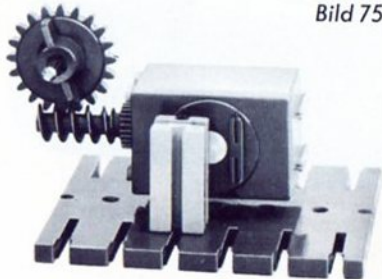


Bild 76



*Bild 78–79
Einbau der Schnecke*

Bild 78

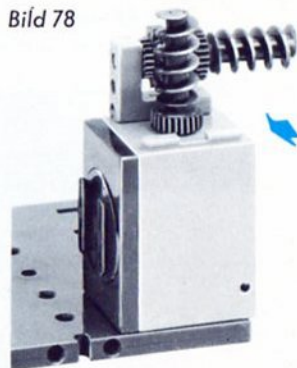


Bild 79

*Bild 77
Anschluß des Motors an eine Stromquelle*

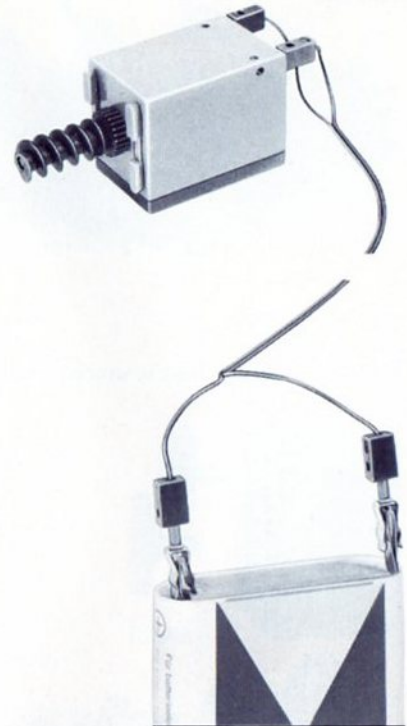


Bild 80
Die Motorwelle mit Schnecke, Schnurlaufscheibe und Zahnrad

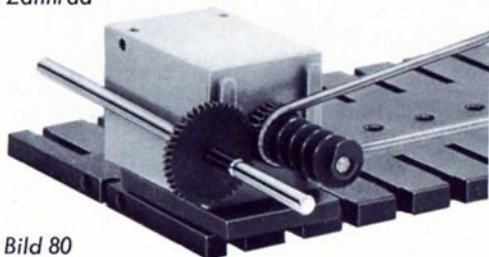


Bild 80

Bild 84–86
Verschiedene Getriebeabstufungen durch Umstecken der Zahnräder
(Bild 84: Übersetzung 32 : 1; Bild 85: Übersetzung 77 : 1; Bild 86: Übersetzung 240 : 1)

Bild 84



Bild 85



Bild 81–83
Der Getriebewinkel mit umsteckbaren Zahnrädern

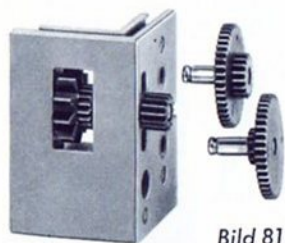


Bild 81

Bild 86

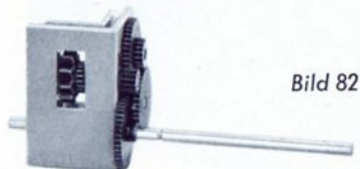
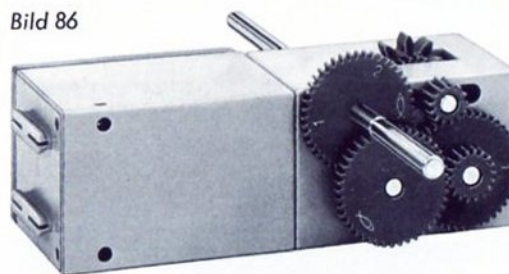


Bild 82

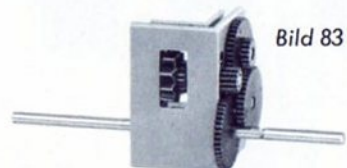


Bild 83

Bild 87–88
Anbau des Getriebewinkels mit jedem Ende von allen Seiten

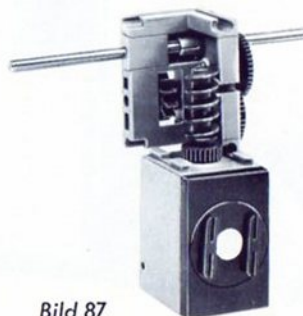


Bild 87

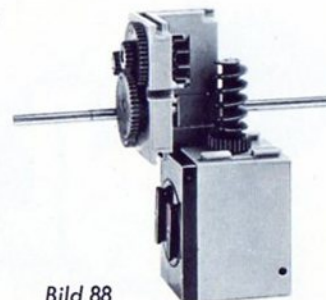


Bild 88

Bild 89–92
Stirnräder, Zusammenstellung in verschiedenen
Größen

Bild 90



Bild 89

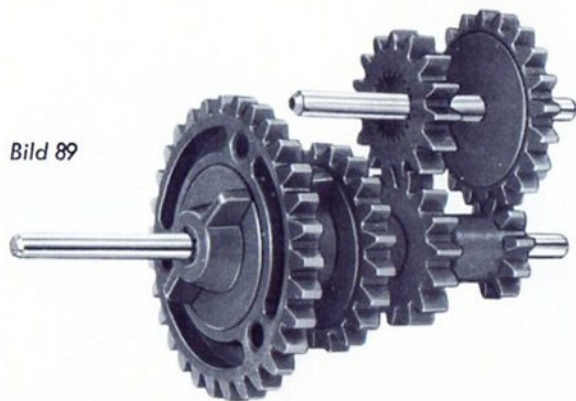


Bild 91

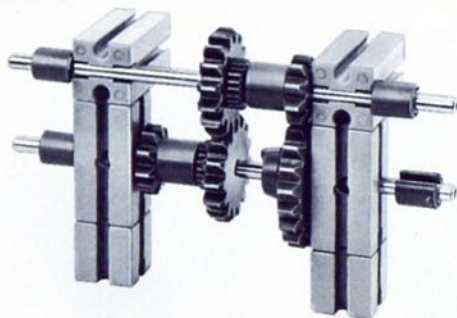


Bild 92



Bild 93–94
Die Kurvenscheibe mit Mitnehmerstift und Verzahnung

Bild 93

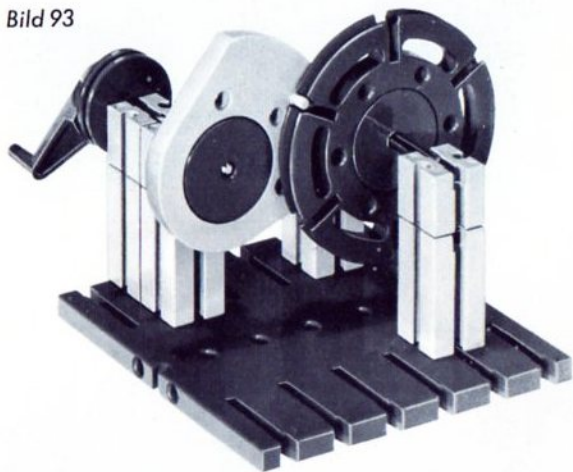


Bild 94



Bild 95–96
Zahnrad 30 Z; Verbindung mit anderen Elementen

Bild 95



Bild 96

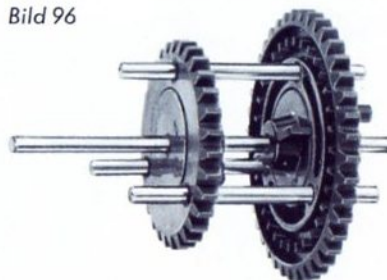


Bild 97–103
Innenzahnrad, Anbau und Lagerung



Bild 97

Bild 98

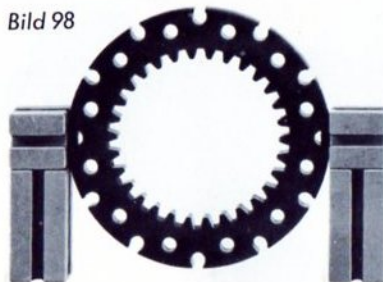


Bild 99

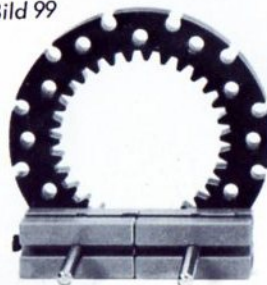


Bild 100

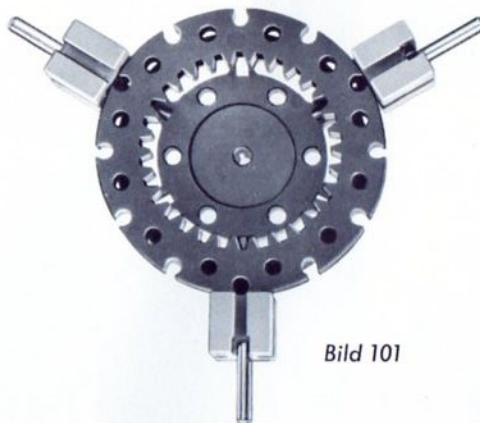


Bild 101

Bild 102

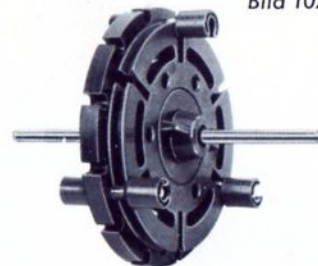


Bild 103



Bild 104–105
Beispiele einfacher Planetengetriebe

Bild 104

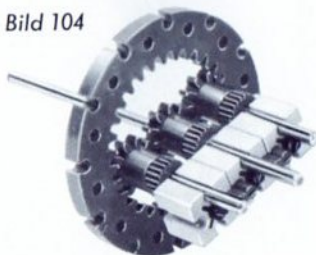


Bild 105



Bild 106–108
Die Kette als Zugmittel

Bild 106

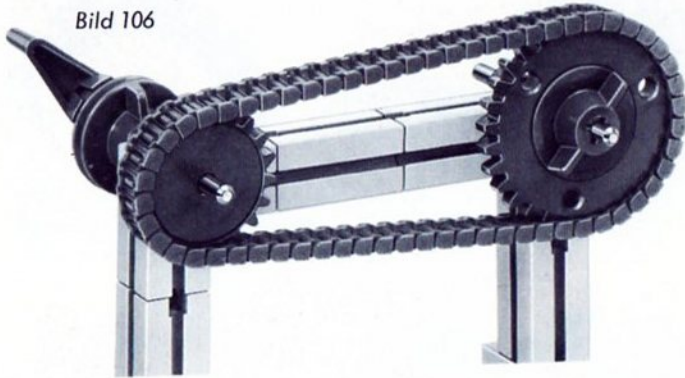


Bild 109–110
Bau von großen „Stirnzahnrädern“ mit Hilfe der Kette

Bild 109



Bild 107



Bild 108



Bild 110

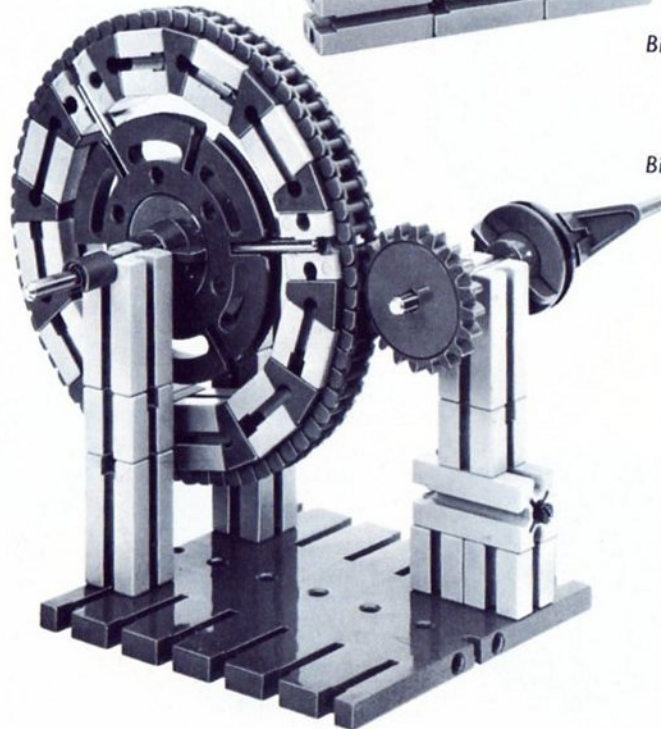


Bild 111–113
Zahnräder als Laufräder ▷



Bild 111



Bild 112



Bild 113

Bild 116–117
Montage des Zahnrades 15 Z in Verbindung mit Elementen ▷
mit Klemmverschraubung

Bild 114–115
Federgelenkstein, Anwendung als Sperrklinke und als
Kettenspanner



Bild 116

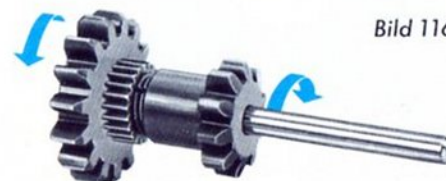


Bild 117

Bild 114



Bild 118
Das Zahnrad 15 Z als „Werkzeug“ zum Anziehen von
Klemmverschraubungen

Bild 115

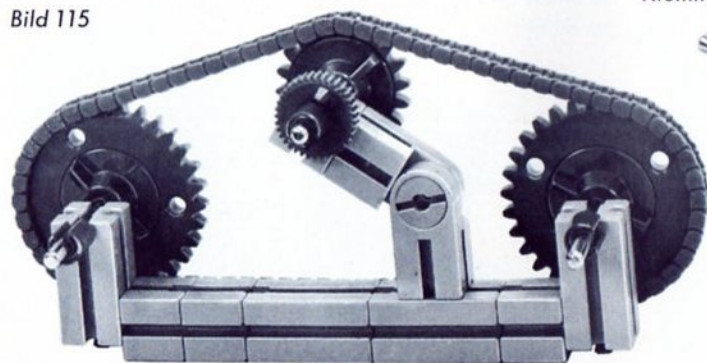


Bild 119–122
Federbeine, Einbau und Anwendung als Radfederung und
als Sperrklinke

Bild 120



Bild 119



Bild 123
 Raupengummis als Zugmittel

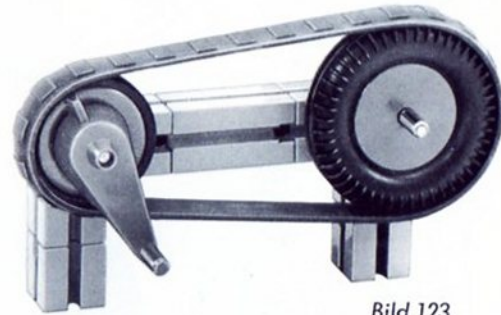


Bild 123

Bild 121



Bild 122

Bild 124
 Gummiringe zur Erhöhung der Reibung bzw. Bodenhaftung
 der Reifen



Bild 124



Bild 125
Riegelscheiben als Distanzscheiben

Bild 126
Spurkranzrad und Laufschiene



Bild 126

Bild 128
Das Differential zum Fahrzeugantrieb

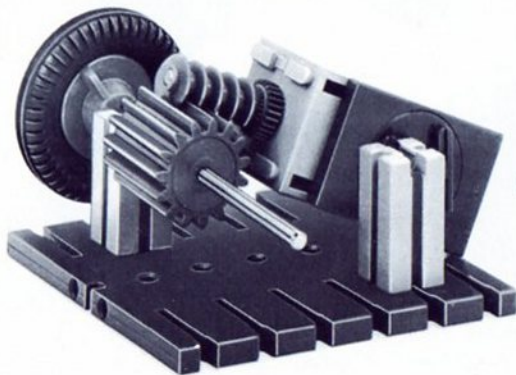


Bild 127
Schnitt durch das Differentialgetriebe

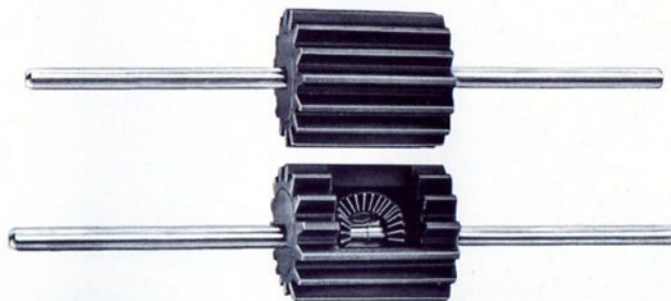


Bild 129
Das Differential als Stirnradwalze für den Eingriff
verschiebbarer Stirnräder

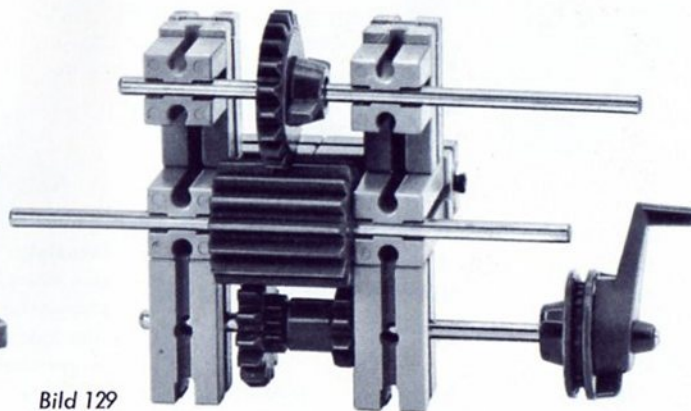


Bild 129

Gerhard Ruckwied / Helmut Wiederrecht

Konstruktionsbeispiele mit fischertechnik-Lernbaukästen u-t 1 und u-t 2

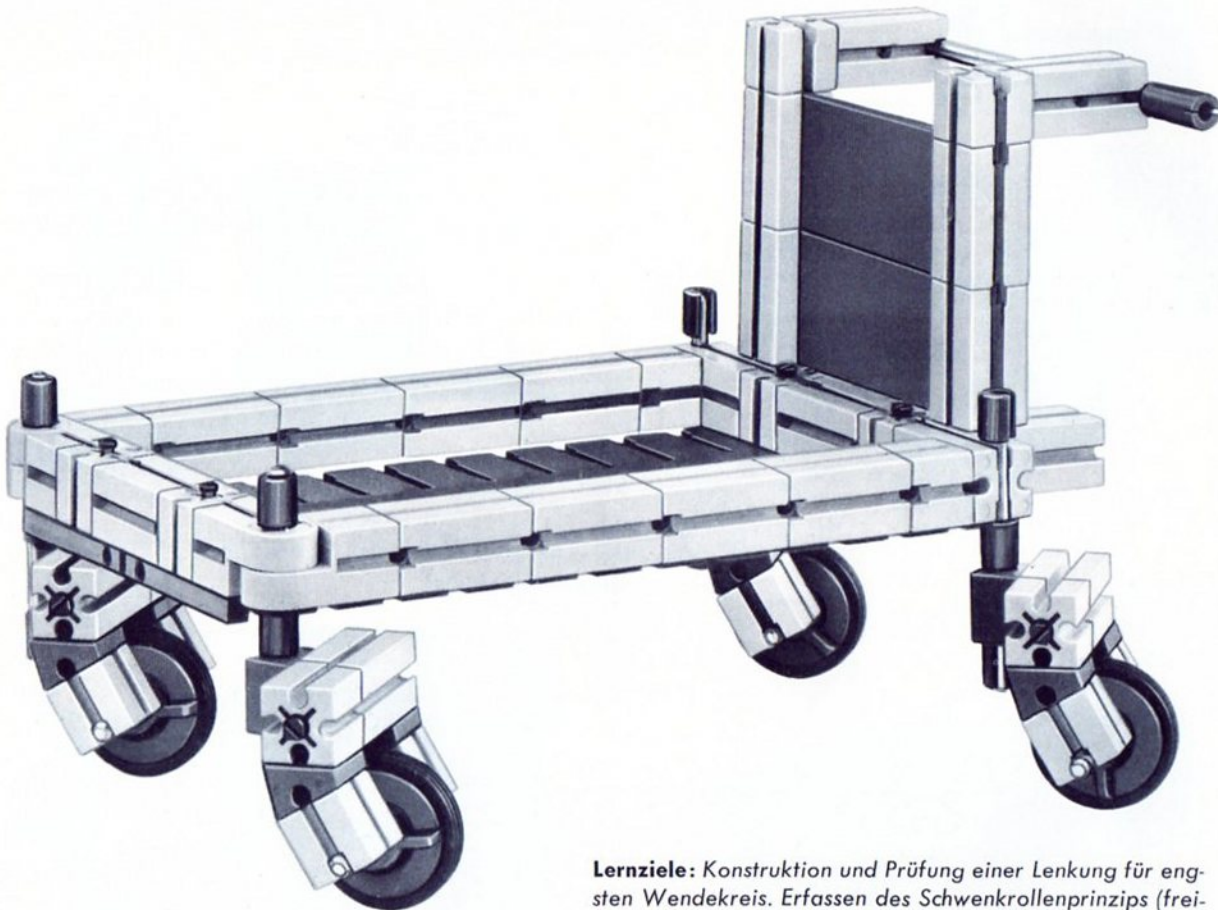


Bild 12:
Modell eines Einkaufswagens mit Schwenkrollen.

Lernziele: Konstruktion und Prüfung einer Lenkung für engsten Wendekreis. Erfassen des Schwenkrollenprinzips (freischwenkbare Rolle, Achslager hinter Lenkzapfen, minimaler Wendekreis durch günstige Lage des Drehpunktes des Wagens) durch Versuche und Erproben von Konstruktionsbeispielen der Schwenkrolle (ab 5. Schuljahr).

I Konstruktion eines Einkaufswagens mit Schwenkrollen¹

Technische Information:

Die Schwenkrollen ermöglichen den Einsatz eines technisch zwar sehr einfachen, aber dennoch (hinsichtlich der Wendigkeit) außerordentlich zweckmäßigen Fahrgestells für fahrbare Transportgeräte oder transportable Einrichtungen verschiedener Art.

Durch die Verlagerung der Rollennachse mit Hilfe einer schräg angeordneten Gabel hinter die Drehpunktachse bzw. die Verlängerungslinie des Drehzapfens stellt sich die Schwenkrolle selbsttätig in die Flucht zu der jeweiligen Fahrtrichtung des Fahrzeugrahmens ein und kann somit *unmittelbar* ohne Gestänge gelenkt werden: Deichseln oder andere Lenk- und Zugvorrichtungen sind überflüssig.

Schwenkrollen finden vielfach Verwendung bei Einkaufswagen, Transportkarren, fahrbaren Möbelstücken, als Stützräder bei landwirtschaftlichen Geräten u. a. (Dazu Bild I 1)



Bild I 1: Rollen, von links nach rechts: Rolle, Schwenkrolle und Schwenkrolle mit Bremsvorrichtung.

Schwenkrollen bei:

Krankenbett – Krankenfahrstuhl – Bürostuhl – Tischwagen – Teewagen – Montagetisch – Experimentiertisch – Flügel – Klavier – Nähmaschine;

Stützrad bei zweirädrigen Anhängern;
Lauftrad bei Sportflugzeugen.

Für die Prüfsituation:

Bei der Erprobung sollten die Modelle sehr enge Kurven durchfahren. Dabei ist die Belastung des Modells mit einem Gewicht erforderlich.

Die optimale Lösung der Aufgabe läßt sich folgendermaßen erproben: Man legt eine Drehscheibe unter die Mitte des Wagens und steckt eine Achse durch das mittlere Loch des Wagenbodens (Grundplatte) in die Drehscheibe.

Während man die Scheibe am Boden festhält, muß sich das Modell um diese Mittelachse drehen lassen, ohne daß die Räder radieren oder gleiten.

Der Schüler hat bei der Erprobung die Möglichkeit, die Funktionstüchtigkeit und die Zweckmäßigkeit seiner Konstruktion zu untersuchen und evtl. Mängel festzustellen. Er sollte begründen können, aufgrund welcher technischer Maßnahmen sein Modell einwandfrei funktioniert oder warum dies nicht der Fall ist. Er soll erkennen, von welchen Faktoren die Stabilität eines solchen Wagens abhängt: Sie hängt z. B. ab vom Abstand des Radlagers von der Verlängerungslinie des Drehzapfens. (Dazu Bild I 2)

Der Schüler soll erkennen können, welches Verhältnis von Winkel zwischen Radgabel und Wagenboden und der Länge der Radgabel sich für die Lenkung der Schwenkrolle als günstig erweist.

¹ Die Lernorganisation liegt als Arbeitskartensatz vor. Bestell-Nr. 11 8003 (Westermann) und 33 603 (Fischer).

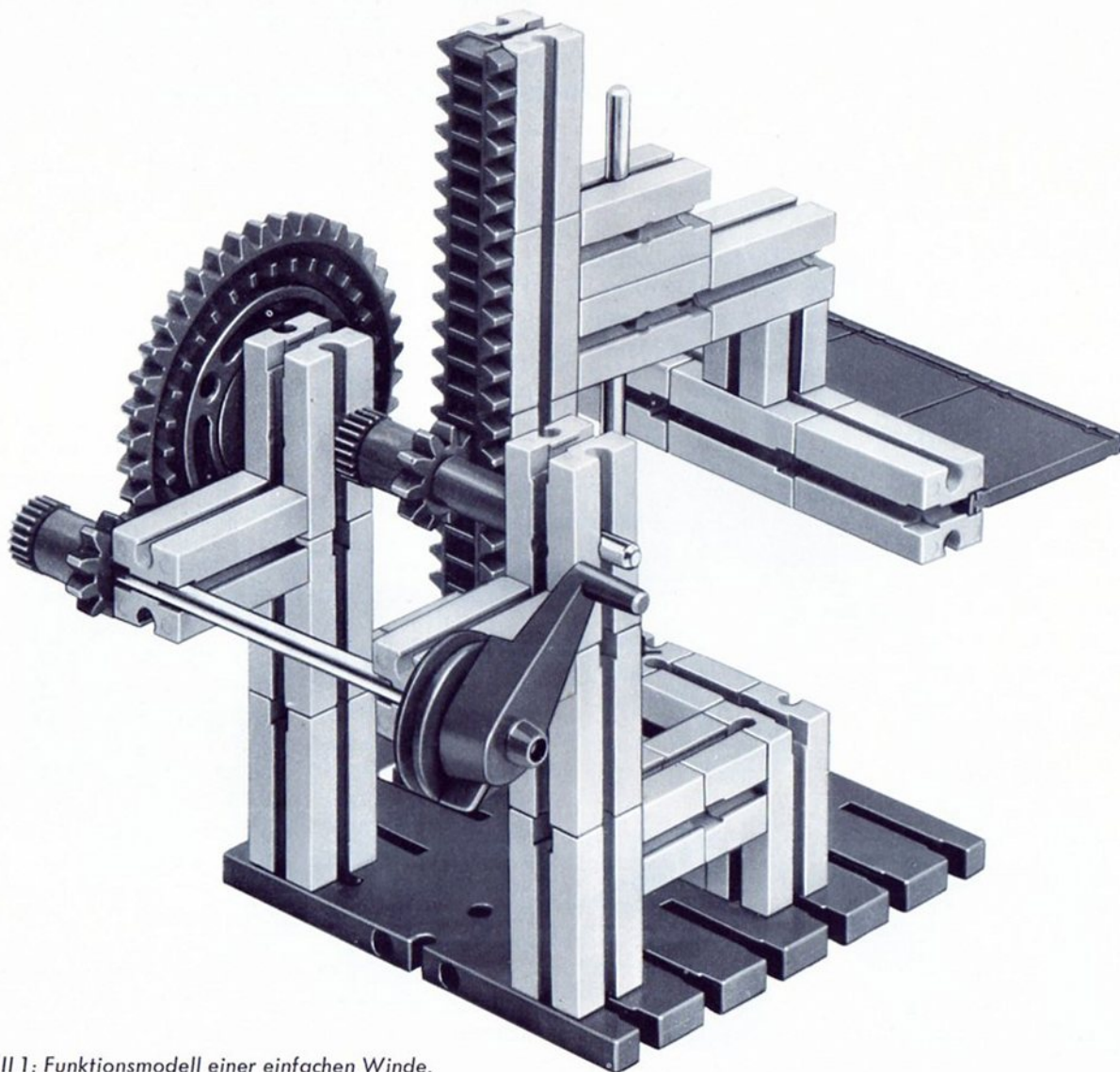


Bild II 1: Funktionsmodell einer einfachen Winde.

Lernziele: Konstruktive Lösungsversuche des Hebens von Lasten. Konstruktion nach Plan und Analyse technischer

Funktionseinheiten: Hebel, Zahnrad und Zahnstange (ab 7. Schuljahr).

II Konstruktion einer Zahnstangenwinde

Technische Information:

Vorrichtungen zum Heben und Heranziehen von Lasten nennt man Winden. Je nach Aufbau unterscheidet man Seil- oder Kettentrommelwinden, Schraubenwinden, Zahnstangenwinden, hydraulische Winden. Die Hubhöhen von Schrauben-, Zahnstangen- und hydraulischen Winden sind verhältnismäßig gering, verglichen mit den Hubhöhen von Seilwinden.

Bei der Schraubenwinde und bei der Zahnstangenwinde werden drehende Bewegungen in fortschreitende Bewegungen verwandelt. Bei Zahnstangenwinden wird die Handkraft von einer Kurbel durch Zahnradgetriebe auf eine Zahnstange übertragen. Die Zahnstange läuft in einer Führung im Windengehäuse und trägt die zum Heben der Last erforderlichen Vorrichtungen. Eine Lastaufnahmevorrichtung am oberen Ende nennt man das *Horn*, am unteren Ende seitlich die *Tragpratze*. Ein Sperrrad und eine Sperrklinke verhindern unbeabsichtigtes Absinken der Last.

Zahnstangenwinden sind heute nicht mehr so häufig im Gebrauch, weil sie zumeist sehr wuchtig ausfallen und weil sich Winden mit Schneckengetriebe, mit Scheren und vor allem hydraulische Hebezeuge, die mit Oldruck arbeiten, inzwischen besonders bewährt haben.

Vorwissen:

Kein besonderes Vorwissen erforderlich.

Modellbeschreibung:

Das Bild II 1 zeigt das Funktionsmodell einer einfachen Zahnstangenwinde. Die leichte Führung der Zahnstange ist hier durch eine senkrecht stehende Achse

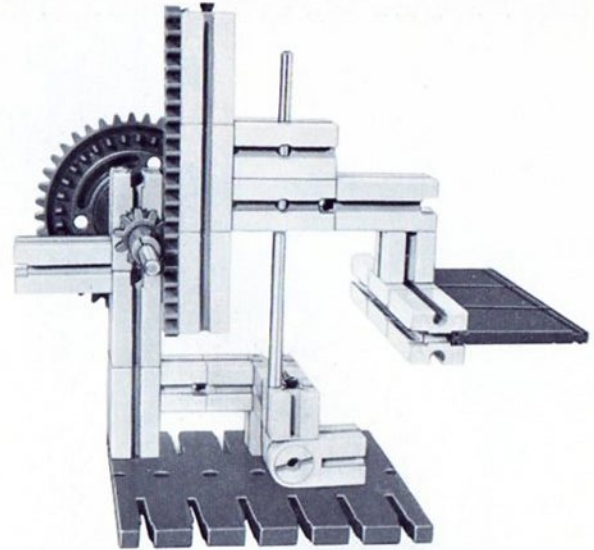


Bild II 2: Funktionsmodell einer Zahnstangenwinde (Detail).

110, in der zwei Lochsteine laufen, gegeben. (Siehe Detailfoto II 2.) Diese Achse ist in die Nut eines Gelenksteins eingesteckt.

Die Drehbewegung der Kurbel wird auf das große Zahnrad 40 Z übertragen, auf dessen Welle das Ritzel angebracht ist, das in die Zahnstange greift. Das Lastaufnahmemittel, die Tragpratze, ist durch Flächbausteine dargestellt. Das Getriebe dieser Winde leistet eine Übersetzung 1 : 4 zwischen Kurbelwelle und Ritzelwelle.

Für die Prüfsituation:

Aus dem Vergleich von Hubhöhe und Umdrehungszahlen der Kurbel bei den verschiedenen konstruktiven Lösungen der Schüler lassen sich Rückschlüsse ziehen auf die Wirksamkeit der Übersetzung der Getriebe. Wichtig für die Funktionstüchtigkeit sind weiter: gleichmäßiges, ruckfreies Anheben der Last; Möglichkeit der Arretierung auf beliebiger Höhe und Standfestigkeit.

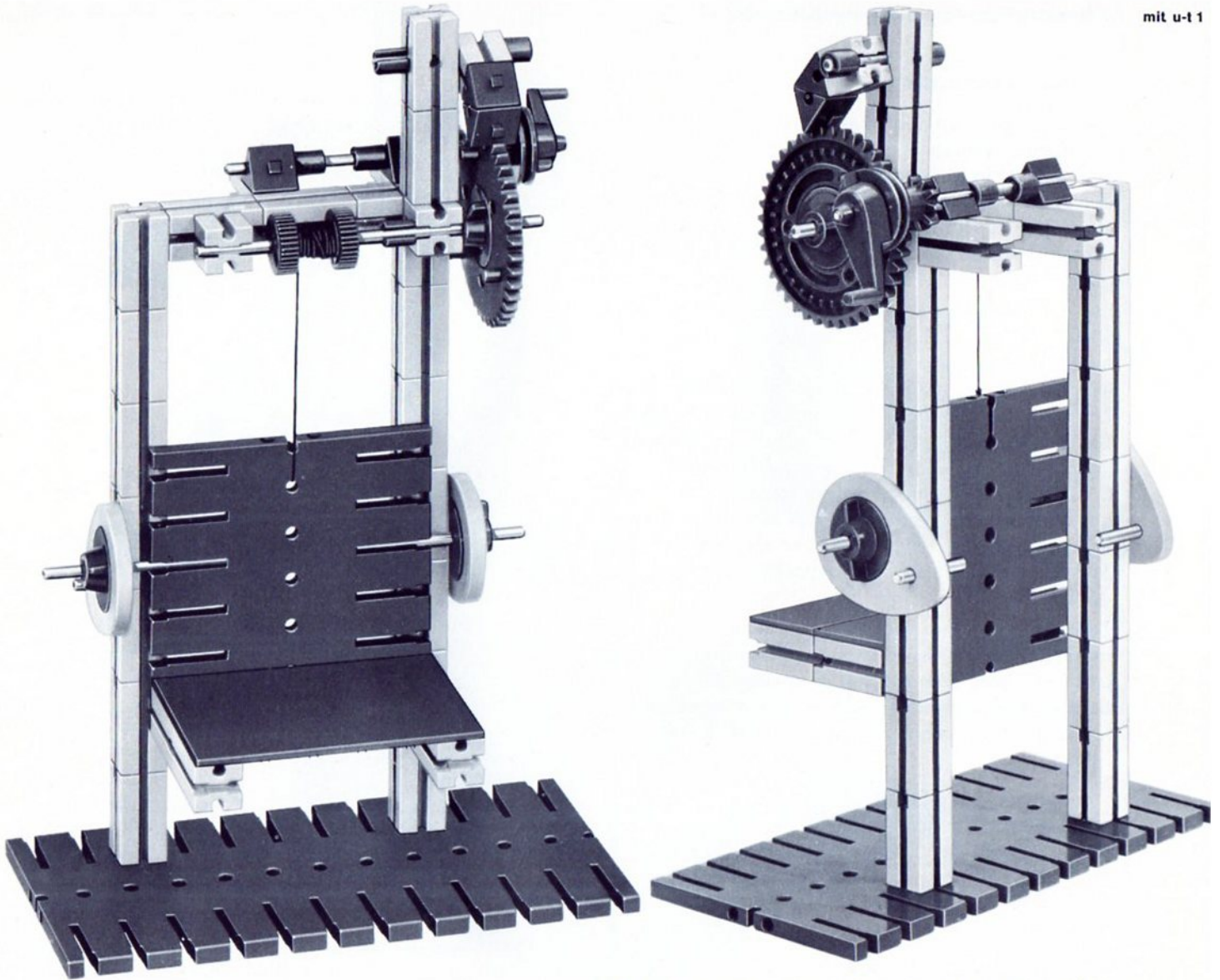


Bild III 1: Funktionsmodell eines Aufzugs mit geführtem Fahrkorb, Seilwinde und Rücklaufsperr.

Lernziele: Konstruktive Lösungsversuche der Fahrkorbführung (Vermeidung des Kipp- und Pendeleffekts beim Heben). Experimentelles und rechnerisches Erkennen des günstigsten Verhältnisses von Last und Gegengewicht zur Vermeidung unnötiger Hubarbeit (ab 5. Schuljahr).

III Konstruktion eines geführten Aufzugs

Technische Information:

Aufzüge sind stationäre Förderanlagen, die zum Heben und Senken von Lasten oder zum Transport von Personen eingesetzt werden. Je nach Verwendungszweck besitzt ein Aufzug Fahrkörbe, Kabinen oder Plattformen, die in Führungen längs zweier oder mehr Führungsschienen bewegt werden. Aufgrund dieser Führungen können die Fahrkörbe keine Schwingbewegungen ausführen.

Meist sind die Fahrkörbe an Drahtseilen oder Ketten aufgehängt, die über Antriebsscheiben oder Antriebstrommeln laufen und am anderen Ende häufig ein Gegengewicht tragen. Sperren und Bremsen verhindern ein Abstürzen des Fahrkorbs.

Vorwissen:

Kein besonderes Vorwissen erforderlich.

Modellbeschreibung:

Das Bild III 1 zeigt das Funktionsmodell eines Aufzugs mit geführtem Fahrkorb, mit Seilwinde und Rücklaufsperre.

Als Schienen für die Fahrkorbführung dienen hier zwei Säulen aus Bausteinen 30.

Die seitliche Führung des Fahrkorbs ist gegeben durch die breite Auflagefläche von zwei Exzentrerscheiben. Zwei kurze Achsen 30 in den Exzentrerscheiben umfassen auf der Abbildung III 2 hinten die Führungsschiene und verhindern ein Pendeln der Plattform. Die Winde besitzt eine Antriebswelle mit einem kleinen Zahnrad 10 Z. Die Drehung wird von hier auf ein Zahnrad 40 Z übertragen, das auf der Seiltrommelwelle sitzt. Dadurch ergibt sich eine Untersetzung 1 : 0,25. Als Sperre dient eine kurze Sperrklinke aus einem Baustein 15 und zwei Winkelsteinen, die in die Zähne des großen Zahnrads greift. Die Sperrklinke ist so angebracht, daß sie das Rücklaufen der Seiltrommel verhindert, während sie der Drehbewegung, die zum Heben der Plattform erforderlich ist, keinen Widerstand leistet.

Für die Prüfsituation:

Hier ist zu untersuchen, wie sich die Plattform verhält, wenn sie einseitig belastet wird, und ob die Führung ausreichend ist, eine Pendel- oder Kippbewegung zu verhindern. Ebenso kann untersucht werden, ob bei einer gewissen Belastung das Hemmwerk ausreichend dimensioniert ist.

◁ Bild III 2: Funktionsmodell eines Aufzugs (Rückseite).

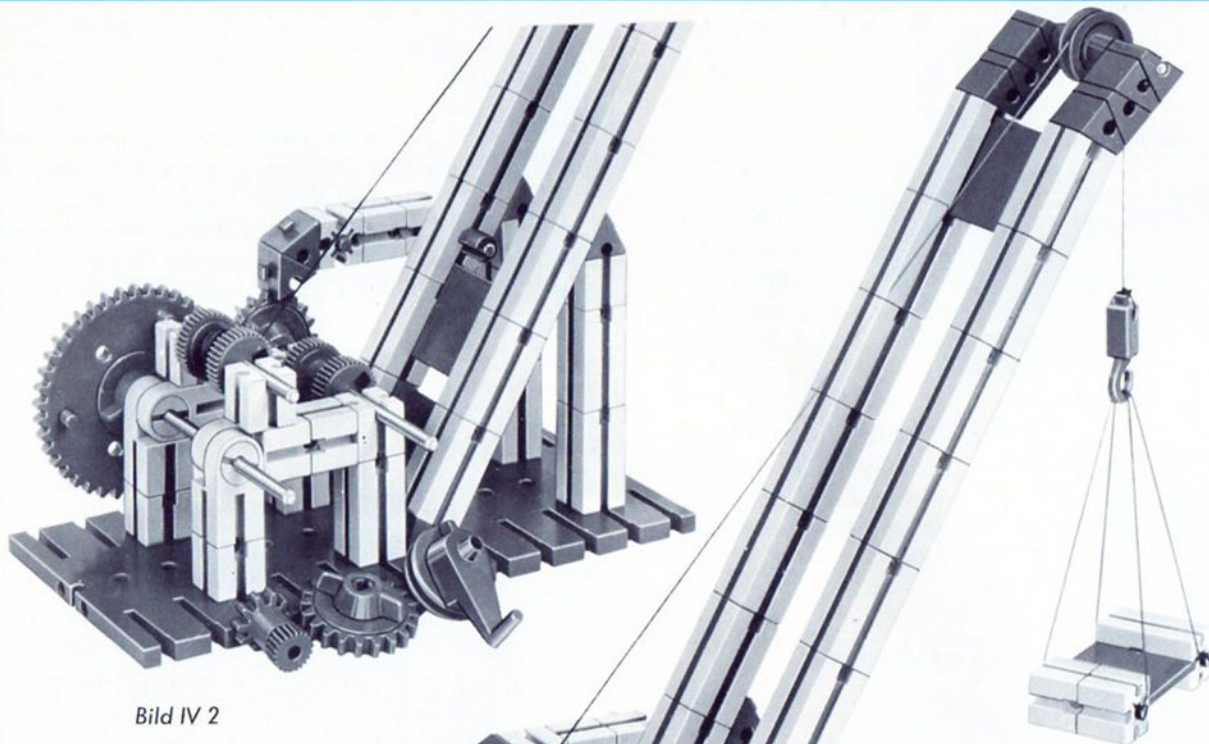


Bild IV 2

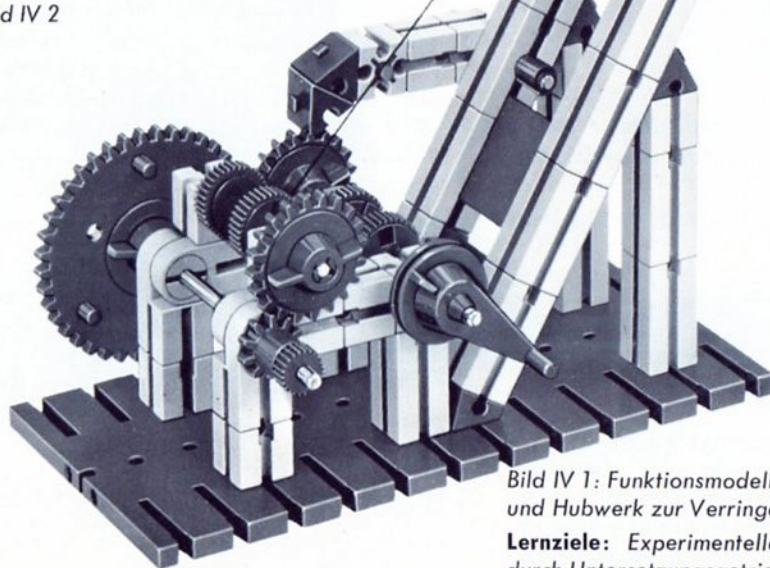


Bild IV 1: Funktionsmodell eines Krans mit starrem Ausleger und Hubwerk zur Verringerung des Kraftaufwandes.

Lernziele: Experimentelles Erkennen der Kraftersparnis durch Untersetzungsgetriebe (5. Schuljahr).

IV Konstruktion eines einfachen Krans mit Hubwerk

Technische Information:

Hubwerke mit Seiltrommeln ermöglichen das Heben und Senken von Lasten. Sie sind zumeist so aufgebaut, daß sie beim Heben einer Last eine deutliche Kraftersparnis erbringen. Die meist von Elektromotoren bewegten Seiltrommeln werden über sogenannte Vorgelege, d. s. Untersetzungsgetriebe zwischen Motor und Trommelwelle, angetrieben. Die hohe Motordrehzahl wird dadurch in eine langsame Drehung der Seiltrommel umgesetzt.

Nach beendetem Hub muß die Last durch Sperrvorrichtungen in der Schwebe gehalten werden. Bremsen regeln die Senkgeschwindigkeit.

Für den Bau des Modells eines einfachen Krans mit Hubwerk ist zu beachten, daß das Seil am Ende des Auslegers eine ausreichende Führung besitzt, und daß das ganze System eine günstige Gewichtsverteilung aufweist. Das Gerät darf nicht kippen, wenn eine Last am Haken hängt. Das Hubwerk soll in diesem Falle durch eine Handkurbel betrieben werden.

Vorwissen:

Einige Vorkenntnisse aus dem Bereich der Getriebelehre über Bau und Funktion von Zahnradgetrieben.

Modellbeschreibung:

Das Bild IV 1 zeigt das Funktionsmodell eines Krans mit starrem Ausleger und Hubwerk mit Seiltrommel. Das Hubwerk des Krans besitzt drei Wellen. Die Antriebswelle wird durch eine Kurbel betätigt. Von ihr aus erfolgt eine Übersetzung der Zwischenwelle ins Langsame (Untersetzung). Die Zwischenwelle wiederum untersetzt die Welle, auf der die Seiltrommel gelagert ist. So ergibt sich insgesamt eine Untersetzung zwischen Kurbel und Seiltrommel im Verhältnis 1 : 0,25.

In die Zähne des Zahnrades auf der Antriebswelle greift eine Klinke. Beim Drehen des Zahnrads im Uhrzeigersinn sperrt die Klinke aufgrund des Schubs gegen das Klinkenlager. Beim Drehen in der entgegengesetzten Richtung wird die Klinke von jedem Zahn angehoben und behindert die Drehbewegung nicht. Das Seil wird in einen Schlitz der Seiltrommel eingeführt (siehe Handhabung Bild 71–74: Befestigen eines Zugseils) und mit dem Klemmring auf die Achse und die Trommel geklemmt.

Für die Prüfsituation:

Es ist zunächst am Getriebe zu untersuchen, ob tatsächlich zwischen Antriebswelle und Seiltrommel eine Untersetzung erfolgt. Dies geschieht durch Vergleich der Umdrehungszahlen der Seiltrommelwelle mit den Umdrehungszahlen der Antriebswelle. Dreht sich die Seiltrommel wesentlich langsamer als die Kurbel, dann liegt eine Untersetzung vor. Ob das Getriebe tatsächlich eine Kraftersparnis erbringt, läßt sich etwa folgendermaßen erproben:

Man setzt eine zweite Seiltrommel auf die Welle mit der Kurbel. Im Foto IV 2 ist diese Trommel bereits angebracht. Nachdem das Hubseil an dieser Trommel befestigt ist, wird ein Gewicht der Größe G_1 an den Haken gehängt. Mit Hilfe eines Kraftmessers wird gemessen, welche Kraft an der Kurbel erforderlich ist, um das Gewicht anzuheben.

Ähnliche Versuche werden mit Gewichten G_2 und G_3 durchgeführt. Es werden jeweils die Kräfte gemessen, die notwendig sind, um die entsprechenden Gewichte auf einem bestimmten Niveau zu halten. Dann wird das Seil auf die andere Seiltrommel gezogen, und es werden die Kräfte gemessen, die jetzt an der Kurbel erforderlich sind, um die gleichen Gewichte G_1 , G_2 und G_3 anzuheben.

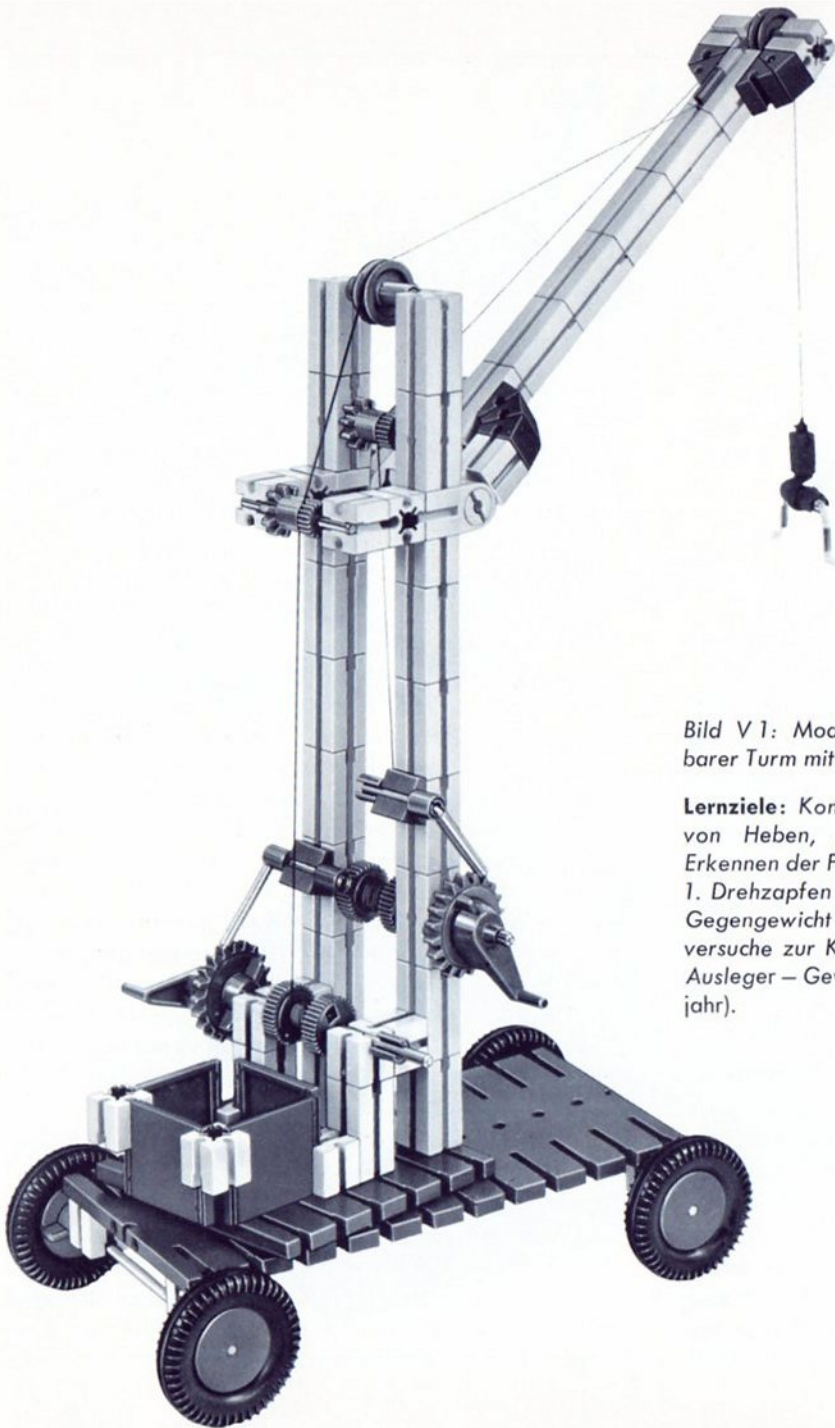


Bild V 1: Modell eines fahrbaren Turmdrehkrans. Drehbarer Turm mit schwenkbarem Ausleger und Gegengewicht.

Lernziele: Konstruktive Lösungsversuche zur Kombination von Heben, Schwenken, Fahren. Durch Analyse von Erkennen der Funktionseinheiten.

1. Drehzapfen und Drehscheibe mit Turm, 2. Ausleger und Gegengewicht und 3. Unterwagen. Konstruktive Lösungsversuche zur Konstanz des Lastmoments bei verstellbarem Ausleger – Gewährleistung der Standfestigkeit (ab 6. Schuljahr).

V Konstruktion eines Turmdrehkrans oder Krans mit verstellbarem Ausleger

Technische Information:

Der Turmkran gehört zu der Gruppe der Auslegerkräne und wird meistens beim Bau von Hochhäusern und anderen Hochbauten eingesetzt. Mit einer allgemeinen Höhe von 50 Metern und Auslegerlängen bis 25 Metern wird durch den Einsatz eines solchen Krans ein umfangreiches Baugerüst oft unnötig.

Die Drehsäule des Turmdrehkrans besteht zumeist aus einem schlanken Gittermast, der um seine Mittelachse gedreht werden kann. Der Turm ist meist um einen im Unterbau gelagerten Drehzapfen schwenkbar. Dieser Drehzapfen wird in der Fachsprache *Königszapfen* genannt.

Der Ausleger ist beweglich und kann mehr oder weniger aufgerichtet werden.

Der Unterbau eines solchen Turmdrehkrans, der sog. Unterwagen, ist meistens als Schienenfahrzeug ausgelegt, so daß der Kran auf Schienen beweglich ist und selbst um enge Kurven herum an den Baufronten entlangfahren kann. Durch den verstellbaren Ausleger lassen sich kleine Lasten bei großem Hebelarm, große Lasten bei entsprechend verkürztem Hebelarm bewältigen.

Zur Stabilisierung des Krans trägt der Turm ein Gegengewicht auf der dem Ausleger entgegengesetzten Seite, das beim Drehen des Turmes mitschwenkt. Die Standfestigkeit des Krans ist solange gewährleistet,

wie das Lastmoment (das ist das Produkt aus Last und Auslegerweite) nicht größer ist als das Gegengewichtsmoment (das ist das Produkt aus Gegengewicht und Ausladung des Gegengewichts). Hebt der Kran mit nahezu waagrechttem Ausleger ein relativ großes Gewicht, so wird das Lastmoment größer als das Gegengewichtsmoment, so daß der Kran kippen muß.

Mit dem verstellbaren Ausleger läßt sich jedoch durch Aufrichten des Auslegers der Lastarm verkürzen, so daß das Lastmoment verringert werden und unterhalb der Größe des Gegengewichtsmoments gehalten werden kann.

Vorwissen:

Kenntnis des Hebelgesetzes erleichtert Konstruktion und Erprobung.

Modellbeschreibung:

Das Bild V 1 zeigt das Modell eines Turmdrehkrans. Der Turm hat einen beweglichen Ausleger und einen Kasten zur Aufnahme des erforderlichen Gegengewichts. Der Turm des Drehkrans ist auf die kleine Bauplatte montiert und durch einen Zapfen mit dem Fahrgestell verbunden.

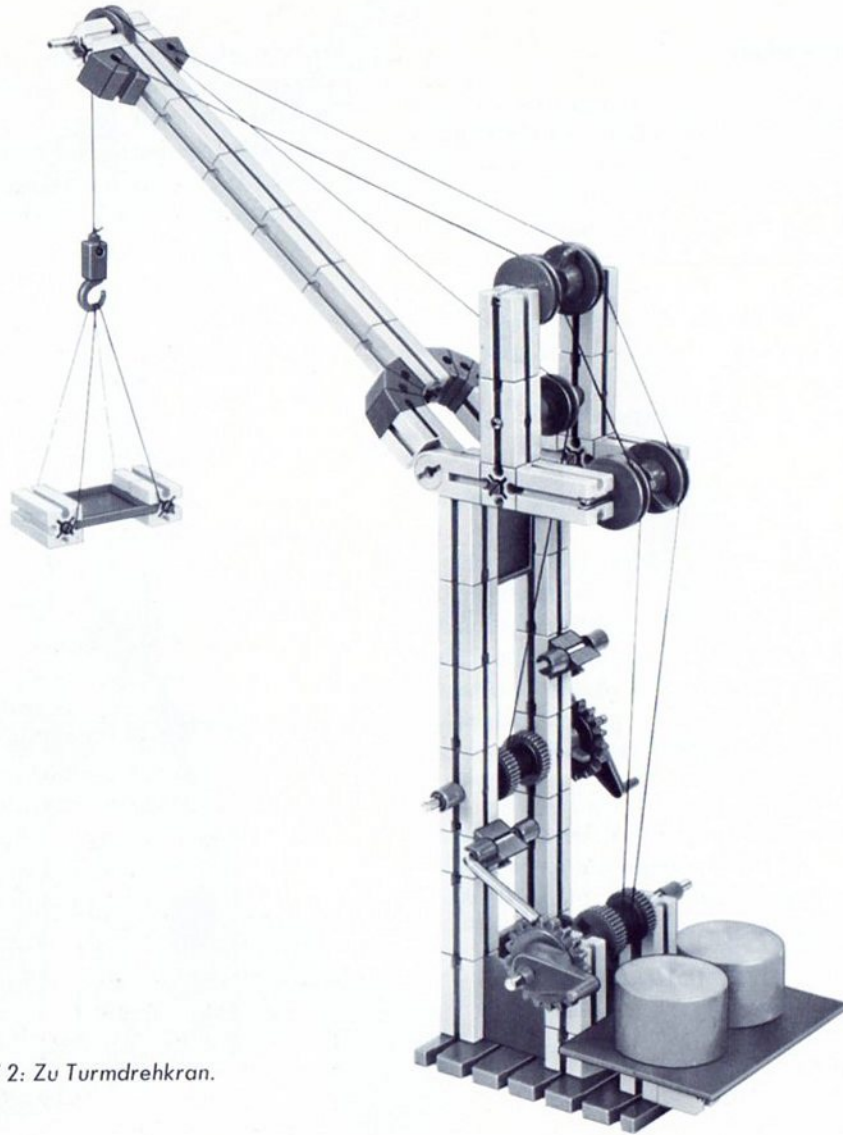


Bild V 2: Zu Turmdrehkran.

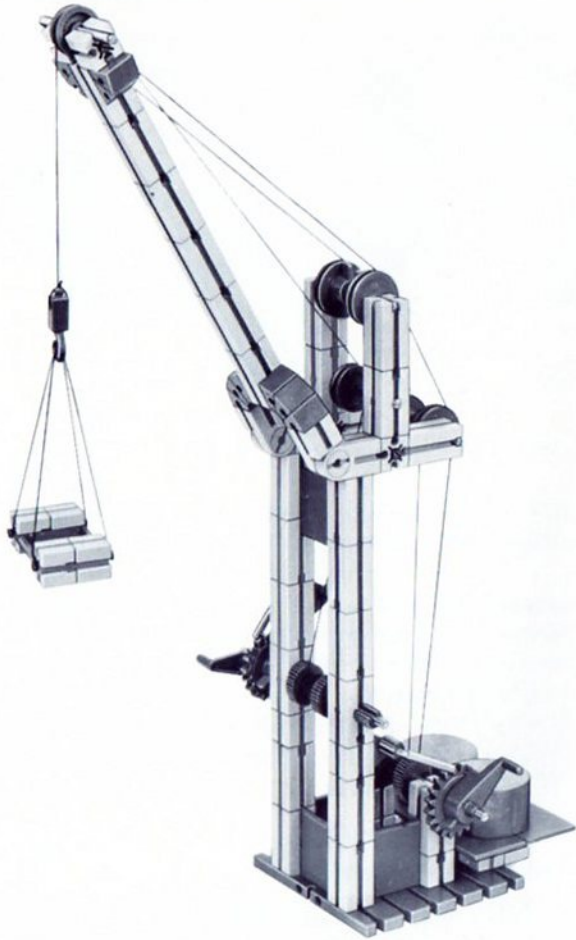


Bild V 3: Zu Turmdrehkran.

Der Ausleger wird durch Anbringen der beiden Gelenksteine beweglich. Das Heben und Senken des Auslegers erfolgt über ein Zugseil und eine Seiltrommel.

Die übrigen Aufnahmen V 2 und V 3 zeigen ein Modell eines Turms und eines beweglichen Auslegers eines Turmdrehkrans. Die Umlenkrollen sind hier besser ausgeführt.

Ein Modell dieser Art eignet sich besonders zur Untersuchung der statischen Problematik bei Kränen mit verstellbarem Ausleger.

Als Sperrklinke werden Winkelachsen verwendet. Die Zahnradchen bei dem Modell auf Bild V 1 dienen als Umlenkrollen für die Seile.

Für die Prüfsituation:

Hier sind Fragen der Funktionstüchtigkeit der Hubwerke, der Sperrklinke, der Seilführung, des Drehgestells usw. zu beantworten. Das Problem der Standfestigkeit soll besonders untersucht werden.

Ohne auf die Schwenkbarkeit des Turms einzugehen, wird die Funktion des verstellbaren Auslegers untersucht. Dazu ist es angebracht, den Turm abzunehmen oder entsprechend den Bildern V 2 oder V 3 umzubauen. Die Fotos zeigen den Kran mit für die jeweilige Last maximalen Auslegerweiten bei konstantem Gegengewicht.

Das Lastmoment läßt sich ermitteln aus der Größe des Gewichts und der Auslegerweite; das ist der Abstand des Seils von der Mitte des Turms. Ebenso läßt sich das Gegengewichtsmoment festlegen aus dem Gewicht des Gegengewichts und dessen Abstand von der Turmmitte. Bei verschiedenen vergleichenden Messungen zeigt sich, daß der Kran immer dann zu kippen droht, wenn sich die Größe des Lastmoments der Größe des Gegengewichtsmoments nähert. Durch Aufrichten des Auslegers wird die Kippgefahr beseitigt.

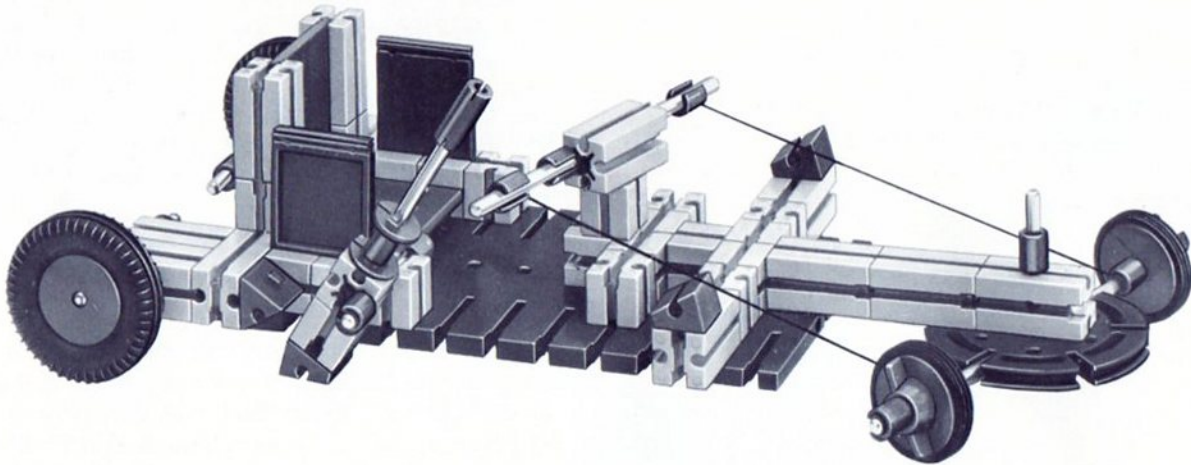


Bild VI 1: Seifenkiste mit tiefliegendem Schwerpunkt, „Lenkstange“, einfachem Seilzug und Bodenschleifbremse.



Lernziele: Konstruktion und Überprüfung der Lenkung vom Fahrzeug aus. Experimentelle Erprobung von Konstruktionsbeispielen unterschiedlicher Arten der Übertragung von Lenkbewegungen auf die Räder unter Berücksichtigung des Kraftaufwandes zur Richtungsänderung. Konstruktion und Überprüfung einfacher Bremsen (Rad- und Bodenschleifbremsen).

Andere konstruktive Lösungen:

Bild VI 2: Funktionsmodell einer einfachen Seifenkiste mit Direktlenkung (Steuerrad an Lenkzapfen befestigt).



Bild VI 3: Modell einer Seifenkiste mit tiefliegendem Schwerpunkt. Bodenschleifbremse und Übertragung der Lenkbewegung durch Zahnräder.

VI Konstruktion einer Seifenkiste

Technische Information:

Bei Seifenkistenrennen haben die Schüler Gelegenheit, sich in selbstgebauten Seifenkisten als „Rennfahrer“ zu bewähren. Wie in der Welt der Großen hängt auch hier die Siegeschance nicht nur vom Können und vom Mut des Fahrers ab, sondern auch ebenso von der Zuverlässigkeit des Rennwagens.

Damit alle Beteiligten an einem solchen Seifenkistenrennen ungefähr gleiche Siegeschancen haben, sind für den Bau solcher Seifenkisten bestimmte technische Vorschriften einzuhalten:

Für die Lenkung wird eine *Seilzuglenkung* gefordert, d. h. eine Lenkung, bei der durch Ziehen an Seilen ein Einschlag der Vorderräder erfolgt.

Eine *Drehschemellenkung* ist bei solchen Fahrzeugen unerlässlich.

Ferner müssen diese Fahrzeuge durch einfache Vorrichtungen, z. B. Bodenschleifbremsen oder Reifenschleifbremsen, gebremst werden können.

Der *Schwerpunkt* des Fahrzeugs sollte tief liegen; dadurch wird das Fahrzeug im ganzen gesehen sehr flach, es hat nur geringen Abstand vom Boden.

In der Technik findet man die Seilzuglenkung bei solchen Lenkungsarten, bei denen ein großer Abstand zwischen Steuerrad oder Lenkhebel und den gelenkten Teilen vorzufinden ist, z. B. bei einem Schiffsrudder.

Vorwissen:

Die Kenntnis der Konstruktion eines Drehschemels erleichtert die Lösung.

Modellbeschreibung:

Das Bild VI 1 zeigt das Modell einer Seifenkiste mit sehr tief liegendem Schwerpunkt, mit Seilzuglenkung und einer einfachen Bodenschleifbremse. Die Drehschemellenkung ist hier mit einer Drehscheibe konstruiert, in deren Schlitze die Radachsen eingesteckt sind. Die Vorderräder sitzen drehbar auf den fest-

stehenden Achsen (Flügelschraube der Radnabe nur leicht angezogen). Die Lenkstange ist drehbar gelagert auf einem Baustein 15 DR mit zwei roten, runden Zapfen (siehe Handhabung Bild 13). Die Seile sind jeweils mit einer Klemmuffe an den Achsen befestigt. Der Bremshebel wirkt auf Zug an dem Hebelgriff als Bodenschleifbremse. Die Hinterräder sitzen auf getrennten Achsen.

Für die Prüfsituation:

Erprobt werden die Bewegungsabläufe beim Lenken des Modells. Ein Rechtseinschlag, eine Drehung der Lenkstange nach rechts, muß das Fahrzeug in eine Rechtskurve bringen. Je nachdem, welcher Einschlagswinkel beim Lenken gewünscht wird, kann der Befestigungspunkt des Seils an der Lenkstange nach außen oder zur Mitte hin verlagert werden. Es kann hier untersucht werden, welche Stelle der Lenkstange für die Befestigung des Seils unter Berücksichtigung des jeweils gewünschten Einschlags am günstigsten ist. Die Wirkung der Bremse läßt sich bei Modellen dieser Art naturgemäß schlecht überprüfen. Immerhin kann die Bremswirkung angedeutet werden, wenn Gummis den Zug an den Bremshebeln übernehmen und das Fahrzeug belastet auf eine abschüssige Bahn gestellt wird. Die Bremsklötze können zusätzlich mit Belag beklebt werden, und es lassen sich durchaus Schlüsse auf die Abhängigkeit der Bremswirkung von Beschaffenheit und Größe der Bremsbeläge ziehen.

Anmerkung: Besonders sinnvoll ist dieses Konstruktionsthema dann im Rahmen des Werkunterrichts einzubauen, wenn es als vorklärende Aufgabe zum Bau einer gebrauchsfähigen Seifenkiste betrachtet werden kann. Es sollten deshalb bei den Erprobungen Vermutungen angestellt werden über das mögliche Verhalten einer nach dem jeweiligen Modell gebauten Seifenkiste hinsichtlich ihrer Kurvenstabilität unter Berücksichtigung der Schwerpunkt lage, hinsichtlich der Wirksamkeit der Bremsen und auf die Stabilität der Lenkung bei kleinen Bahnunebenheiten.

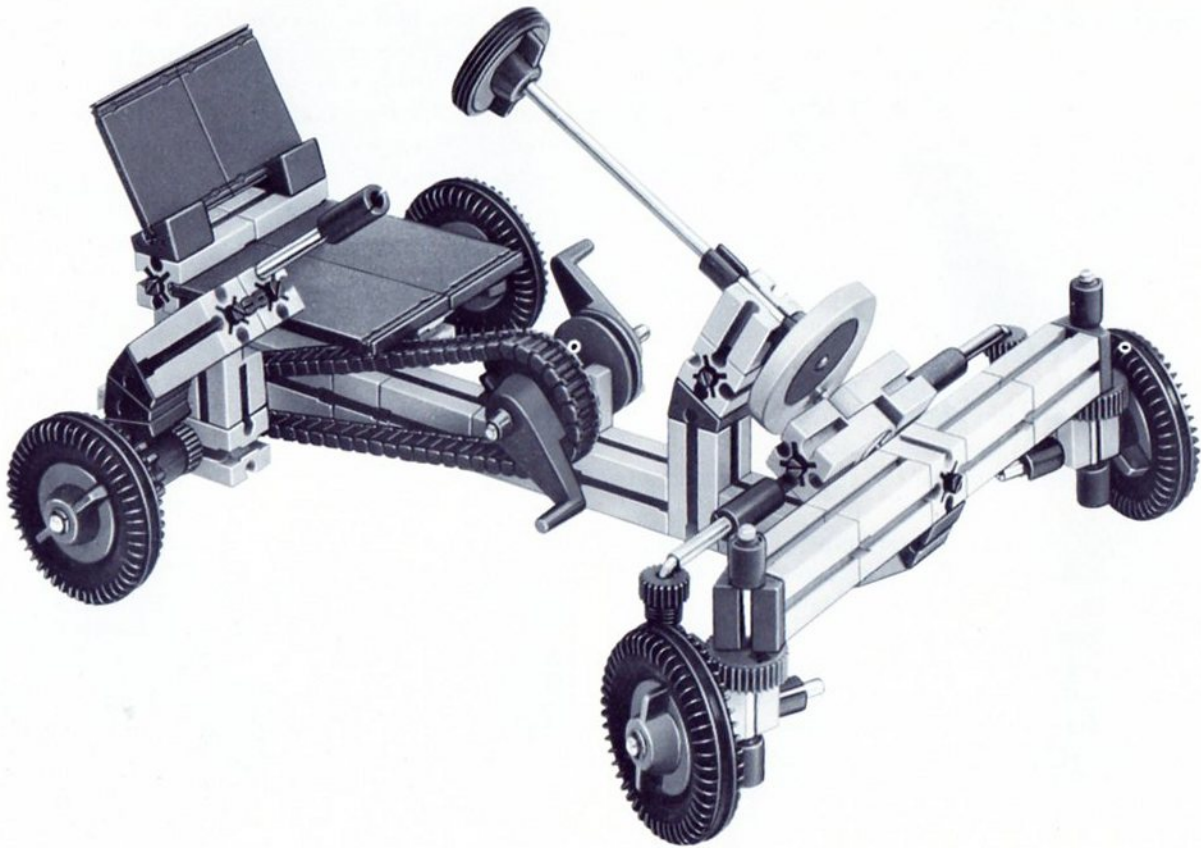


Bild VII 1: Modell eines Kettcar mit Achsschenkellenkung mit zentralem Lenkhebel (hier Exzentrerscheibe) und Spurstange sowie Kettenantrieb durch Tretkurbel.

Lernziele: Konstruktion einer Achsschenkellenkung nach Konstruktionsplan, experimentelle Funktionsanalyse der Lenkung (Funktion des Achsschenkels und der Spurstange als Elemente des Lenktrapezes, Konstruktionsbeispiele von Lenkgetrieben, Konstruktion und Überprüfung des Kettenantriebes (ab 7. Schuljahr).

VII Konstruktion eines Kett-car

Technische Information:

Es handelt sich bei dieser Konstruktion um ein lenkbares Kinderfahrzeug, das – vom Fahrer selbst – angetrieben wird. Da das Fahrzeug hauptsächlich auf Gehwegen und Spielplätzen gefahren wird, muß es aus Gründen der Sicherheit eine Bremse besitzen.

Der Antrieb bei einem solchen Fahrzeug erfolgt meistens über eine Tretkurbel und über ein entsprechendes Zugmittel (z. B. eine Kette) auf das Hinterrad.

Bei Verwendung dieser einfachen Antriebsart für ein Fahrzeug sind wegen der unterschiedlichen Umdrehungszahl der Räder beim Kurvenfahren diese nicht miteinander starr verbunden. Für den Antrieb ergibt sich damit, daß nur eines der Räder direkt angetrieben werden kann, während das andere mitläuft.

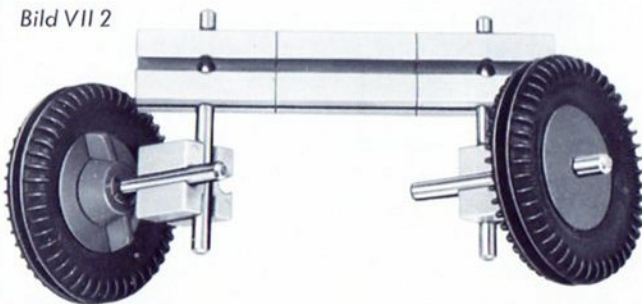
Aus Gründen der Stabilität ist bei solchen Fahrzeugen die Drehschemellenkung nicht angebracht. Es zeigen sich meistens einfachere Formen einer Achsschenkellenkung, bei der die gelenkten Räder um jeweils einen eigenen Zapfen schwenken.

Die Lenksäule ist am unteren Ende meist als eine kurze Kurbel ausgebildet. Die Schwingbewegung des Kurbelzapfens am Ende der Lenksäule wird dann über eine oder zwei Lenkstangen auf die Lenkhebel an den Achsschenkeln übertragen.

Vorwissen:

Prinzip der Achsschenkellenkung sollte bekannt sein.

Bild VII 2



Modellbeschreibung:

Das Detailfoto VII 2 zeigt das Prinzip einer Achsschenkellenkung, bei der jedes Rad um seinen eigenen Drehzapfen schwenkbar ist.

Das Modell stellt ein Kinderfahrzeug dar, das mit Tretkurbel und mit Kettenantrieb ausgerüstet ist.

Durch Verwendung zweier verschieden großer Zahnräder bei dieser Kettenübertragung erfolgt eine Übersetzung zwischen Kurbelachse und Hinterradachse im Verhältnis 1 : 2. Sofern für den Bau des Fahrzeugs keine Kette vorhanden ist, können die Antriebsfeder 270 oder ein Gummi als Zugmittel eingesetzt werden. Die Handbremse wirkt als einfache Hebelbremse auf die Hinterachse. Durch Zug am Griff wird das Ende des Hebels auf den Schaft des kleinen Zahnrades gepreßt. Ein geeigneter Bremsbelag auf dem Bremshebelende (Leukoplast, Klebestreifen, Filz usw.) erhöht die Bremswirkung.

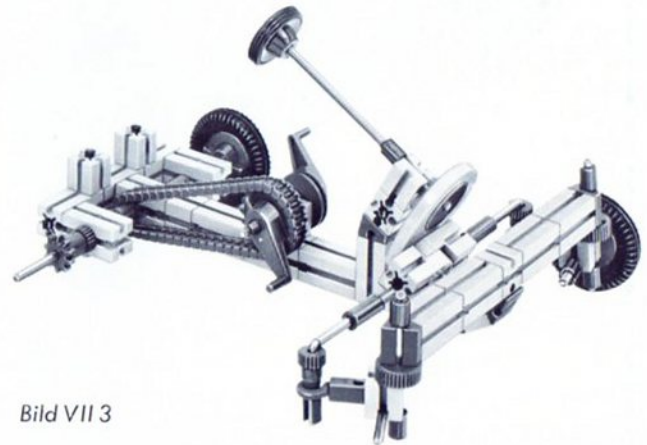


Bild VII 3

Die Lenkung ist eine einfache Achsschenkellenkung mit geteilter Lenkstange. An den durch Bausteine 15 dargestellten Achsschenkeln sind Haken angebracht, die als Lenkhebel dienen (siehe Detailfoto Nr. VII 3). Diese Lenkhebel sind durch eine geteilte Lenkstange beweglich miteinander verbunden. Die Lenkstange ist hier zusammengesetzt aus Winkelachsen, kurzen Achsen 50 und einem Gelenkstein.

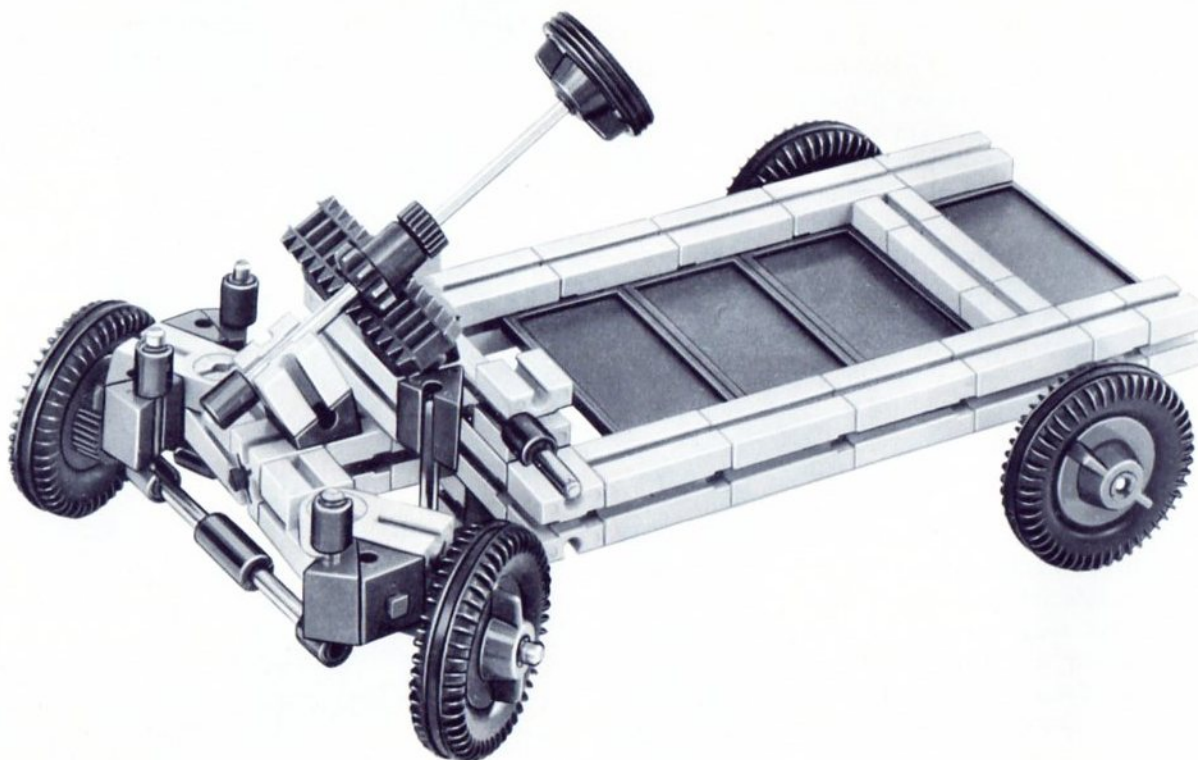


Bild VIII 1: Funktionsmodell einer Zahnstangenlenkung.

Lernziel: Achsschenkellenkungen. Konstruktion von Lenkgestängen, Konstruktion von Lenkgetrieben.

Die Lenksäule hat durch eine anmontierte Exzenter-scheibe mit kurzer Achse 30 die Form einer Kurbel. Das Kurbelende greift in eine Öse in der Mitte der Spurstange (in das Loch des Gelenksteins). Beim Einschlagen des Lenkrads beschreibt das Kurbelende (die Achse 30) einen Bogen und drückt dabei die Spurstange nach rechts oder nach links. Diese Bewegung der Lenkstange wird auf die Lenkhebel übertragen, die dadurch die Achsschenkel um den Achsschenkelbolzen schwenken. Vgl. VIII Technische Information.

Für die Prüfsituation:

Das Drehmoment der Tretkurbel sollte möglichst verlustlos auf die Hinterachse übertragen werden. Um darüber Aussagen machen zu können, muß die Antriebswelle beim Drehen der Kurbel etwas gebremst werden. Die Antriebswelle sollte beim Drehen der Kurbel schneller laufen als die Kurbel. Dazu ist das Verhältnis der Umdrehungszahl von Hinterrad und Kurbel zu bestimmen. Man kann einen Reifen mit Farbe markieren und abzählen, wie oft sich das Rad bei einer, zwei oder drei Umdrehungen der Kurbel dreht. Auch können bei mehreren Modellen die Wegstrecken gemessen werden, die von den einzelnen Fahrzeugen bei einer Kurbelumdrehung zurückgelegt werden; die Ergebnisse können verglichen werden. Bei einer zweckmäßig abgestimmten Übersetzung muß der zurückgelegte Weg bei einer Kurbelumdrehung länger sein als der einfache Umfang eines Reifens.

Beim Kurvenfahren sollten alle Räder einwandfrei laufen, kein Rad darf nach der Seite gleiten, radieren oder durchdrehen. Ebenso sollte beim Überfahren eines kleinen Hindernisses die Lenkung mit dem Lenkrad ohne große Schwierigkeiten in der ursprünglichen Richtung stabil gehalten werden können. Selbstverständlich ist zu untersuchen, ob beim Rechtseinschlag des Lenkrades die Vorderräder tatsächlich nach rechts einschlagen und nicht nach der entgegengesetzten Richtung.

VIII Konstruktion eines Fahrgestells mit Achsschenkel-lenkung und Lenkgetriebe

Technische Information:

Allgemein wird die Lenkung eines Fahrzeugs dadurch bewirkt, daß die Vorderräder schwenkbar sind und in die Flucht der gewünschten Fahrtrichtung eingeschlagen werden können. Dies ist bei der einfachsten Lenkung einer Vorderachse (bei der Drehschemellenkung) gewährleistet. Sie erfüllt auch eine der Hauptforderungen, die an eine Lenkung gestellt werden, nämlich, daß die Lenkung ein einwandfreies Abrollen der gelenkten Räder ohne seitliches Gleiten oder Rutschen in der Kurve ermöglichen soll.

Nachteilig bei der Drehschemellenkung ist jedoch, daß mit zunehmendem Einschlagswinkel der Vorderachse die Stabilität des Fahrzeugrahmens abnimmt, weil die Unterstützung unter dem Fahrzeugrahmen von außen immer mehr nach der Mittellinie des Wagens wandert und so das Fahrzeug bei einem extremen rechtwinkligen Einschlag nur noch an drei Punkten unterstützt ist, nämlich vorne zentral über dem Lenkzapfen und hinten an den beiden Hinterrädern. Außerdem nehmen die Räder beim Einschlagen unter dem Fahrzeug sehr viel Platz ein.

1890 wurde von Carl Benz für Personenkraftwagen die Achsschenkellenkung eingeführt, bei der diese oben genannten Nachteile nicht auftreten, weil jedes gelenkte Rad seinen eigenen Drehpunkt hat. Die gelenkten Räder sind auf sogenannten *Achsschenkeln* gelagert, die um eine fast senkrechte Achse, den sog. *Lenkzapfen* oder *Achsschenkelbolzen*, geschwenkt werden können.

Die beiden Achsschenkel eines Fahrzeugs sind über zwei *Spurhebel* und eine *Spurstange* miteinander verbunden, so daß bei Bewegung des einen Achsschenkels der andere Achsschenkel mitbewegt wird. Somit braucht das Lenkhebelsystem nur auf einen Achsschenkel zu wirken, um beide Räder einzuschlagen. Dementsprechend besitzt auch nur ein Achsschenkel einen *Lenkhebel*, der durch eine *Lenkstange* vom Lenkgetriebe her bewegt wird.

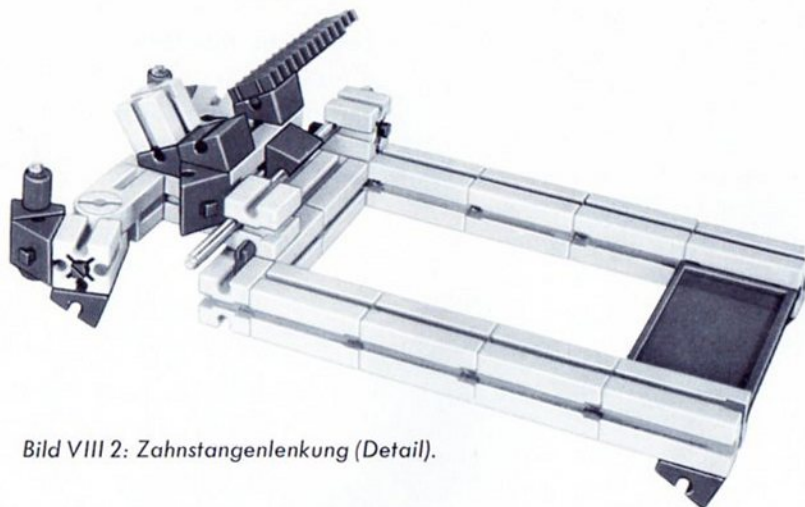


Bild VIII 2: Zahnstangenlenkung (Detail).

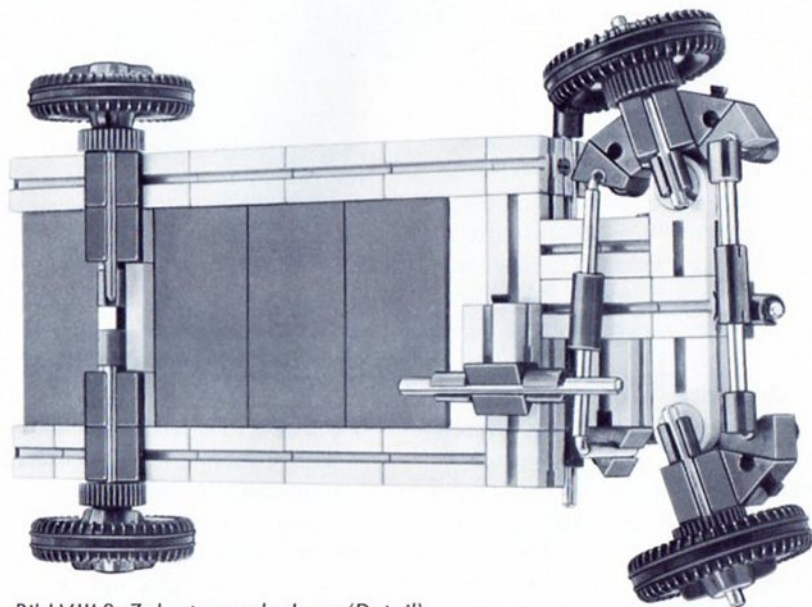


Bild VIII 3: Zahnstangenlenkung (Detail).

Zwar ist durch diese Lenkungsart eine recht große Stabilität des Fahrzeugs beim Kurvenfahren gewährleistet, andererseits aber ist ein geometrisch einwandfreies Abrollen aller Räder in der Kurve nicht so selbstverständlich wie bei der Drehschemellenkung. Die Verbindung der beiden Achsschenkel untereinander muß so vorgenommen sein, daß beispielsweise bei einem extremen Linkseinschlag das linke Rad steiler steht als das rechte, damit jedes Rad für sich einen verschieden stark gekrümmten Kreisbogen beschreiben kann. Diese Forderung wird annähernd erfüllt durch das sogenannte Lenktrapez, das gebildet ist aus der Verlängerungslinie zwischen den beiden Lenkzapfen, aus den beiden Spurhebeln und aus der Spurstange. Bei einer geometrisch einwandfreien Lenkung sind daher die Spurstangenhebel nicht parallel zueinander angeordnet, sondern so, daß sich ihre Verlängerungslinien in einem Punkt auf der Fahrzeugmittellinie schneiden.

Um ein Fahrzeug mit einer Lenkung dieser Art vom Wageninneren aus zu lenken, sind Lenkgetriebe erforderlich, die die Drehbewegung des Lenkrads in eine Hin- und Herbewegung der Lenkhebel umwandeln. Man unterscheidet im allgemeinen Schneckenlenkungen, Spindellenkungen, Roßlenkungen, Zahnstangenlenkungen.

Bei der *Schneckenlenkung* trägt der untere Teil der Lenkspindel ein Schnecken- oder ein Schraubgewinde, das in ein Zahnradsegment greift.

Bei der *Spindellenkung* wird eine Lenkmutter auf- und abbewegt, die mit dem Lenkstockhebel verbunden ist. Bei der *Roßlenkung* greift ein sog. Lenkfinger in die Lenkschraube und bewegt dadurch den Lenkstockhebel.

Bei der *Zahnstangenlenkung* wird ein Ritzel so angeordnet, daß es in eine Zahnstange eingreift, und diese Zahnstange bewegt dann den Lenkhebel hin und her. Meistens sind bei Zahnstangenlenkungen jedoch beide Achsschenkel mit der Zahnstange verbunden, also nicht nur einseitig wie bei den anderen Lenkarten (siehe auch: „Wie funktioniert das?“ S. 632 ff. Bibliographisches Institut Mannheim).

Vorwissen:

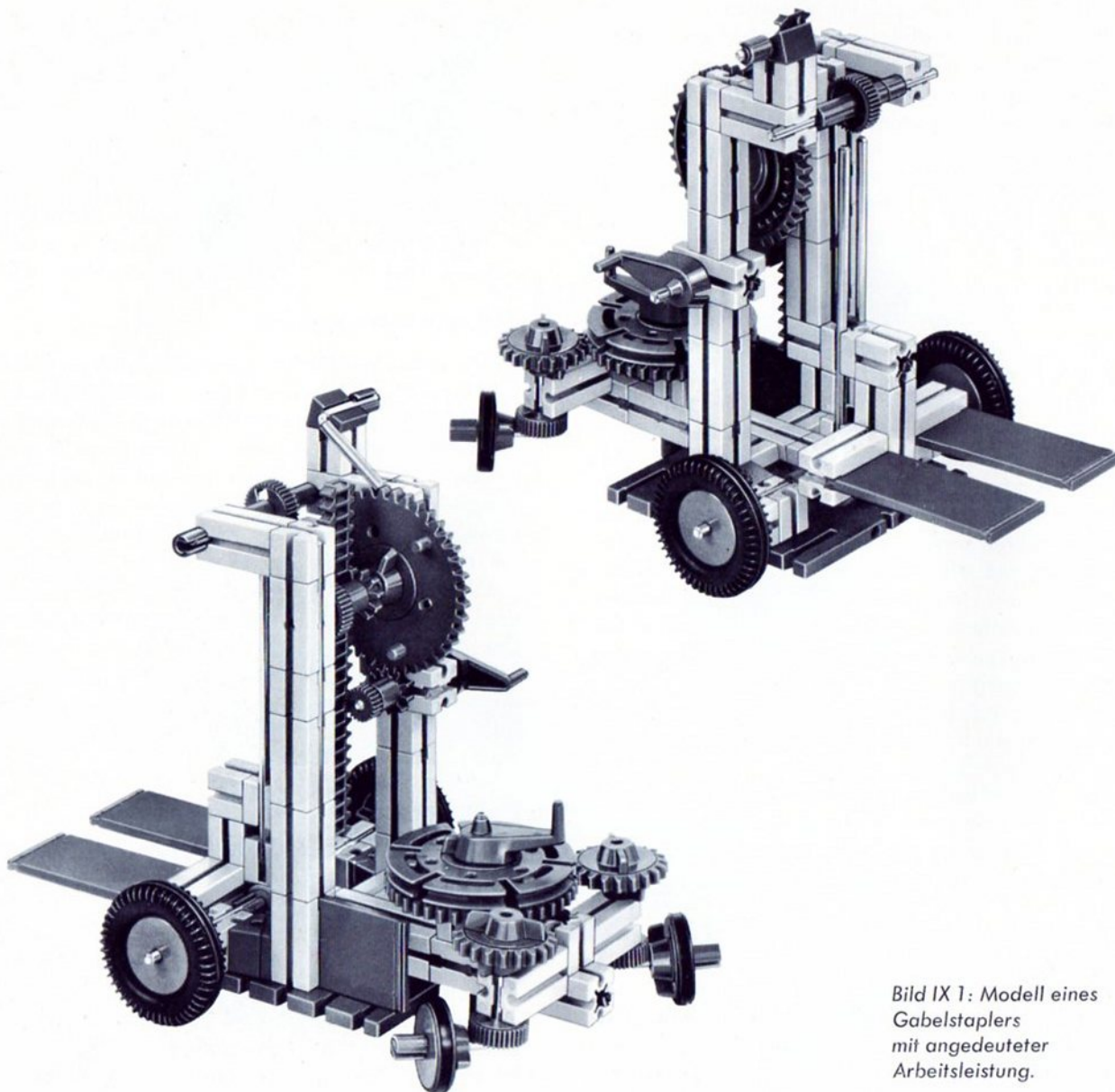
Das Prinzip der Achsschenkellenkung muß anhand einfacher Aufgaben behandelt worden und bekannt sein. Ebenso ist die Kenntnis der Zahnstange als Maschinenelement hier vorauszusetzen. Entsprechende Arbeiten einfacherer Art, die die Möglichkeit der Umwandlung einer Drehbewegung in eine Schubbewegung unter Verwendung von Ritzel und Zahnstange behandelten, sollten vorweg durchgeführt worden sein. Diese Voraussetzung ist etwa gegeben nach Bearbeitung des Themas Zahnstangenwinde.

Modellbeschreibung:

Das Bild VIII 1 zeigt das Funktionsmodell einer Zahnstangenlenkung mit einseitigem Lenkhebel. Das Lenkgetriebe bei diesem Modell besteht aus Ritzel und Zahnstange; diese ist verbunden mit einem Schieber, der durch die Drehung des Ritzels auf einer Führungstange hin- und herbewegt werden kann. Von diesem beweglichen Schieber aus (siehe Detailfoto VIII 2) ist mit Hilfe einer Lenkstange aus zwei Winkelachsen (siehe Detailfoto VIII 3) eine gelenkige Verbindung zu dem Lenkhebel am rechten Achsschenkel geschaffen. Der Achsschenkel ist dargestellt durch zwei gleichschenklige Winkelsteine. Die Lenkbewegung am rechten Achsschenkel wird über die Spurstange, die ebenfalls aus zwei Winkelachsen aufgebaut ist, von Spurhebel zu Spurhebel übertragen.

Für die Prüfsituation:

Die Elemente des Modells müssen so zusammengebaut sein, daß beim Kurvenfahren das kurveninnere Rad einen stärker gekrümmten Kreisbogen beschreiben kann als das äußere, d. h., die beiden Vorderräder dürfen nur bei der Geradeausfahrt parallel stehen. Eine Untersuchung dieses Sachverhaltes an den einzelnen Modellen läßt sich ohne komplizierte Meßverfahren mit dem Auge durchführen. Beim Überfahren kleiner Hindernisse auf der Fahrbahn sollten die Räder mit Hilfe des Lenkrads in der ursprünglichen Fahrtrichtung gehalten werden können.



*Bild IX 1: Modell eines
Gabelstaplers
mit angedeuteter
Arbeitsleistung.*

IX Konstruktion eines Gabelstaplers

Technische Information:

Gabelstapler sind drei- oder vierrädrige Hubwagen mit einer Hubvorrichtung zum Stapeln oder Entstapeln von einzelnen oder zu Ladeeinheiten zusammengefaßten Stückgütern.

Der Gabelstapler unterfährt mit einer Hubgabel die Last, hebt sie an, verfährt sie und setzt sie wieder ab. Meistens ist der Fahrzeugkörper aus Gründen der Stabilität ungefedert. Das Lastaufnahmemittel ist mit dem sogenannten Hubschlitten verbunden, der, von Hydraulik-Hubzylindern bewegt, in einem oft teleskopartig ausfahrbaren Hubgerüst, dem Hubmast, gleitet. Dieser Hubmast ist vielfach gelenkig am Fahrzeugrahmen gelagert und nach vorn und hinten geringfügig neigbar. Das Fahrzeugheck wird durch ein Gegengewicht belastet.

Vorwissen:

Erfahrungen im Hinblick auf einfache Hebezeuge (Zahnstangenwinde u. ä.) und einfache Lenkungsmodelle, speziell Achsschenkellenkung, erleichtern das Lösen der Aufgabe.

Modellbeschreibung:

Das Bild IX1 zeigt das Funktionsmodell eines Gabelstaplers.

Das Hebezeug arbeitet nach dem Prinzip einer Zahnstangenwinde. Aufgrund der großen Schwenkbarkeit der Hinterräder besitzt das Modell eine große Wendigkeit. Das Detailfoto IX 2 zeigt, wie die Zahnstange in zwei in einem Gelenkstein festgeklemmten Führungsstangen geführt ist. Um ein Kippen der Zahn-

stange nach vorn zu verhindern, trägt das Ende des Hubmastes eine Rolle.

Die Lenkung hat die Form einer angedeuteten Achsschenkellenkung, wobei eine Winkelachse die Funktion des Achsschenkels, der Radachse sowie des Lenkzapfens (Drehzapfens) übernimmt. Die Drehung der Lenkkurbel wird über das große Zahnrad auf die beiden Zahnräder und den Lenkzapfen übertragen, was die Schwenkbewegung der Hinterräder bewirkt.

Für die Prüfsituation:

Die verschiedenen Schülerlösungen sind u. a. hinsichtlich der Hubleistung, hinsichtlich des Wendekreises, hinsichtlich der Problematik des Gleichgewichts bei der Belastung zu vergleichen.

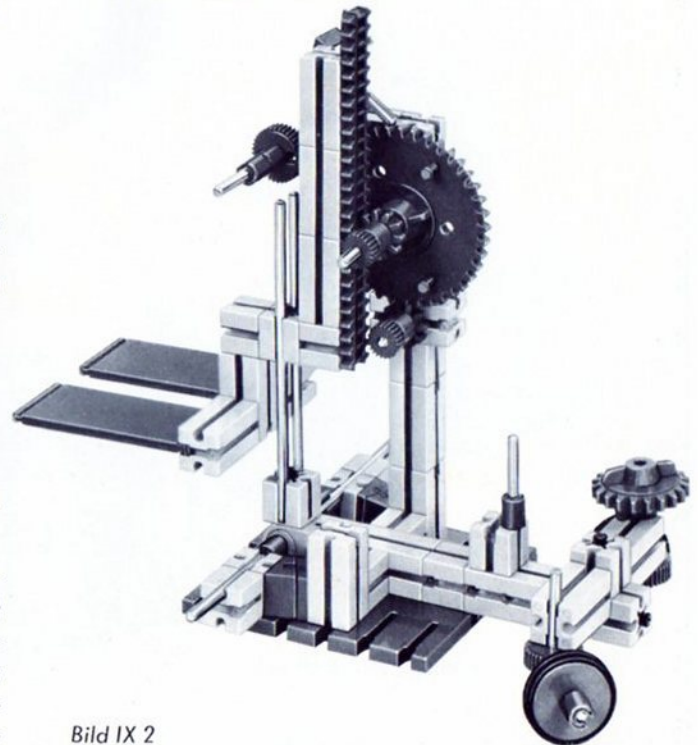


Bild IX 2

Konstruktionsbeispiele aus dem Bereich der Getriebelehre

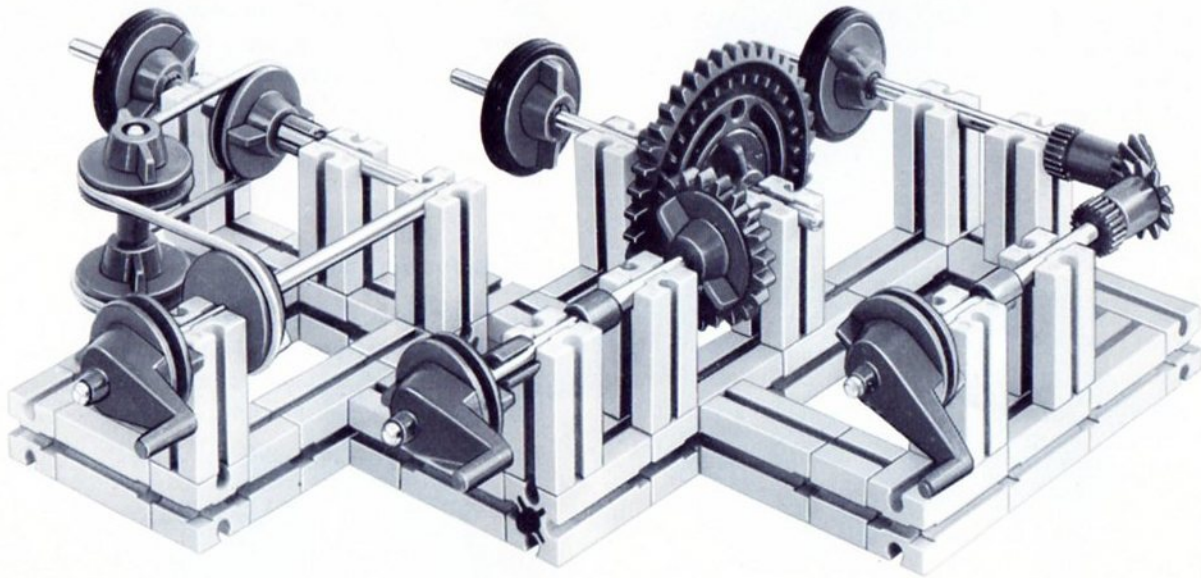


Bild X 1: Weiterleitung einer Drehung bei Verlagerung der Antriebswelle (drei Möglichkeiten).

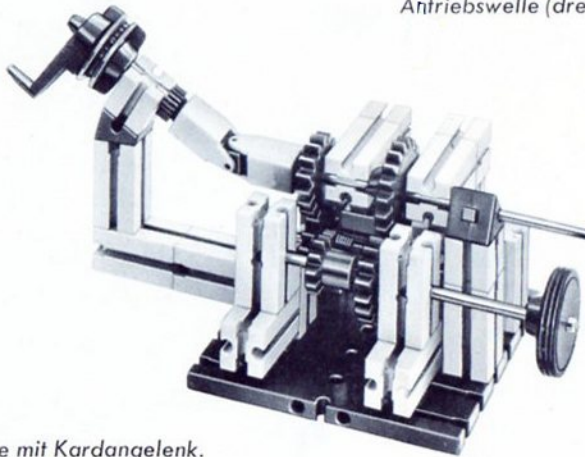


Bild X 2: Getriebe mit Kardangelenk.

X Konstruktion von Getrieben zur Übertragung eines Drehmoments bei Wellenverlagerungen.

Die Weiterleitung einer Drehung bei Verlagerung der Abtriebswelle im Winkel von 90 Grad kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen.

Bild X 1 zeigt eine Zusammenstellung von drei Möglichkeiten – konstruktiven Lösungen, die sich vom Baukasten her anbieten und auch der technischen Realität entsprechen.

Links: Die Übertragung der Drehung an der Kurbel auf die Welle mit dem Gummireifen erfolgt durch ein Zugmittel, dessen fortlaufende Bewegungsrichtung mit Hilfe zweier Umlenkrollen um 90 Grad umgelenkt wird. Die Umlenkrollen dürfen nicht fest oder starr auf einer Achse miteinander verbunden sein, weil sie beim Betrieb gegenläufige Bewegungen beschreiben.

Mitte: Die Übertragung der Drehung der Handkurbel wird durch ein Stirnrad und ein Winkelzahnrad auf die verlagerte Welle übertragen.

Rechts: Die Drehung wird durch zwei gleiche Kegelräder übertragen.

Eine weitere konstruktive Lösung dieser Aufgabe bringt der Einsatz der mit einem seitlichen Rippenprofil ausgestatteten Reifen und die Verwendung einer Schnecke (siehe Handhabung Bild 79–80). Bei einer Verlagerung der Abtriebswelle in Winkeln bis zu 45 Grad kann eine Drehbewegung mittels Kardan gelenk übertragen werden (Bild X 2).

XI Konstruktion eines Schrittschaltgetriebes

Zur schrittweisen Vorwärtsbewegung von Fließbändern u. ä., z. B. Transportbänder zum Abfüllen von Flaschen, werden Schrittschaltgetriebe verwendet, durch die eine konstante Drehbewegung in eine fortwährend unterbrochene Drehbewegung verwandelt wird.

Die Abbildung XI zeigt das Prinzip eines Schrittschaltgetriebes, bei dem das Transportband, angedeutet durch die umlaufende Kette, trotz konstant laufendem Motor immer nur eine kurze Strecke weit vorwärts bewegt wird, dann stehenbleibt und nach kurzer Zeit wieder vorwärts bewegt wird.

Das Schaltrad, hier die Drehscheibe, steht jeweils so lange still, bis der Mitnehmerstift der konstant umlaufenden Kurvenscheibe in einen der sechs Schaltschlitze eingreift (siehe Handhabung Bild 93–94) und dadurch das Schaltrad um 60 Grad dreht, wonach der Stift wieder aus dem Schaltschlitz herausgleitet.

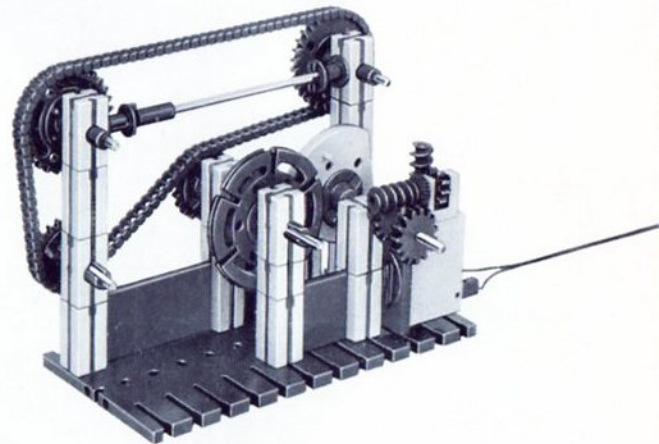


Bild XI 1: Modell eines Schrittschaltgetriebes.

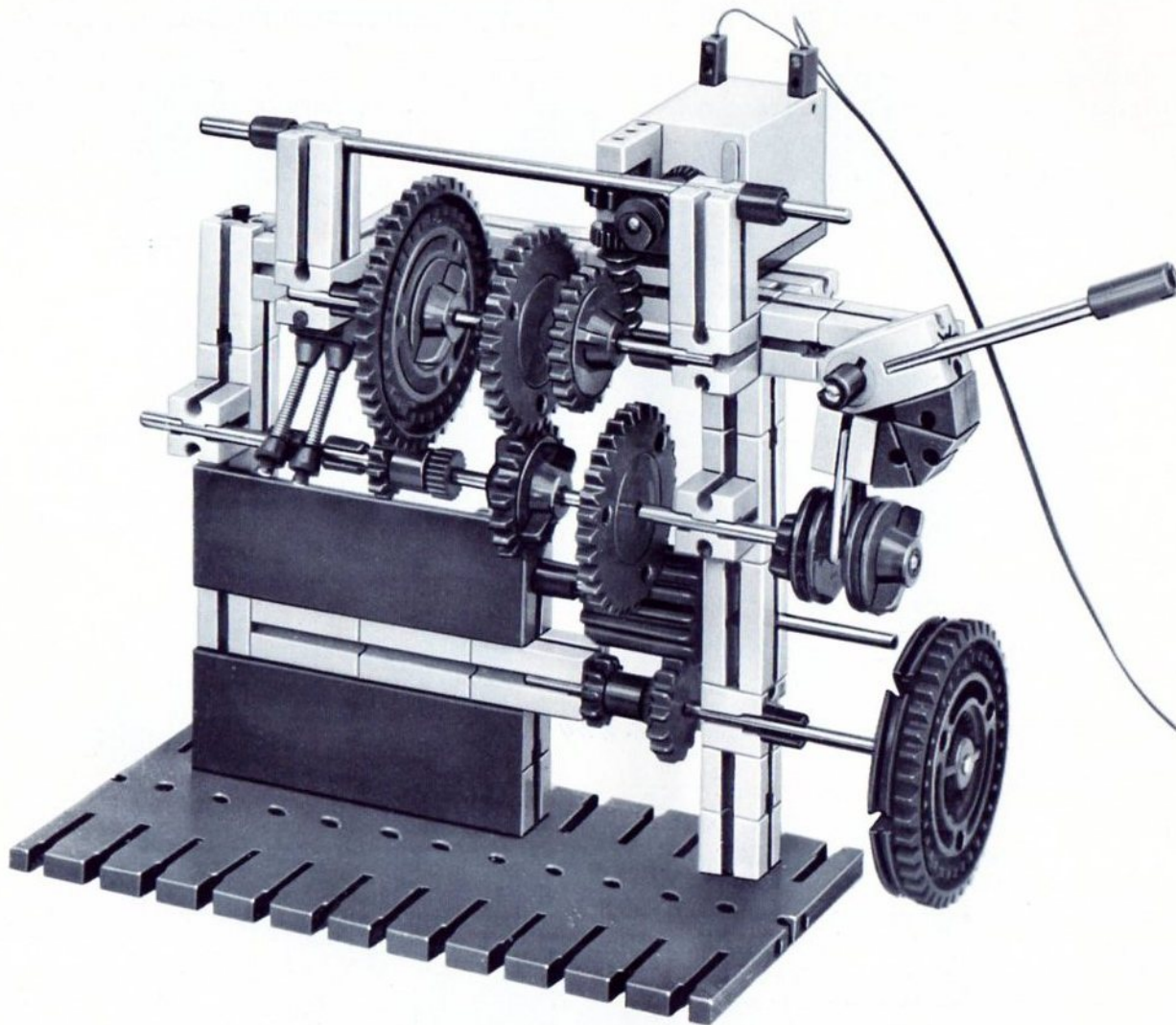


Bild XII 1: Modell eines Wechselgetriebes.

XII Konstruktion eines Wechselgetriebes

Wechselgetriebe sind abstufbare Zahnradgetriebe, die zum Einschalten verschiedener Übersetzungen bei relativ gleichbleibender Antriebskraft und -geschwindigkeit der Antriebswelle dienen.

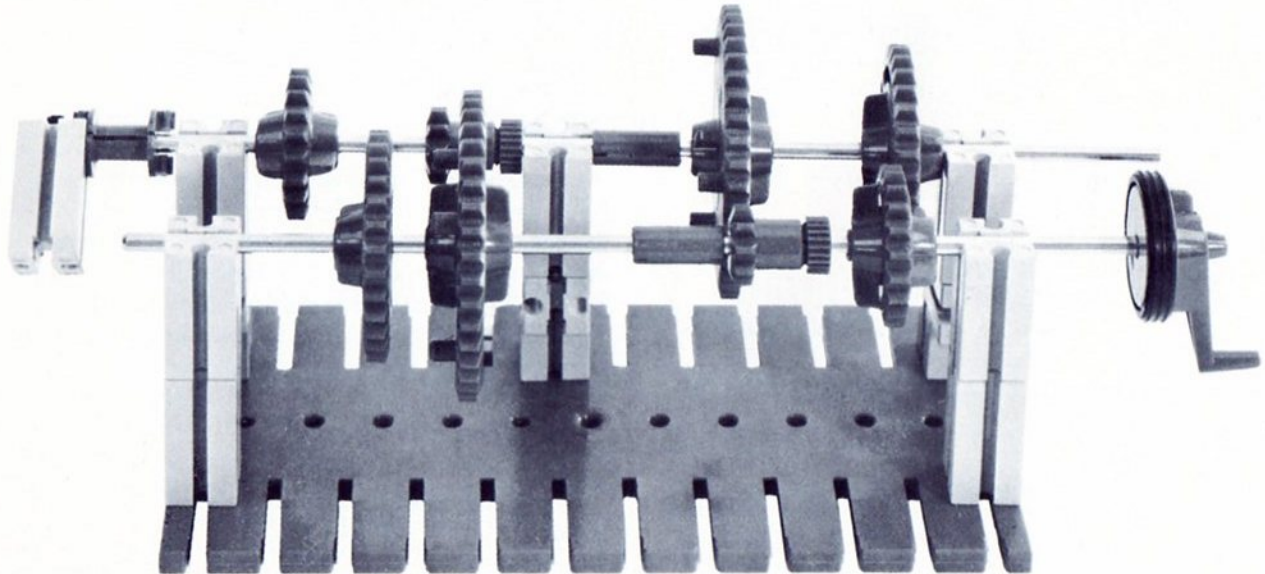
Die meisten Kraftwagengetriebe sind solche Wechselgetriebe. Der Motor gibt seine beste Leistung nur in einem begrenzten Drehzahlbereich ab. Durch ein Wechselgetriebe läßt sich erreichen, daß der Motor bei jeder Geschwindigkeit der angetriebenen Räder annähernd in diesem Drehzahlbereich arbeiten kann. Das Übersetzungsverhältnis ist abhängig vom Größenverhältnis der Zahnräder, die sich jeweils im Eingriff befinden.

Da die Zahnradkräfte nahezu gleich groß sind, sich die Geschwindigkeiten aber ändern, wird durch ein Wechselgetriebe gleichzeitig eine Änderung der Größe des Drehmoments herbeigeführt. Bei niedriger Drehzahl erfährt die Abtriebswelle ein großes Drehmoment, bei hoher Drehzahl ein entsprechend niedrigeres.

Bild XII 2 zeigt ein einfaches Modell eines Wechselgetriebes, das zwischen Antriebswelle und Abtriebswelle vier Übersetzungen ermöglicht. Beim Verschieben der durch eine Kurbel angetriebenen Welle dreht sich die hintere Welle je nach Größenverhältnis der jeweils ineinandergreifenden Zahnräder schneller oder langsamer.

Bild XII 1 zeigt ein mit einem Elektromotor angetriebenes Wechselgetriebe-Modell. Die Schaltwelle wird hier mit einer am Schalthebel angebrachten Schaltklaue verschoben, wodurch die verschiedenen drei Zahnradkombinationen ermöglicht werden. Die Federbeine verhindern ein unbeabsichtigtes Verschieben der Schaltwelle, wenn ein bestimmter „Gang“ eingelegt ist.

Das im Gestell unten zwischen Schaltwelle und Antriebswelle eingebaute Differential dient lediglich der Kraftübertragung zwischen dem verschiebbaren Zahnrad der Schaltwelle und dem Zahnrad der Abtriebswelle.



Einführung in die Getriebelehre

Mit technischen Erläuterungen

1. Die Aufgaben von Kupplung und Getriebe

Kupplungen und Getriebe verbinden Kraft- und Arbeitsmaschinen oder mehrere Baugruppen innerhalb einer Maschine.

Genau oder annähernd fluchtende Wellen werden mit Kupplungen fest oder lösbar verbunden. Zur Verbindung zwei paralleler bzw. sich schneidender oder kreuzender Wellen benötigt man Getriebe. Wenn mehrere räumlich verteilte Arbeitsmaschinen von einer einzigen Kraftmaschine aus angetrieben werden sollen, teilt man den Kraftfluß über ein Getriebe auf die Arbeitsmaschine auf.

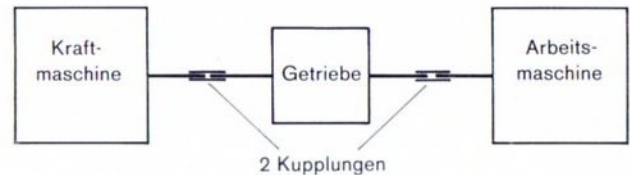
Mit Hilfe eines Getriebes ist es möglich, die Sollgeschwindigkeit des Arbeitsteils einer Maschine (z. B. die Drehzahl einer Töpferscheibe, einer Drehbank, einer Kfz-Hinterachse oder die Häufigkeit der schrittweisen Fortschaltung des Sekundenzeigers einer Uhr) an die damit meist nicht übereinstimmende feste oder nur in engen Grenzen veränderbare Drehzahl der Kraftmaschine (z. B. Elektromotor, Benzin- oder Dieselmotor, Wasserturbine oder Federmotor) anzupassen. Mit Getrieben wandelt man außerdem gleichförmige Bewegung in ungleichförmige, z. B. eine Drehbewegung in eine hin- und hergehende Bewegung um.

Kupplungen und Getriebe dienen also – ganz allgemein gesprochen – zur *Übertragung von Kräften*.

Jedes Getriebe hat eine „Antriebs“- und eine „Abtriebsseite“. Der Kraftfluß verläuft also von der Hauptwelle der Kraftmaschine über die damit gekuppelte „angetriebene“ Welle des Getriebes zur „trei-

benden“ Welle des Getriebes und von dort wieder über eine Kupplung zur Antriebswelle der Arbeitsmaschine. Bei allen Überlegungen und Berechnungen legt man immer diese Krafrichtung zugrunde. Innerhalb des Getriebes ist jedoch das erste – in Kraftflußrichtung gesehen – Rad das treibende Rad.

Die Aufgabe des Getriebe-Konstrukteurs ist es zunächst, die zur Verfügung stehende Drehzahl der Arbeitsmaschine und die gewünschte optimale Drehzahl oder die gewünschten optimalen Drehzahlen der Arbeitsmaschine in Erfahrung zu bringen. Mit dieser Kenntnis und dem Wissen über die Größe der zu übertragenden Leistung (Drehmoment) konstruiert er das passende Getriebe.



2. Getriebe-Arten

Je nach Betrachtungsweise kann man folgende Gruppierungen unterscheiden:

2.1 nach der Art der Kraftübertragung:

kraftschlüssige – formschlüssige Getriebe.

Beim Formschluß (z. B. Zahnrädergetriebe) kann kein „Schlupf“ entstehen. Typische kraftschlüssige Ge-

triebe sind alle „Reibrad-Getriebe“. Auch bei Riemen- und Seilscheiben erfolgt nur kraftflüssige Übertragung. Je höher die Reibungswerte zwischen Scheibe und Riemen sind, um so größer ist die übertragbare Leistung.

2.2 nach der räumlichen Anordnung von Antrieb und Abtrieb:

ebene – räumliche Getriebe.

Getriebe mit parallel angeordneter Antriebs- und Abtriebswelle nennt man „ebene“ Getriebe. Schneiden sich die Verlängerungslinien der Drehachsen oder kreuzen sich diese, so spricht man von einem „räumlichen“ Getriebe.

2.3 nach der Art der Übersetzung:

gleichförmig – ungleichförmig übersetzende Getriebe.

Bei gleichförmig übersetzenden Getrieben (z. B. Riemen-, Scheiben- oder Zahnrädergetriebe) dreht sich – falls die Antriebswelle mit konstanter Drehgeschwindigkeit (genau: mit konstanter Winkelgeschwindigkeit) angetrieben wird – die Abtriebswelle entsprechend dem Übersetzungsverhältnis mit der gleichen oder einer anderen, aber konstanten Drehgeschwindigkeit (genau: mit konstanter Winkelgeschwindigkeit).

Mit ungleichförmig übersetzenden Getrieben verwandelt man z. B. eine Drehbewegung in eine hin- und hergehende Bewegung oder umgekehrt.

2.4 nach der Art der Wellenanordnung:

feststehende – umlaufende Getriebe.

Jedes Getriebe besitzt ein „Gestell“, das fest mit dem Boden oder mit dem Körper einer Maschine verbunden ist. Sind nicht alle Lager der Wellen (oder Gelenke) fest im Gestell gelagert, sondern dreht sich mindestens eine Drehachse um eine andere, so nennt man diese Sonderform ein „umlaufendes“ Getriebe.

Zu dieser Gruppe gehören die „Planetengetriebe“. Die Verbindung zweier feststehender oder sich gegeneinander drehender Drehachsen nennt man „Steg“.

2.5 nach der Art der Aufgabe:

Mit *Winkelgetrieben* kann man zwei sich unter einem beliebigen Winkel schneidende oder sich kreuzende Wellen koppeln. Ein *Übersetzungsgetriebe* ermöglicht die Anpassung zweier Drehzahlen. In die Gruppe der *Schaltgetriebe* gehören *Wendegetriebe* und *Stufengetriebe*. Die Stufengetriebe bezeichnet man auch als *Wechselgetriebe*, weil die Übersetzung in Stufen variiert werden kann. Regelbare Getriebe nennt man „*Regelgetriebe*“ Diesen Ausdruck sollte man jedoch nicht benutzen, da er zu Verwechslungen mit „ge-regelten“ Getrieben (das sind durch eine Regeleinrichtung auf konstanter Drehzahl gehaltene Getriebe) verführen kann.

Besonders großen stufenlosen Verstellbereich haben die sogenannten „*Schaltwerksgetriebe*“ Eine Besonderheit sind die „*Ausgleichsgetriebe*“, die man auch „*Differentialgetriebe*“ nennt.

Mit „*Steuergetrieben*“, z. B. Kurvensteuerungen, steuert man Betriebsabläufe, z. B. das Öffnen und Schließen der Ventile des Kfz-Motors.

2.6 nach der Art des markantesten Bauelementes:

Zur Charakterisierung eines Getriebes kann man auch das wichtigste Bauelement heranziehen. Man kennt z. B. *Zugmittelgetriebe*. In diese Gruppe gehören die *Riemen-* und die *Kettengetriebe*. Innerhalb der großen Gruppe der *Zahnradgetriebe* unterscheidet man u. a. zwischen *Tellerrad-*, *Stirnrad-*, *Kegelrad-* und *Schneckenradgetrieben*. *Reibradgetriebe* setzt man ein, wenn kein hoher Aufwand getrieben werden soll und wenn man stufenlose Verstellgetriebe benötigt. Stufig verstellbare Getriebe sind die sogenannten *Stufenscheibengetriebe*.

Zur Wandlung ungleichförmiger in gleichförmige Bewegung und umgekehrt benutzt man z. B. so-

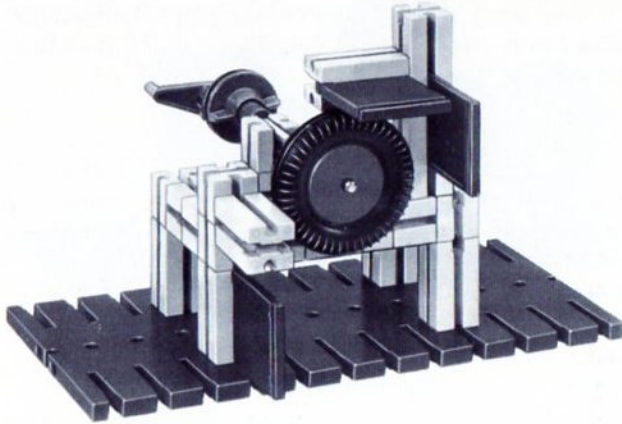


Abb. 1: Einfacher Schleifbock

Bei diesem einfachsten Modell eines Schleifbockes sitzen Antriebsteil (= Handkurbel) und Arbeitsteil (= Schleifscheibe, dargestellt durch fischertechnik-Reifen) auf einer gemeinsamen Welle. Gleiche Drehzahl, gleiche Drehrichtung. Die erzielbare Schleifscheiben-Umfangsgeschwindigkeit ist nicht sehr groß.

Die eingestreuten Abbildungen mögen als Lösungen konkreter Aufgaben betrachtet werden.

nannte Kurvenscheibengetriebe oder Schubkurbelgetriebe oder Kurbelschleifen. Die beiden zuletzt genannten gehören in die große Gruppe der „Gelenkgetriebe“

In den folgenden Abschnitten werden Beispiele aus der Getriebetechnik gebracht. Technische Informationen erleichtern das Verständnis.

3. Gleichförmig übersetzende Getriebe

3.1 Allgemeines

Die sich mit dieser Getriebeart befassenden Themen könnte man auch überschreiben mit: „Kräfte übertragen“ Der Schüler wird mit den Möglichkeiten vertraut gemacht, die die Technik bei der Anpassung der

Drehzahl von Arbeitsmaschinen an vorgegebene Kraftmaschinen bietet.

Es gibt vier grundsätzliche Übertragungsmöglichkeiten: Durch *Zugmittel*, die oft vereinfachend auch Riemen genannt werden, durch *Zahnradgetriebe* oder *Schraubenradgetriebe*, *Reibradgetriebe*.

Ein Getriebe besteht aus mindestens einem Radpaar. Jedes Radpaar ist durch das die Getriebeart charakterisierende Verbindungsmittel (Zugmittel – Verzahnung der Räder – Reibbelag) miteinander ständig in Eingriff.

3.2 Zugmittelgetriebe

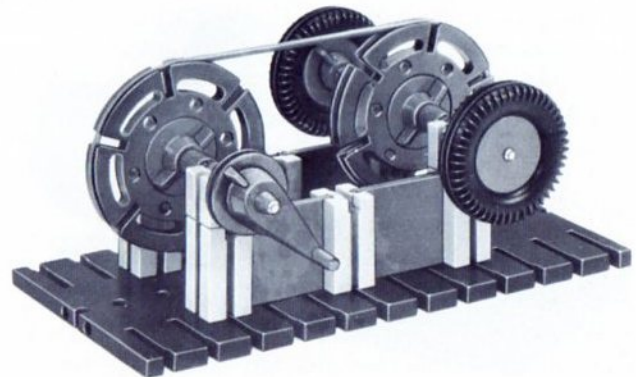
3.2.1 Technische Informationen

1. Vorteile – Nachteile

Die Vorteile von Zugmitteln wie Riemen usw. sind: Preisgünstige Konstruktion und einfache Überbrückung größerer Abstände zweier Wellen. Dabei muß allerdings der – oft ohne Bedeutung bleibende – Nachteil des „Schlupfes“ zwischen antreibendem und

Abb. 2: Schleifbock mit 2 Schleifscheiben

In Erweiterung des einfachen Schleifbockes (Abb. 1) besitzt dieser Schleifbock schon zwei Schleifscheiben, z. B. für einen Doppelarbeitsplatz mit gemeinsamem Antrieb. Das Zugmittelgetriebe übersetzt 1 : 1.



getriebenem Rad in Kauf genommen werden. Abhilfe ist durch Einsatz von Ketten oder Zahnriemen und Kettenrädern möglich. Durch die Möglichkeit der Herstellung billiger Räder aus Kunststoff nimmt die Bedeutung solcher schlupffreien Zugmittel (und die der Zahnradgetriebe) ständig zu.

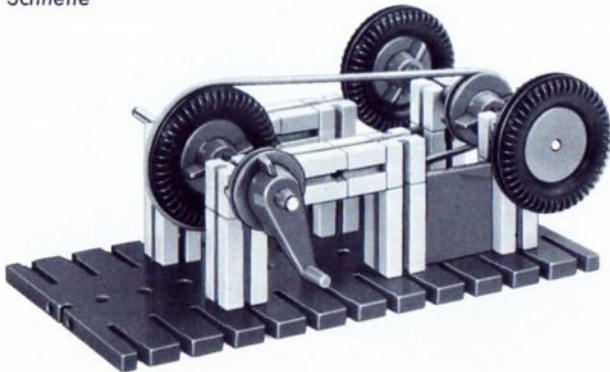
2. Zugmittel

Als Zugmittel lassen sich Riemen mit den verschiedensten Querschnitten verwenden. Je größer die zu übertragenden Kräfte sind, um so größer muß der Querschnitt des Zugmittels sein. Leder, das früher fast ausschließlich verwendete Material, ist heute wegen des nicht ganz homogenen Charakters („eine Kette ist so schwach wie ihr schwächstes Glied“) durch synthetische Materialien ersetzt worden. Man verwendet möglichst oberflächenrauhe synthetische Textilien oder vorgeformte, d. h. endlose Schleifen aus Natur- oder synthetischem Kautschuk oder möglichst elastisch bleibenden Kunststoffen. Zur Übertragung größerer Kräfte setzt man Textilbänder oder -fäden in den Kern des Riemens.

Es gibt: Flach-, Rund- und Profil-(z. B. Keil-)riemen.

Abb. 3: Schleifbock mit einfacher Übersetzung

Eine Verbesserung der Lösung nach Abb. 2 ergibt sich, wenn der Durchmesser der Seilscheibe auf der Abtriebsseite verkleinert wird (fischertechnik-Radnabe). Das Übersetzungsverhältnis $i = 1 : 2$, also eine Übersetzung „ins Schnelle“



In den Kern des Riemens eingelegte Textilbänder oder -fäden erhöhen die Belastbarkeit und die Haltbarkeit des Riemens.

3. Peesen

Für Experimentierzwecke benötigt man Zugmittel mit möglichst großem Einsatzbereich. Hierfür eignen sich neben hochelastischen Gummiriemen (z. B. fischertechnik-Raupenbänder aus dem Lernbaukasten u-t 2) besonders sogenannte „Peesen“ aus unter Vorspannung gewickeltem Stahldraht. Diese lassen sich ohne weiteres auf die doppelte Ausgangslänge ausziehen. – In der Technik haben sie wegen ihrer Neigung zu etwas ungleichmäßiger Reibung auf den Laufrillen der Scheibenräder aber nur untergeordnete Bedeutung.

4. Riemenscheiben

Die Form der Laufflächen der Räder muß mit der Form des Zugmittels abgestimmt werden. Die Laufflächen besitzen z. T. Profil, etwa eine Schnurrille oder Keilrille. Man verwendet auch geteilte Keilriemenscheiben, deren wirksamer Durchmesser durch beilegende Scheiben verändert werden kann. Ballige Riemenscheiben arbeiten auch noch mit einseitig etwas gedehntem Riemen oder bei nicht genau fluchtenden Scheiben.

5. Kraftübertragung

Das treibende Rad überträgt durch das ziehende Stück des Zugmittels – auch ziehendes „Trum“ genannt – die Kraft auf das getriebene Rad. Damit diese zweifache Übertragung stattfinden kann, ist eine entsprechend hohe Reibung zwischen Zugmittel und Rad nötig. Entscheidend für die Größe der maximal übertragbaren Kraft ist bei gleicher Beschaffenheit der Radoberflächen die Reibung am kleineren Rad, weil dort die kleinere Berührungsfläche liegt. Die maximal übertragbare Kraft läßt sich noch vergrößern, wenn man die Riemen-„Vorspannung“ erhöht. Mit steigender Vorspannung steigt aber auch der Achsdruck.

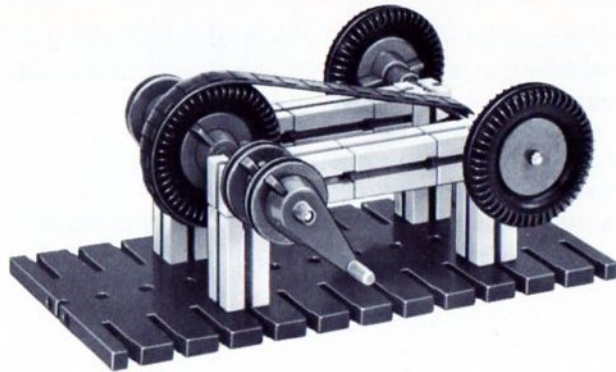


Abb. 4: Schleifbock mit Übersetzung 1 : 10

Die Durchmesser der beiden Riemenscheiben verhalten sich etwa wie 12 : 1. An der getriebenen Riemenscheibe (fischertechnik-Achse) entsteht trotz der Verwendung eines breiten Treibriemens mit sehr hohem Reibungsbeiwert (fischertechnik-Raupenband aus Gummi) ein beträchtlicher Schlupf, besonders beim Anlauf. Man sollte aus diesem Grund im allgemeinen kein höheres Übersetzungsverhältnis als 1 : 4 wählen.

6. Konstante Vorspannung

Verwendet man als Zugmittel ein Material, das im Laufe der Zeit infolge der ständigen Vorspannung sich längt, also nicht ausschließlich elastisch, sondern auch etwas plastisch ist, so läßt die Vorspannung nach. Abhilfe kann man durch einen gewichtsbelasteten Riemenspanner schaffen. Mit fischertechnik ist ein Modell leicht zu realisieren. Die Vorspannung wird in Kräfteinheiten (z. B. kp) gemessen.

7. Achsdruck

Die Lager für die Wellen mit den darauf befestigten Rädern müssen den „Achsdruck“ aufnehmen. Dieser ist doppelt so groß wie die Vorspannung des Riemens. (Gemeint sind „Druckkräfte“ und nicht etwa der spezifische Druck. Ersterer wird in kp, letzterer in kp/cm^2 gemessen.)

8. Riemengeschwindigkeit – Umfangsgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit des Riemens ist so groß wie die Umfangsgeschwindigkeit der beiden Räder. Die Um-

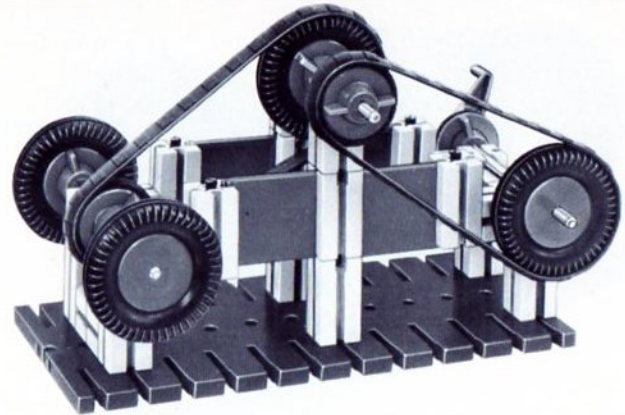


Abb. 5: Schleifbock mit Zwischenwelle

Diese Lösung ist weitaus besser als das Modell nach Abb. 4. Sie bedingt aber auch höhere Herstellungskosten. Auf der Zwischenwelle sind eine kleine und eine große Riemenscheibe starr befestigt. Wenn i_1 das Übersetzungsverhältnis zwischen Antriebs- und Zwischenwelle und i_2 das Übersetzungsverhältnis von Zwischen- und Abtriebswelle ist, so ist die Gesamtübersetzung $I = i_1 \cdot i_2$. Alle Räder drehen sich in gleicher Richtung.

fangsgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, mit der sich das Rad fortbewegen würde, wenn es auf einer Ebene abrollen könnte. Die Dimension der Umfangsgeschwindigkeit: m/sec .

9. Übersetzungsverhältnis (siehe auch Seite 117)

Unter dem Übersetzungsverhältnis „ i “ versteht man das Verhältnis der Drehzahlen der durch das Zugmittel gekoppelten Räder in Richtung des Kraftflusses. Bezeichnet man die Drehzahl des treibenden Rades mit n_1 und die des getriebenen Rades mit n_2 , so ist:

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Drehzahlen mißt man meist in U/min , also in Umdrehungen pro Minute.

Da die Drehzahlen der zwei Räder im umgekehrten Verhältnis zu den wirksamen Scheibendurchmessern stehen, kann man das Übersetzungsverhältnis auch

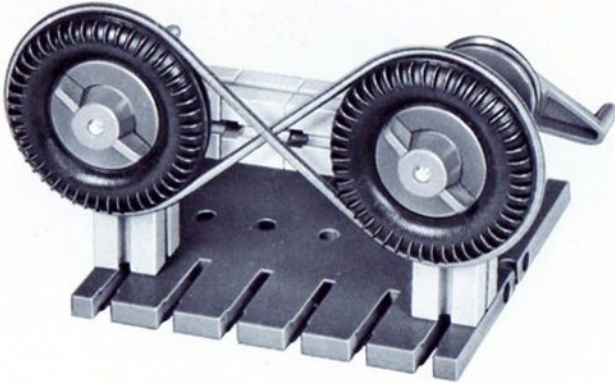


Abb. 6: Zugmittelgetriebe mit gekreuztem Riemen

Bei einem Zugmittelgetriebe mit paralleler Antriebs- und Abtriebswelle drehen sich beide Riemenscheiben in derselben Richtung. Zur Umkehrung der Drehrichtung einer der beiden Riemenscheiben kreuzt man einfach den Riemen.

aus den Abmessungen von Rädern und Riemen ermitteln. Es gilt:
$$i = \frac{r_2 + 0,5 d}{r_1 + 0,5 d}$$

wobei r_1 und r_2 die wirksamen Radien der Riemenscheiben sind und d die Dicke des Zugmittels ist. Unberücksichtigt ist der Schlupf.

10. Schlupf

Je kleiner die Vorspannung oder je größer die zu übertragende Kraft ist, um so stärker macht sich der „Schlupf“ bemerkbar. Er entsteht, wenn die Umfangsgeschwindigkeit am treibenden Rad etwas höher als die Riemengeschwindigkeit ist. Zwischen Riemen und Rad wird ebenfalls Schlupf auftreten.

11. Ketten und Kettenräder

Zur schlupffreien Übertragung über größere Achsabstände eignen sich Ketten. Bei entsprechender Schmierung arbeiten sie fast geräuschlos (z. B. Fahrrad).

Der fischertechnik-Lernbaukasten u-t 2 enthält eine Kette, deren Kunststoffglieder beliebig aneinander-

reihbar sind. Die Kette paßt zu der fischertechnik-Verzahnung mit dem Modul 1,5 (= grobe Verzahnung).

Für höchste Ansprüche hinsichtlich Lebensdauer und Wirkungsgrad verwendet man „Rollenketten“ Um jeden Kettenbolzen kann sich eine Rolle frei drehen. Damit erhält man zwischen Kette und Kettenrad eine „rollende Reibung“ (Gegensatz: gleitende Reibung).

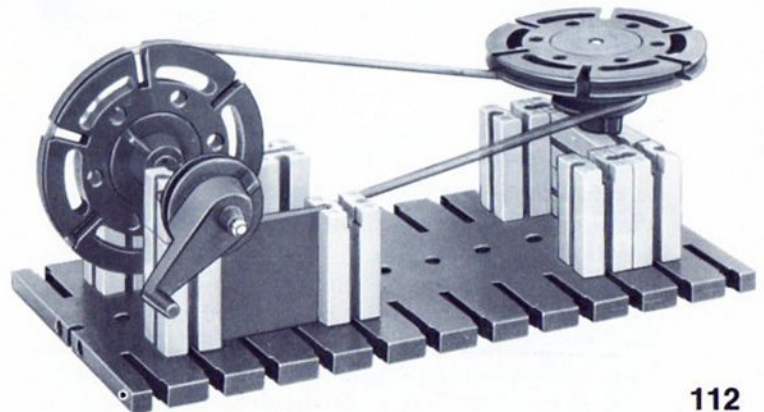
3.2.2 Beispielreihe: Schleifbock

Die auf den letzten Seiten gezeigte Beispiel-Serie (Bild 1 bis 6) zeigt eine der Möglichkeiten auf, wie der Schüler in die Problematik der Getriebelehre eingeführt werden kann.

3.2.3 Beispielreihe: „Töpferscheibe“

Bisher haben wir Getriebe kennengelernt, bei denen die Achsen parallel zueinander stehen. Die Beispiele Bild 7 und 8 zeigen Problemlösungen, wenn die Antriebs- und Abtriebsachse senkrecht aufeinander stehen.

Abb. 7: Töpferscheibe mit waagrecht gelagertem Kurbelantrieb und Übersetzung (Zugmittelgetriebe mit halb gekreuzten Wellen)



Die „Töpferscheibe“ mit senkrechter Welle soll über ein Zugmittelgetriebe von einer waagrecht liegenden Antriebswelle mit Handkurbel angetrieben werden. Zwei Lösungen sind in Abb. 7 und 8 gezeigt.

Die Konstruktionskriterien für den Modell-Entwurf sollen sein:

1. Die „Töpferscheibe“ läuft mit senkrechter Welle.
2. Die Welle mit der Kurbel soll waagrecht liegen.
3. Als Antriebsmittel soll eine Peese verwendet werden.
4. Die „Töpferscheibe“ soll gut zugänglich sein.
5. Die „Töpferscheibe“ soll schneller laufen als der Mann an der Handkurbel dreht (exakt: Drehzahl n_2 größer als n_1).
6. Die Peese muß genau in der Verlängerungsrichtung der Schnurrille von den Schnurlaufrollen weglaufen.

Keines der Kriterien schließt sich gegenseitig aus. Zunächst soll auf die Forderung 6 verzichtet werden.

Abb. 7 zeigt, wie man die zwei „halbgekreuzten“ Wellen mit einem Zugmittel verbindet.

Überprüfung eines Modells, ähnlich Abb. 7:
Die „Töpferscheibe“ ist gut zugänglich, die Peese läuft unterhalb der Töpferscheibe.

Die Peese liegt am sichersten auf den Schnurlaufrollen, wenn beide Schnurlaufrollen genau in gleicher Höhe stehen.

Je größer der Abstand zwischen den beiden Wellen ist, um so sicherer liegt das Zugmittel in den Laufrollen. Ein Keilriemen wäre günstiger als eine Peese. (Hier kann darauf hingewiesen werden, daß der Verschleiß eines Keilriemens um so stärker ist, je stärker der Keilriemen beim Verlassen der Riemenscheibe geschränkt ist. Je stärker die Schränkung, um so schlechter der Wirkungsgrad des Getriebes.)

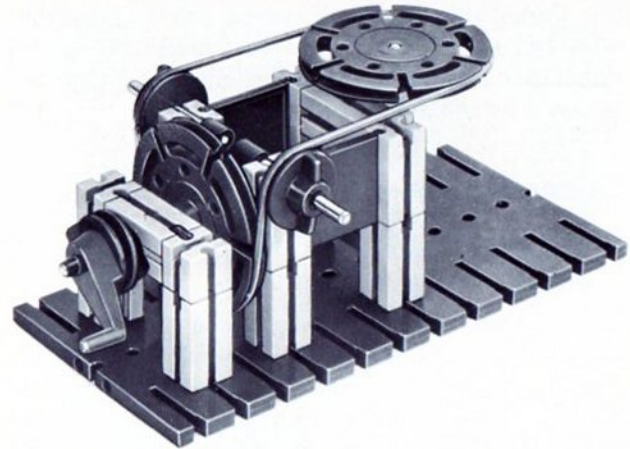


Abb. 8: „Töpferscheibe“ mit waagrecht gelagertem Kurbelantrieb (Zugmittelgetriebe mit Leitrollen)

Zur Vermeidung der Schränkung des Zugmittels wird das Konstruktionskriterium 6 eingeführt. Dafür verzichtet man zunächst auf die Forderung 5. Damit ergeben sich Lösungen mit Umlenkrollen, ähnlich Abb. 8 („fliegende Rolle“).

Überprüfung des Modells nach Abb. 8:
Die Forderung: „die Peese muß genau senkrecht von der Antriebs- und Abtriebsrolle und damit natürlich auch von den Umlenkrollen laufen“, ist nicht ganz exakt erfüllt. Auch die Forderung 4 ist nicht gut gelöst.

Die Umlenkrollen müssen gut abgestützt sein. Da sie sich entgegengesetzt drehen, müssen entweder zwei verschiedene Wellen gebaut werden oder mindestens eine der Umlenkrollen ist frei auf einer feststehenden Achse oder einer sich drehenden Welle drehbar („fliegende Rolle“) gelagert werden.

Verkleinert man zur Erfüllung der Forderung 5 den Durchmesser der Laufrolle der Töpferscheibe, so müssen die Achsen der Umlenkrollen unter einem bestimmten Winkel angeordnet werden. Ein solches Modell ist nicht schwer zu bauen.

Der Vorteil der Zugmittelgetriebe, leicht überschaubare und einfache Lösungen zur Überbrückung des räumlichen Abstandes zweier beliebig liegender Wellen, wird bei diesem Modell schon sichtbar.

3.3 Zahnradgetriebe

3.3.1 Technische Informationen

1. Vorteile – Nachteile

Den Nachteil der Zugmittelgetriebe – nicht sicher schlupffreie Kraftübertragung – vermeiden die Zahnradgetriebe. Dafür sind die überbrückbaren Abstände zwischen zwei Wellenpaaren vergleichsweise klein und die Kosten im allgemeinen höher.

Grundlegende Kenntnisse mit Zahnradgetrieben aller Art sammelt man mit den Zahnradern des fischertechnik-Lernbaukastens u-t 1. Mit dem u-t 2 erweitert man das Zahnradersortiment typen- und zahlenmäßig.

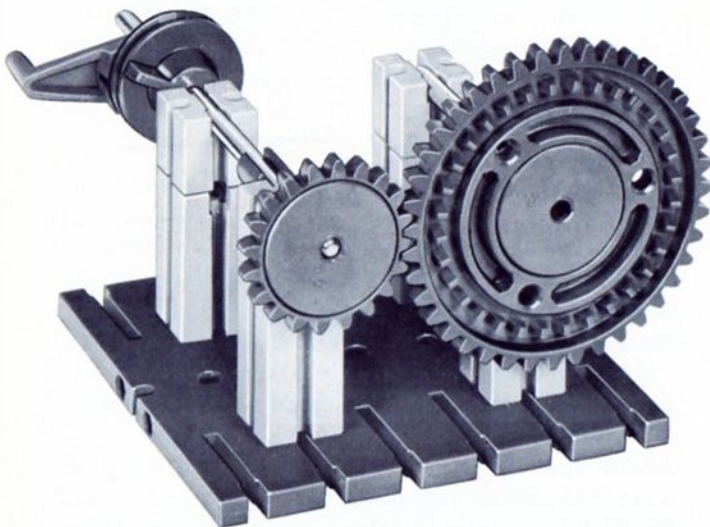


Abb.9: Getriebe mit zwei Stirnzahnrädern. ($z = 20$ und $z = 40$.) Die Handkurbel muß also zweimal gedreht werden, wenn das große Zahnrad sich einmal drehen soll.

$$i = z_2 : z_1 = 40 : 20 = 2 : 1$$

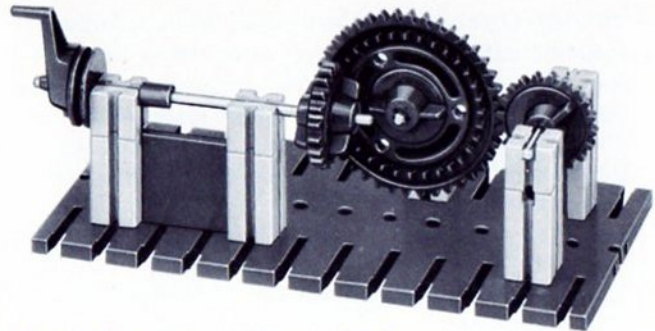


Abb. 10: Getriebe mit Stirn- und Telleradverzahnung

Das mittlere Zahnrad wirkt als getriebenes und treibendes Rad. Das Übersetzungsverhältnis von Welle 1 zu Welle 2 ist $3 : 1$. Das Übersetzungsverhältnis von Welle 2 zu Welle 3 ist $1 : 2$. Die Übersetzung zwischen Welle 1 und Welle 3 ist das Produkt der beiden Übersetzungen $i_1 \cdot i_2$.

$$i = \frac{3 \cdot 1}{1 \cdot 2} = 1,5 : 1$$

Die Antriebswelle muß also $1\frac{1}{2}$ mal gedreht werden, wenn die Welle 3 sich einmal drehen soll.

2. Zahnrad-Arten

Stirnzahnräder: Sie sind am zylindrischen Radumfang verzahnt.

Tellerzahnäder: Diese sind auf der Kreisfläche verzahnt. Man verwendet sie in Verbindung mit einem Stirnzahnrad, wenn zwei in einem Winkel von 90° sich schneidende Achsen zusammentreffen. Man nennt sie auch „Planräder“

Kegelzahnäder: Diese Form der Zahnäder wählt man, wenn die zwei Wellen sich schneiden. Im allgemeinen werden sie für ein Übersetzungsverhältnis von $1 : 1$ und 90° Winkel gebaut.

Die drei genannten Formen kann man zusammen als „außenverzahnte“ Räder betrachten.

Innenverzahnte Räder: Für Spezialgetriebe, z. B. für Planetengetriebe. (Nur im fischertechnik-Getriebebaukasten u-t 2 enthalten.)

Schraubenräder: Die Verbindung zwischen zwei sich kreuzenden Achsen kann man mit einem Schraubenrad und einem stirnverzahnten Rad herstellen. Der Kreuzungswinkel kann kleiner und größer als 90° sein. Die Steigung der Schraube muß dann entsprechend angepaßt sein. Im allgemeinen nur für Untersetzung bis maximal 5 : 1.

Schneckenräder: Mit Hilfe von Schneckenrädern verbindet man unter 90° sich kreuzende Achsen. Das aus Schnecke und Schneckenrad bestehende Radpaar erlaubt nur eine Untersetzung. (Bis 40 : 1!) (Nur im Getriebebaukasten u-t 2 enthalten.) Für einfache Anwendungen kommt man mit einem gewöhnlichen, geradeverzahnten Stirnrad als Schneckenrad aus.

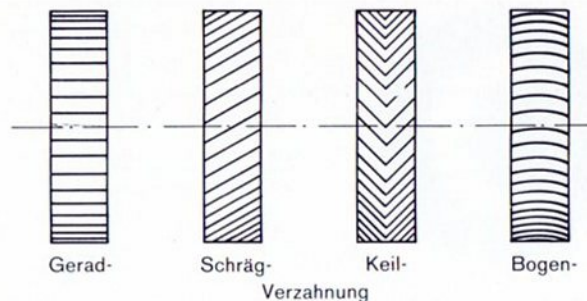
3. Forderung an die Verzahnung

Die Form der Zähne eines zusammengehörigen Zahnradpaares soll so gewählt werden, daß sich jeweils nur zwei Zähne berühren und die sich „kämenden“ Zahnflanken aufeinander „abwälzen“. Der Berührungspunkt der beiden Zahnflanken wandert also bei Drehung der Räder. Beim Übertragen der Kraft vom antreibenden auf das getriebene Zahnrad soll also an den Zahnflanken *keine* gleitende Reibung entstehen, der Übertragungspunkt soll wandern! Damit ergibt sich der geringste Verschleiß.

Nur beim Schneckenrad sind die Reibungsverhältnisse ungünstig. Der Wirkungsgrad ist bei dieser Getriebeart schlechter als bei einer Paarung von zwei Stirnzahnradern; dafür erreicht man eine höhere Untersetzung.

4. Verzahnungsformen

Am meisten verwendet sind *Gerad-* und *Schrägverzahnungen* (bei fischertechnik-Bauelementen nur Geradverzahnung). Die Schrägverzahnung wählt man für sehr geräuscharme Getriebe. Daneben gibt es noch die *Keilverzahnung*. Sie ist eine zweifache Schrägverzahnung. Die *Bogenverzahnung* wird für Gegenräder von Schnecken eingesetzt (Schneckenrad).



5. Zahnprofil

Es gibt mehrere Zahnprofile. Das meistverwendete ist die Form der „Evolvente“.

6. Kopfkreisdurchmesser

Der Kopfkreisdurchmesser ist der größte Durchmesser des Zahnrades.



Abb. 11: fischertechnik-Stirnzahnräder

Die untere Achse trägt die Zahnräder mit 30, 20, 15 und 10 Zähnen. Auf der oberen Achse drehen sich die Zahnräder mit 15 und 20 Zähnen. Die Stufung der fischertechnik-Zahnräder wurde so gewählt, daß sich eine für den Modellbau ausreichende Anzahl von Getriebekombinationen bauen läßt. Jedes einzelne Zahnrad kann entweder fest mit der Welle montiert werden oder sich lose auf einer Achse drehen.



Abb. 12: Innenverzahntes Rad

Innenverzahnte Getriebe lassen sich leicht hermetisch abschließen, wenn dies gefordert sein sollte. Ihre besondere Bedeutung erlangen sie in sog. „Planetengetrieben“. Diese ermöglichen Übersetzungen, wie sie sonst nur durch Schneckengetriebe erreichbar sind. Sie lassen sich mit höherem Wirkungsgrad bauen als Schneckengetriebe, allerdings ist der Materialaufwand größer.

7. Fußkreisdurchmesser

Dieser Durchmesser wird an der tiefsten Stelle der Verzahnung gemessen.

8. Teilkreisdurchmesser

Dieser für die Ermittlung der richtigen Abstände der beiden Wellen wichtige Durchmesser hängt von der Art des Zahnprofils ab. In erster Näherung liegt er im Mittel zwischen Kopfkreis- und Fußkreisdurchmesser (Berechnung siehe nächsten Abschnitt).

9. Modul

Es gibt grob- und feinverzahnte Zahnräder. Man beschreibt dies exakt durch Angabe des „Moduls“ des Zahnrades.

Der Modul m errechnet sich:

$$\text{Modul } m = \frac{t}{\pi} \quad (\text{mm})$$

Die Teilung t ist der Abstand zweier benachbarter, gleichgerichteter Zahnflanken, gemessen in Teilkreisdurchmesser. π ist die Zahl 3,14. Der Modul hat also die Dimension mm .

Damit die Möglichkeit des Austausches von einzelnen Rädern unterschiedlicher Fabrikate gegeben ist, hat man eine Normvorzugsreihe für Modulwerte erstellt. fischertechnik verwendet für Einzelräder den Modul 1,5 mm und im Getriebeblock ($u-t-2$) mit auswechselbaren Wellen den Modul 0,5 mm.

Den Teilkreisradius errechnet man mit der Formel

$$r = \frac{z \cdot t}{2\pi} = \frac{z \cdot m}{2}$$

wobei z die Anzahl der Zähne des Zahnrades ist. Häufiger rechnet man mit dem Teilkreisdurchmesser:

$$d = z \cdot m$$

10. Drehrichtung

Die zwei Räder eines „Radpaares“ mit parallelen oder sich schneidenden Achsen drehen sich immer gegenläufig. Sollen sich zwei Getriebewellen gleichsinnig drehen, so muß ein Zwischenrad eingebaut werden.

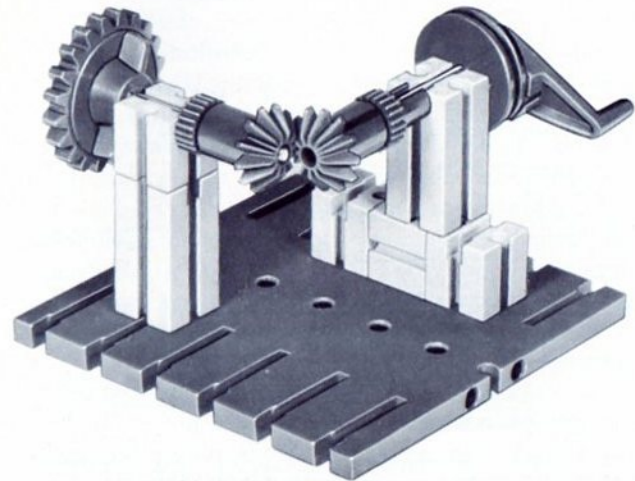


Abb. 13: Kegelzahnradgetriebe

Die Übertragung von der Antriebswelle auf die unter 90° schneidende Abtriebsachse erfolgt hier mit Kegelrädern. Das Übersetzungsverhältnis ist 1:1. Ein solches Getriebe nennt man auch ein „Winkelgetriebe“.

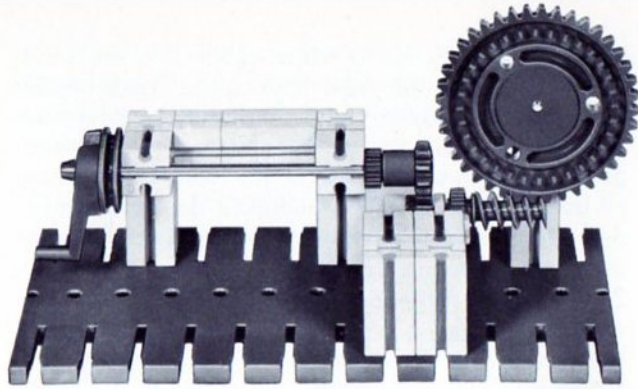


Abb. 14: Schneckenradgetriebe

Dieses Schneckengetriebe untersetzt 40 : 1. Das Zwischengetriebe mit Schnecke und einem Stirnzahnrad mit $z = 10$ kommt aus dem fischertechnik-Getriebebaukasten u-t 2.

11. Übersetzungsverhältnis (siehe auch Seite 111)

Unter dem Übersetzungsverhältnis versteht man auch bei verzahnten Stirn-, Teller- und Kegelrädern das Verhältnis der Drehzahl „n“ der beiden miteinander im Eingriff stehenden Räder. Weil man die Drehzahlen im allgemeinen aber nicht kennt, rechnet man mit der Anzahl „z“ der Zähne der zwei im Eingriff stehenden Zahnräder.

$$\text{Übersetzung } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Statt eines Bruches schreibt man meist: $i = z_2 : z_1$

Der Index 1 wird für das antreibende Rad, der Index 2 für das getriebene Rad benutzt.

Hat das treibende Rad mehr Zähne als das getriebene Rad, so dreht sich die getriebene Welle schneller als die treibende. Man übersetzt also „ins Schnelle“. Zum Beispiel: 1 : 2 oder 1 : 5 oder 1 : 1,2. Muß sich aber die treibende Welle mehr als einmal drehen, bis sich die getriebene Welle um 360° dreht, so spricht man von einer Untersetzung, z. B. 2 : 1. Man nennt sie auch eine „Übersetzung ins Langsame“

Bei Schrauben- und Schneckenradgetrieben drückt die Schnecke während einer Umdrehung das stirnver-

zahnte Gegenrad um einen Zahn weiter. Das Übersetzungsverhältnis ist also:

für Schneckengetriebe: $i = z_2$.

Schaltet man mehrere, jeweils aus einem Räderpaar bestehende Getriebe hintereinander, so erhält man ein mehrstufiges Getriebe. Bezeichnet man mit i_1 das Übersetzungsverhältnis des ersten Getriebes und mit i_2 das des zweiten Getriebes, so ist die Gesamtübersetzung $I = i_1 : i_2$.

Die Indices für die Zahnräder wählt man in Richtung des Kraftflusses. Für vier Räder bestimmt man das Übersetzungsverhältnis durch:

$$i = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$$

Die treibenden Räder erhalten ungerade, die getriebenen Räder gerade Index-Ziffern.

Hat man zwei Zahnräder durch ein Zwischenrad verbunden, so darf man in obiger Gleichung $z_2 = z_3$ setzen. Man sieht auch daraus, daß die Größe des Zwischenrades ohne Einfluß auf das Übersetzungsverhältnis ist.

12. Zahnradsortiment (der fischertechnik-Lernbaukästen)

Es gibt folgende Stirnzahnräder mit Modul 1,5:

$$z = 40 \quad 30 \quad 20 \quad 15 \quad 10$$

Dazu noch Kegelräder mit $z = 12$.

Die Tellerradverzahnung des großen Zahnrades hat 30 Zähne. Die Räder mit $z = 12$ und 10 werden komplett mit Spannzange zur Befestigung an fischertechnik-Achsen geliefert. Das Rad mit $z = 15$ wird auf das Rändel einer Spannzange aufgeschoben. Alle anderen Zahnräder werden in Verbindung mit den fischertechnik-Naben und Flachnaben verwendet.

Der Lernbaukasten u-t 1 enthält nur Zahnräder mit 40, 20 und 10 Zähnen (stirnverzahnt), zusätzlich Kegelzahnräder. Das Innenzahnrad mit 30 Zähnen findet man im u-t 2, ebenso die Getriebeschnecke.

Die Zahnräder mit dem Modul 0,5 sind vor allem für den an den Motor ansteckbaren Getriebeblock gedacht. Die Spannzangen der kleinen Zahnräder sind ebenfalls mit Modul 0,5 verzahnt.

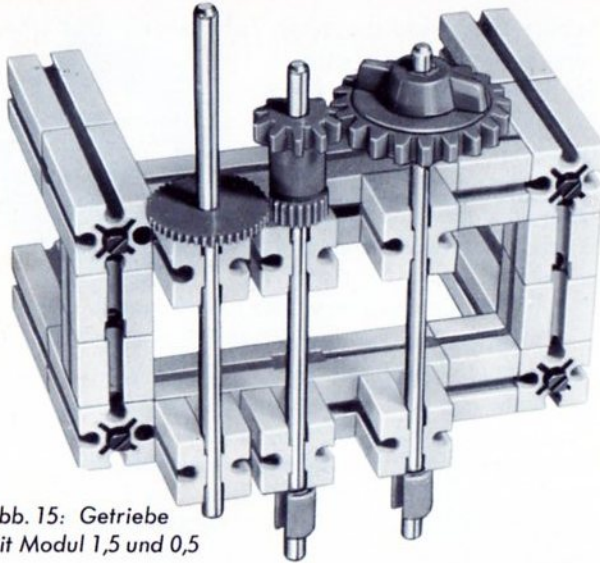


Abb. 15: Getriebe mit Modul 1,5 und 0,5

Das Bild zeigt je ein Zahnradpaar mit dem Modul 1,5 (grobe Verzahnung) und dem Modul 0,5 (feine Verzahnung). Das Übersetzungsverhältnis für $m = 1,5 \text{ mm}$ ist $20 : 10 = 2 : 1$. Das Übersetzungsverhältnis für die feiner verzahnten Räder ist $22 : 44 = 1 : 2$. Die beiden äußeren Wellen drehen sich also gleich schnell.

13. Achsen und Wellen

Die fischertechnik-„Achsen“ sind Zylinderstifte, die als Achse oder als Welle eingesetzt werden können.

Eine Achse steht im allgemeinen still. Auf ihr sind ein oder mehrere Räder drehbar angeordnet. Sind jedoch ein oder mehrere Zahnräder starr mit einer solchen „Achse“ verbunden, so ist aus der Achse eine „Welle“ geworden.

Nur über die Welle kann man ein Drehmoment übertragen. Die Achse wirkt als Stützelement und ist meist auf Biegung beansprucht, während die Welle vor allem auf Torsion (= Verdrehung) beansprucht wird.

3.3.2 Beispiele einfacher Zahnradgetriebe

Die Abb. 9 bis 15 zeigen einfache Getriebe. Man wird bei der Aufforderung zur Konstruktion eines Getrie-

bes anfangs davon ausgehen, daß die Lage von Kraft- und Arbeitsmaschine und das Übersetzungsverhältnis vorgegeben sind. Es bedarf wohl keiner weiteren anregenden Abbildungen, um Zahnradgetriebe mit noch größerer Unter- oder Übersetzung zu bauen. Auch die Notwendigkeit des Abstimmens des gegenseitigen „Eingriffs“ zweier Verzahnungen durch Veränderung des Abstands der beiden je ein Zahnradpaar tragenden Wellen, wird der Schüler schnell begreifen.

Bei fortgeschrittenem Ausbildungsstand sollten die Arbeitsthemen so gewählt werden, daß die Parameter: technischer Aufwand – Kosten – Wirkungsgrad – Benutzungsdauer – Lebensdauer usw. auch bei beliebiger Anordnung, ja sogar bei freier Wahl des Typs der Kraftmaschine, gegeneinander abgewogen werden können. Es sollte daraus die „optimale“ Lösung des gestellten Problems gesucht und gefunden werden.

3.4 Reibrad-Getriebe

3.4.1 Technische Information

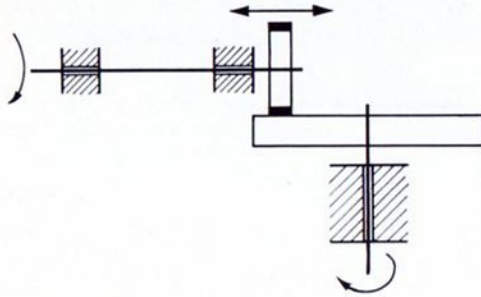
Darunter versteht man Getriebe mit unverzahnten Rädern, die an je einer Stirn- oder Planseite gegeneinander gepreßt sind und bei Bewegung Kräfte übertragen können. Die sich berührenden Flächen sind meist mit einem Reibbelag versehen.

Vorteile: Kräfte werden stoßfrei und druckfrei übertragen, preisgünstig. Plötzlich auftretende starke Stöße werden elastisch (durch Schlupf!) aufgefangen.

Nachteil: Schlupf. Abnutzung des Reibbelages, zum Teil auch ungleichmäßig. Hohe Achslagerdrücke, besonders bei sich schneidenden oder kreuzenden Wellen. Auch die Wellen selbst werden wegen der ungünstig liegenden Kraftangriffspunkte auf Biegung beansprucht.

Die kraftschlüssige Reibverbindung zweier Scheiben eröffnet die Möglichkeit, ein einfaches Getriebe mit stufenloser Verstellung des Übersetzungsverhältnisses zu bauen!

Meist ist die waagerechte Welle längsverschieblich angeordnet! Damit läßt sich der wirksame Durchmesser des Reibrades auf der senkrechten Welle verändern.



3.4.2 Beispiel: Reibrad-Wendegetriebe (Abb. 16)

Auf der Antriebsseite könnte man statt der Planräder mit relativ glatter Oberfläche auch fischertechnik-Reifen verwenden. Deren Reibkoeffizient ist in Verbindung mit dem Material der kleinen Reifen höher als bei den Kunststoffoberflächen der fischertechnik-Drehscheiben.



3.5 Wechsel- und Schaltgetriebe

3.5.1 Technische Information

In der Technik muß oft die Drehzahl der Arbeitsmaschinen, z. B. einer Bohrmaschine oder der Antriebsräder eines Kraftfahrzeuges an die jeweiligen Gegebenheiten (Bohrerdurchmesser bzw. Geländesteigungen) angepaßt werden. In anderen Fällen muß die Drehrichtung der Arbeitsmaschine bei Beibehaltung der Drehrichtung der Kraftmaschine umgestellt werden können. Im ersten Fall verwendet man „Stufengetriebe“, im zweiten „Wendegetriebe“.

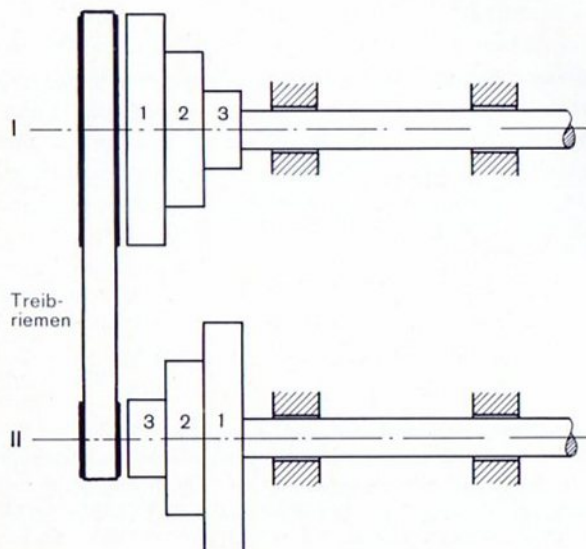
Die technisch einfachste Lösung erhält man mit einem „Wechselgetriebe“. Bei ihm werden einfach die zusammengehörigen Zahnradpaare von Hand ausgewechselt. Läßt man alle Zahnräder im Getriebe und bewirkt die Änderung des Übersetzungsverhältnisses von außen, z. B. mit Hilfe einer oder mehrerer „Schaltklauen“, so spricht man von „Schaltgetrieben“. Man unterscheidet Schaltgetriebe, die nur bei Stillstand aller Räder geschaltet werden dürfen und solche, bei denen auch unter voller Belastung der Schaltvorgang bewirkt werden kann. Meist begnügt man sich jedoch aus Kostengründen mit einem Getriebe, dessen „Gänge“ bei abgekuppelter Last (durch eine getrennte Kupplung), aber laufender Antriebswelle, schaltbar sind. Dies ist z. B. beim Kraftfahrzeug der Fall. Hier sorgt man – von preisgünstigen Lösungen abgesehen – durch geeignete Mittel für die „Synchronisation“, d. h. Gleichlauf der in Eingriff zu bringenden Wellen, bevor diese wirklich in Eingriff gebracht werden.

◁ Je nachdem, ob die Antriebswelle mit der Handkurbel zusätzlich zur Drehbewegung auf Zug oder Druck beansprucht wird, ändert sich die Drehrichtung der Abtriebswelle. Durch Längsverschiebung der Abtriebswelle läßt sich das Übersetzungsverhältnis ändern.

Nicht immer genügt ein Getriebe mit in Stufen veränderbaren Drehzahlen. Getriebe mit kontinuierlicher Drehzahlveränderung oder kontinuierlicher Drehmomentwandlung sind aber wesentlich aufwendiger. Die kontinuierlich verstellbaren Getriebe arbeiten – von einigen aber bedeutenden Ausnahmen abgesehen – elektrisch (Gleichstrommotor mit verstellbarem Kommutator oder Wechselstrommotor mit Frequenzänderung oder mit Phasenanschnitt) oder hydraulisch (Drehmomentwandler beim Kraftfahrzeug) oder magnetisch oder in Kombinationen davon. Stufengetriebe baut man dagegen im allgemeinen auf mechanischer Grundlage. Es gibt zahlreiche Varianten. Sie beruhen auf folgendem Grundprinzip:

3.5.2 Stufenscheibengetriebe

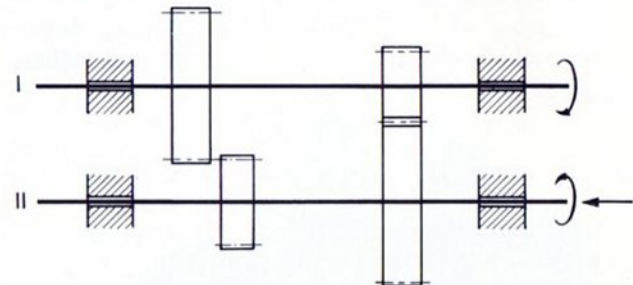
Ein Riemen überträgt die Kraft von Welle I auf Welle II über eine der drei Scheibenkombinationen 1–3 oder 2–2 oder 3–1. Die Durchmesser sind so abgestimmt, daß der Abstand der zwei Wellen und die Riemenlänge gleichbleiben können.



Mit Hilfe von zusätzlich anzubringenden „Klauen“ wird es auch möglich, den Treibriemen bei laufenden Wellen umzulegen. In diesem Fall haben wir ein ganz einfaches Schaltgetriebe.

3.5.3 Zahnrad-Stufengetriebe

Sind die zwei Zahnräder auf Welle I und II in verschiedenen Abständen montiert, so kann man durch Verschieben der Welle II einen (oder für Leerlauf: keinen) der zwei Radpaare in Eingriff bringen. Diese einfachste Schaltmethode arbeitet naturgemäß nur bei ganz langsam laufenden Wellen oder bei sehr kleiner Differenz der Drehzahlen einwandfrei. Im Stillstand der zwei Räder könnten diese unter Umständen nicht ineinanderfinden. Bei starkem Drehzahlunterschied wirkt das schneller laufende Rad als Fräser!



Deshalb arbeitet man, wenn bei laufenden Wellen geschaltet werden soll, mit einer Zwischenwelle, die automatisch beim Schaltvorgang auf die erforderliche Drehzahl gebracht wird. Beim Kraftfahrzeug kuppelt man zusätzlich für den Schaltvorgang die Last mit einem besonderen Kupplungsgetriebe ab.

Bei gegebenem Wellenabstand kann man Zahnzahl und Durchmesser der Zahnräder für die gewünschten Übersetzungsverhältnisse leicht errechnen. Ist dagegen ein Zahnradpaar vorgegeben, so kann man den Abstand der zwei Wellen bestimmen und für das oder die anderen Übersetzungsverhältnisse die Zahnräder ermitteln.

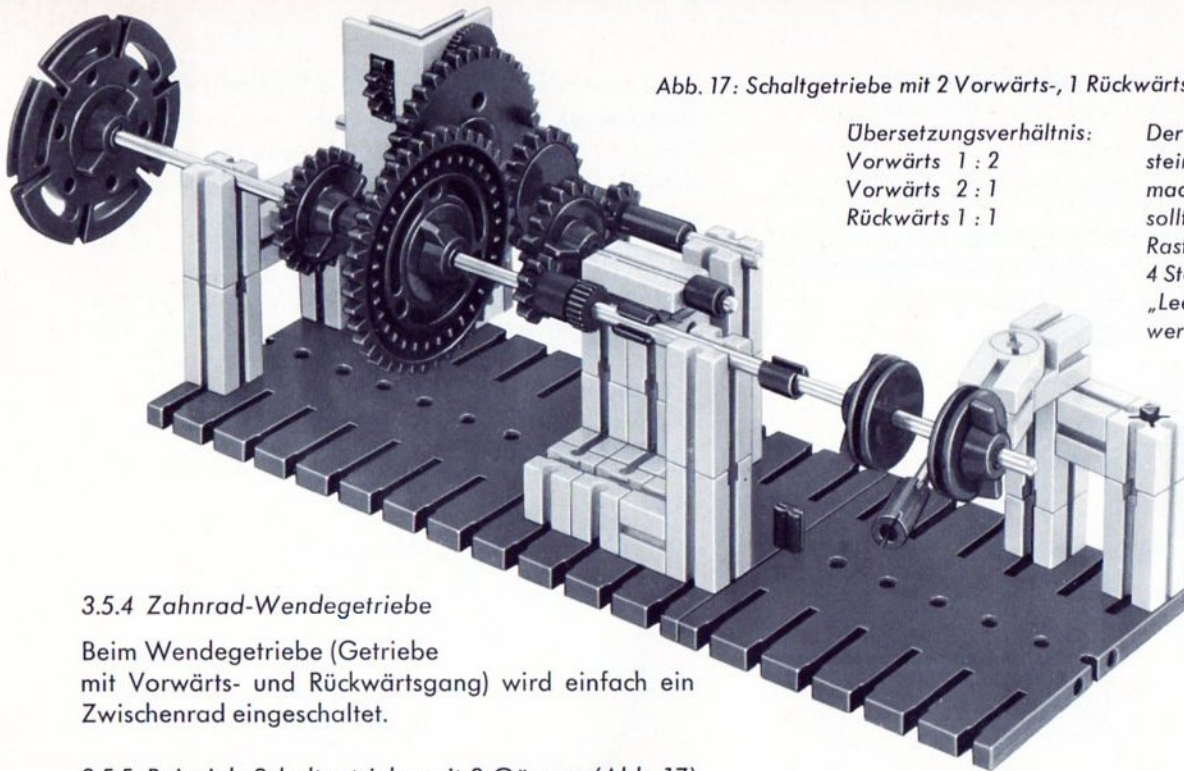


Abb. 17: Schaltgetriebe mit 2 Vorwärts-, 1 Rückwärtsgang und Leerlauf

Übersetzungsverhältnis:

Vorwärts 1 : 2

Vorwärts 2 : 1

Rückwärts 1 : 1

Der mit einem Gelenkstein schwenkbar gemachte „Schaltstock“ sollte mit einer Rastung für 4 Stellungen (einschl. „Leerlauf“) versehen werden.

3.5.4 Zahnrad-Wendegeriebe

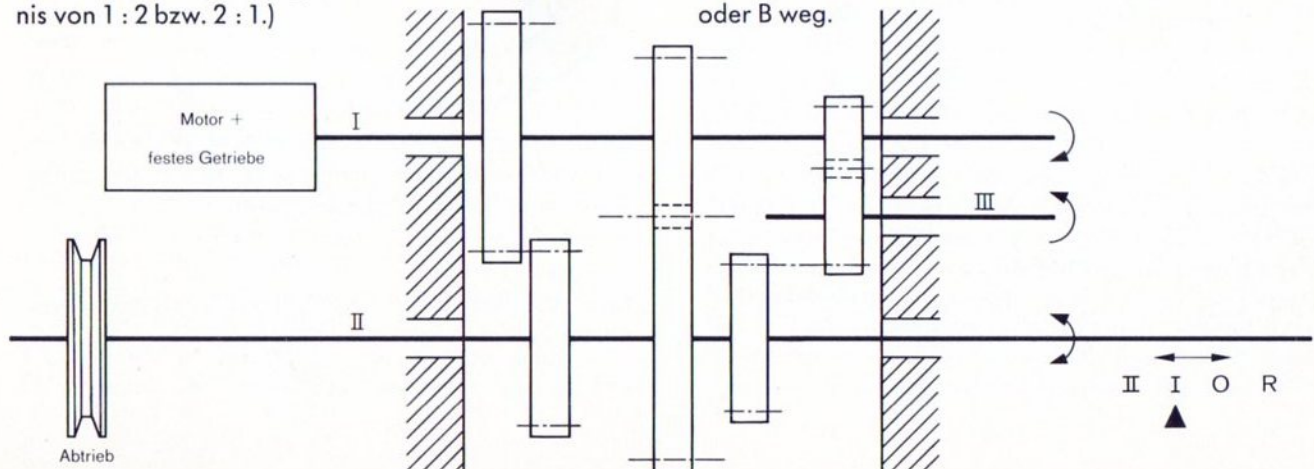
Beim Wendegeriebe (Getriebe mit Vorwärts- und Rückwärtsgang) wird einfach ein Zwischenrad eingeschaltet.

3.5.5 Beispiel: Schaltgetriebe mit 3 Gängen (Abb. 17)

Auf der Motorwelle I und der Getriebewelle II sind Zahnräder mit unterschiedlichen Durchmessern befestigt. Betrachten wir zunächst nur die Zahnradpaare A und B mit der Verzahnung $z_1 = 40$ bzw. 20 und $z_2 = 20$ bzw. 40. (Das ergibt ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 2 bzw. 2 : 1.)

Bei eingelegtem Rückwärtsgang erfolgt die Kraftübertragung über die Zwischenwelle III. Sie kehrt die Drehrichtung um. Das Übersetzungsverhältnis im Rückwärtsgang könnte natürlich auch anders als 1 : 1 gewählt werden.

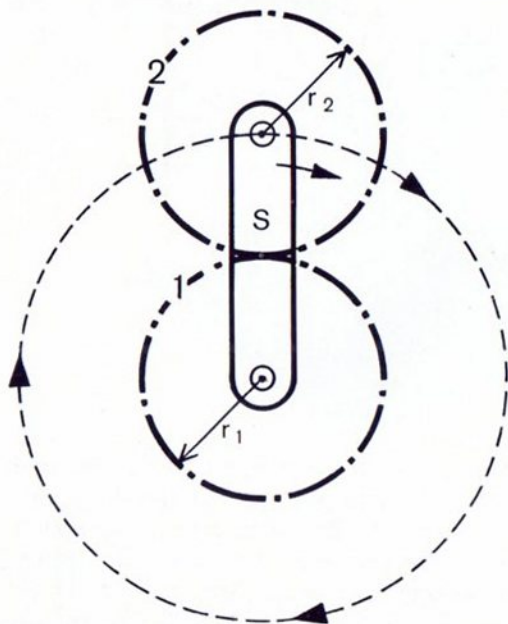
Wer nur u-t-1 einsetzen kann, läßt das Radpaar A oder B weg.



3.6 Planeten- und Differentialgetriebe

3.6.1 Einfache Planetenräder

Läßt man um ein feststehendes Zahnrad 1 (z. B. ein außenverzahntes Stirnrad) ein weiteres Zahnrad 2 umlaufen, so arbeitet dieses zweite Zahnrad als „Planetenzahnrad“ (auch „Umlaufzahnrad“ genannt).



Die Verbindung zwischen den beiden Rädern stellt man durch einen sogenannten Steg „S“ her, an dessen Enden die zwei Zahnräder drehbar gelagert sind. Hält man das Rad 1 fest und treibt den Steg an, so rollt Rad 2 auf Rad 1 ab. Haben die zwei Zahnräder gleichen Durchmesser und führt man den Steg einmal herum, so dreht sich das Rad 2 zweimal. (Der Mittelpunkt des Rades 2 dreht sich im Abstand von $2r$ um den Mittelpunkt von Rad 1.)

Allgemein gilt für das Übersetzungsverhältnis zwischen Rad 2 und Steg S, wenn Rad 1 feststeht:

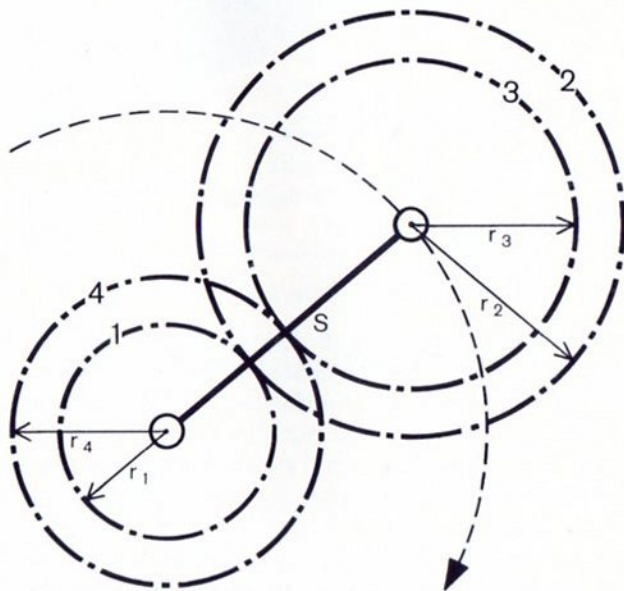
$$i_{2S} = \frac{n_2}{n_S} = 1 + \frac{r_1}{r_2}$$

Baut man das Planetengetriebe aus Rädern mit Innenverzahnung, so ergibt sich:

$$i_{2S} = \frac{n_2}{n_S} = \frac{r_1}{r_2} = 1$$

3.6.2 Rückkehrendes Planetengetriebe

Fügt man zu dem im letzten Abschnitt besprochenen Radpaar ein weiteres, um die selben Achsen drehbares, aber mit einem anderen Übersetzungsverhältnis ausgestattetes Radpaar hinzu und verbindet z. B. Rad 2 mit Rad 3 starr zu einer Einheit, so erhält man ein stark unter- oder übersetzendes Planetengetriebe.



Rad 1 kämmt mit Rad 2, das mit Rad 3 starr verbunden ist. Rad 3 kämmt mit Rad 4. Das Übersetzungsverhältnis zwischen Rad 4 und Steg S ist:

$$i_{4S} = \frac{n_4}{n_S} = 1 - \frac{r_1 \cdot r_3}{r_2 \cdot r_4}$$

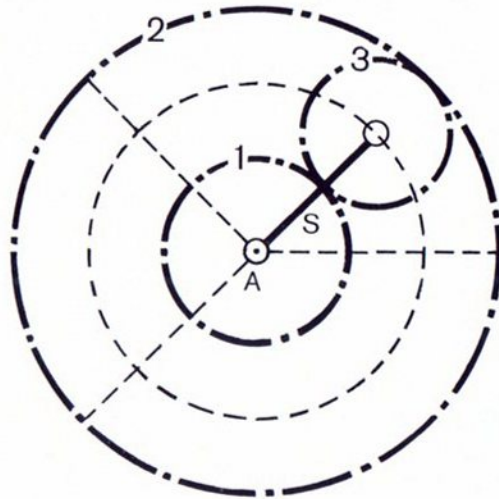
Hält man Rad 4 fest, so wird das Übersetzungsverhältnis zwischen Rad 1 und Steg S:

$$i_{1S} = 1 - \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 \cdot r_4}$$

3.6.3 Differentialgetriebe mit Planetenrad

Darunter versteht man im allgemeinen Getriebe mit 3 Elementen, wovon 2 von verschiedenen Antrieben angetrieben werden. Das 3. Element erfährt eine Drehung, die vom Drehzahlunterschied der beiden anderen Glieder abhängt.

Um die Achse A ist – unabhängig voneinander – das außenverzahnte Rad 1, das innenverzahnte Rad 2 und das innere Ende des Steges S drehbar. Das



außenverzahnte Rad 3 ist frei drehbar am äußeren Ende des Steges S gelagert.

Treibt man Rad 1 und Rad 2 im jeweils entgegengesetzten Drehsinn, und zwar so an, daß Rad 1 entsprechend dem Verhältnis der Zähnezahle von Rad 1 und 2 die höhere Drehzahl hat, so dreht sich Rad 3 auf der Stelle und der Steg S bleibt stehen.

Dreht man eines der beiden Räder 1 oder 2 etwas schneller oder langsamer, so dreht sich der Steg langsam nach links oder rechts.

Natürlich kann man auch den Steg antreiben und Rad 1 oder Rad 2 festhalten.

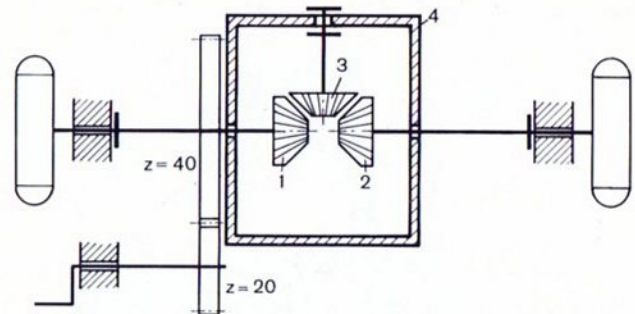
Ganz allgemein gilt: $n_1 \cdot z_1 + n_2 \cdot z_2 = n_S \cdot (z_1 + z_2)$

Dreht eines der zwei Räder oder der Steg in ent-

gegengesetzter Richtung, so wird dies durch ein Minus-Vorzeichen in der Gleichung berücksichtigt.

3.6.4 Differentialgetriebe mit Kegelrädern

Statt mit einem innenverzahnten Rad, kann man das Differential auch aus Stirn- und Kegelrädern bauen.



Das zugehörige Modell zeigt die Abb. 18.

Prinzip:

Treibt man das linke und rechte Rad (nicht die Handkurbel!) gleich schnell in – vom Betrachter aus gesehen – gleicher Richtung an, so entsteht keine „Relativ“-Bewegung zwischen den mit diesen zwei Rädern starr verbundenen Kegelrädern 1 und 2. Über das dritte Kegelrad 3 wird der „Korb“ 4 mitgenommen. Der Korb treibt über das Stirnräderpaar $z_1 = 40 / z_2 = 20$ die Welle mit der Handkurbel an.

Beim Bau des Modelles ist darauf zu achten, daß die zwei Wellen mit den Kegelrädern im Korb frei drehbar sind.

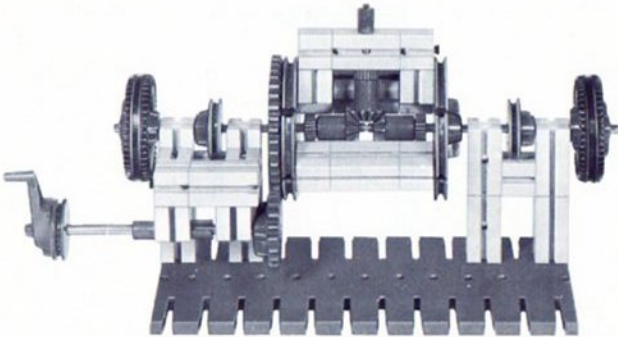
Dreht man die zwei Wellen mit den Rädern – vom Betrachter aus gesehen – in jeweils entgegengesetzter Richtung und damit – von der jeweiligen Antriebsseite her gesehen – gleichsinnig an, so bleibt der Korb im Stillstand.

Das Differentialgetriebe wird praktisch eingesetzt für Steuerungen und Regelkreise zum Nachregeln eines von zwei Antrieben, wenn beide Antriebe synchroni-

siert (d. h. gleich schnell) sein sollen. Dies ist z. B. mit Hilfe des fischertechnik-Lernbaukastens u-t 4 berührungslos realisierbar.

Abb. 18: Differentialgetriebe

im Hinterachsantrieb eines Kraftfahrzeuges zum Ausgleich der Wegunterschiede bei Kurvenfahrt.



Einsatz als Ausgleichsgetriebe im Kraftfahrzeug:

Die häufigste Anwendung des Differentialgetriebes finden wir jedoch beim Kraftfahrzeug. Der Kraftfluß verläuft gegenüber dem bisher Gesagten in umgekehrter Richtung. Es gibt nur einen Antrieb, nämlich den vom Motor her. Die Übertragung der Kraft auf zwei Räder erfolgt über den „Korb“ des Differentials. Der Korb ist in diesem Fall natürlich in einem Gehäuse gekapselt.

Die Kraft des Motors soll möglichst gleichmäßig auf die beiden Räder übertragen werden.

Wir wissen, daß bei Kurvenfahrt das innere Rad eine kürzere Strecke zurücklegt als das äußere Rad. Es läuft also in diesem Falle mit kleinerer Drehzahl als das äußere Rad. (Hat man nur eine starre Verbindung zwischen den beiden Antriebsrädern, also eine Welle mit zwei fest darauf fixierten Rädern, so muß bei Kurvenfahrt eines oder beide Räder auf dem Boden rutschen. Dies bedeutet erhöhte Reifenabnutzung.) Schaltet man ein Differentialgetriebe zwischen Motor und antreibenden Rädern, so wirkt dieses als „Ausgleichs-Getriebe“

Der „Ausgleich“ findet folgendermaßen statt: Solange die Bodenreibung am linken und rechten Rad gleich groß ist – dies ist bei Geradeausfahrt der Fall – steht das mittlere Kegelrad des Differentials still. Die zwei Räder drehen sich so schnell wie der Korb des Differentials. Sobald bei Beginn der Kurvenfahrt ein Rad schneller als das andere läuft (und damit die Bodenhaftung der zwei Räder etwa gleich bleibt), dreht sich der Korb.

Fährt man wieder geradeaus, so steht das mittlere Kegelrad sofort wieder still. (Erst wenn man genau die gleiche Kurvenfahrt in entgegengesetzter Richtung fahren würde, würde das mittlere Ausgleichs-Kegelrad in die vorher innegehabte Ausgangsstellung zurückkehren.)

Im Grenzfalle, nämlich bei sehr engem Kurvenradius, kann sogar das eine Rad stillstehen. Das zweite, äußere Rad läuft dann mit doppelter Geschwindigkeit als bei Geradeausfahrt.

4. Kupplungen

4.1 Technische Information

1. Aufgabe und Arten

Kupplungen sollen den Kraftfluß von einer Welle auf eine andere übertragen. Dabei soll die zweite Welle genau oder zumindest annähernd mit der treibenden Welle fluchten. Man unterscheidet zwischen Kupplungen, die den Kraftfluß ständig übertragen sollen und Kupplungen, die zum ständigen Auftrennen und Schließen des Kraftflusses geeignet sind. Man nennt sie „Schaltkupplungen“ Oft sind sie mit Schaltgetriebe zusammengebaut.

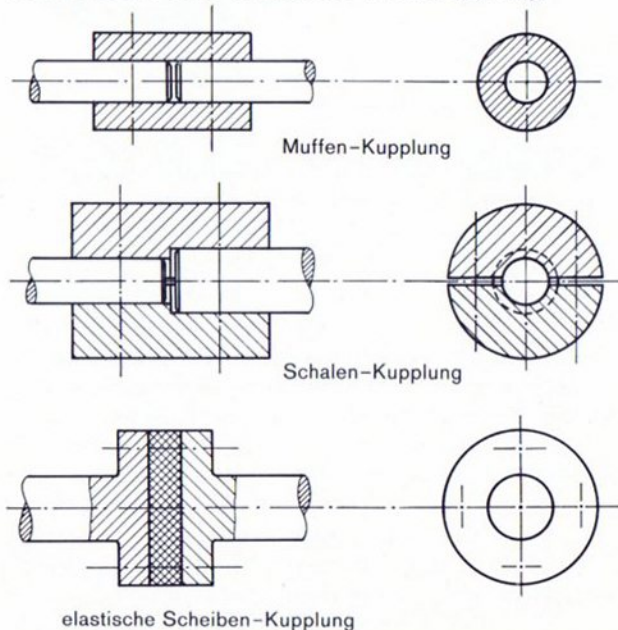
Daneben gibt es noch „Sicherheitskupplungen“, die bei Überschreiten eines bestimmten Grenzwertes automatisch entkuppeln oder das zu übertragende Drehmoment begrenzen.

2. Feste Kupplungen

Zur Kupplung von genau zueinander fluchtenden Wellen benutzt man Muffen- oder Schalenkupplungen. Die fischertechnik-Achskupplung ist zum Beispiel eine *Muffenkupplung*. *Schalenkupplungen* sind zweiteilige Muffenkupplungen. Sie verbinden Wellen gleichen oder annähernd gleichen Durchmessers. Zur Übertragung größerer Drehmomente werden Wellen und Kupplungsteile mit Keilnuten versehen und nach Einschieben eines Keiles fest miteinander verschraubt. Für stärker beanspruchte Wellen verwendet man auch *Flanschkupplungen*. Jedes der zwei zu verbindenden Wellenenden wird mit einer Scheibe versehen. Diese Scheiben (= Flansche) verbindet man dann durch Schrauben.

3. Elastische Scheibenkupplung

Diese Art braucht man, wenn die zwei Wellen nicht ganz genau fluchten. Den Ausgleich schafft man durch Beilegen einer elastischen Scheibe zwischen die beiden Flansche einer normalen Flanschkupplung.



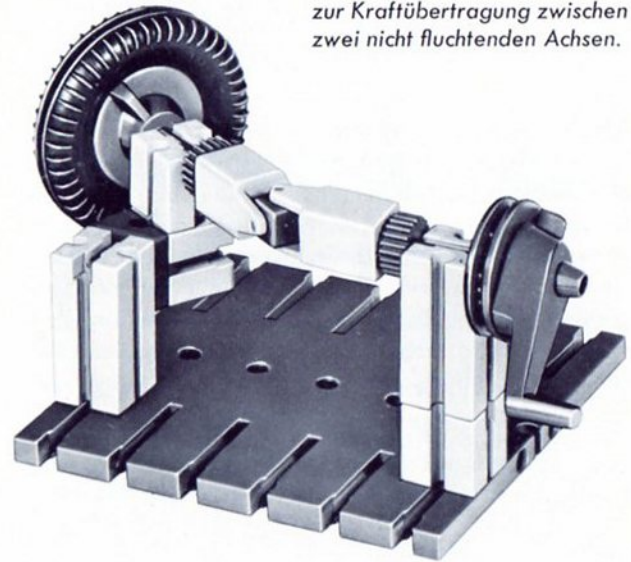
4. Gelenkige Verbindung zweier Wellen (Kardangelenk)

In der Technik muß man oft zwei Teilaggregate (z. B. Kraft- und Arbeitsteil einer Maschine) miteinander koppeln. Dabei macht es sehr oft Schwierigkeiten, die zwei Wellen so zu lagern, daß sie ganz genau miteinander fluchten. Es gibt auch Fälle, bei denen die zwei Wellen ständig Relativbewegungen zueinander ausführen.

Stehen die beiden Wellen in einem Winkel zueinander, so kann man als Koppelglied im Schnittpunkt der beiden Wellen ein sogenanntes „Kardangelenk“ einbauen. Sind die Wellen aber parallel zueinander

Abb. 19: Gelenkkupplung

zur Kraftübertragung zwischen zwei nicht fluchtenden Achsen.



versetzt (ergeben also keinen Schnittpunkt) oder liegt der Schnittpunkt der Wellen nicht günstig, so arbeitet man mit zwei Kardangelenken und einer Zwischenwelle. Man erhält eine sogenannte „Gelenkwelle“. Mit einer solchen Anordnung ist z. B. die (federnde) Hinterachse eines Kraftfahrzeuges mit dem (etwas elastisch) gelagerten Motor kraftschlüssig verbunden.



Zu beachten ist, daß durch Kardangelenke eine exakte Drehbewegung in ruckartige Bewegung gewandelt wird. Nur bei kleinem Schnittwinkel zwischen den zu verbindenden Wellen darf die Wirkung dieses Phänomens unberücksichtigt bleiben!

5. Schaltkupplungen

Mit Hilfe von Schaltkupplungen kann man den Kraftfluß in einem Getriebe oder in einer Maschine oder einer ganzen Anlage auftrennen bzw. einleiten. Man unterscheidet ganz generell zwischen der (einfacheren) Gruppe der Kupplungen, die sich nur im Stillstand ein- bzw. ausrücken lassen und Kupplungen, die bei laufender Antriebswelle und stehender oder laufender Arbeitswelle kuppeln können.

Kupplungen, die sich nur im Stillstand einrücken lassen, besitzen im allgemeinen Klauen auf jeder der beiden Kupplungsscheiben. Mit Hilfe einer Feder oder anderen Methoden hält man die beiden Klauen-scheiben im Eingriff. Zur Erzielung eines möglichst geringen Verschleißes läßt man die Feder im allgemeinen auf die längsverschiebliche Arbeitswelle wirken. Statt Klauen kann man auch Verzahnung neh-

men. Hinterstellt man die Klauen etwas, so kann auf eine Druckfeder im gekoppelten Betrieb verzichtet werden. Die Feder muß dann nur im ausgerückten Zustand wirken.

Zur Kupplung von Wellen, die sich mit unterschiedlicher Drehzahl drehen oder von denen eine sogar still steht, benötigt man ein Medium, das für eine bestimmte Zeitspanne die beim Angleich der Drehzahlen entstehende Reibungswärme aufnimmt. Im einfachsten Fall ist dies ein „Reibbelag“. Dieser Reibbelag muß also um so größer sein, je höher das zu schaltende Drehmoment ist und je häufiger (pro Zeiteinheit) Schalt-Vorgänge vorgenommen werden.



Abb. 20: Reibkupplung

Die Verbindung zwischen der Antriebswelle (mit Handkurbel) und der Arbeitswelle (mit Drehscheibe) besteht nur, solange die Handkurbel auch axial gedrückt wird.

Literaturverzeichnis

A. Literatur zum pädagogisch-anthropologischen Aspekt von Technik und Bildung

Bense, M., Technische Existenz. Stuttgart 1949.

Blankertz, H., Die Menschlichkeit der Technik, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 10/1967.

Derbolav, J., Erziehung im Zeitalter der Automation, in: Röhrs, H. (Hrsg.), Die Bildungsfrage in der modernen Arbeitswelt. Frankfurt 1963.

Dessauer, F., Streit um die Technik (Kurzfassung). Freiburg 1959.

Dirks, W., Erziehung und Bildung in der industriellen Gesellschaft, in: Frankfurter Hefte 1/1958.

Engelbert, M., Technische Elementarerziehung als Aufgabe des 9. Volksschuljahres, in: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

Fink, E., Technische Bildung als Selbsterkenntnis, in: Die Deutsche Schule 4/1963.

–, Zur Bildungstheorie der technischen Bildung, in: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

Finger-Muer, Technische Grundbildung. Essen 1965.

Frankiewicz, H., Polytechnische Bildungs-Aspekte oder Fach der Allgemeinbildung, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Technik und Bildung in der Schule der DDR. Berlin 1968.

Grüner, G., Technische und wirtschaftliche Bildung in der Hauptschule, in: Die Deutsche Schule 9/1968.

–, Technische Volksbildung. Weinheim 1960.

Herbst, D., Technische Elementarerziehung in der Volksschule. Bad Harzburg 1962.

Hetzer, H., Die Auseinandersetzung von Kindern mit der Technik im natürlichen und pädagogischen Lernprozeß, in: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

–, Grundprobleme der technischen Erziehung, in: Lebendige Schule 8/1968.

Jacobs, W., Technische Bildung – eine Aufgabe für die Schule der Zukunft, in: Die Deutsche Schule 3/1966.

–, Zum Problem einer „Technischen Grundausbildung“, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 1/1967.

Keilhacker, M., Pädagogische Orientierung im Zeitalter der Technik. Stuttgart 1961.

Linke, W., Technik und Bildung. Heidelberg 1961.

Litt, Th., Das Bildungsideal der Klassik und die moderne Arbeitswelt, 3. Aufl. Bochum o. J.

–, Technisches Denken und menschliche Bildung. Heidelberg 1957.

Monsheimer, O., Erziehungswirklichkeit und technische Bildung, in: Wilhelm (Hrsg.), Die Herausforderung der Schule durch die Wissenschaft. Weinheim 1966.

Prokop, E., Technische Bildung – Orientierungshilfe in der Erwachsenenwelt, in: Unterricht heute 5/1970.

Riedel, J., Gedanken zu einer grundlegenden technischen Bildung, in: Berufspädagogische Zeitschrift 6/1963. Braunschweig.

Roth, H., Technik als Element der Bildung, in: Roth, H. (Herausgeber), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

Schietzel, C., Die Rolle der Technik in Wirklichkeit und Unterricht, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 2/1957.
–, Die Technik als Unterrichtsgegenstand der Volksschule, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 6/1959.

Schietzel, C. / Kalipke, H., Technik, Natur und exakte Wissenschaft. Braunschweig 1968.

Spranger, E., Geleitwort zum Buch von: Linke, W., Technik und Bildung. Heidelberg 1961.

Stückrath, F., Die Rolle der Technik in Wirklichkeit und Unterricht, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 2/1957.

Tuchel, K., Bildungswerte der Technik als Grundlage der Werkerziehung, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

–, Herausforderung der Technik. Bremen 1967.

–, Sinn und Deutung der Technik. Stuttgart 1966.

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

– (Hrsg.), Mensch und Technik in aller Welt. Frankfurt, Berlin 1963.

VDI (Hrsg.), Technik und Gesellschaft. Freiburg 1968.

Wagner, O., Technische Bildung, in: Handbuch für Lehrer, Bd. 2, 3, 3. Aufl. Gütersloh 1964.

Wehnes, F.-J., Schule und Technik in Ost und West. Polytechnische Bildung oder technische Elementarerziehung, in: Pädagogische Taschenbücher. Ratingen 2/1964.

Weinreich, H., Bildungswerte der Technik. Berlin 1928.

B. Literatur zur Werkdidaktik unter dem Aspekt Technischer Bildung (vorwiegend theoretische Erörterungen)

Biester, W., Technisch-physikalische Sachverhalte im Werkunterricht, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

–, Werkunterricht unter technologischem Aspekt, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 10/1967.

Breyer, H., Vorschlag zur Begründung, Abgrenzung und Differenzierung des Werkunterrichts in der allgemeinbildenden Schule, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

Breyer, H. / Wienecke, G., Bibliographie zur Didaktik des Werkunterrichts seit 1965, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

Egen, H., Erziehung zum Technischen Denken, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Erziehung zum technischen Denken als Grundlage einer technischen Bildung, in: werkpädagogische hefte 1/1968.

Fachgruppe Werkdidaktik der Konferenz Pädagogischer Hochschulen (Hrsg.), Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968 (Bd. 3 der Beiträge zum Werkunterricht). Weinheim 1969.

–, Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung (Bd. 2 der Beiträge zum Werkunterricht). Weinheim 1970.

Fischer, G. H., Einige didaktische Gedanken zur Technik als Bildungsanliegen bei der Neugestaltung des Gymnasiums (mit besonderer Berücksichtigung der Lehrerbildung), in: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

Frankiewicz, H., Werkunterricht im Rahmen der Polytechnischen Bildung, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

Groothoff, H. H. / Stratmann, K. W., Der didaktische Ort des Werkunterrichts aus der Sicht der Erziehungswissenschaft,

in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Grüner, G., Erziehung zum konstruktiven Denken, in: Berufs- und Fachschulen 1967.

Kaufmann, F. / Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

Klafki, W., Bedeutung und Stellung der Werkerziehung in allgemeinbildenden Schulen, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

Kley, E., Unterricht über technische Gegenstände und Vorgänge, in: Schule und Arbeitswelt, Auswahl-Reihe A. Hannover 1963.

Klößner, K., Das Lernpotential der Werkerziehung, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

–, Der Werkunterricht und die technische Welt, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 11/1958.

–, Die Maschine als Aufgabenbereich des Werkunterrichts, in: Werkunterricht als technische Bildung, Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

–, Werkerziehung in der technischen Welt, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

Knolle, H., Didaktische Probleme des Werkunterrichts in der Gegenwart, in: Ans Werk 1-6/1967.

–, Grundzüge der fachdidaktischen Struktur des Werkunterrichts, in: Werkpädagogische Hefte 1/1969.

Maier, H., Das Reflexionsmodell einer Didaktik für die technische Bildung, in: Unterricht heute 5/1970. Stuttgart.

Mehrgardt, O., Der Beitrag des Werkunterrichts zur Bewältigung der technischen Welt, in: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Hannover 1965.

–, Der Werkunterricht und die technisierte Welt, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 11/1958.

–, Die Ableitung der Bildungsinhalte der Werkerziehung aus der Schulpraxis, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

–, Einführung in technisches Denken, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Technische Gegenstände als Inhalte des Werkunterrichts, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation

zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Otto, G., Über die didaktische Problematik eines zeitgemäßen Werkunterrichts, in: Kaul, W., Werkunterricht und Technik (Handbuch der Kunst- und Werkerziehung, Bd. II, 3, hrsg. von Otto, G.). Berlin 1967.

–, Technik als Denkweise und Handlungsform, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Werkerziehung in technischer Wirklichkeit, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Zur didaktischen Struktur des Werkunterrichts in Vergangenheit und Gegenwart, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

Prescher, K., Technisches Werken, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

Rehrmann, K., Technische Grundbildung im Werkunterricht, in: Werkpädagogische Hefte 3/4 1968.

Schietzel, C., Natur und Menschenwerk. Braunschweig 1961.

–, Technik und Natur. Theorie und Praxis einer Sachkunde. Braunschweig 1960.

Sellin, H., Erziehung zum technischen Denken im Werkprozeß, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

–, Technische Aspekte des Bauens im Rahmen einer allgemeinen Konstruktionslehre, in: Kaufmann, F., und Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

–, Technische Grundbildung im Werkunterricht – Gedanken und Vorschläge, in: Modelle einer Didaktik der Arbeitslehre. Zehntes Jahresgespräch Schule-Wirtschaft. Köln 1969.

–, Überlegungen zur Didaktik des Werkens, in: Westermans Pädagogische Beiträge 11/1964.

Speer, C., Inhalte technischer Bildung und deren Ordnung, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Staguhn, K., Technische Bildung im Werkunterricht und die technischen Wissenschaften, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Steidle, A., Technische Bildung und Naturwissenschaft, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

–, Zur Problematik eines Stoffplanes im Werkunterricht, in: Kaufmann, F., und Meyer, E., Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart 1967.

Sturm, H., Die Struktur der Inhalte einer Technischen Bildung, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, „Praktische Werklehre“ und „Technisches Werken“, in: Westermans Pädagogische Beiträge 4/1968.

–, Technische Bildung im Werkunterricht und die technischen Wissenschaften, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

–, Technisches Werken, in: Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule – Schulversuche in Nordrhein-Westfalen. Wuppertal 1969.

–, Werkunterricht und Technische Bildung, in: Westermans Pädagogische Beiträge 8/1967.

–, Zur gegenwärtigen Situation einer technischen Elementarbildung in der Grundschule, in: Dortmunder Hefte für Arbeitslehre und Sachunterricht 1/1969.

Tuchel, K., Zur gegenwärtigen Diskussion um die sozio-ökonomisch-technische Bildung, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Voigt, E., Technik als Gegenstand des Unterrichts in der sechsjährigen Grundschule, in: Berliner Lehrerzeitung 3/1966.

Wessels, B., Der didaktische Ort des Werkunterrichts aus der Sicht der Werkdidaktik, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

–, Die Werkerziehung. Bad Heilbrunn 1967.

–, ← Technische Elementarbildung und technische Bezugswissenschaften, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Werkunterricht unter dem Aspekt der technischen Bildung – Ansätze und Probleme, in: Kunst und Unterricht 6/1969.

Wilkening, F., Der Aufbau des Werkunterrichts unter dem Leitbild technischer Bildung, in: Westermans Pädagogische Beiträge 12/1968.

–, Inhalte technischer Bildung und deren Ordnung, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

C. Literatur zur Werkdidaktik mit (vorwiegend) fachpraktischen Aufgabenstellungen

Baake, K., Technische Werkaufgaben, in: Rehrmann, K., Der Werkunterricht in der Oberstufe der Volksschulen und der weiterführenden Schulen. Hannover 1964.

Biester, W., Elektrische Schaltvorgänge im Aufgabenfeld der Automation, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 8/1969.

–, Vom Schalter zum Programm, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Werkunterricht unter technischem Aspekt. Bochum 1970.

Dinter, H., Einfache Statik und Festigkeitslehre. Stuttgart-Botnang 1969.

–, Heben und Fördern. Stuttgart-Botnang 1970.

–, Die Lenkung – eine Arbeitsreihe in der technischen Grundbildung, in: werkpädagogische hefte 1/1968.

Engelbert, M., Stoff und Form. Leitfaden der Technischen Elementarerziehung. Frankfurt am Main - Berlin 1954.

Kaul, W., Werkunterricht und Technik (Handbuch der Kunst- und Werkerziehung, Bd. II, 3, hrsg. von Otto, G.). Berlin 1967.

Keh, H., Der Werkunterricht. Hannover 1970.

Lindemann, G. / Rogge, K.-D., Metallgießverfahren in der Schule, in: lehren und lernen 8-9/1968.

Mehrgardt, O., Die Werkaufgabe. Arbeitsbögen für den Werkunterricht. Wolfenbüttel, seit 1958.

Sellin, H., Der Hubkolbenmotor, in: Beiträge zur Didaktik der Technischen Bildung. Weinheim 1970.

–, Die Überbrückung, in: Dortmunder Hefte für Arbeitslehre und Sachunterricht 1/1969.

Stührmann, H. J. / Wessels, B., Lehrerhandbuch für den technischen Werkunterricht. Bd. 1: Maschinenteknik in Unterrichtsbeispielen. Weinheim 1970.

D. Literatur zur Arbeit mit technischen Baukästen

a) allgemein

Biester, W., Technische Baukästen als Arbeitsmittel im Werkunterricht, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Kaufmann, F., Technische Baukästen als Arbeitsmittel im Werkunterricht, in: Unterricht heute 5/1970. Stuttgart.

Klößner, K., Die Maschine als Aufgabenbereich des Werkunterrichts, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

Mehrgardt, O., Bauen mit dem Metallbaukasten. Die Werkaufgabe 34. Wolfenbüttel 1960.

Schietzel, C., Der Trend zum technikorientierten Lernmittel, in: Lehrmittel aktuell 4/1970.

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

Weismantel, G., Technische Baukästen als Arbeitsmittel in der Grundschule, in: Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß, Weinheim 1968. Weinheim 1969.

b) speziell mit „fischertechnik-Lernbaukästen“

Arbeitsgruppe Technische Bildung, PH Heidelberg, Konstruieren und Erkennen mit fischertechnik. Arbeitskarten für die Technische Bildung, Serie A: Grundphänomene Fahrbar machen. Satz I: Transporterleichterung beim zweirädrigen Wagen; Satz II: Einfache Lenkung beim vierrädrigen Wagen (Drehschemellenkung); Satz III: Wendigkeit beim Lenken (Schwenkrollenlenkung). Braunschweig 1970.

–, Technische Bildung mit fischertechnik – Lernbaukästen, Grundmodelle – Lernprogramme. Tümlingen o. J.

Bickert, G., Steuerungs- und Regelungstechnik als Lehrgang im Technischen Werken – Signalverarbeitung in Steuerketten, in: Dortmunder Hefte für Arbeitslehre und Sachunterricht 1 u. 2/1970. Stuttgart.

–, Technische Mechanik mit technischen Baukästen, in: werkpädagogische hefte 2/1969. Stuttgart-Botnang.

Egen, H., Neue Arbeitsmittel für den Werkunterricht, in: werkpädagogische hefte 2/1968. Stuttgart-Botnang.

–, Schulpädagogische und lernpsychologische Überlegungen zu einem programmierten Werkunterricht, in: werkpädagogische hefte 1/1969. Stuttgart-Botnang.

Egen, H. / Neumann, H., Lernprogramm Zahnradgetriebe. Stuttgart-Botnang 1970.

–, Programmierter Werkunterricht – Thesen, Versuche, Ergebnisse. Stuttgart-Botnang 1970.

Köhler, F., Unterrichtseinheit „Gleichförmig übersetzende Getriebe“, in: Unterricht heute 5/1970. Stuttgart.

Maier, H., Der didaktische Ort technischer Baukästen, in: Lehrmittel aktuell 4/1970.

Mehrgardt, O., Technische Baukästen im Werkunterricht. Werkaufgabe 145. Wolfenbüttel 1970.

Meier, R., Räder, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 10/1969.

–, Arbeitsmittel für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule, in: Lehrmittel aktuell 4/1969.

Radigk, W., Der Lernbaukasten im naturwissenschaftlichen Unterricht, in: aula 4/1969.

Wiederrecht, H., Unterricht mit Lernbaukästen, Braunschweig 1970.

E. Literatur zum Beitrag des Werkunterrichts zur Arbeitslehre

Biester, W., Technisches Werken und Betriebserkundungen im Aufgabenfeld „Automation“, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 2/1969.

Deutscher Ausschuß für das Erziehungs- und Bildungswesen, Empfehlungen zum Aufbau der Hauptschule, Abschnitt „Arbeitslehre“, Folge 1/8. Stuttgart 1965.

Kadell, D., Werkunterricht im Sinne der Arbeitslehre, in: Bildnerische Erziehung 4/1968.

Kaiser, Fr.-J., Arbeitslehre – Materialien zu einer didaktischen Theorie der vorbereitenden Erziehung. Bad Heilbrunn 1969.

Kaufmann, F. (Hrsg.), Arbeitslehre in der Gesamtschule. Weinheim 1968.

Klafki, W., Arbeitslehre in der Gesamtschule, in: Kaufmann, F. (Hrsg.), Arbeitslehre in der Gesamtschule. Weinheim 1968.

Knopf, H. J. / Selzer, H. M., Technisches Werken – Praktische Arbeitslehre. Schülerarbeitsbuch für das 9. Schuljahr. Donauwörth 1969.

Schietzel, C., Arbeitslehre – Versuch einer Zwischenbilanz, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 8/1969.

Schulz, W., Technik und Wirtschaft im Lehrplan der Gesamtschule, in: Kaufmann, F. (Hrsg.), Arbeitslehre in der Gesamtschule. Weinheim 1968.

Sturm, H., Technisches Werken, in: Grundsätze, Richtlinien, Lehrpläne für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen. Ratingen 1968.

Sellin, H., Werkaufgaben in der Arbeitslehre, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 11/1966.

–, Werkunterricht und Arbeitslehre, in: Arbeitslehre – Standpunkte und Meinungen. Bericht über eine Tagung. Hannover 1967.

–, Werkunterricht und Arbeitslehre, in: Westermanns Pädagogische Beiträge 8/1966.

FISCHERTECHNIK-SCHULPROGRAMM
MIT WESTERMANN
LERNBAUKÄSTEN



MITARBEITER AN DIESEM LEHRERHANDBUCH
WALTER BREUNIG
PADAGOGISCHE PSYCHOLOGIE
FRANZ JAKOB
KONTROLLTECHNIK-STATISTIK
FRITZ KAUFMANN
WERKDIDAKTIK
HANS MAIER
ALLGEMEINE DIDAKTIK UND SCHULPADAGOGIK
EWALD FR. ROTHER
PADAGOGIK UND KOMMUNIKATIONSFORSCHUNG
GERHARD RUCKWIED
TECHNISCHES WERKEN UND SCHULPRAKTISCHE ERPROBUNG
HELMUT WIEDERRECHT
PHYSIK

168002