

Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule

Hermann Raabe
Carl Schütz
Christian Vollmers



Fischer Werke
Artur Fischer, Tümmingen

Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule

Hermann Raabe Carl Schietzel Christian Vollmers

Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule

– ein Erfahrungsbericht

Fischer-Werke Artur Fischer, Tumlingen
Georg Westermann, Braunschweig

© by Fischer-Werke Artur Fischer, Tümlingen 1972

ISBN-Nr. 3-14-168003-x

Art. Nr. 6392606

Herstellung: Karl Wachholtz Verlag, Neumünster

Inhalt

Vorwort

Technisches Werken mit Konstruktionsbaukästen in der Grundschule 9

Unterrichtsbeispiele 20

1 Freies Bauen 1 20

Das zweite Schuljahr:

2 Die Seilwinde 29

3 Das Fahrzeug 35

4 Die Autosperre 37

5 Die Bahnschranke 41

6 Wippe und Schaukel 46

Das dritte Schuljahr:

7 Der Kranwagen 51

8 Das Transportband 1 55

9 Das Transportband 2 57

10 Das Hammerwerk 58

11 Die Warnanlage 63

12 Das Eisenbahnsignal 67

13 Der Kiplaster 73

14 Der Lastenaufzug 76

15 Waage 1 81

Das vierte Schuljahr:

16 Der Kran 84

17 Die Schüttelrutsche 90

18 Fahrzeug mit Lenkung 94

19 Der Gabelstapler 99

20 Der Schürflader 101

21 Brücke 1 104

22 Brücke 2 110

23 Die Tierfalle 114

24 Waage 2 119

25 Waage 3 121

26 Die Sägemaschine 123

27 Die Mähmaschine 127

28 Freies Bauen 2 131

Vorwort

Dieses Buch ist aus der Absicht heraus entstanden, Grundschullehrer auf eine neue Unterrichtsmöglichkeit aufmerksam zu machen, die in erstaunlichem Maße geeignet ist, Schüler geistig zu aktivieren, Sinne und Hände zu schulen, Verständnis für technologische Zusammenhänge zu erwecken und das funktionale Denken auszubilden, das in der modernen Industriegesellschaft eine so hervorragende Rolle spielt.

Den Kern des Buches bilden achtundzwanzig Unterrichtsbeispiele, die von den Verfassern entworfen, erprobt und durch umfassendes Bildmaterial dokumentiert worden sind. Die den Text tragenden Aufnahmen sind von Christian Vollmers und Hermann Raabe während des Unterrichts oder in unmittelbarem Anschluß daran hergestellt worden. Dieses Direktverfahren hat infolge der Bedrängnis durch den Unterricht und Schulalltag kleine Einbußen in der Bildqualität zur Folge. Diese Mängel scheinen uns aber mehr als aufgewogen durch den Vorzug, daß Unterrichtsergebnisse und Unterrichtsvorgänge, soweit sie durch Abbildungen überhaupt zu objektivieren sind, unmittelbar und nicht didaktisch retuschiert dargestellt werden.

Das Buch will einen Überblick verschaffen und Initiativen erwecken; eine detaillierte Interpretation der einzelnen Leistungen ist nicht sein Ziel. Solche Analysen, die viele Faktoren zu erfassen und die einzelnen Entstehungsphasen bei der Hervorbringung eines technischen Modells zu verfolgen hätten, müssen anderen Untersuchungen vorbehalten bleiben, für die es unter anderem erst noch Methoden zu entwickeln gilt.

Die Durchführung unseres Projekts wurde durch Herrn Artur Fischer ermöglicht, der uns für unsere Schulversuche Baukästen überlassen und der unsere Arbeit mit Rat und Tat gefördert hat. Wir danken ihm dafür.

Wir übergeben die Ergebnisse unserer Unterrichtsversuche der pädagogischen Öffentlichkeit voller Zuversicht, daß unsere Arbeit den Unterricht in der Grundschule anregen wird.

Technisches Werken mit Konstruktionsbaukästen in der Grundschule

1. Kind – Technik – Schule

Dieses Buch enthält *Unterrichtsbeispiele für das Technische Werken in der Grundschule. Jedes Beispiel ist in einer der Klassen 1 bis 4 mit Jungen und Mädchen aller sozialen Schichten gründlich erprobt worden.*

Technisches Werken ist die von den Bedürfnissen unserer Gesellschaft und den Bildungsansprüchen des Kindes her gesehen notwendige Erweiterung der traditionellen Bastelarbeit der Grundschule; Technisches Werken ist darauf abgestellt, das Schulkind in eine den modernen Lebensverhältnissen angemessene Beziehung zur Welt der Technik zu bringen und rechtzeitig Denkformen und Tätigkeiten auszubilden, die unsere Arbeitswelt heute und erst recht morgen bestimmen.

Das Buch *dient der Information und der Unterrichtsvorbereitung* der Lehrer, die dieses neue Gebiet für ihren Unterricht zu erschließen gedenken. Text und Abbildungen geben die erforderlichen Hilfen; die Lernziele werden genannt und notwendige Sachinformationen mitgeteilt.

Der dargestellte Unterricht beschränkt sich hinsichtlich des Arbeitsmaterials auf *Konstruktionsbaukästen*, und zwar auf Baukästen der *fischer-technik*. Damit kann der Werkunterricht zwar nur zum Teil bestritten werden; doch innerhalb seines Anwendungsbereiches sind die didaktischen Möglichkeiten dieses Arbeitsmaterials außerordentlich groß. Den Beweis dafür liefern die nachfolgend abgebildeten und erläuterten mehr als 200 Schülerarbeiten, die in unserem Unterricht entstanden sind. Sie sind das Ergebnis eines sorgfältig vorbereiteten, im übrigen aber keineswegs durch günstige Umstände besonders bevorzugten Unterrichts. Ähnliche Leistungen darf also *jede Lehrkraft* von ihren Schülern erwarten. Beim Lehrer werden keine handwerklichen Fähigkeiten vorausgesetzt, nur der gute Wille, sich in

einigen Stunden mit dem Material der Baukästen vertraut zu machen.

Die Baukästen haben sich im Unterricht unter den unterschiedlichsten Bedingungen bewährt; sie erlauben es jedem Kind, sich leicht in den Gebrauch einzuarbeiten, und sind für den Unterrichtsablauf so problemlos, daß ein Unterricht damit praktisch nicht umzuwerfen ist.

Der Lehrer ist von Anfang an darauf hinzuweisen, daß es sich beim Technischen Werken mit Konstruktionsbaukästen *nicht* darum handeln kann, *Vorlagen nachzubauen*, wie sie in Anleitungsheften für technisches Spielzeug enthalten sind. Es geht vielmehr darum, *die Schüler zu eigenen Konstruktionen anzuregen und durch das Stimulieren des schöpferischen Tuns schon beim Grundschulkind das technisch-funktionale und -konstruktive Denken hervorzulocken und auszubilden*. Technisches Werken ist in diesem Sinne ein hervorragendes Mittel zur Entfaltung geistiger Kreativität – und dies gerade auch bei Grundschulkindern, denen mancher Skeptiker solche Fähigkeiten auf technischem Gebiet noch gar nicht zutraut. Die Erfahrung wird ihn hier eines Besseren belehren.

2. Didaktische Merkmale technischer Baukästen

Spiel und Spielzeug, Lernen und Lernmaterial passen sich den Entwicklungen in der technischen Welt an. Die Schule nimmt an diesem Entwicklungsprozeß teil – die Grundschule, indem sie dem Basteln und Werken zunächst noch zögernd, aber doch in ständig wachsendem Maße einen *stärkeren technischen Akzent* verleiht. Unsere Beispiele wollen dazu beitragen, diesen notwendigen didaktischen Entwicklungsprozeß zu fördern.

Unsere Unterrichtsversuche wurden durch das Arbeitsmaterial außerordentlich unterstützt. Die Baukastenelemente, hergestellt aus einem „Werkstoff nach Maß“, sind von hoher Präzision und Vielseitigkeit. In sie ist ein *Höchstmaß an didaktischen und technischen Funktionen eingegeben*. Das zugrundeliegende *Bauelement* ist ein Baustein mit Verbin-

dungszapfen und Führungsrillen, der im doppelten Wort-sinn (didaktisch und technisch) „allseitige“ Verbindungsmöglichkeiten bietet. Der aus diesem Grundelement entwickelte Satz von Konstruktionsteilen bildet ein *System*, das sich infolge der *leichten, schnellen und präzisen* Handhabung der Konstruktionsteile und wegen der *praktisch unbegrenzten Konstruktionsmöglichkeiten* als ein Instrument von maximaler didaktischer Wirksamkeit erwiesen hat; die abgebildeten und beschriebenen Schülerarbeiten beweisen es.

Das Material hat einen starken *Aufforderungscharakter*; es regt fast jedes Kind, Junge wie Mädchen, zum Bauen und Konstruieren an, zum Entdecken und Entwickeln mechanisch funktionierender Gebilde oder doch wenigstens zum Erfassen technischer Formen, zum Beispiel von Flugzeugen (Abb. 1.11 und 1.12). Das Material wird vom Grundschüler auch unspezifisch verwendet, indem er daraus Pferde, Menschen, Tiere der Wildnis „macht“ (Abb. 1.19, 1.20, 21.4 und 28.5) – das bedeutet einen Gewinn für die gestalterischen geistigen Kräfte und geht über das Erwecken von Interesse und Freude an manueller Arbeit weit hinaus.

Energien, die bisher in beträchtlichem Umfang „rein mechanisch“ für die Zurichtung von Material verbraucht wurden, zum Beispiel für das Ablängen von Leisten, das Aussägen von Rädern, das Bohren von Löchern, das Einleimen von Rundhölzern, das Glätten von Oberflächen, scheinen jetzt *freigesetzt* zu sein für das Konstruieren, Kontrollieren, Korrigieren und Weiterentwickeln, also *für die geistig wesentlichen Tätigkeiten innerhalb der Werkprozesse*. Es kann nicht geleugnet werden, daß den zeitraubenden und mühevollen mechanisch-handwerklichen Tätigkeiten ebenfalls bildende Werte innewohnen. Vermutlich läßt sich zum Beispiel auf keine Weise die Erkenntnis von den Eigenschaften der Achsen und Räder nachdrücklicher aus der Erfahrung herausentwickeln, als wenn sich der Schüler mit Säge, Raspel, Bohrer und Schmirgelpapier daran macht, die vier Räder eines Wagens aus einem Stück Holz herauszuarbeiten. Aber ist ein solches Tun nicht ein Widerspruch zu dem auch hier gültigen Gesetz von der Verhältnismäßigkeit der Mittel?

Beim Vergleich der Vor- und Nachteile neigt sich die Waage zu Gunsten der vorgefertigten Materialien, die ihre Überlegenheit durch ihre *Funktion der „Entlastung“* haben. Mit dieser Fähigkeit steht unser Material unmittelbar in der Reihe aller jener anderen Produkte, die den Menschen von geistloser Arbeit befreien – ein Trend, der ja nicht die Bequemlichkeit des Menschen, sondern seinen *Anspruch auf eine möglichst sinnvolle Arbeit* unterstützt.

Vergleicht man Schülerarbeiten aus normierten Teilen technischer Baukästen mit Erzeugnissen der Kinder aus Schachteln, Dosen, Karton, Wellpappe, Draht und textilen Stoffen, dann liegt es in manchen Fällen nahe, diesen letzteren Produkten eine größere Spontaneität zuzusprechen. Es ist aber zu bedenken, daß es sich in beiden Fällen um *freies* kindliches Schaffen handelt und daß das Urteil durch den farbenfrohen Eindruck mancher Bastelarbeit und durch die ihr anhaftenden Spuren einer eifrigen, aber noch ungeschickten Kinderhand leicht getäuscht wird. Es wird nämlich gern übersehen, daß die Leistung eines Grundschulkindes, die der Erwachsene als „schön“ beurteilt, vom Kinde meistens anders beabsichtigt ist. Das *Grundschulkind* auch der ersten Schuljahrgänge *will durchaus schon eine sachlich-technisch* korrekte Leistung. Wenn es eine Brücke, einen Kranwagen, ein Transportband baut, ist seine Intention eine *richtige* Lösung (nicht eine sogenannte „schöne“); das Kind *will* Passung, Präzision, Funktionsgerechtigkeit. Nur die oft noch fehlende „äußere“ Fähigkeit der Hand und des Auges, die das Kind meistens „überspielt“, hindern es daran, diesem „inneren“ Anspruch hinsichtlich der technischen Richtigkeit schon zu genügen. Das Verlangen, das Werk der eigenen Hand gemäß dem technischen Fundamentalprinzip des „Es geht“ funktionstüchtig herzustellen, ist *Ausdruck eines Urverhaltens des Menschen*, von dem seine Existenz abhängt und das in das Spiel und in den Lernwillen schon des jüngsten Schülers durchschlägt.

Diese *Sachtendenz* des technisch schöpferischen Kindes ist gepaart mit den Verhaltensmerkmalen seiner *kindlichen* geistigen Natur. Erst deren Zusammenspiel ergibt die *originalen*, das heißt einen selbständigen geistigen Willen und

Ansatz bekundenden Leistungen der Schüler. Die Beobachtung der Grundschüler des 1. bis 4. Schuljahrs, ob beim aufgabengebundenen, ob beim freien Bauen und Konstruieren, zeigt in jeder Schulstunde Beispiele dafür, wie sich das Kind das Produkt seiner Vorstellungskraft mit *spielerischen Zusätzen* verlebendigt. Vom Erwachsenen her gesehen handelt es sich dabei um bestenfalls unnützes Beiwerk, für das Kind jedoch geht es in der Mehrzahl der Fälle um eine ihm *notwendige geistige Auseinandersetzung mit irgend etwas*, das durch seine Konstruktionsidee, durch seinen Bauplan zur *Klärung oder zur Äußerung (Darstellung)* drängt. Es ist ein Ausdruck derselben geistigen Struktur, wenn die sachgerechte Benutzung und Erprobung des hergestellten Werkes hauptsächlich *in der Form des Spiels* geschieht: Mit seinem Modell zu spielen, ist für den Grundschüler eine sachliche Weise geistiger Inbesitznahme! Der Unterricht muß deshalb Raum dafür schaffen.

Schließlich ist zu beachten, daß das konstruierende Kind sich noch weitgehend mit dem technischen Gerät *identifiziert*. Dieser *kindliche Anthropomorphismus* zeigt sich in allen jenen Fällen, wo das Kind, anstatt durch eine Konstruktion für eine technische Funktion zu sorgen, *die Funktion selbst übernimmt*, so beim Entladen eines Kipplasters (Abb. 13.1), beim Bedienen des Signals (Abb. 12.9), beim Steuern des Fahrzeuges (Abb. 18.3), beim Bewegen des Hammerwerks (Abb. 10.10). Diese Beobachtungen sollten uns warnen, das Grundschulkind schon für einen abstrakten technischen Denker zu halten! Die Identifikation mit dem Modell geschieht bis in das vierte Schuljahr hinein; sie läßt eine ausschließlich rationale Erfassung technischer Sachverhalte nicht zu. Unterricht, der darauf bestünde, würde die sogenannte Rationalisierung des Denkens, das heißt die Erziehung zu logischem Urteilen und Schließen, gerade verhindern.

Die technischen Konstruktionsbaukästen sind ein optimales didaktisches Mittel der *technischen Bildung*, sowohl für die Vermittlung *technischer Erkenntnisse und technischen Wissens* als auch für die *Ausbildung eines technischen Denkens*. Welchen Eigenschaften verdanken die Baukästen

diese Wirkung? Der hohe didaktische Wirkungsgrad der Konstruktionsbaukästen hat vorwiegend zwei Ursachen. Er wird einmal dadurch hervorgerufen, daß Hand und Auge durch den Umgang mit dem exakten, technisch durchstrukturierten Material *in die Urfunktionen der Technik eingeübt und damit auf ihr Verstandenwerden vorbereitet* werden, auf die Eigenschaften parallelgeführter Achsen, balancierender Träger, kippstarrer Gestelle, kraftübertragender Getriebe, sichernder Regler und Ventile. Im Umgang mit dem Konstruktionsmaterial werden im Rückkopplungseffekt aus den eingespeisten technologischen Eigenschaften *Dispositionen für technisch-funktionales Denken und Produzieren erworben*.

Eine weitere Ursache für die hohe didaktische Wirksamkeit dieses Unterrichts ist darin gegeben, daß *die hergestellten Objekte* – Transportbänder, Kipplaster, Waagen, Tierfallen, Mähmaschinen – *wirklich funktionieren*. Das hat zur Folge, daß die zugrundeliegenden technologischen Prinzipien exakt realisiert und dadurch zu einem klaren Verständnis gebracht werden; Lenkung, Sicherung, Stabilität, Bewegungsabläufe, Kraftübertragungen werden konkret erkannt, und *an anschaulichen Produkten aus der Hand der Schüler*, in denen die Konstruktionsideen Wirklichkeit geworden sind, *wird jenes funktionale Denken entwickelt, das objektive Strukturzusammenhänge und Funktionen klarlegt* – an technischen Gebilden wie aber auch ganz allgemein.

Es ist hier ein einmalig *günstiger Zusammenhang des Konkreten mit dem Abstrakten* gegeben, nämlich des *in konkretem, anschaulichem Denken und Tun hergestellten Gegenstands mit dem Begreifen der technischen Funktionen*. Dies ist der letzte Grund dafür, daß technisches Werken schon in der Grundschule so erfolgreich die Entfaltung und Entwicklung des Denkens bewirken kann.

3. Stil und Organisation des Unterrichts

Die Erfahrung hat gezeigt, daß bis zu 40 Schüler mit Erfolg am Unterricht teilnehmen können. Bei einer solchen Aus-

nahmesituation kann der Lehrer allerdings nur einen kleinen Teil der Schüler beraten und mit neuen Anregungen für die Weiterarbeit ausstatten. In Halbklassen oder in Kursen bis zu 20 Schülern ist der Unterricht *ausgesprochen konfliktarm und angenehm*. Weil das Baumaterial durch die Art der Verwendung und durch die Aufbewahrung in Einzelkästen die Organisation des Unterrichts maßgeblich unterstützt, *hat* der Lehrer *Zeit*, einzelne Schüler oder Schülergruppen ins Gespräch zu ziehen, Hilfe zu leisten, Leerlauf zu verhindern und Aufgaben umzusteuern, wenn es notwendig erscheint. Start und Abschluß des Unterrichts (Austeilen, Einräumen, Abschlußkontrolle) beanspruchen nur einen kleinen Teil der Gesamtunterrichtszeit. Die Arbeit ist weitgehend an den Platz gebunden, weil die Schüler das Material vor sich haben und Werkzeug weder ausgeteilt noch überwacht und instandgehalten werden muß. Es gibt keinen Schmutz und keinen lästigen Abfall. Es muß den Schülern gestattet werden, bei Mitschülern Bauelemente auszuleihen; *gegenseitige Hilfe* muß als selbstverständlich gelten.

Wenn an einer Schule jeweils nur eine einzige Klasse mit Baukästen arbeitet, sollte jeder Schüler möglichst immer denselben Baukasten benutzen, für den er dann verantwortlich ist. Es empfiehlt sich, die Kästen und die zugehörigen Grundplatten mit anlösender Tusche oder mit Klebeetiketten zu numerieren, Austeilen der Baukästen in der Pause vor Unterrichtsbeginn spart Zeit und mindert die Unruhe. Die Kästen werden zweckmäßig in Plastikkörben und -kästen, notfalls in Pappkartons aufbewahrt und transportiert.

Ehe ein *themengebundener* Unterricht mit Baukästen beginnt, sollten die Schüler *frei* mit dem Material umgehen dürfen, Anfänger des zweiten Schuljahrs mindestens zwei Doppelstunden lang; in den anderen Fällen könnte eine Doppelstunde ausreichen, sich mit dem Material – eventuell erneut – vertraut zu machen.

Dem Anfänger sind *Hinweise auf die wichtigsten Verbindungen der Bauelemente und auf die Festigkeitseigenschaften des Materials* zu geben. Die Hinweise dafür sind in den Anleitungen zu den Baukästen enthalten. Wenn die Schüler die „Bauanleitungen“, die den Kästen beiliegen, von sich aus

benutzen, um sich in das Konstruktionsmaterial einzuüben, dann ist diese Initiative ausdrücklich zu begrüßen.

Das *Einräumen der Kästen* dauert bei Anfängern zuerst etwa 20 Minuten, später nur noch 10 Minuten. Die Kästen sollten jedesmal auf Vollständigkeit überprüft werden. Die *Erziehung* zur Gewissenhaftigkeit im Umgang mit wertvollem Material, unserer Verbrauchergesellschaft nicht eben selbstverständlich, ist auch eines der Ziele dieses Unterrichtes.

4. Die Ausrüstung

Für *jeden Schüler* einer Werkgruppe – im Normalfall ist es die halbe Schülerzahl einer Klasse – sollte *ein Baukasten u-t 1* vorhanden sein. Sehr erwünscht sind außerdem drei bis vier *Statikkästen u-t S* und auch ein oder zwei Motoren.

Für manche der Unterrichtsaufgaben ist leicht zu beschaffendes *Zusatzmaterial* nötig wie schmiegsames, dünnes Band, Gummiringe (Verpackungsmaterial), Klebestreifen, dünner Karton und als Werkzeug einige Scheren.

Die Baukästen u-t 1 sind so gut bestückt, daß eine unbehinderte Arbeit auch dann möglich ist, wenn sich zwei Schüler einen Kasten teilen müssen; selbst in diesem Fall kann meistens noch jeder Schüler sein eigenes Modell bauen (Abb. 15.1). Es gibt ohnehin genug Schüler, bei denen, unabhängig von der Ausrüstung, der Wunsch nach Zusammenarbeit mit einem Klassenkameraden besteht (Abb. 15.2 und 16.5).

5. Planung

Unsere Erfahrungen gehen dahin, vom zweiten Schuljahr an *planmäßig* mit fischertechnik-Baukästen zu arbeiten. Für jüngere Kinder ist das *freie Bauen und Konstruieren* ohne verbindliche Aufgabenstellung besonders wichtig. Es steht außer Zweifel, daß schon Schüler im ersten Schuljahr Konstruktionsbaukästen mit Gewinn benutzen können, und zwar durchaus technikorientiert, also nicht nur ungebun-

den. Aber unsere Erfahrungen sprechen dagegen, mit Schulanfängern bereits planmäßig und mit fester technischer Aufgabenstellung vorzugehen. Im übrigen muß *das freie Bauen in allen Grundschulklassen* seinen Platz haben, und das nicht nur zur Einführung in das neue Material, sondern gerade auch in Zwischen- und Abschlußphasen des Unterrichts. Es zeigt sich dann, daß die Schüler auch auf frühere Bauaufgaben zurückgreifen, die für sie in besonderem Maße anregend gewesen sind, und die sie jetzt meistens auf einer Stufe höherer Klarheit und Differenziertheit wiederholen.

Wir gehen davon aus, daß eine Klasse *im Laufe eines Jahres zwei bis drei Monate lang mit Baukästen arbeitet*. Bei solcher Beschränkung erhält sich der Arbeitswille durch die Schuljahre hindurch. Dabei ist berücksichtigt, daß manche Schüler sich mit technischen Baukästen, die sie als Spielzeug besitzen, auch im Hause beschäftigen.

Für das 2. Schuljahr haben sich folgende Themen besonders bewährt:

Seilwinde	Bahnschranke
Fahrzeug	Wippe
Autosperre	Schaukel

Für die Schuljahre 3 und 4 haben sich folgende Themen als sehr geeignet erwiesen:

Klasse 3

Kranwagen	Eisenbahnsignal
Transportband	Kipplaster
Hammerwerk	Lastenaufzug
Warnanlage	Waage

Klasse 4

Kran	Brücke
Schüttelrutsche	Tierfalle
Fahrzeug mit Lenkung	Waage
Gabelstapler	Sägemaschine
Schürflader	Mähmaschine

Die *Themenzusammenstellung* setzt voraus, daß vom zweiten Schuljahr an technische Aufgaben planvoll gelöst werden. Wenn damit jedoch erst in der 3. oder 4. Klasse begonnen wird, lassen sich die für das 2. Schuljahr genannten Aufgaben in diese Klassenstufen übertragen. Aufgaben, die eine Einheit bilden, können zeitlich getrennt werden, indem zum Beispiel das Thema Waage im 3. und im 4. Schuljahr behandelt wird; der Themenkreis Seilwinde–Kranwagen–Kran läßt sich sogar auf drei Schuljahre verteilen.

Die vorgeschlagene Reihenfolge der Themen braucht bis auf wenige Ausnahmen (zum Beispiel Autosperre–Bahnschranke; Waage 1 – Waage 2 – Waage 3) nicht unbedingt eingehalten zu werden. Impulse für die Themenwahl, die sich aus der konkreten Situation des Schullebens ergeben – eine Baustelle vor dem Schulhaus, Beobachtungen während einer Wanderung (Erntemaschinen, Wehr, Seilbahn) – sollten bei der Bestimmung des Unterrichtsgegenstandes hier wie in jedem anderen Fall immer den Vorrang haben.

Es muß im Auge behalten werden, daß die Themen für das Grundschulkind gedacht sind. Viele der Themen werden in späteren Schuljahren erneut und dann aus einem höheren technischen Verstehenshorizont heraus behandelt werden. Statische Probleme des Brückenbaus zum Beispiel lassen sich ebensowenig sachangemessen in der Grundschule behandeln wie die Hebelprobleme des Krans oder die Schwerpunktsprobleme der Waage. Die erforderlichen technisch-physikalischen und mathematisch-geometrischen Erörterungen, verbunden mit entsprechend neuen Konstruktionsideen der Schüler, müssen späteren Schuljahren vorbehalten bleiben.

Die Beispiele sind so entworfen worden, daß die gestellten Aufgaben einschließlich eines Unterrichtsgesprächs von zehn bis fünfzehn Minuten Dauer jeweils in einer Doppelstunde (90 Minuten) gelöst werden können. Das ist besonders dort wichtig, wo bereits Fachunterricht (Lehrerwechsel) erteilt wird. Es ist anzustreben, dem Schüler etwa zehn Minuten Zeit zu verschaffen, damit er sein Modell im Spiel erproben kann. Wo ein Modell auf solche Weise in Benut-

zung genommen werden kann, hat die aus unterrichtstechnischen Gründen notwendige Demontage des Modells im Normalfall nicht mehr den Charakter einer entmutigenden Zerstörung.

6. Beschreibung der Unterrichtsbeispiele

Die Beschreibung der Beispiele erfolgt nach drei Gesichtspunkten; die entsprechende Gliederung unterscheidet:

Aufgabenstellung
Unterrichtliche Hinweise
Lernziele

Aufgabenstellung. Der Erfolg des Unterrichts hängt entscheidend von der *richtigen Aufgabenstellung* ab. Ist die Aufgabe *zu weit und zu allgemein* gefaßt, dann gibt es für das Entwerfen und Konstruieren *keine hinreichend festen Ansatzpunkte*. Die Unterrichtszeit wird dann oft mit Herumprobieren vertan oder mit dem Herstellen von Produkten, die in ihrer technischen Qualität hinter dem Leistungsniveau der Schüler zurückbleiben. Wird die Aufgabe andererseits *zu eng* gefaßt, so besteht die Gefahr, daß die Schüler zu wenig gefördert werden. Innerhalb der Klasse variieren die Lösungen dann kaum: ein Zeichen dafür, daß *der nötige geistige Spielraum nicht vorhanden* gewesen ist. Unsere besondere Aufmerksamkeit war darauf gerichtet, *die richtige Mitte* zwischen diesen unfruchtbaren Positionen zu finden. Ein Beispiel erläutere das Problem:

Die Aufforderung: „Baut Brücken“ ist so allgemein und weit gefaßt, daß sie kaum kreative Lösungen mit einer technischen Pointe ergeben wird, es sei denn, der Unterricht habe sich vorher mit Brücken beschäftigt. Heißt die Aufgabe andererseits, es solle eine zweiteilige Klappbrücke gebaut werden, so ist hier alles Entscheidende für den Gesamtentwurf bereits vorweg festgelegt und der geistige Spielraum für die originelle eigene Lösung stark eingeengt. Wir haben in diesem Fall die Aufgabe in folgender Weise ge-

stellt (siehe S. 104), wobei wir uns des Mittels bedienten, das technische Problem, das es zu lösen galt, durch eine Szene zu veranschaulichen:

Lehrer: „Auf einem Kanal fahren viele Schiffe mit hohen Decksaufbauten und Masten. Über diesen Kanal soll eine Straße geführt werden. Es wird der Bau einer Brücke notwendig. Sie kann aber nicht so hoch gebaut werden, daß die Schiffe unter durchfahren könnten – wegen der hohen Kosten nicht. Was läßt sich da machen?“

Bei einer solchen Formulierung der Aufgabe wird das technische Konstruktionsproblem hinreichend klar umrissen und gleichzeitig ein guter Spielraum für die Erfindungen der Schüler freigehalten. Lösungen wären Drehbrücken, Klappbrücken, Zugbrücken, Hubbrücken, Schiebebrücken und Rollbrücken.

Unterrichtliche Hinweise. Hier werden die nötigsten *Sachinformationen* gegeben, zum Beispiel über Waagen, Gattersägen, Brücken, Kräne. Der nach Umfang und Bedeutung wichtigste Teil des Buches sind die hier zugeordneten *Darstellungen typischer Schülerarbeiten* in Wort und Bild. *Alle beigefügten Abbildungen zeigen selbständige Schülerarbeiten, die während des Unterrichts entstanden sind.* An ihnen ist zunächst einmal abzulesen, *welche Themen erfaßt* worden sind und ob sich die von uns getroffene *Zuweisung an die Schuljahre 2 bis 4* an Hand der erbrachten Schülerleistungen als gerechtfertigt erweist. Beim näheren Eindringen in die einzelnen Bilddokumente zeigen sich dann *Art und Qualität der jeweiligen Schülerleistung* und die dahinterstehende Erfindungsgabe, Fähigkeit zu technisch-funktionalem Denken, Sorgfalt und Ausdauer. Immer wieder überrascht *die Variationsbreite der Lösungen*, wobei andererseits nicht übersehen werden darf, daß eine gelungene Erfindung von Mitschülern rasch akzeptiert und dann nachgeahmt wird – ein zulässiges Verhalten, wenn es nicht in geistloses Kopieren ausartet.

Die Abbildungen und ihre Kommentare geben Hinweise darauf, *welche Leistungen*, gute Ergebnisse und Fehllösungen – der Lehrer *erwarten kann*. Die Bildbeispiele sind also als

didaktische Informationen, nicht jedoch als nachzuahmende Vorlagen zu verstehen. Sie sollten deshalb den Schülern auch nicht gezeigt werden, jedenfalls nicht vor Abschluß der eigenen Arbeit.

Bei möglichst vielen Gelegenheiten sollte die Werkgruppe *über die fertiggestellten Arbeiten ein kritisches Gespräch führen*. Dabei dürfen keine Zensuren erteilt werden! Es geht vielmehr darum, durch Vergleichen und wechselseitiges Abwägen die Verschiedenartigkeit und die technische Qualität der einzelnen Lösungen einschließlich ihrer Zweckmäßigkeit im Gespräch herauszustellen. Fehlleistungen sind dabei für die Entwicklung von Einsichten erfahrungsgemäß besonders ergiebig (Abb. 10.9, 15.10, 27.3). Solche Gespräche haben auch den Zweck, Fachbegriffe anwenden zu lernen und allmählich vertrauter zu machen.

Zu den unterrichtlichen Hinweisen sei noch angemerkt, daß sie der jeweiligen Klassenstufe, in der unser Unterricht stattfindet, angemessen sind. Wo die Themen in anderen Schuljahren behandelt werden, sind entsprechende Transformationen vorzunehmen.

Lernziele. Zu jeder Aufgabe sind Lernziele genannt worden. Es sind *Teillernziele*, die dem Lehrer angeben, welche technischen Funktionen beim Bau der Modelle konstruktiv zu bewältigen und den Schülern so weit möglich durchschaubar zu machen sind. Die begriffliche Klarheit, die der *Lehrer* darüber haben muß, ist von einem *Grundschüler* nicht zu verlangen; das gilt auch für die *Fachbegriffe*, die der Lehrer während des Unterrichts anbietet. Diese für die technologische Allgemeinbildung wichtigen Begriffe sollen anhand praktischer Beispiele dem Denken und Sprechen der Schüler nahegebracht werden, das Erfassen ihrer exakten Bedeutung und die endgültige Fixierung (Definition) ist jedoch erst in späteren Schuljahren möglich. Der Lehrer sollte sich dessen immer bewußt sein, daß für die Entwicklung des technischen Denkens und das Erwerben technischer Kenntnisse *das Verbalisieren dem Konstruieren und dem Veranschaulichen in der Zeichnung nachgeordnet ist.*¹⁾

In Analogie zum selbständigen Konstruieren sollten auch *selbständige Sprachprägungen* angestrebt werden, so daß sich *eigene Begriffe* einstellen, *der Prozeß der Begriffsbildung also vom Schüler selbst vollzogen wird*, z. B. durch Bezeichnungen wie Vielbrettsäge, Fünfersäge, Fünfmessersäge, Patentsäge (Kap. 26). Von solchen selbstgewonnenen Formulierungen ausgehend, ist der Weg zu den sanktionierten fachsprachlichen Begriffen leicht zu gehen, und er ist, selbst wenn er Zeit kosten würde, kein Umweg, weil er das Verständnis der Fachbegriffe durch aktive Teilnahme an der Produktion solcher Begriffe erleichtert und vertieft.

Technisches Denken ist funktionales Denken. Es basiert auf dem Erkennen von Funktionszusammenhängen; die ihm zugehörigen Begriffe sind *Funktionsbegriffe*. Dieses Denken ist nicht auf die Welt der Technik beschränkt. Es ist vielmehr *das wichtigste Denkverfahren zur Bewältigung rational faßbarer Aufgaben überhaupt*, und von daher ist seine Entfaltung im Bereich der Technischen Bildung *das höchste und allgemeinste Lernziel*.

Fachspezifisch sind die übergreifenden Ziele dieses Lernbereichs folgendermaßen zu bestimmen: Es ist ein *elementares Verständnis für die Arbeitsweisen (Funktionen) der wichtigsten einfachen und dem Kinde bekannten Maschinen* aus dem hantierenden Umgang (mit Modellen) heraus zu entwickeln (z. B. Antrieb, Getriebe, Bewegungsumwandlung) sowie *Verständnis für die technologischen Grundprinzipien mechanischer Konstruktionen* (z. B. Stütze, Lager, Tragfähigkeit, Gleichgewicht, Kippfestigkeit).

Durch das Technische Werken soll das Grundschulkind zur *Handarbeit* befähigt werden, das heißt seine *Handgeschicklichkeit* ausbilden, Kenntnis der wichtigsten *Arbeitstechniken* erlangen und dabei diejenigen Momente der Arbeit in die eigene Haltung assimilieren, die den *Charakter sowohl*

1) Unter Verbalisieren wird die sachgerechte Beschreibung mit gelernten Fachbegriffen und Definitionen verstanden. Diese Leistung ist von den unerläßlichen Unterrichtsgesprächen zu unterscheiden, die das Lerngeschehen durchziehen. Sie sind der geistige Gärungs- und Klärungsprozeß, in dem die Begriffe im Laufe der Zeit herausdestilliert werden.

der nur manuellen als auch der rein geistigen Arbeit bestimmen: Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Selbstkritik, Zusammenarbeit und gegenseitige Hilfe und schließlich die zentralen kognitiven Qualitäten der Sachtreue und Objektivität.

Die Einsicht in technologische Zusammenhänge baut sich in Schritten *allmählich* auf – wie jede Einsicht. Lange Zeit ist sie nur Hantierungserfahrung und Hantierungswissen, und nur sukzessiv wird sie über das Medium des sprachlichen Ausdrucks rationalisiert. Dabei werden auch Begriffe der technischen Fachsprache assimiliert. Ein zusammenhängendes System technologischer Grundbegriffe¹⁾ kann in der Grundschule nicht entwickelt werden – Erfahrungsgrenzen und Verstehensgrenzen des Grundschulkindes stünden einer solchen Absicht entgegen –, doch sind nach und nach *zwei Prinzipien ins Bewußtsein zu heben*:

Erstens, *es gibt Bedingungen für technische Konstruktionen*, z. B. Bedingungen der Stabilität, der Sicherheit, der Leistung, der Handhabung.

Zweitens, *es gibt Beziehungen, die das technische Funktionieren regeln*, z. B. beim Umlenken von Bewegungen, im Zahnradgetriebe, bei Transportbändern.

Die *Bedingungen* werden im Unterricht im allgemeinen mit bekannten Fragen wie „Worauf kommt es an! Was ist zu bedenken?“ (Worin muß das technische Objekt *genügen*?) bewußt gemacht. (Antworten sind beispielsweise Feststellungen folgender Art: „Der Kran darf nicht kippen. – Das Paket darf nicht vom Förderband abrutschen. – Die Brücke muß genügend Durchlaß haben.“)

Die *Beziehungen* werden in Wenn-dann-Sätzen oder in Jedesto-Sätzen erfaßt. (Beispiele: „Wenn die Last am Ausleger zu schwer ist / zu weit außen hängt, dann kippt der Kran. – Je weiter die Last nach außen hängt, desto leichter muß sie sein, wenn der Kran nicht kippen soll.“)

Im Unterrichtsgespräch über Bedingungen und Beziehungen haben die beiden *häufigsten logischen Verknüpfungskategorien*, nämlich die Kategorie der Kausalität (Ursache–Wirkung) und die Kategorie der Wechselwirkung tragende Funktion. Das Gespräch erlangt dadurch eine hohe logische Qualität, um so mehr als diese verknüpfenden Be-

zugselemente vertraute Bestandteile der Umgangssprache sind und deshalb keine hemmenden Sprachbarrieren bestehen, wenn sie zur Anwendung kommen.

All dieses *Lernen geschieht im Vollzug* des Technischen Werkens, dem das Unterrichtsgespräch unlösbar und wesentlich zugehört. Jede gelungene Unterrichtsstunde *erbringt spontan einige der Lernleistungen, die in den Lernzielen erfaßt sind*. Sofern sie geplant werden können, sind sie den Darstellungen der einzelnen Unterrichtsbeispiele *detailliert* (Feinlernziele) beigegeben.

7. Einpassen und Verknüpfen

Die technische Werkarbeit ist soweit wie möglich mit den Themen des sachkundlichen und des gesellschaftlich-sozialen Unterrichts zu verknüpfen. Die damit zusammenhängenden Fragen werden hier nicht verfolgt. In einer anderen Betrachtungsebene liegt die Verknüpfung mit nicht anderen Unterrichtsinhalten, sondern anderen Unterrichtsformen (Sprache; Mathematik; Zeichnung). Auch diese Probleme können nicht angesprochen werden, nur zum Komplex der bildnerischen Darstellung sei deshalb einiges ausgeführt, weil hier die Zusammenhänge eng und eindeutig sind:

An zwei Beispielen (Hammerwerk; Gattersäge) wird gezeigt, wie sich *Abbildungen* in den Unterricht einbeziehen lassen. Andere Beispiele (Abb. 16.11, 16.13, 16.4) demonstrieren den Einsatz der *Schülerzeichnung* im Unterricht. Wo das geschieht, ist darauf zu achten, das Kind in seiner zeichnerischen Darstellung ebenso seine eigenen Wege gehen zu lassen, wie ihm das beim Konstruieren erlaubt wird, ja, in dieser Freiheit die Voraussetzung einer geistigen Leistung zu sehen. Wo der Lehrer Gestaltungsvorschriften machen würde, entstünden unwahre bildnerische (wie konstruktive)

1) Die systematische Entwicklung technologischer Grundbegriffe ist die Angelegenheit höherer Schuljahrgänge. Die Heidelberger „Arbeitsgruppe Technische Bildung“ hat dafür eindrucksvolle Beispiele zu entwickeln vermocht.



Christiane B., Klasse 1

Produkte. Technische Zeichnungen, die später eine große Rolle spielen müssen, vermag der Grundschüler im allgemeinen noch nicht angemessen *herzustellen*; anders mag es um die Fähigkeit bestellt sein, sie zu *lesen*. Entsprechende Aufgabenstellungen – Lehrer: „Zeichnet den Wagen so, daß man ihn nach eurer Zeichnung nachbauen kann“ – schaffen jedoch *produktive Zwischenformen* auf dem Entwicklungsweg zur technischen Sachzeichnung. Verfrühtes Einüben abstrakter zeichnerischer Symbole (Elektrotechnik; Architektur) stören diesen Prozeß fortschreitender Formalisierung.

Wo der Grundschüler in *freier* bildnerischer Gestaltung technische Sachverhalte darstellen kann, ergibt sich im Vergleich mit der konstruktiv-werkenden Auseinandersetzung eine *Ergänzung im affektiven Bereich*: der Mensch tritt auf, das Bild hat eine *Stimmung* (Natur). In der technologischen Sachaussage sind die Zeichnungen den gleichzeitigen Konstruktionen meistens deutlich unterlegen (Abb. 16.11 u. f.).

8. Vollenden und Vertiefen

Zu den wichtigsten Grundsätzen des technischen Werkens (wie des Unterrichts überhaupt) gehört es, *angefangene Arbeiten zu vollenden*. Wenn gesagt worden ist, daß die Aufgaben im Regelfall in einer Doppelstunde gelöst werden können, so schließt das nicht aus, daß ein Schüler hinterherhinkt. Man muß dabei im Auge behalten, daß die Gründe dafür positiv sein können, beispielsweise dann, wenn einem Schüler während des Bauens neue und bessere Konstruktionsideen gekommen sind, die ihn zu einem neuen Anfang veranlaßt haben (Abb. 17.1, 17.2; 17.4, 17.5; 28.8, 28.9). Wo solche Fälle vorliegen, muß der Schüler Gelegenheit erhalten, seinen neuen Ideen nachgehen zu können. Das kann geschehen, indem der Schüler in einer folgenden Stunde an seinem Thema weiterarbeitet, während die Mitschüler eine neue Aufgabe in Angriff nehmen. Ein anderer Weg besteht darin, außerhalb des Unterrichts eine Möglichkeit zu schaffen.

Solche Maßnahmen kommen auch den *langsamen und wenig begabten Schülern* zugute. Sie stehen in der Schule im allgemeinen unter einem ständigen Streß, weil sie nicht „mitkommen“. Für sie wäre deshalb die Möglichkeit, ohne Zeitdruck und still für sich bauen zu können, von besonderer Bedeutung für ihre Entwicklung. Man sollte solchen Schülern sogar Baukästen ohne allen unterrichtlichen Auftrag mit nach Hause geben. Wir können über gute Erfolge mit diesem auf Vertrauen gegründeten Verfahren berichten.

Die Notwendigkeit, angefangene Arbeiten zu vollenden, bezieht sich nicht nur auf den einzelnen Schüler, sondern auch auf die *Klassengruppe* als Ganzes. Wenn ein Thema, nennen wir als Beispiel Waagen, ein nichtvorhergesehenes Problem aufwirft – etwa das Problem, eine Waage zu konstruieren, die ein Portoübergewicht durch irgendein Signal anzeigt –, dann könnte im *Weiterverfolgen* eines solchen Problems durch *alle* Schüler der fruchtbarste Fortgang des Unterrichts gegeben sein; *Vollenden durch Vertiefen* wäre auch für diesen Fall ergiebiger, als zu einem neuen Thema fortzuschreiten. Möglichkeiten dafür zeigen die Unterrichtsthemen Autosperre, Bahnschranke, Bewegliche Brücken, Kräne, Mähmaschine.

Vertiefende Weiterentwicklung hat möglicherweise ihre größte Chance beim *freien* Konstruieren. Ein eindrucksvolles Beispiel dafür sind die Kräne des Schülers Henning H. (Abb. 1.15, 16.3, 28.12). Daran zeigt sich, wie ein Schüler auf ein Thema zurückgreift, das ihn im vorausgegangenen Unterricht stark gefesselt hatte. Wenn ein Thema auf solche Weise nach längerer Zwischenzeit freiwillig wieder angepackt wird, so verraten die neuen Konstruktionen meistens einen beträchtlichen Entwicklungsfortschritt.

9. Leistung

Eine Leistungssteigerung, wie im vorliegenden Falle, ist nicht die Regel. Aber der Unterricht mit technischen Baukästen hat zweifellos einen *allgemeinen positiven Einfluß auf den Leistungswillen*. Unsere ganzseitigen Bilddokumente

halten einige Arbeitsszenen fest, in denen geistige Anstrengung, Konzentration und Lernwille eindrucksvoll dokumentiert sind. Schon Kinder des ersten Schuljahrs demonstrieren in Blick, Handgestik und Körpergebärde mit höchster Eindruckskraft die Hinwendung ihrer ganzen Person zum Denk- und Lernakt (Farbbild S. 16). In unserem Unterricht war der *negative Sog*, verursacht durch Lernverdrossenheit, Unaufmerksamkeit, vorschnelle Ermüdung, Gedankenlosigkeit, Flüchtigkeit und Störsucht, *zu einem kaum noch merklichen Faktor reduziert*. Jeder Unterrichtsfachmann weiß, wie hoch eine solche Feststellung zu veranschlagen ist.

10. Schwache Schüler

Wie der schwache Schüler, insbesondere sofern er sich nicht konzentrieren, seine geringe geistige Kraft nicht „zusammennehmen“ kann, durch die Baukästen zu einer Leistung anzuregen ist, die sein sonstiges unterrichtliches Können übertrifft, sei an einem einzigen Bilddokument demonstriert: Frank K. (Abb. 1.2), der sonst kaum fünf Buchstaben nacheinander schreiben kann, ohne auszubrechen oder aufzugeben, war schon bei seiner ersten Begegnung mit dem fischertechnik-Baukasten dreißig Minuten lang konzentriert bei der Sache. Das Gebilde, auf das er sein Nachdenken richtete, spiegelt wider, daß zwar die geistigen Kräfte fehlen, einen klaren Plan zu entwickeln und zu verfolgen, und daß die Vorstellungen, die sich in der Konstruktion ausdrücken, kraus sind. Aber, was die Abbildung nun nicht mehr zeigen kann: welcher Gewinn für diesen Schüler, daß er bei der Arbeit aufblühte und eine Arbeitshaltung gewann, die der übrige Unterricht nicht zu erzeugen vermocht hätte! Mitverantwortlich dafür war die Selbstbestätigung, die dem Jungen aus den Ergebnissen seiner Arbeit erwuchs – Ergebnisse, die – endlich einmal – „richtig“ waren. Sie waren richtig, weil die hergestellten Produkte, die Frank nur sich selbst verdankte, funktionierten und eine sich und den Jungen bestättigende Stabilität und Struktur aufwiesen. – Das Baukastenmaterial hat, worauf schon dieses eine Beispiel hin-

weist, für *lernschwache und lernbehinderte Kinder* einen besonders hohen didaktischen Wirkungsgrad.

11. Mädchen wie Jungen

Die Mädchen sind dem Unterricht im allgemeinen mit nicht geringerem Interesse gefolgt wie die Jungen. Ihr außerschulisches Interesse gegenüber technischen Sachverhalten ist allerdings durchschnittlich geringer. Nachdenklich möge es uns machen, daß in einer der Probeklassen nicht weniger als acht Mädchen sich einen fischertechnik-Baukasten zu Weihnachten wünschten – und daß nicht ein einziges Mädchen einen bekam! Zu Beginn des Unterrichts waren die Mädchen den Jungen meistens hinsichtlich ihres technischen Wissens und ihrer entsprechenden Denkfähigkeit deutlich unterlegen. Im Verlauf des Unterrichts lernten sie aber mehr dazu als die Jungen. So war der Leistungsunterschied zwischen Jungen und Mädchen am Ende der Unterrichtsphase erheblich verringert. Nicht wenige Höchstleistungen wurden Mädchen verdankt (Abb. 10.3; 18.13; 22.5). Hinsichtlich der Geschicklichkeit beim Konstruieren waren keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen festzustellen.

12. Zusammenarbeit

Außerordentlich günstig gestaltete sich die Zusammenarbeit unter den Schülern, die, als hohes Bildungsziel unwidersprochen anerkannt, ja keineswegs einfach zu praktizieren ist. Das lag hier anders: Die spontan und frei gebildeten Gruppen arbeiteten ausnahmslos harmonisch miteinander. Dabei bleibt festzustellen, daß sich fast ausschließlich Zweiergruppen, entweder aus Mädchen oder aus Jungen bestehend, bildeten. Wenn einmal eine größere Gruppe entstand, funktionierte auch in diesem Fall die Zusammenarbeit reibungslos.

Der Zusammenarbeit kam zugute, daß die Materialausstattung reichlich war und deshalb Streitereien um einzelne Bauteile nicht aufkamen. Die Verteilung von Aufträgen auf einzelne Partner geschah ohne größere Diskussionen, was um so bemerkenswerter ist, als sich die Aufgabenteilung ja nicht immer als so selbstverständlich ergab wie im Falle von Auto und Wohnwagen oder Riesenrad und Gondel; aber eben auch in komplizierteren Fällen wie Krangestell und Ausleger oder Brückenlager und Brücke klappte die Arbeitseinteilung einschließlich der Aufgabe, die angefertigten Teile einander anzupassen, wobei in jedem Fall bauliche Veränderungen notwendig waren.

Die Zusammenarbeit geschah in differenzierten Formen. Wenn wir als Normalform den Fall betrachten, daß beide Partner bauen (Abb. 15.1), so gibt es doch auch die andere Form, daß einer der beiden Schüler nur beobachtend und ratgebend dabeisitzt (Abb. 15.2) oder daß sich der schwächere Partner dem anderen wie ein Handlanger zuordnet. In beiden Fällen ist damit keineswegs von vornherein ein passives Verhalten der nachgeordneten Schüler gegeben, wenn es natürlich auch nicht ausgeschlossen werden kann. Die Schüler Thomas und Volker demonstrieren eindrucksvoll eine verträgliche Zusammenarbeit (Abb. 16.5), und Güngör Ö., das türkische Gastarbeiterkind, und Thomas P. sind geradezu ein Symbol guter zwischenmenschlicher Beziehung, mitgetragen durch die Freude über das gemeinsam geschaffene Werk (Farbbild S. 72).

13. Stimmung

Es wurde schon festgestellt, daß der Unterricht aus der Perspektive des Lehrers als konfliktarm und angenehm zu gelten hat (oben S. 12). Diese gute Stimmungslage zeigte sich durchgängig in typischen unterrichtlichen Verhaltensweisen der Schüler an. Betrachten wir zum Nachweis dessen einige Abbildungen: Überall zeigen sich die Schüler *intensiv engagiert und zugleich innerlich gelöst*. Anstrengung und Freude, die in die Gesichter eingezeichnet sind, haben wir

als unmißverständliche äußere Merkmale dafür anzusehen, daß hier *Lernprozesse unter optimalen Bedingungen* verlaufen. Die ausgewählten Bilddokumente halten allerdings Höhepunkte des Unterrichts fest. Aber auch dann, wenn wir uns den Unterrichtsalltag etwas grauer und einförmiger vorstellen, als die Abbildungen ihn erscheinen lassen, und wenn wir alle jene Faktoren mit im Sinne haben, die einen Unterricht nachteilig beeinflussen, bleibt doch die Feststellung bestehen, daß der Unterricht mit Konstruktionsbaukästen fast uneingeschränkt in einer zwar *anstrengenden, aber dabei doch zugleich heiteren Arbeitsatmosphäre* verläuft und dadurch eine hohe Lerneffektivität zur Folge hat. –

Außer Zweifel scheint zu sein, daß die Didaktik auf diesem Felde in der Zukunft noch große Entdeckungen machen wird. Sicher ist heute schon: *der Einbruch der Technik in den Unterricht, wie er sich hier vollzieht, lähmt und verödet den Unterricht nicht, sondern belebt und intensiviert ihn*. Diese Wirkung ist mitverursacht durch *das große Interesse*, das die überwiegende Mehrzahl der Schüler an technischen Phänomenen nimmt. Dadurch entsteht ein positiver Rückkopplungseffekt auf den Unterricht, der in der Schule nicht selbstverständlich ist. Das im allgemeinen frohe Unterrichtsklima, die ausdauernde und disziplinierte Aktivität der Kinder, die wir im Unterricht wahrnahmen, sind uns ein sicheres Anzeichen dafür, daß hier Möglichkeiten eines neuen Unterrichts vorliegen, der unsere Schule mit einfachen Mitteln einen großen Schritt nach vorn bringen kann. Schulreform ist hier nicht erst in Sicht, sondern bereits ermöglicht und auch bereits verwirklicht, wenn zunächst auch nur in kleinem Kreise. Das aber ließe sich ändern.

Schietzel

Unterrichtsbeispiele

1 Freies Bauen 1

Aufgabenstellung: Der Unterricht mit Konstruktionsbaukästen sollte als freies Bauen beginnen, etwa mit der Aufforderung: *Du darfst jetzt zwei Stunden lang bauen, was du willst. Sieh dir den eingeräumten Baukasten genau an, damit du ihn später wieder ordentlich einpacken kannst.*

Unterrichtliche Hinweise: Wenn der Unterricht mit dem freien Bauen beginnt, wird das Material der Baukästen hinsichtlich seiner technischen Funktionen und seiner Werkstoffeigenschaften schnell bekannt. Auch bilden sich bei solcher Freiheit bald Bauideen, und beim Versuch, sie in konkrete Gebilde umzusetzen, fördert das Konstruieren das Kennenlernen des Materials, und das Material wirkt auf das Planen und Bauen anregend zurück. Die meisten Schüler entschließen sich bemerkenswert rasch zu einem Plan, nur wenige bedürfen einer Anregung durch Mitschüler oder durch den Lehrer. Nur selten war auch zu beobachten, daß ein einmal gefaßter Plan wieder umgestoßen wurde, häufig dagegen waren Neuansätze an dem in Arbeit befindlichen Objekt. Oft wurde ein Bauplan in erstaunlich kurzer Zeit verwirklicht.

Als Bauobjekt wurden eindeutig *Fahrzeuge* bevorzugt. Nimmt man solche Modelle hinzu, an denen irgendwelche Bewegungsvorgänge ablaufen, so hat man mehr als drei Viertel der Objekte erfaßt.

Einige Kinder – das gilt besonders für das erste Schuljahr – haben beim Bauen kein bestimmtes Ziel vor Augen, und sie wissen auch nicht zu sagen, was ihr Gebilde darstellt. So hat Petra (Abb. 1.1) lediglich einige Bauelemente nebeneinander angeordnet, wobei die Einzelteile auch keinen Funktionszusammenhang miteinander haben. Eine Phantasiemaschine ohne praktische Funktion hat sich Frank gebaut (Abb. 1.2). Diese und andere später hergestellte Objekte sind überaus bemerkenswert: Frank arbeitete von Anfang an jedesmal



Abb. 1.1

Petra R., Klasse 1



Abb. 1.2

Frank K., Klasse 1

konzentriert und ohne Unterbrechung länger als 30 Minuten mit dem Baukasten – eine Leistung, die er im übrigen Unterricht nicht annähernd zuwege brachte.

Die Auswahl der abgebildeten Schülerarbeiten soll bezeugen, wie rasch und ideenreich die Kinder sich in das Material eingelebt haben. Dabei ist aber zu bedenken, daß diese Auswahl aus fünf Klassen vom 1. bis zum 4. Schuljahr getroffen worden ist und daß jeweils zwei Doppelstunden zur Verfügung gestanden haben. Dadurch ergibt sich im Abbildungsmaterial eine größere Abwechslung der Typen und der Differenzierung nach dem intellektuellen Niveau, als sie in einer einzigen Klasse vorhanden sein kann. – Die Ergebnisse sind auch davon abhängig, ob Kinder im Hause mit technischen Baukästen spielen. In unseren Versuchsklassen war das nur bei zwei Schülern der Fall.

Der Unterricht beginnt zweckmäßig mit dem Austeilen der Baukästen. Der Inhalt der Kästen wird durch Auspacken, Betrachten und Probieren zur Kenntnis genommen. Dann führt der Lehrer die beiden wichtigsten Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Bauelementen vor: das Einschieben der schwarzen Zapfen der Grundbausteine in die entsprechenden Rillen (Nuten). Steine mit schwarzen Verbindungszapfen sind *nicht für Drehung* eingerichtet! Beim gewaltsamen Drehen können sie auseinanderbrechen. Die beiden Bausteine mit roten Zapfen dagegen lassen sich drehen. Ist diese wichtige Regel begriffen, wird das Zusammensetzen der Radnaben und ihre Befestigung auf den Achsen vorgeführt. Weiterer Hinweise bedarf es nicht.

Diese wenigen Handgriffe werden einige Male vor- und nachgemacht. Im übrigen sollen die Schüler ihre eigenen Erfahrungen mit dem Material machen, das, vom erwähnten Sonderfall abgesehen, außerordentlich strapazierfähig ist. Wichtig für den Unterrichtsablauf ist, zumal am Anfang, das rechtzeitige Abbrechen der Arbeit gegen Stundenende, damit das Material sorgfältig eingepackt und dabei kontrolliert werden kann. Für das Einpacken sind anfangs etwa 20 Minuten, später 10 Minuten vorzusehen. Bei dieser Ordnungsarbeit prägen sich die Bezeichnungen für die einzelnen Bauelemente ein. Die Schautafel ist dafür ein gutes Hilfsmit-



Abb. 1.3

Susanne W., Klasse 3



Abb. 1.4

Anke C. und Gaby S., Klasse 4

tel. Die Kenntnis der Bezeichnungen erleichtert später die Verständigung in den Unterrichtsgesprächen.

In unseren Klassen hat mehr als die Hälfte der Kinder Fahrzeuge irgendwelcher Art gebaut. Das sich drehende Rad, oft als das Symbol der Technik überhaupt ausgegeben, hat für Kinder etwas Faszinierendes, sei es an einem Fahrzeug, einer Winde, einem Phantasiegebilde. Häufig werden ineinandergreifende Zahnräder oder durch Gummiband miteinander



Abb. 1.5

Frank S., Klasse 4



Abb. 1.8

Thomas K., Klasse 2



Abb. 1.6

Peter T., Klasse 4



Abb. 1.7

Burkhardt P., Ingo P., Ulrich Th., Mike K., Klasse 4



Abb. 1.9

Peter W., Klasse 4

der verbundene Räder oben auf ein Fahrzeug draufgesetzt, ohne daß diese Konstruktion einen praktischen Bezug zum Fahrzeug hätte – die Lust am sich drehenden Rad motiviert diese Gebilde.

Bevorzugt wurden vierrädrige Wagen. Das möchte zuerst verwundern, erklärt sich dann aber leicht, wenn man sich klar macht, daß diese Fahrzeuge am leichtesten zu konstruieren sind – allerdings vorausgesetzt, daß die Lenkung außer Betracht bleibt. Das aber kommt der Denkweise der Kinder gerade entgegen (Kap. 18, Fahrzeug mit Lenkung). Die großen Reifen des Baukastens üben auf die Kinder einen besonderen Anreiz aus. Weil diese Räder auf der einen Seite eine flache Nabe haben, ergeben sich anfangs kleine Schwierigkeiten beim Bauen. Wird die flache Seite des Rades nämlich nach innen gegen den Wagen gerichtet, so reiben sich die Reifen am Wagengestell (Abb. 1.3, siehe auch Kap. 3, Fahrzeug).

Viele der Mädchen zeigten eine Vorliebe für *Wohnwagen* (Abb. 1.3 und 1.4). Diese Fahrzeuge rüsteten sie liebevoll aus: mit Hilfe der in den roten Zapfen drehbaren Steine konstruierten sie bewegliche Türen; Zahnstangen wurden zu Leitern umfunktioniert. Zwei unabhängig voneinander entstandene Wagen wurden zu einer Einheit zusammengeköpelt, als die beiden Fahrzeugbauerinnen diese Möglichkeit entdeckten (Abb. 1.4).

Frank und Peter bauten Fahrzeuge mit Antrieb. Frank vermochte dabei zwei Konstruktionsprobleme elegant zu lösen (Abb. 1.5). Er lagerte die Vorderachse mit kleinerem Radabstand drehbar, so daß das Fahrzeug gelenkt werden konnte, und er übersetzte die Antriebskraft – ein Handantrieb mit Kurbel – auf die Hinterachse. Für diese Übersetzung wählte er Räder unterschiedlicher Größe und eine Antriebsfeder. Peter benutzte zwei Zahnräder für den Antrieb seines Fahrzeugs (Abb. 1.6). Beide Lösungen zeigen, wie einfallsreich und technisch verständig bereits Grundschüler das doch gewiß schwierige Problem der Weiterleitung von Drehbewegungen aus eigenen Stücken zu lösen verstehen.

Die *Eisenbahn* (Abb. 1.7) ist zunächst dadurch bemerkenswert, daß es sich um die *Gemeinschaftsarbeit* von vier Jun-



Abb. 1.10

Birgit B., Klasse 4



Abb. 1.11

Dieter W., Klasse 4

gen handelt, die sich für dieses Projekt freiwillig zusammengefunden hatten. Während Mike die Gleise aus Teilen des Statik-Baukastens anfertigte, konstruierten drei andere Schüler Lokomotive und Wagen. Für die Kupplungen der Fahrzeuge wurden Gelenksteine verwendet, die sich als be-



Abb. 1.12

Markus R., Klasse 4

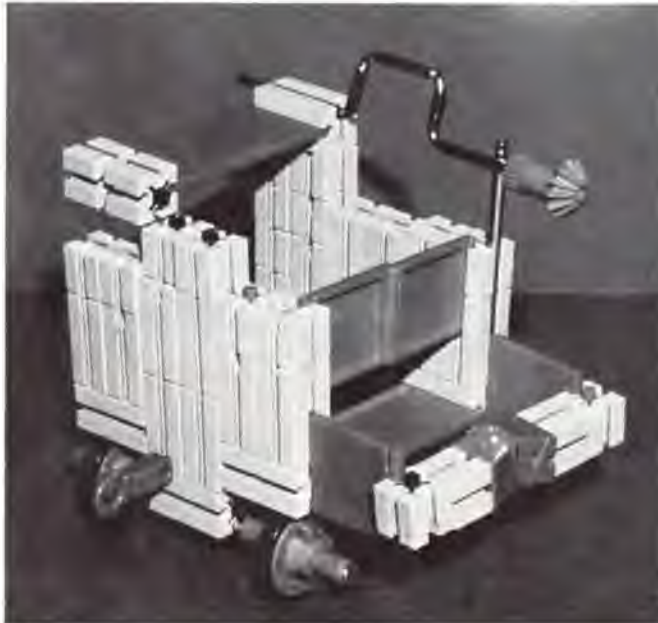


Abb. 1.13

Christina R., Klasse 1



Abb. 1.14

Holger H., Klasse 4

sonders vielseitig benutzbar hier und auch in allem folgenden Unterricht erwiesen haben. Schwierig war es für die Jungen, die Räder auf den Achsen in gleichem Abstand zu montieren; aber auch mit diesem Problem wurden die Schüler nach einigen Versuchen fertig. Eine überdurchschnittliche Einzelleistung zum selben Thema ist auf Abbildung 1.8 zu sehen: Thomas ist gerade dabei, die „Dampfpeife“ bei seiner Lokomotive anzubringen. Die beiden Kurbeln seines Baukastens hat er zu Scheinwerfern umfunktioniert. Beim Bau der *Feuerwehrwagen* hing das zentrale Konstruktionsproblem für die Schüler nicht mit dem Fahrwerk, sondern mit dem Drehen und Schwenken der Leiter zusammen

(Abb. 1.9). Peter hat die technische Antwort auf das Problem nicht gefunden, doch hat er sich mit einer Seilwinde, die die Leiter um die horizontale Achse schwenken sollte, zu helfen gewußt. Entgegen unserem Grundsatz vom Vollenden (S. 17) ist diese Vorrichtung aber aus organisatorischen Gründen nicht fertiggestellt worden. Zweirädrige Fahrzeuge wurden verhältnismäßig selten hergestellt (Abb. 1.4 und 1.10). In einem Falle wollte die kleine Konstrukteurin zu ihrem *Karren* auch das *Pferd* „bauen“, mußte diesen Plan aber aus Zeitmangel aufgeben. Ein relativ



Abb. 1.15

Henning H., Klasse 4



Abb. 1.16

Joachim St., Klasse 3

häufiges Motiv dagegen war das *Flugzeug*, bemerkenswert deshalb, weil es im Gegensatz zu den Räderfahrzeugen ja einen viel geringeren Realitätswert hat als diese; es kann eben nicht fliegen, wo jene doch fahren können. Grundschüler sind aber durch diesen Mangel an Realentsprechung wenig berührt. Sie ersetzen diesen Mangel an Realität durch eine möglichst exakte Erfassung anderer Wirklichkeitsattribute, sie erfassen zum Beispiel die Form eines Gegenstandes, wie es die Abbildungen (Abb. 1.11; 1.12) zeigen, in deren charakteristischen Momenten, wie sie ja auch akustische Phänomene und Bewegungsabläufe (Lokomotive) mimisch außerordentlich präzise auszudrücken verstehen. Wie viele technische Probleme im übrigen auch das fluguntüchtige Flugzeug zu lösen aufgibt, zeigt das Modell eines dreimotorigen Flugzeugs, das Markus gebaut hat (Abb. 1.12): Die Achsen der Vorderräder müssen korrekt gelagert werden, die Propeller müssen rotieren können. Markus hat für diese technischen Anforderungen gute Lösungen gefunden. Christina R. hat sich zum Bau einer *Autofähre* entschlossen, angeregt durch ein Reiseerlebnis mit den Eltern (Abb. 1.13). Das Modell der Fähre ist von der Form her, anders als bei den



Abb. 1.17

Barbara P., Klasse 3



Abb. 1.18

Christoph M., Klasse 3

vor erwähnten Leistungen, nicht gut erfaßt; es ist wenig „Schiff“, sondern steht ganz im Bann eines Fahrzeuges mit Rädern. Trotzdem ist die Leistung, die Christina erbracht hat, ausgezeichnet. Schon die Herstellung des Fahrgestells aus den Elementsteinen verrät hohes technisches Konstruktionsgefühl, und die geschickte Verwendung der Bauplatten und roten Winkelsteine (Abb. 1.13, rechts vorn) ist für ein siebenjähriges Mädchen erstaunlich – kein gleichaltriger Junge hätte Christina übertreffen können. Ein Lasthaken dient zum Befestigen eines Schleppseils, und oben an der Autofähre ist zur Kontrolle der Fahrgäste und Autos eine Fernsehkamera (Kegelzahnrad an Kurbelwelle) angebracht. Nächste den Fahrzeugen wurden bevorzugt *Hebevorrichtungen* gebaut. Ein Beispiel ist die *Seilwinde* (Abb. 1.14). Auch an diesem Modell wird die Freude an Funktionsbewegungen deutlich. Eine überdurchschnittliche Leistung ist der *Kran* des technisch sehr begabten Henning H. (Abb. 1.15). Die *Klappbrücke* (Abb. 1.16), die ein Schüler des 3. Schuljahrs gebaut hat, enthält, wie bei einer Anfangsarbeit nicht verwunderlich, noch mehrere Fehllösungen: Das Zugseil der Brückenhälften zum Beispiel wird um die Unterkanten geführt, so daß die Kraft einen ungünstigen Angriffspunkt hat. Die Seilwinden sind ungeschickt konstruiert: Zum Hochwinden der Brückenhälfte links im Bild benutzt Joachim als Seiltrommel eine Radnabe, die er auf einer Welle befestigt hat. Für die andere Brückenhälfte wird zwar sachgerecht eine Seiltrommel verwendet; aber die Kurbel wird nur auf die Welle geschoben, nicht befestigt, und so dreht sie bei Belastung durch. Gut gelöst ist dagegen die Kippfunktion unter Verwendung des Gelenksteins. Zwei Fußgängertreppen werden wie Leitern gegen die Brücke gelehnt – ein treffendes Beispiel dafür, wie stark die technischen Vorstellungen noch von den Spiel- und Umgangserfahrungen des engen häuslichen Lebenskreises bestimmt sind.

Gute technische Einfälle hatte Barbara P., auch aus dem 3. Schuljahr, beim Konstruieren einer *Eisenbahnschranke* (Abb. 1.17). Die Welle der Seiltrommel liegt fest im Lager und kann nicht verrutschen, Radnabe und Klemmbuchse verhindern es. Durch zwei Gelenksteine erhält die Schranke eine



Abb. 1.19

Heike B. und Birgit P., Klasse 4

gutfunktionierende Kippvorrichtung. Das freie Ende des Schrankenbaums wird durch ein Auflager gestützt. Für die Befestigung und die Führung des Zugseils hat Barbara dagegen keine befriedigende Lösung gefunden; sie kennt den Einfluß der Zugrichtung auf die Wirksamkeit der Kraft noch nicht (vgl. S. 44). Diese Einsicht wird ihr erst im Laufe der Zeit durch die Erfahrungen beim Konstruieren zuwachsen. Von mehreren Schülern wurde eine *Mühle* gebaut. Das ist deshalb bemerkenswert, weil es in der Umgebung der von uns unterrichteten Klassen keine Mühlen mehr gibt. Die ausladende, auffällige Bewegung des Mühlenflügels, an heftige Armbewegungen erinnernd, die die Kinder auf einer Reise oder in einem Film beobachtet haben mögen, scheint sich einzuprägen und das Interesse an dieser Maschine hervorzurufen. Recht eigenwillig wirkt das Modell von Christoph M.



Abb. 1.20

Sabine B., Klasse 4



Abb. 1.21

Jörg B., Klasse 4

(Abb. 1.18). Auf ein massives Fundament hat er eine grazile Säule aus Achsstangen gesetzt. Dadurch bringt er in äußerster Klarheit den Gegensatz des gelagerten kompakten Sokkels zum hochragenden luftigen Traggestell zum Ausdruck. (Parallelen zur Kinderzeichnung – Britsch's Richtungsunterscheidung – drängen sich auf.) Die Spannung der Antriebsfeder, die die Welle nach oben zieht, hat Christoph durch einen Baustein abgefangen; er hat ihn vor die Säule gesetzt und dadurch die Lagerung der Antriebswelle wesentlich verbessert.

Eine ungewöhnlich gute Konstruktion haben zwei Mädchen einer 4. Klasse gebaut; es handelt sich um ein *Karussell* (Abb. 1.19), dessen kippssicheres Gestell ebenso Beachtung verdient wie der rotierende Bauteil: Die Drehachse ist einwandfrei in einer Rille der Mittelsäule gelagert. Geschickt sind

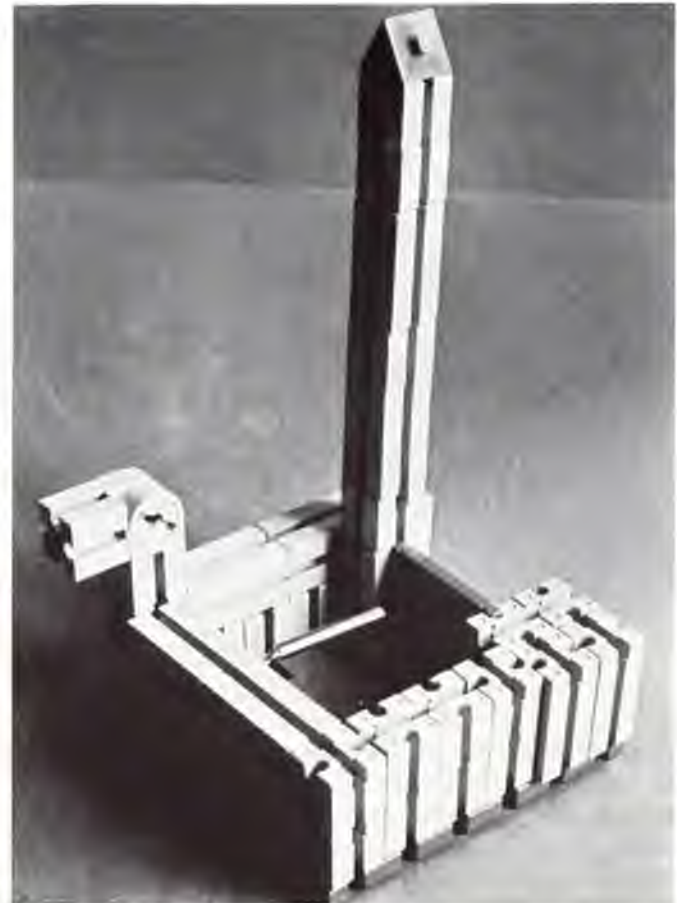


Abb. 1.23

Rosemarie H., Klasse 4

auch die Gondeln montiert, in denen sich Menschen niedergesetzt haben!

Nur etwa jeder fünfte Schüler hat ein Gebilde hergestellt, das ohne Bewegungsmechanismus ist, zum Beispiel einen Turm, eine Kirche, einen Wagen mit Pferd und Kutscher (Abb. 1.20). Als am Ende des Unterrichts wiederum frei gebaut wurde, waren solche Objekte noch stärker zurückge-

treten (siehe Kap. 28). Die Objekte dieser Schüler sind in verhältnismäßig hohem Maße erfindungsarm und undifferenziert. Nehmen wir als Beispiel den Sprungturm der Badeanstalt (Abb. 1.21). Jörg B., in den grundlegenden Unterrichtsfächern ein schwacher Schüler, hat mehrere Ansätze genommen, dies oder jenes Objekt zu bauen; schließlich hat er dann das abgebildete einfache Produkt zuwege gebracht. Überraschenderweise hat sich Jörg aber im Verlaufe unseres Unterrichts in seinen Leistungen enorm gesteigert und mehrere gute Konstruktionen gebaut (vgl. dazu Abb. 5.4, 11.2 und 27.10).

Ganz anders der *Turm*, den Isabel, eine Schülerin des dritten Schuljahrs, konstruiert hat: der klare Aufbau und die Ausgewogenheit des kleinen Bauwerks sind Merkmale, die die Leistungen der Schülerin auch auf ganz anderen Gebieten – Zeichnungen, Schrift – kennzeichnen (Abb. 1.22).

Als letztes frei hergestelltes Objekt ist eine *Kirche* abgebildet worden (Abb. 1.23). Unerwartet weht uns ein moderner technischer Geist an: Auf der Kanzel steht ein Mikrophon (silberne Winkelachse), und eine Fernsehkamera (Winkelstein) beobachtet die Kirchgänger (siehe auch Abb. 1.13).

Lernziele:

1. Erste Verwirklichung von Bauideen mit einem neuen Konstruktionsmaterial
2. Vertrautwerden mit den neuen Bauelementen und ihrem System
3. Einräumen des Baukastens nach einem Plan (Schautafel) und Kontrolle
4. *Begriffe*: Baustein, Zapfen, Drehzapfen, Winkelstein, Gelenkstein, Achse

Die Verfasser

2 Die Seilwinde

ab Klasse 2

Aufgabenstellung: Es ist an bekannte Beispiele für die Verwendung von Winden zu erinnern: Abschleppwagen, Kranwagen, Kran, Lademast, Baumaterial, Stückgut und Container sowie Schiffsanker, Wasserei-



Abb. 2.1

Gabriele B., Klasse 3



Abb. 2.2

Christoph M., Klasse 3



Abb. 2.3

Peter T., Klasse 3

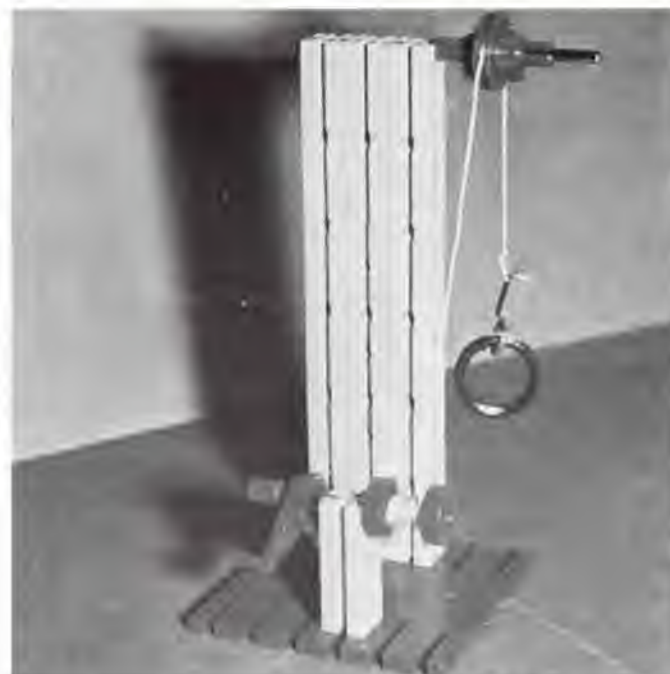


Abb. 2.5

Ulrike Th., Klasse 3

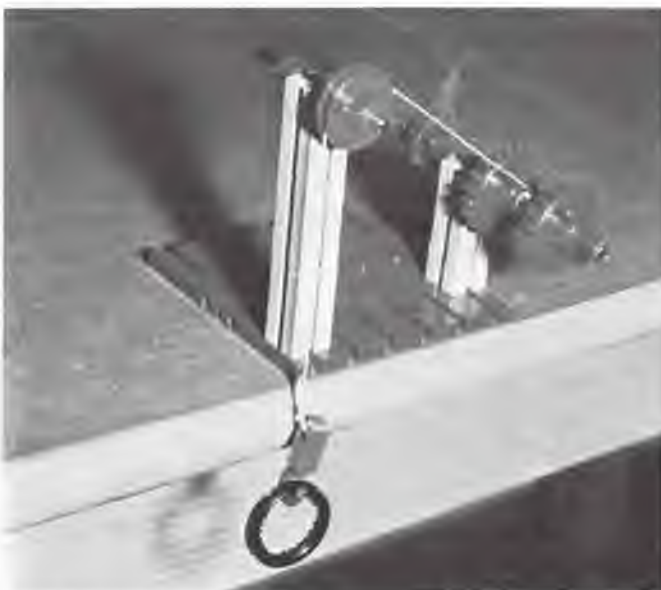


Abb. 2.4

Astrid Schm., Klasse 3



Abb. 2.6

Ralf P., Klasse 2



Abb. 2.7

Sven H., Klasse 2

mer der Schachtbrunnen. Auf diese Vergegenwärtigung folgt der Arbeitsauftrag *Baue eine Winde, mit der du Lasten heben kannst. Du kannst die Last vom Fußboden auf den Tisch hochwinden oder an einem Mast hochziehen.*

Unterrichtliche Hinweise:

Die Seilwinde ist eine *einfache Maschine*, vielen Kindern vom Spielzeug vertraut. Etwas „hochziehen“ gehört zu den beliebtesten Spielfreuden des Kindes. Auf diese Grundlage gehen wir zurück. Die Schüler erkennen an der Seilwinde, wie eine *Grundaufgabe* menschlicher Arbeit durch die

Technik gelöst wird. Wenn der Lehrer nicht vorher auf die im Baukasten vorhandenen *Seiltrommeln* hinweist, werden viele Kinder – besonders die jüngeren – die Funktion dieser Bauteile nicht erkennen und an ihrer Stelle zum Aufwickeln des Seils ein Rad benutzen (Abb. 2.1). Auch werden bei den meisten Lösungen Kurbel und Seiltrommel gemeinsam auf einer Welle¹⁾ befestigt; eine Übersetzung ins Langsamere (Untersetzung), die eine Kraftersparnis mit sich bringt (Abb. 2.2), kann in der Grundschule noch nicht zum allgemeinen Thema gemacht werden.

Einige Konstruktionen (Abb. 2.1 und 2.3) weisen schon auf die Bedeutung des *Auslegers* hin und sind damit Vorwegnahmen von technischen Aufgaben, die in den Anschlußthemen Kranwagen und Kran wichtig werden. Der Ausleger si-



Abb. 2.8

Marion W., Klasse 3



Abb. 2.9

Birgit P., Klasse 4



Abb. 2.10

Birgit P., Klasse 4

chert, daß Lasten ungehindert gehoben werden (*Lastenfreiheit*). Vereinzelt ist an den Modellen eine *feste Rolle* zur Umlenkung des Seils (*Änderung der Krafttrichtung*) zu finden (Abb. 2.3, 2.1, 2.4 und 2.5). Der Mehrzahl der Schüler genügt jedoch eine Stahlachse (Abb. 2.6) oder ein Baustein mit Loch (Abb. 2.7) für diese Funktion.

Eine Spitzenleistung zeigt das Modell von Peter T. (Abb. 2.3). Man beachte besonders die *Lagerung der Rolle* am Ausleger, die *Stützung des Auslegers* und die *Seilführung*. Um ein Umkippen bei übermäßiger Belastung zu verhindern, sind

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

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

auf der Grundplatte *Gegengewichte* befestigt. Von dieser Konstruktion bis zum Kran ist es nur ein kleiner Schritt. Da der Bau einer Seilwinde nicht allzuviel Zeit erfordert, sind *Zusatzaufgaben* möglich. Sie können folgendermaßen gestellt werden: *Erfinde noch eine Vorrichtung, damit die Last in jeder beliebigen Höhe hängenbleibt, ohne daß die Kurbel festgehalten werden muß.* – *Erfinde einen Transportbehälter für die Winde, mit dem Stahlstangen gehoben werden, einen anderen für Fässer oder Säcke.*

Der Lehrer sollte nicht versäumen, mit den Kindern die Bedeutung von *Schutzmaßnahmen* beim Arbeiten mit der Winde zu erörtern.

Die Modelle der Abb. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.11 und 2.14 bringen *Beispiele* für unterschiedliche Lösungen der *Zusatzaufgaben*: Ein Schüler verwandte eine Seilwinde dazu, den Ausleger seines „Kranes“ zu heben und zu senken (Abb.2.7). Um das Abrollen des Seils zu verhindern, schob er den Flügel der



Abb. 2.11

Ulrich E., Klasse 4



Abb. 2.12

Ulrich E., Klasse 4

Radnabe in die Rille eines Bausteins. Ebenso simpel löste Sven bei diesem Modell das Aufspulen des Zugseils, indem er einfach eine Kurbelwelle dafür verwandte.

Eine wesentlich bessere *Sperrvorrichtung* baute Ralf (Abb. 2.6). Der freie Schenkel des Gelenksteins kann vor den Kurbelgriff geklappt werden und verhindert ihren Rücklauf. Marion steckte auf die Welle ihrer Seiltrommel zwei Kurbeln (Abb. 2.8). Die eine dient zum Aufwinden des Seils, die andere als *Rücklaufsperr*; die Schlinge eines Seils wird um den Kurbelgriff gelegt und verhindert so das Abspulen. Auch Birgit P. verwandte bei ihrer Seilwinde (Abb. 2.9 und 2.10) die zweite Kurbel als Sperrvorrichtung; der Griff der Handkurbel wird in die Löcher eines Statikteils gesteckt und dadurch am Weiterdrehen gehindert. Birgit baute außerdem noch einen *Transportbehälter* und löste damit eine weitere *Zusatzaufgabe* (Abb. 2.10).



Abb. 2.13

Sabine B., Klasse 4



Abb. 2.14

Sabine B., Klasse 4

Recht *gute Sperrvorrichtungen* konstruierten Ulrich E. (Abb. 2.11 und 2.12) und Sabine B. (Abb. 2.13 und 2.14). Beide verhinderten durch einen Riegel, daß die Seiltrommel abrollen kann. An Ulrichs Modell kann der Riegel über den Kurbelgriff geklappt werden (Abb. 2.11); in der anderen Stellung (Abb. 2.12) kann die Kurbel gedreht werden. Sabine ließ den Zapfen eines Bausteins, der weggekippt werden kann, in die Schlitz der Drehscheibe greifen, um damit die Drehbewegung der Seiltrommel zu blockieren (Abb. 2.13 und 2.14). Die Konstruktion einer *automatischen Sperrklinke* (wie in Abb. 28.11) kann im Anfangsstadium der technischen Bildung nicht erwartet werden.

Lernziele:

1. Arbeitsleistung und Verwendung, Funktion und Konstruktion einer Winde
2. Die Seiltrommel dient zum Auf- und Abwickeln des Seiles
3. Die Sicherung der Winde
4. Schutzmaßnahmen: Man darf nicht unter der Last einer Winde stehen
5. *Begriffe:* Winde, Seil, Seiltrommel, Kurbel, Sicherheitsvorrichtung, Last.

Raabe

3 Das Fahrzeug

ab Klasse 2

Aufgabenstellung: Baue ein Fahrzeug, das auf der Straße fahren kann. Verwende dazu die großen Reifen.

Unterrichtliche Hinweise: Bevor die Kinder mit dem Bauen beginnen, sollten sie Fahrzeuge aufzählen, die in Betracht kommen. Unsere Schüler nannten folgende Möglichkeiten: Lastzug, Lastwagen, Personenwagen, Auto, Trecker, Schneeschieber, Rennwagen, Sportwagen, Kutsche, Abschleppwagen, Kranwagen, Fahrrad, Roller, Moped, Motorrad.

Das Augenmerk der Schüler sollte in Einzelgesprächen auf die Radbefestigung gelenkt werden; aus diesem Grunde ist die Verwendung der großen Reifen vorgeschrieben. Werden sie nämlich falsch montiert, so reiben sich die Räder wegen der *flachen* Radnaben an der Seite (Abb. 3.2 rechts und 3.3 links vorn: Wangenreibung). Auch dürfen sie keinen zu großen seitlichen Spielraum haben (Abb. 3.2 und 3.4 rechts hinten: axiales Spiel). Thorsten hat eine Wangenreibung geschickt vermieden, indem er Klemmbuchsen (Abb. 3.1 rechts

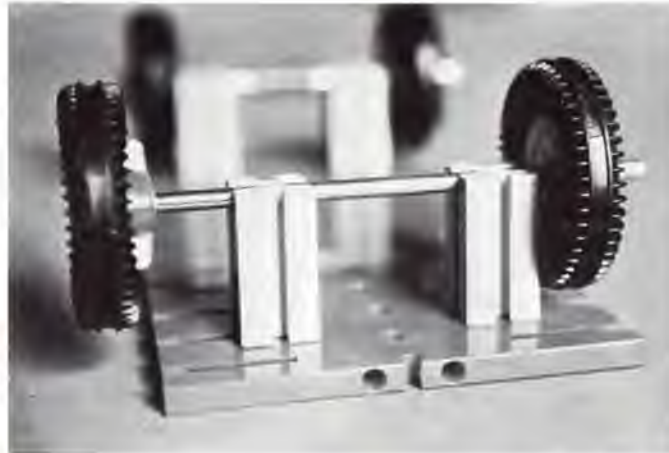


Abb. 3.2

Holm D., Klasse 1



Abb. 3.1

Thorsten H., Klasse 1

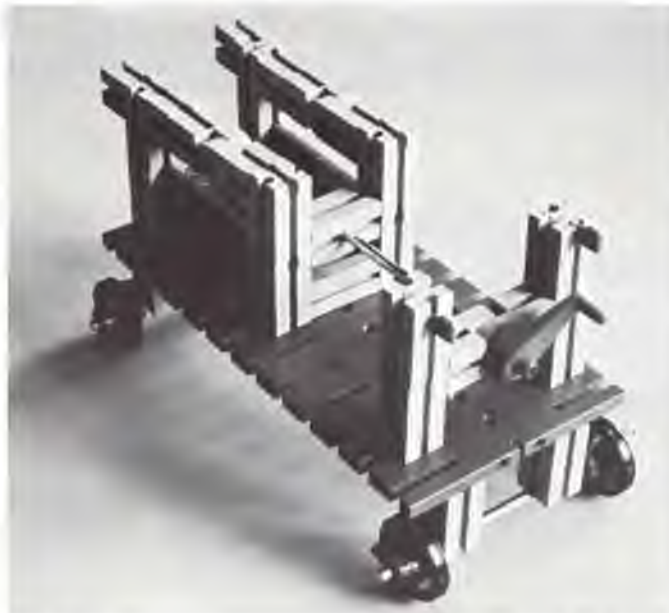


Abb. 3.3

Michael K., Klasse 1

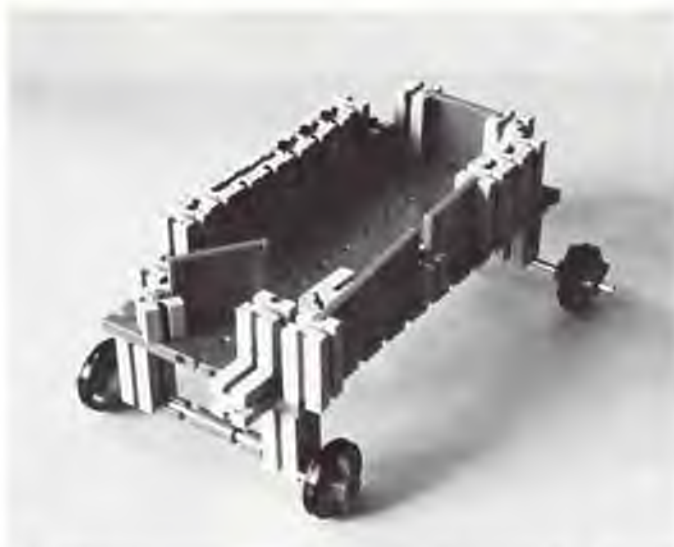


Abb. 3.4

Christiane B., Klasse 1



Abb. 3.6

Volker M., Klasse 2

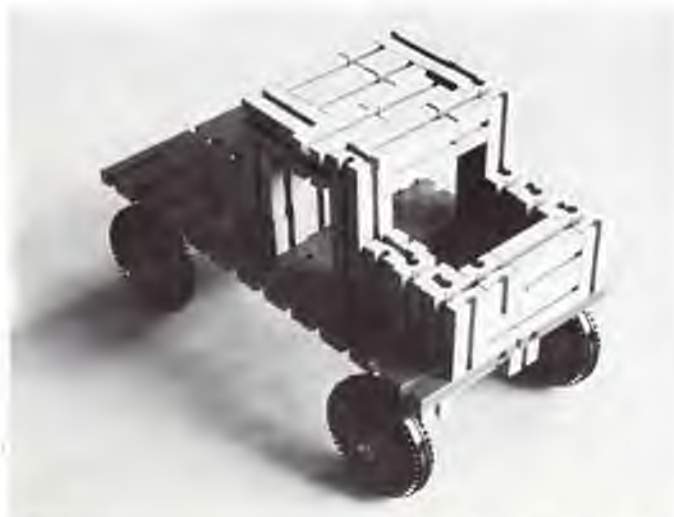


Abb. 3.5

Carsten Sch., Klasse 2



Abb. 3.7

Martin T., Klasse 2

vorn) vor die flachen Radnarben gesetzt hat. Alle abgebildeten Fahrzeuge besitzen entweder *durchgehende lange* (Abb. 3.2. und 3.3) oder zwei *zusammengekuppelte kurze* Achsen (Abb. 3.1 und 3.4). Diese Lösungen erfordern für alle Achsen jeweils zwei Führungen (Lager); dadurch haben die Räder einen leichten Lauf und können nicht verkanten. Bei diesem Thema ist die Zeitplanung besonders leicht, weil jedes frühzeitig fertiggestellte Modell durch Aufbauten oder einen Anhänger sinnvoll vervollkommenet werden kann: Carsten und Volker haben jeweils ein Führerhaus und eine Motorhaube gebaut (Abb. 3.5 und 3.6); bei Michael ist ein phantasievoller Bewegungsmechanismus (Abb. 3.3) entstanden. Das Fahrzeug 3.4, das sich durch eine bewegliche Tür verschließen läßt, ist die fertige Lösung des auf Seite 16 im Entstehen gezeigten Modells. Eine überdurchschnittliche Leistung stellt Martins Kranwagen (Abb. 3.7) dar, dessen Fahrzeugfläche zu diesem Zweck mit einer kleinen Grundplatte vergrößert wurde. Die Steuerung des Fahrzeugs wird nicht angestrebt. Diese Aufgabe bleibt dem 4. Schuljahr vorbehalten (Kap. 18).

Lernziele:

1. Konstruktion eines Räderfahrzeugs.
2. *Begriffe:* Reibung, Achse, Rad, Reifen, Radnabe, Lager, leichter und schwerer Lauf.

Vollmers

4 Die Autosperre

ab Klasse 2

Aufgabenstellung: Fabriken, Schulen, Krankenhäuser, Kasernen sind mit einem Zaun oder einer Mauer umgeben. Nur an wenigen Stellen befinden sich Eingänge, die Pförtner überwachen. Baue für eine derartige Einfahrt eine *Autosperre*; denn Fahrzeuge sollen nicht unkontrolliert auf das Gelände fahren können. Damit der Pförtner nicht bei jedem Fahrzeug aus seinem Raum herauskommen muß, soll sich die Autosperre durch *Drehen einer Kurbel* im Pförtneraum öffnen und schließen lassen. Das Pförtnerhaus braucht nicht gebaut zu werden,



Abb. 4,1

Petra R., Klasse 1

Unterrichtliche Hinweise: Eine der möglichen Lösungen ist die *Schranke* (z. B. Abb. 4.1 und 4.2). Der Hinweis darauf sollte auf jeden Fall vom Lehrer zurückgehalten werden, weil die Schüler sonst durch die bekannte Bahnschranke so in ihren Überlegungen fixiert sind, daß kaum schöpferische Lösungen zustande kommen.

Wenn die zusätzliche Bedingung, die Sperre durch *Drehen einer Kurbel* zu bedienen, nicht gestellt wird, werden die Lösungen häufig zu einfach: Es wird lediglich eine hin- und herschiebbare Stange oder nur ein drehbarer Balken („Schranke“) gebaut, der mit der Hand hochgeklappt und wieder zurückgelegt wird. Da ein Teil der Kinder dazu neigt, auch nebensächliche Dinge darzustellen, empfiehlt es sich aus Zeitgründen, darauf hinzuweisen, daß das Pförtnerhaus nicht gebaut zu werden braucht. Petra (Abb. 4.1) und Sven



Abb. 4.2

Sven H., Klasse 2



Abb. 4.3

Heinke S., Klasse 1



Abb. 4.4

Martin T., Klasse 2

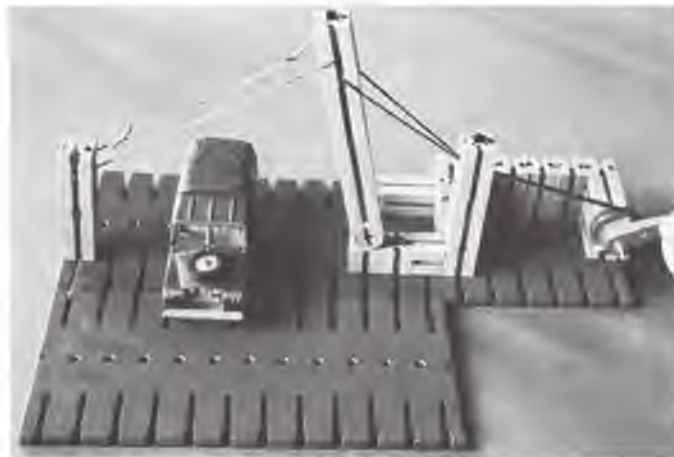


Abb. 4.5

Angela H., Klasse 4

(Abb. 4.2) haben zur Überwachung ihrer Autosperre auf einem Mast eine „Fernsehkamera“ (Kardangelenk) angebracht. Derartige Nebensächlichkeiten sind für die Kinder von Bedeutung und sollten deshalb nicht abgelehnt werden, selbst wenn sie nicht unmittelbar zur Sache gehören. Unsere Schüler haben zu der anfangs beschriebenen Problemsituation folgende unterschiedliche Lösungen gebracht:

Die *Schranke* (Abb. 4.1 bis 4.6) ist die einfachste und zweckmäßigste Lösung; sie erfordert wenig Material und wenig Platz. Die Notwendigkeit eines Gegengewichts bei Schranken (vgl. S. 45) wird den Schülern wegen der leichten Bauelemente nicht bewußt; sie sollte deshalb an dieser Stelle nicht besonders besprochen werden. Wichtig ist, daß das Seil, an dem der Schranken-Balken hochgehoben wird, schräg nach oben verläuft (Abb. 4.4); wenn das Seil dagegen unmittelbar an der Schranke entlangläuft (Abb. 4.1), kann sie



Abb. 4.6

Gaby S., Klasse 4

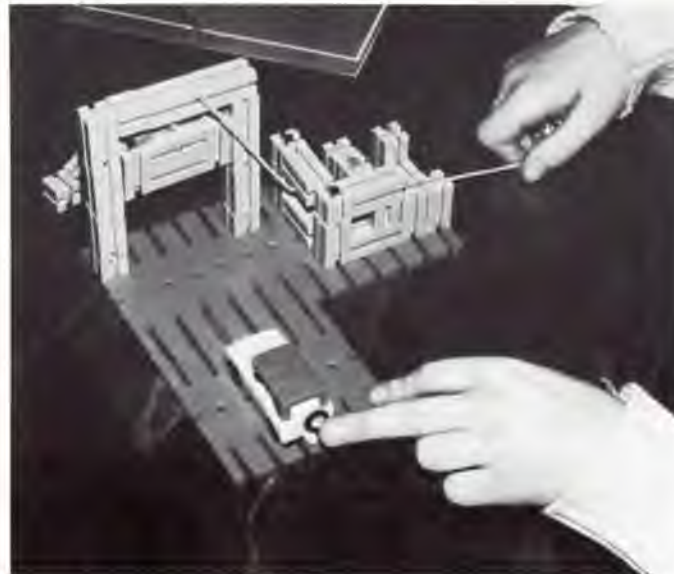


Abb. 4.7

Thomas K., Klasse 2

gar nicht oder nur sehr schwer angehoben werden (siehe dazu Abb. 5.7). Die einfachste Möglichkeit zum Schließen einer Schranke besteht im Ausnutzen der Schwerkraft (Abb. 4.1 und 4.6). Heinke und Martin (Abb. 4.3 und 4.4) jedoch verwenden zum Öffnen *und* Schließen einen Seilzug. Angela hat mit Hilfe eines Gummibandes sogar eine sich selbsttätig schließende Autosperre gebaut (Abb. 4.5).

Das *Falltor* (Abb. 4.7 und 4.8) und das *Schiebetor* (Abb. 4.9) verschließen den Eingang am sorgfältigsten. Schüler: „Nicht mal Katzen und Hunde können durch.“ Da die Sperre aber nur Autos aufhalten soll, sind diese Lösungen etwas zu aufwendig.

Die *Drehsperre* (Abb. 4.10) erfordert nur wenig Aufwand an Material. Allerdings benötigt diese Konstruktion viel Platz: Der Raum, in dem die Tür sich dreht, muß stets freibleiben. Eine originelle, technisch gut durchdachte Konstruktion zeigt Abbildung 4.11: Über ein Zugmittelgetriebe (Gummi-

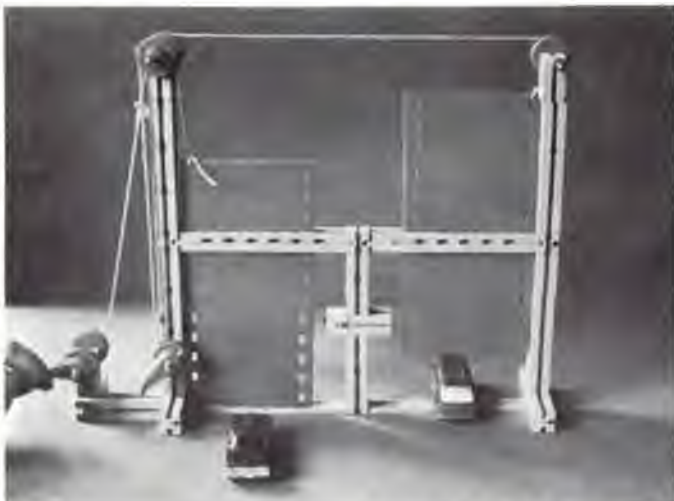


Abb. 4.8

Bernd R. und Jörg L., Klasse 4



Abb. 4.9

André S., Klasse 4

band) läßt sich die Autosperre nach oben wegrehen. Nach einer Dreiviertel-Drehung wird die Sperre auf der linken Seite durch einen grauen Baustein in solcher Höhe abgestützt, daß Autos untendurch fahren können.

Im 4. Schuljahr kann im auswertenden Gespräch auch auf die Zweckmäßigkeit der einzelnen Lösungen eingegangen und ein Vergleich der vermuteten Herstellungskosten durchgeführt werden. Im Mittelpunkt der vergleichenden Betrachtungen sollte aber immer die technische Qualität einer Schülerleistung stehen.

Lernziele:

1. Zwei Aufgaben gilt es konstruktiv zu lösen:

a) Die Drehbewegung der Kurbel muß weitergeleitet werden; meistens wird sie dabei in eine Schwenkbewegung umgewandelt.

b) Die geöffnete Sperre muß sich wieder schließen lassen; entweder durch die Schwerkraft, durch Seilzug, Gummizug oder durch ein Zugmittelgetriebe (Abb. 4.10 und 4.11).

2. Die verschiedenen Konstruktionen erhalten einen Namen (sprachschöpferische Leistung). Beim alten Stadttor und Zoll sprach man vom „Baum“.



Abb. 4.10

Dieter W., Klasse 4

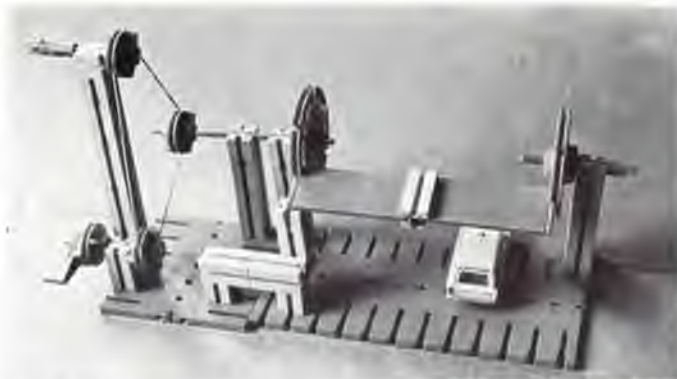


Abb. 4.11

Michael S., Klasse 4

3. Auch wirtschaftliche Gesichtspunkte (Materialaufwand, Arbeitszeit, Platzbeanspruchung der Vorrichtung) werden in der Praxis bei der Beurteilung technischer Lösungen berücksichtigt.

Vollmers

5 Die Bahnschranke

ab Klasse 2

Aufgabenstellung: In einem Gespräch, das möglichst von einem Beispiel aus der Umwelt der Kinder ausgehen sollte, wird auf die Aufgabe und Funktion von Eisenbahnschranken eingegangen: Viele Straßen kreuzen Eisenbahnschienen. Das ist nicht gefährlich, wenn die Straße oberhalb (Brücke) oder unterhalb (Tunnel) der Geleise verläuft. Wenn jedoch keine Brücken oder Tunnel vorhanden sind und Straßen und Schienen sich auf gleicher Höhe kreuzen, können Straßenfahrzeuge und Eisenbahnen zusammenstoßen. Wo viel Verkehr ist, sind solche schienengleichen Bahnübergänge durch eine *Schranke* gesichert. Nun kann aber nicht jede einzelne Schranke von einem Mann bedient werden – das würde zu teuer und ist auch gar nicht nötig, denn ein Schrankenwärter kann gleichzeitig mehrere Schranken betätigen. Von den weit entfernten Schranken verlaufen neben

den Schienen Drahtseile bis in das Schrankenwärterhaus. Sie sind mit einer Kurbel im Wärterhäuschen verbunden. Nach Klärung dieser Problemsituation wäre die Aufgabe etwa folgendermaßen zu formulieren:

Baue eine Schranke, die sich vom anderen Ende des Tisches her durch *Drehen einer Kurbel* schließen und öffnen läßt. Das Schrankenwärterhäuschen braucht nicht gebaut zu werden.



Abb. 5.1

Martina St. und Bernd W., Klasse 4



Abb. 5.2

Heinke S., Klasse 1



Abb. 5.4

Jörg B. und Olaf B., Klasse 4



Abb. 5.3

Anke C., Klasse 4

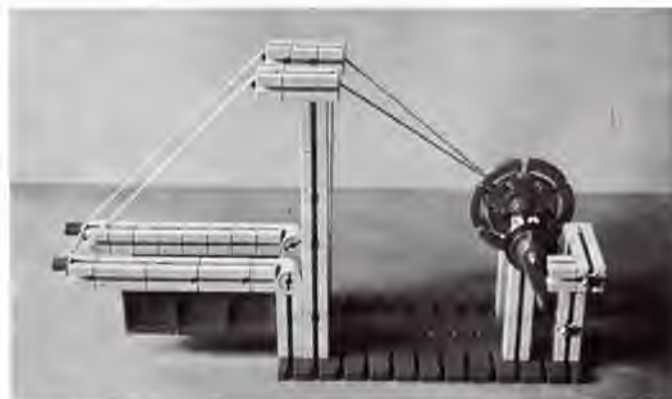


Abb. 5.5

Kerstin B., Klasse 3

Unterrichtliche Hinweise: Das technische Problem dieser Aufgabe liegt darin, ein Gerät oder eine Maschine von einem *entfernten Ort* aus zu betätigen. Damit dies Problem möglichst klar herausgestellt wird, sollte der Abstand zwischen Schranke und Kurbel *so groß wie möglich* gemacht werden (gesamte Tischlänge). Dann wird auch deutlich werden, daß als Übertragungsmittel der *Seilzug* besonders geeignet ist. (Zum Zwecke des Fotografierens sind die Entfernungen zwischen Kurbel und Schranke auf den Abbildungen klein gehalten.)

Die Anlage funktioniert nur, wenn die Grundplatten für Kurbel und Schranke fest auf der Tischplatte montiert sind; für die Befestigung haben sich Schraubzwingen bewährt. Diese Aufgabe ergänzt und vertieft das Thema *Autosperre*. Wenn keine Besichtigung einer Schranke diesem Unterricht vorausgegangen ist, zeigt sich bei manchen Schülern Unklarheit über den Verlauf von Straße und Schiene. Sie sperren dann mit ihrer Schranke statt der Straße die Schienen ab (Abb. 5.1).

Der Schüler sieht sich bei dieser Aufgabe einer Reihe von technischen Problemen gegenübergestellt:

1. Damit sich die Schranke durch ihr eigenes Gewicht wieder schließen läßt, darf sie nicht wie auf Abbildung 5.2 in geöffneter Position genau senkrecht stehen (durchhängendes Seil!). Die meisten Schüler haben dieses Problem erkannt und für einen „Vorsprung“ gesorgt, der das Anheben des Schlagbaumes begrenzt. Besonders materialaufwendig hat Anke dieses Problem gelöst (Abb. 5.3).
2. Damit sich der Schlagbaum bei geöffneter Schranke in seiner Stellung hält, muß die Seilkurbel festgestellt werden (vgl. dazu S. 135). Die Notwendigkeit leuchtet den Schülern ein, wenn der Lehrer klarmacht, daß andernfalls der Schrankenwärter bei geöffneter Schranke die Kurbel fortwährend festhalten müßte, wie z. B. bei den Modellen 5.3 und 5.4. Die am häufigsten gefundene und in der Tat einfachste Lösung zeigt Abbildung 5.5: Ein am Gelenkstein befestigter Baustein wird vor den Griff der Kurbel geklappt, so daß die Kurbel *blockiert* ist. Eine ungewöhnliche, recht wirksame Lösung haben sich zwei Mädchen (Abb. 5.6) ausgedacht: Am Griff

der Kurbel hängt ein „schweres Gewicht“ (schwarze Reifen); dadurch wird die geöffnete Schranke in ihrer Position gehalten, weil das Gewicht die Kurbel niederhält.

3. Ein auch bei anderen Themen (z. B. Kranwagen, Kran, Autosperre) häufig auftretendes technisches Problem liegt in der *Seilführung*.

Es gilt zu erkennen, daß Schlagbäume, Ladebäume, Kran- ausleger o.ä. – auf Grund der Hebelgesetze – um so leichter anzuheben sind, je länger der Hebelarm *a* ist (vgl. Abb. 5.7).



Abb. 5.6

Christiane H. und Gaby V., Klasse 4



Abb. 5.8

Michael T., Klasse 8

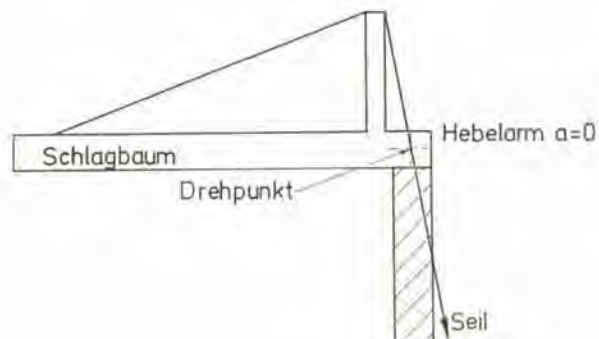
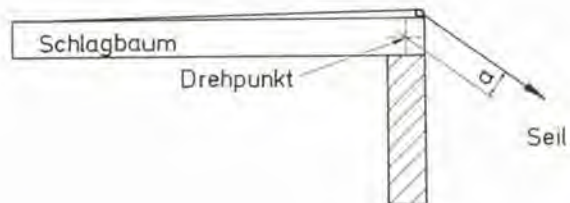
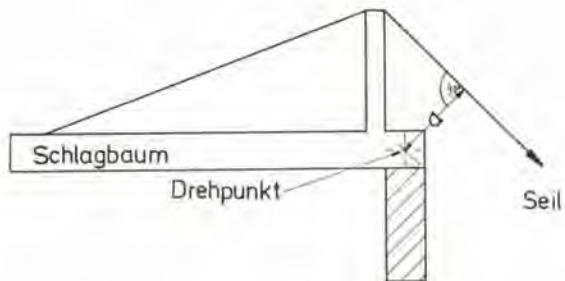


Abb. 5.9

Christian V., Klasse 1



Abb. 5.10

Christian V., Klasse 1



Abb. 5.11

Wirkungsweise eines Gegengewichts

Der Hebel a ist jeweils die gedachte Linie, die *senkrecht* zum Zugseil (zur Kraft) verläuft und bis zum *Drehpunkt* des Schlagbaumes führt. Verläuft das Zugseil durch den Drehpunkt (Hebelarm $a = 0$; Abb. 5.7 c), ist bei noch so großem Kraftaufwand ein Anheben des Schlagbaums unmöglich. Bei einer ungünstigen Konstruktion (Abb. 5.8 und 5.9) läßt sich – wegen der kurzen Hebelarme – die Schranke gar nicht oder nur mit sehr großem Kraftaufwand öffnen. Für Kinder im 2. Schuljahr ist es schwierig, dieses Problem zu erfassen, weil sie noch nicht imstande sind, Experimentierbedingungen einzuhalten. Diesen physikalisch-technischen Sachverhalt kann der Lehrer dem Schüler *erfahrbar machen*, indem er ihn auffordert, nach verschiedenen Richtungen am Schranken-Seil zu ziehen: Der zum Anheben des Schlagbaums erforderliche Kraftaufwand ist bei schräger Seilführung (Abb. 5.10) *erheblich geringer* als bei waagrechtem Seilverlauf wie auf Abbildung 5.9.

Die Kraftersparnis beim Heben einer Schranke durch ein *Gegengewicht* kann den Schülern mit Baukastenmodellen nur schwer bewußt gemacht werden; denn selbst einen langen Schranken-Balken kann eine Kinderhand mühelos anheben. Hier kann ein einfacher Versuch weiterhelfen: Ein

langes, kräftiges Brett wird so über ein mit Schraubzwingen befestigtes Vierkantholz gelegt, daß eine *ungleicharmige* „Wippe“ entsteht; sie soll eine Schranke darstellen. Drücken dann nacheinander *alle* Kinder die „Schranke“ am *kurzen* Brettende hoch, so spüren sie den großen Kraftaufwand. Nun werden Vorschläge erbeten, den Kraftaufwand zu vermindern. Die einfachste Lösung bietet das Anbringen eines Gegengewichts. Dazu eignen sich besonders Mauersteine, mit denen das Brett ausbalanciert wird. Jetzt genügt der Druck eines kleinen Fingers, den schweren „Schrankenbaum“ hochzuheben (Abb. 5.11). In diesem Zusammenhang



Abb. 5.12

Thomas K., Klasse 2



Abb. 5.13

Ralf P., Klasse 2

sollte auch auf den Einsatz von Gegengewichten beim Kran und beim Fahrstuhl hingewiesen werden.

Es schließt sich an die

Aufgabenstellung: Baue eine Schranke mit Gegengewicht, die sich leicht anheben läßt.

Die unterrichtliche Erprobung ergab, daß die Konstruktion einer Schranke mit Gegengewicht für ein 2. Schuljahr zu schwierig ist. So fehlt z. B. die Fernbedienung (Abb. 5.12) oder die Kurbel läßt sich nicht feststellen (Abb. 5.13). Wir empfehlen deshalb diese erschwerte Aufgabenstellung erst ab Klasse 3.

Lernziele:

1. Kennenlernen von Aufgabe und Funktion einer Bahnschranke.
2. Weiterleiten einer Bewegung über eine größere Entfernung; Räumliche Trennung von Maschine und Bedienungsstelle.
3. Seilzug.
4. Ausnutzen der Schwerkraft zum Schließen der Schranke.
5. Erfinden einer Sperrvorrichtung, um die Schranke offenzuhalten.
6. **Begriffe:** Schranke, Schlagbaum, Anschlag, Seilzug, Sperre.

6 Wippe und Schaukel

ab Klasse 2

Aufgabenstellung 1: Baue eine Wippe, wie du sie vom Kinderspielplatz her kennst.

Für die Konstruktion der Wippe benötigen die Kinder im allgemeinen nicht länger als 20 bis 30 Minuten, so daß die meisten Schüler innerhalb der Doppelstunde noch eine zweite Aufgabe lösen können. Dafür empfiehlt sich der Bau einer Schaukel.

Aufgabenstellung 2: Baue eine Schaukel.

Unterrichtliche Hinweise 1: Folgende technische Probleme sind bei der Konstruktion zu bedenken:

1. Eine Wippe hat zwei gleich lange Arme.
2. Die Drehachse in dem Gestell darf weder zu hoch (Abb. 6.1) noch zu niedrig (Abb. 6.2) sitzen, damit ein geeigneter Höhenunterschied für das Wippen erreicht wird.
3. Der Balken der Wippe ist einwandfrei zu lagern. Franks „Wippe“ z. B. (Abb. 6.2) ist überhaupt nicht in einem Gestell gelagert; sie kippt abwechselnd um eine der beiden unteren Kanten eines Bausteins. Bei dem Modell 6.3 sind Rückenlehnen für ein bequemer Wippen angebracht; der Wippe-Balken hat aber an der Drehachse einen zu großen *seitlichen Spielraum* (axiales Spiel). Eine vorbildliche Konstruktion zeigt Abbildung 6.4: Es ist an Rückenlehnen und Stangen

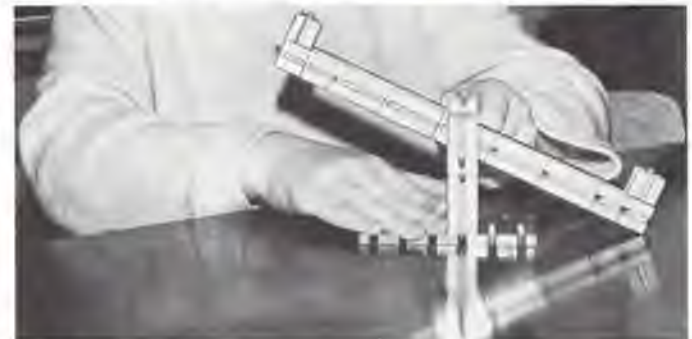


Abb. 6.1

Petra B., Klasse 1



Abb. 6.2

Frank K., Klasse 1



Abb. 6.4

Kay K., Klasse 2



Abb. 6.3

Eva P., Klasse 2



Abb. 6.5

Ulrike J., Klasse 3

zum Festhalten gedacht worden; das axiale Spiel wird durch zwei Klemmbuchsen begrenzt. Bei Verwendung eines Gelenksteins (Abb. 6.5) fallen alle Probleme weg, die sonst bei der Lagerung eines Wippe-Balkens auftreten. Asta hat sich etwas Besonderes einfallen lassen: Der an einer Kurbelwelle hängende Wippe-Balken (Abb. 6.6) kann durch Drehen an der Kurbel zum Hin- und Herschwingen gebracht werden. Im Lehrgespräch wird auf die *Drehachse* und die beiden *gleichlangen Wippenarme* hingewiesen. Die Kinder sollen dann auf Grund ihrer Erfahrungen vom Kinderspielfeld an-



Abb. 6.6

Asta T., Klasse 3



Abb. 6.7

Kinder auf der Wippe



Abb. 6.8

Susanne K., Klasse 1

geben, wie man eine Wippe bei ungleichen Gewichtsverhältnissen ins Gleichgewicht bringt. Zur Veranschaulichung wird die Mitte eines langen, kräftigen Bretts über ein mit Schraubzwingen befestigtes Vierkantholz gelegt (Abb. 6.7). Auf dieser einfachen Wippe wird mit Kindern auf verschiedene Weise das Gleichgewicht hergestellt. Die jeweilige Aufgabe (z. B. zwei kleine Kinder / ein großes Kind; ein kleines Kind / ein großes Kind) ist gelöst, wenn – für kurze Zeit – ein (*labiles*) Gleichgewicht hergestellt ist. Im Gegensatz zur Waage ist es bei der Wippe nicht möglich, ein andauerndes

(*stabiles*) Gleichgewicht herzustellen; denn schon eine leichte Berührung oder Erschütterung läßt den Wippe-Balken zu einer Seite kippen.

Unterrichtliche Hinweise 2: Trotz des einfachen Funktionszusammenhangs sind einige Schwierigkeiten zu bewältigen:

1. Die Schaukel darf nicht gegen das Gestell schlagen. Bei Abbildung 6.8 ist dieses Problem nicht gelöst worden. Bei dem Modell 6.9 dagegen sorgen eine Klemmbuchse und Achskupplung für den notwendigen Abstand zwischen Schaukel und Gestell.

2. Für die Sitzfläche muß eine leicht bewegliche Aufhängevorrichtung gefunden werden (Abb. 6.10: Bindfaden, Abb. 6.8 und 6.9: Bausteine). Die starre Verbindung hat den Vorteil, daß die Sitzfläche nicht seitlich gegen das Gestell schlagen kann. Bei dem Modell 6.10 hat Martin die Sitzfläche mit drei Bindfäden an einem Lasthaken aufgehängt. Da er sich

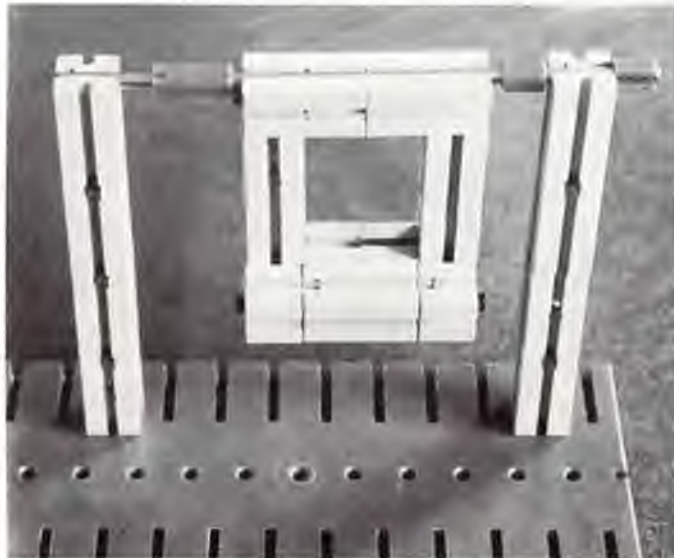


Abb. 6.9

Jakob S., Klasse 1

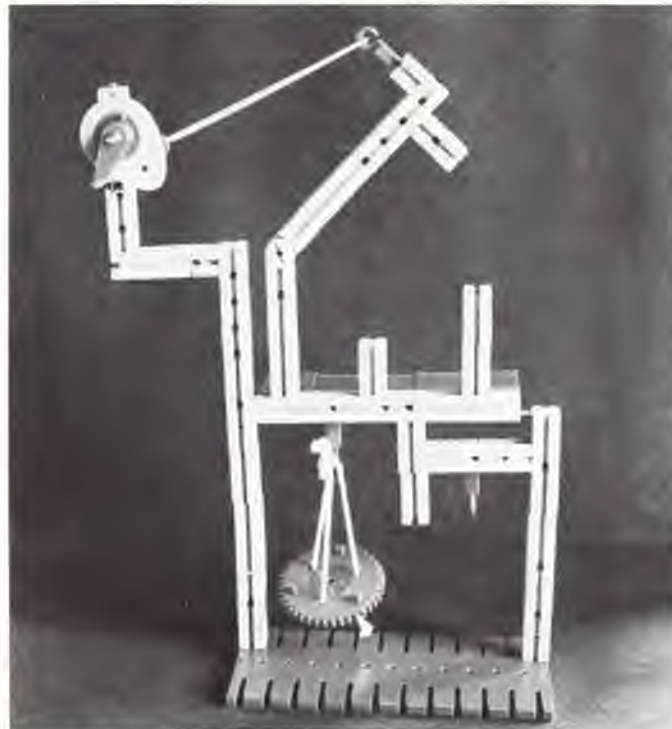


Abb. 6.10

Martin T., Klasse 2

durch diese verhältnismäßig leichte Aufgabe unterfordert fühlte, hat er auf das Schaukelgestell noch einen beweglichen Hammer montiert, der mit einer Exzentrerscheibe auf- und abbewegt werden kann. Michael (Abb. 6.11) hat gerade zwei Bindfäden festgeknotet, an denen er seinen Schaukelbalken (links) hin- und herschwingen lassen will. Eine fertige, gut funktionierende *Schaukelbalken*-Konstruktion zeigt Abbildung 6.12. Beachtenswert sind die unterschiedlichen Aufhängevorrichtungen und die beiden „Tritt-Steine“, die das Aufsteigen erleichtern.

Durch einen Jahrmarktsbesuch angeregt wurden die beiden *Luftschaukeln* 6.13 und 6.14. Barbara kann ihr Modell sogar



Abb. 6.11

Michael K., Klasse 1



Abb. 6.12

Andreas M., Klasse 2

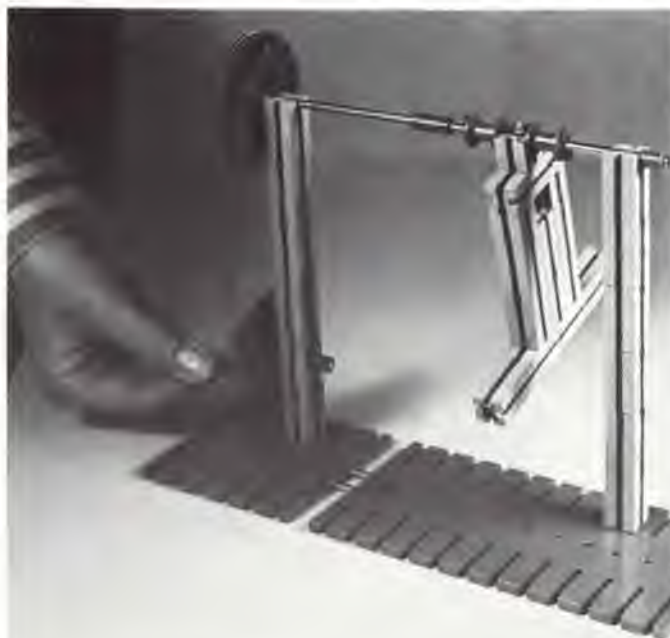


Abb. 6.13

Barbara M., Klasse 3

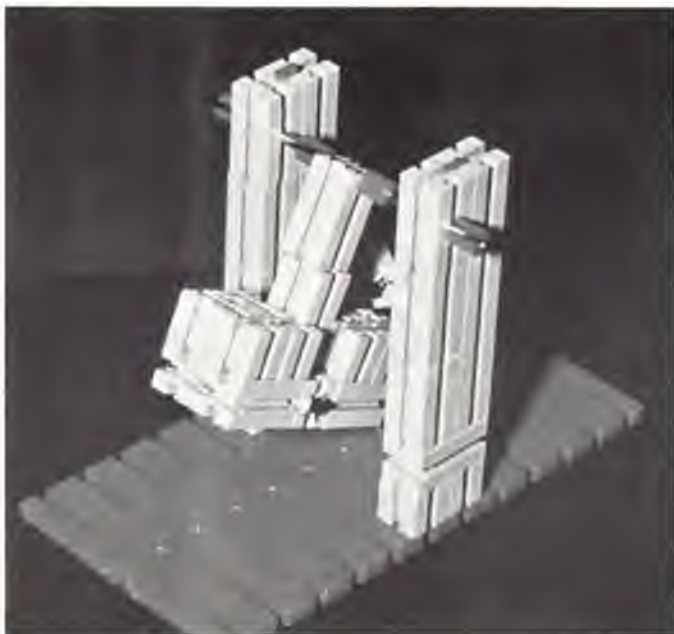


Abb. 6.14

Frank S., Klasse 3

durch Hin- und Herdrehen einer Kurbel über ein Zugmittelgetriebe fernbedienen.

Lernziele:

1. Jede Wippe hat zwei gleichlange Arme.
2. Die Drehachse darf nicht zu hoch und nicht zu niedrig liegen.
3. Drehbare Lagerung auf einer Achse ohne großen seitlichen Spielraum.
4. *Begriffe:* Wippe-Balken, Wippe-Arm, Drehachse, Gestell, Gleichgewicht, Balance, balancieren.
5. Konstruktion einer einwandfrei hin- und herschwingenden Schaukel.

Vollmers

7 Der Kranwagen

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Baue ein fahrbares Gerät, das Lasten heben und an anderer Stelle wieder absetzen kann.

Unterrichtliche Hinweise: Es empfiehlt sich, dieses Thema nach dem Thema Seilwinde und vor dem Thema Kran zu behandeln. Die Aufgabe legt die Lösung nahe, eine *Seilwinde mit oder ohne Ausleger* auf einen einfachen fahrbaren Untersatz zu montieren (Abb. 7.2 und 7.3). Einzelne Schüler können aber auch schon Probleme des Krans, wie *Drehbarkeit* (Abb. 7.4 und 7.5) und *Absenkung* (Abb. 7.6) des Auslegers vorweg lösen. Das Material der Grundkästen u-t 1 ermöglicht gute Konstruktionen für die *Stützung* des Auslegers; die Bausteine sind durch die präzise Verzapfung sofort verbunden, so daß sie auch ohne Stützstreben einen stabilen Ausleger bilden (Abb. 7.3). Erst das biegsame Material der Statik-Kästen bringt die Schüler mit dem Problem der statischen Abstützung in Berührung und erzwingt Lösungen (Abb. 7.1 und 7.7). Jetzt muß auch das Übergewicht des Auslegers durch ein *Gegengewicht* (Konter) oder eine *Gegen-*



Abb. 7.1

Peter T., Klasse 4

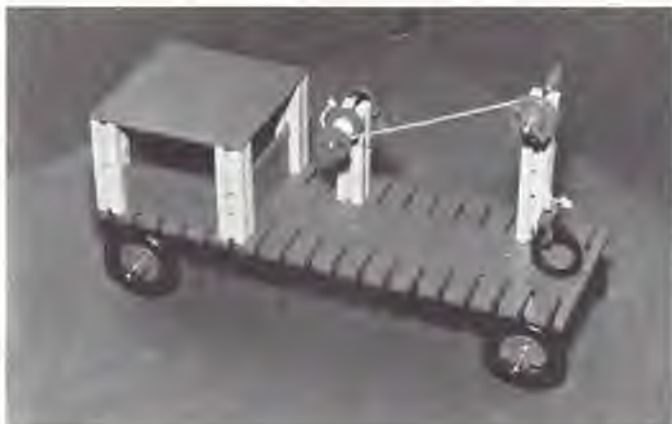


Abb. 7.2

Barbara M., Klasse 3

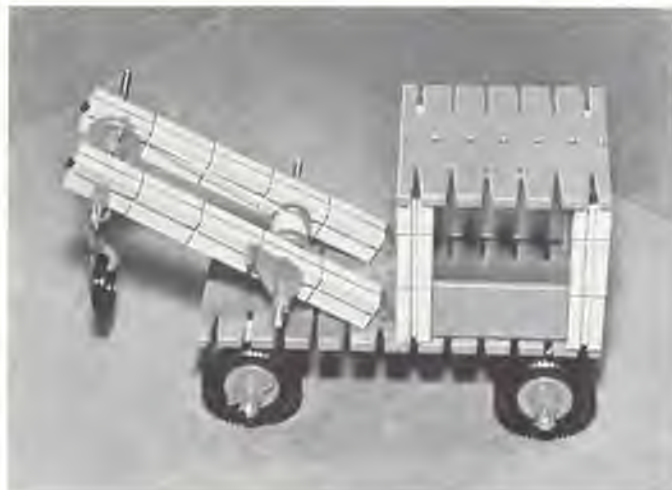


Abb. 7.3

Brigitte G. und Stella K., Klasse 3



Abb. 7.4

Ulrike Th., Klasse 3



Abb. 7.5

Christoph M., Klasse 3



Frank S., Klasse 4



Abb. 7.6

Frank S., Klasse 4



Abb. 7.7

Manfred T. und Henning H., Klasse 4

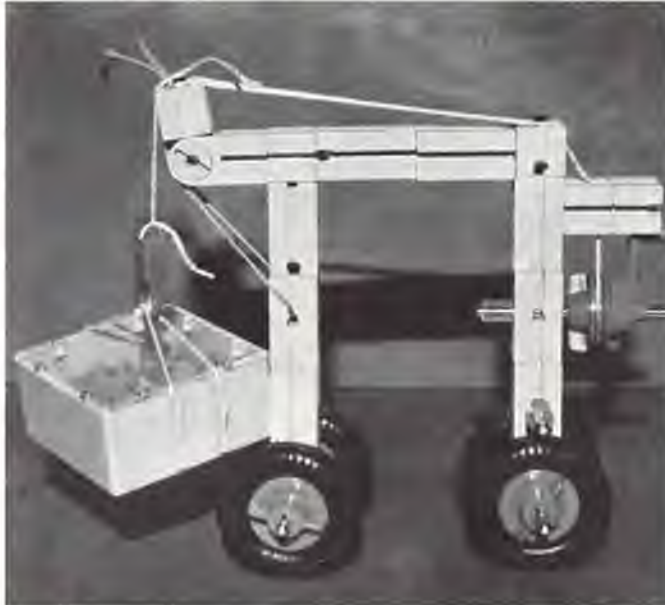


Abb. 7.8

Heike S. und Martina St., Klasse 4

kraft ausgeglichen werden (Abb. 7.1 und 7.7). Ein Hinweis auf den Schwimmkran – eventuell eine Hausaufgabe – verdeutlicht das Problem des Übergewichts an der Frage des Kenterns.

Wegen der relativ leichten Lasten ist es für die meisten Schüler nicht zwingend, eine *Sperre* einzubauen, die das Abrollen des Seils verhindert. Die Lösung, die Ulrike (Abb. 7.4) gefunden hat, indem sie das Zugseil um die Kurbel schlingt, muß als noch *vortechnisch* gelten. Das Kind hat sich noch nicht aus den Vorstellungen der Spielwelt oder der einfachen Gerätewelt des häuslichen Umkreises gelöst. Das Modell des Schülers Frank S. (Abb. 7.6) verrät ein höher entwickeltes technisches Verständnis und enthält gleich zwei gute Konstruktionsgedanken: Der Nocken der Seiltrommel wird in die Rille des Lagers (Baustein) eingeschoben und verhindert damit das Abrollen des Seiles für den Lastenhub

(Ausschnitt Abb. 7.6); ein Baustein wird als Sperre vor die Kurbel der Seiltrommel geschoben und blockiert so das zum Heben und Senken dienende Seil (Farbbild S. 52).

Das Modell der Abb. 7.8 zeigt eine *Fehlleistung*: der Kranwagen ist *funktionsuntüchtig*; denn die Last kann nicht gehoben werden. Die Seilführung ist primitiv und die Grundplatte fehlt.

Diese Konstruktion verdeutlicht besonders drastisch, daß ein technisches Gebilde immer *mehr als eine einzige Funktion* hat, die in der Erfindung und Herstellung berücksichtigt werden muß, und daß der Schüler dementsprechend zwangsläufig auf die gleichzeitige Lösung mehrerer Probleme gerichtet ist. Selten gelingt ihm die Lösung aller Pro-



Abb. 8.1

Gabriele B. und Astrid B., Klasse 4

bleme auf demselben technischen Niveau; in der Regel wird eine *einzig* Problemstellung *intensiv* angegangen, die anderen demgegenüber – gezwungenermaßen – vernachlässigt.

Lernziele:

1. Arbeitsleistung des fahrbaren Krans.
2. Eigenschaften des starren Auslegers (Lastenfreiheit).
3. *Begriffe:* Ausleger, Seilwinde, Seiltrommel, feste Rolle.

Raabe

8 Das Transportband

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Baue ein Transportband, mit dem man Material vom Lagerplatz zur Baustelle befördern kann.

Unterrichtliche Hinweise: Als Material für das Förderband werden Klebestreifen (Papier, ca. 4 cm breit) bereitgestellt. Um ein Rollen des Bandes in Längsrichtung zu verhindern (Spannung durch einseitige Gummierung), empfiehlt es sich, den Klebestreifen doppelt zu nehmen und mit den gummierten Seiten aufeinander zu kleben.

Bei den ersten Schülerarbeiten (Abb. 8.1 bis 8.4) fehlten überall die *Stützrollen*. Das vordringliche Problem für die Schüler war offensichtlich die *Transmission* des Bandes. Außerdem sind bei dem relativ kurzen Abstand der *Umlenckrollen*, bedingt durch die Größe der roten Grundplatte, Stützrollen zum ordnungsmäßigen Transport nicht unbedingt erforderlich. Dieses Problem wird erst durch die folgende Aufgabenstellung 9 (Das Transportband 2) bewußt. Die Lösung der Abb. 8.3 ist eine *Fehlleistung*: Zur Transmission durch das Band wird noch zusätzlich die Antriebsfeder verwendet. Christoph hat nicht erkannt, daß es zum Transport keines zusätzlichen *Zugmittels* bedarf. Mikes Modell zeigt ein schräg nach oben laufendes Band (Abb. 8.4). Da das Material beim Transport rutscht, setzte er Taschen



Abb. 8.2

Joachim S., Klasse 3



Abb. 8.3

Christoph M., Klasse 3

auf das Band und verhinderte damit das Zurückrutschen des *Transportgutes*: Erfindung des Elevators! – Die Erweiterung des Themas zum *Eimerbagger* liegt nahe. Ulrich konstruierte als einziger Schüler zu seinem Transportband auch eine Vorrichtung zum Abrutschen des Materials (Abb. 8.6); ein Beweis dafür, wie stark die übrigen durch die Konstruktion des Zugmittelgetriebes „Band“ beansprucht waren.

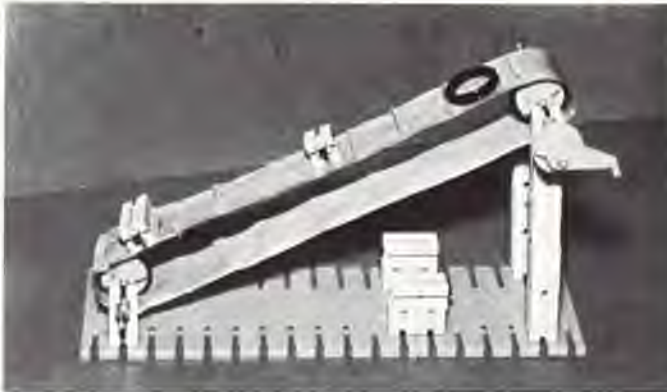


Abb. 8.4

Mike K., Klasse 4



Abb. 8.5

Frank S., Klasse 3



Abb. 8.6

Ulrich E., Klasse 4

Lernziele:

1. Funktion des Transportbandes: Kontinuierlicher Transport auf einem „unendlichen“ Band.
2. Erkennen des Zugmittelgetriebes „Band“.
3. *Begriffe:* Transportband, „unendliches Band“, Transportgut, Zugmittel, Umlenkrollen.

Raabe

9 Das Transportband 2

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Baue eine Strecke aus Transportbändern, die möglichst lang sein soll. Achte darauf, daß kein Transportgut vom Band fallen kann.

Der Lehrer weise darauf hin, daß eine lange Förderstrecke entweder aus einem einzigen langen Band oder aus mehreren Bändern bestehen kann. Das Transportgut soll auch über Höhenunterschiede befördert werden.



Abb. 9.1

Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 9.2

Burkhardt Pr. und Ingo P., Klasse 4



Abb. 9.3

Jochen N. und GÜNGÖR Ö., Klasse 4



Abb. 9.4

Mike K. und Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 9.5

Thomas P., Jochen N., GÜNGÖR Ö.,
Mike K. und Ulrich Th., Klasse 4

Unterrichtliche Hinweise: Die Schüler bildeten Arbeitsgruppen (4 bis 7 Schüler), die jeweils eine *Förderstrecke* bauen wollten. Untergruppen von bis zu drei Schülern übernahmen den Bau der Einzelbänder.

Um ein Herunterrutschen des Transportgutes zu verhindern, brachten die Schüler einer Gruppe an den Längsseiten Schutzwände an. Andere Gruppen fanden Lösungen, die sachgerechter sind, nämlich *Stützrollen* oder *Stützräder* (Abb. 9.2, 9.3 und 9.6). Mike und Ulrich konstruierten bei ihrem Modell (Abb. 9.4) die technisch beste Lösung: dieses Transportband hat aufgeklebte Taschen (Falze), die auf der ansteigenden Förderstrecke dafür sorgen, daß das Transportgut nicht wieder zurückrutschen kann. Die oberen Stützräder (siehe auch Abb. 9.1) erfüllen drei Funktionen:



Abb. 9.6

Thomas P., Klasse 4



Abb. 10.1

Bernd W., Klasse 4

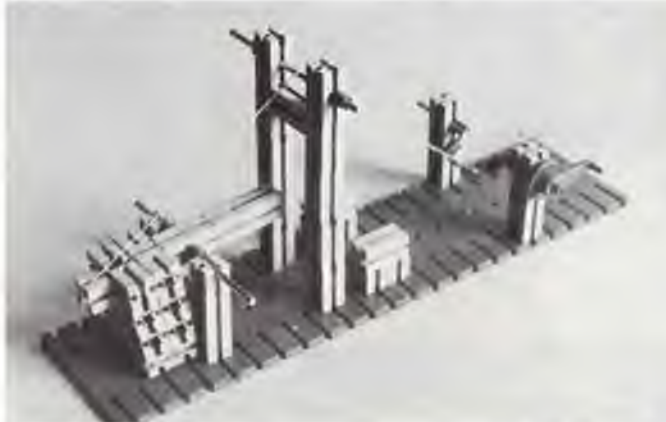


Abb. 10.2

Lars B., Klasse 3

Sie stützen das Band, sie spannen es, und sie lenken es von der Schräglage in die Horizontale.

Am Ende der Doppelstunde wurden je drei Einzelbänder zu einer Transportstrecke zusammengestellt und in Funktion gesetzt (Abb. 9.5). Der Übergang des Förderguts von einem Band auf das andere enthält ein spezielles technisches Problem, das nicht aufgegriffen wurde.

Lernziele:

1. Arbeitsleistung und Bauprinzip des Förderbandes.
2. Funktion der Stützräder.
3. Zusammenspiel mehrerer Maschinen.
4. Begriffe: Förderstrecke, Stützrolle.

Raabe

10 Das Hammerwerk

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: In unserer Zeit haben die wenigsten Schüler Gelegenheit, einen Schmied bei der Arbeit zu beobachten; den meisten von ihnen ist nicht bekannt, daß man Eisen in heißem und kaltem Zustand verformen kann. Deshalb sollte der Lehrer zu Beginn des Unterrichts ein Stück Eisen (z. B. Schweißdraht) auf einem kleinen Amboß oder einer anderen eisernen Unterlage platt schlagen. Dieser für die Schüler eindrucksvolle Versuch erleichtert ihnen das Verständnis der folgenden Problemstellung:

Sollen zu schmiedende Gegenstände aus Eisen hergestellt werden, so erwärmt der Schmied ein Stück Eisen und

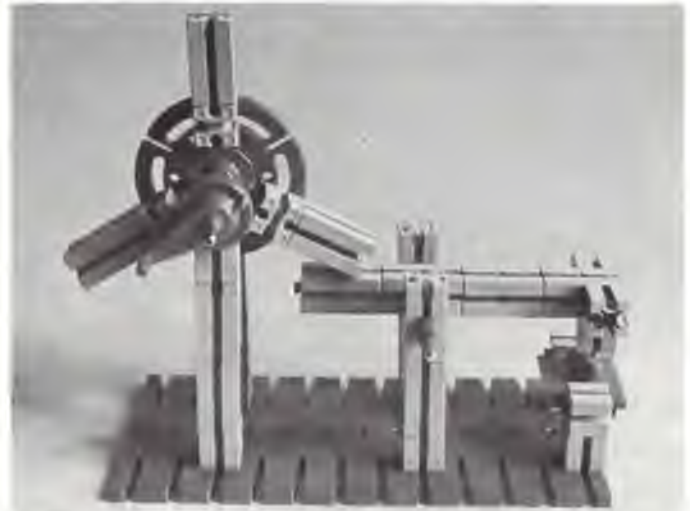


Abb. 10.3

Anke S., Klasse 3

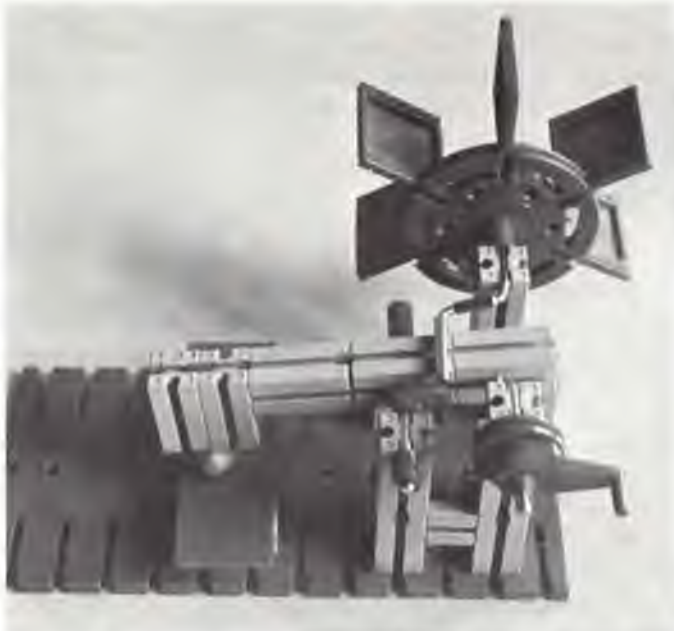


Abb. 10.4

Olaf B. und Jörg B., Klasse 4

schlägt solange mit einem Schmiedehammer darauf, bis es die gewünschte Form hat. Manches Stück Eisen wird auch kalt geschmiedet. Für sehr große Gegenstände, wie z. B. für große Eisenblöcke und Antriebswellen für Schiffsschrauben, braucht man sehr große Hämmer, die eine sehr große *Wucht* haben. Da solche Hämmer für die Hand des Menschen viel zu schwer sind, werden sie von Maschinen gehoben. Die zu schmiedenden Eisenstücke brauchen bei einem solchen *Hammerwerk* nur noch (mit Hilfe von Flaschenzügen) unter den Hammer gehalten zu werden. Als es noch keine Dampfmaschinen und Motoren gab, wurden diese Hammerwerke meistens durch Wasserräder angetrieben. *Erfinde ein Hammerwerk, bei dem sich der Hammer hebt und senkt, wenn du eine Kurbel (anstelle eines Wasserrades) drehst.*



Abb. 10.5

André S., Klasse 4



Abb. 10.6

André S., Klasse 4

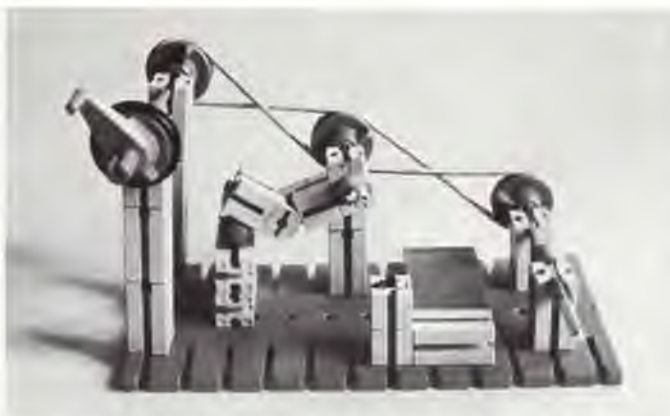


Abb. 10.7

Michael S., Klasse 4



Abb. 10.8

Heike S., Klasse 4

Unterrichtliche Hinweise: Hammerwerke und die ähnlich wirkenden Pochwerke sind vom Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert in Papiermühlen (Lumpen), Schmieden, Eisenhütten (Erz), Kupfermühlen (Blech), Porzellanmanufakturen (Gestein) üblich gewesen. Heute sind derartige Fallhämmer,

die allein durch die Schwerkraft niederfallen, nicht mehr im Gebrauch. Stattdessen werden *Maschinenhämmer* eingesetzt, bei denen die Wucht zusätzlich mit Hilfe von Preßluft, Dampf-, Motor- oder Federkraft vergrößert wird.

Die Aufgabe ist vom dritten Schuljahr an geeignet: Das Hammerwerk ist eine leicht überschaubare und durch seine Größe eindrucksvolle Maschine (Abb. 10.12). Das technische Fundamentalprinzip der Umwandlung einer *Drehbewegung* (Kurbel – Wasserrad) in eine *Auf- und Abbewegung* ist an dieser Maschine sehr anschaulich zu demonstrieren; die hier gewonnenen technischen Einsichten lassen sich auf andere Maschinen übertragen, z. B. auf die Ventilsteuerung beim Viertaktmotor.

Für die Konstruktion eines Hammerwerkes, bei dem die Abbewegung des Hammers allein durch die *Schwerkraft* erfolgt, gibt es eine Reihe verschiedener Möglichkeiten: Der Hammer kann von unten hochgedrückt werden, (Aufwerfhammer) z. B. durch eine Exzentrerscheibe (Abb. 10.1; niedrige Fallhöhe), oder er wird von oben hochgezogen, z. B. durch ein Band, verbunden mit einer Kurbelwelle (Abb. 10.2).

Die Schüler haben in den meisten Fällen als entscheidendes Maschinenelement, das den Hammerstiel an seinem Ende



Abb. 10.9

Marion W., Klasse 3

(Schwanzhammer) hinunterdrückt, eine *Nocke* gewählt, z. B. einen grauen Baustein (Abb. 10.3), eine Kurbelwelle (Abb. 10.4), eine Stahlachse (Abb. 10.5/10.6). Sollen die Hammerschläge schnell aufeinander folgen, sind mehrere Nocken nötig (Abb. 10.3).

Zwei ungewöhnliche Lösungen zeigen die Abbildungen 10.7 und 10.8. Michael (Abb. 10.7) hat einen *kreisenden Hammer* erfunden – tatsächlich werden heute noch solche Hämmer in Hammermühlen zur Zerkleinerung von festen Stoffen verwendet! Am Hammerwerk der Abbildung 10.8 wird deutlich, daß die *Erprobung eines Modells nicht mit wenigen Bewegungen beendet sein darf*: Dieser Schülerin entging, daß ihre Erfindung untauglich ist, weil sich bei längerem Betrieb das Seil verdrillt und dadurch verkürzt, so daß Rad und Hammer nicht mehr bewegt werden können.

Das Hammerwerk eines Mädchens (Abb. 10.9) der 3. Klasse läßt sich zwar mit der Hand bewegen, ist aber eine *Fehlösung*, weil keine Umwandlung von einer Drehbewegung in eine Auf- und Abbewegung erfolgt. Die Abbildungen 10.10 und 10.11 zeigen überzeugend, wie sich ein Schüler durch kleine Denkanstöße im Einzelgespräch in seiner Leistung steigern kann.

Im Gespräch sollten folgende Probleme und Erkenntnisse geklärt werden:

1. Der *Hebemechanismus* des Hammers (Wodurch hebt sich der Hammer?)
2. Die *Schwerkraft* läßt den Hammer zurückfallen.
3. Wenn der Hammer große Eisenstücke schmieden soll, muß er mit großer *Wucht* herunterfallen. Wie läßt sich das erreichen?
4. Je schwerer der Hammer (vgl. Abb. 10.1 und 10.2) und je größer die Fallhöhe (vgl. Abb. 10.6), desto „mehr Schwung (Wucht)“ hat er, so daß er doll aufprallt“.
5. Wenn das Ende des Hammerstiels verlängert wird, drückt die Nocke den Hammer höher (vgl. Abb. 10.5 / 10.6) Die Fallhöhe ist auch vom Abstand Hammerkopf – Drehpunkt abhängig.



Abb. 10.10

Ralf P., Klasse 2



Abb. 10.11

Ralf P., Klasse 2

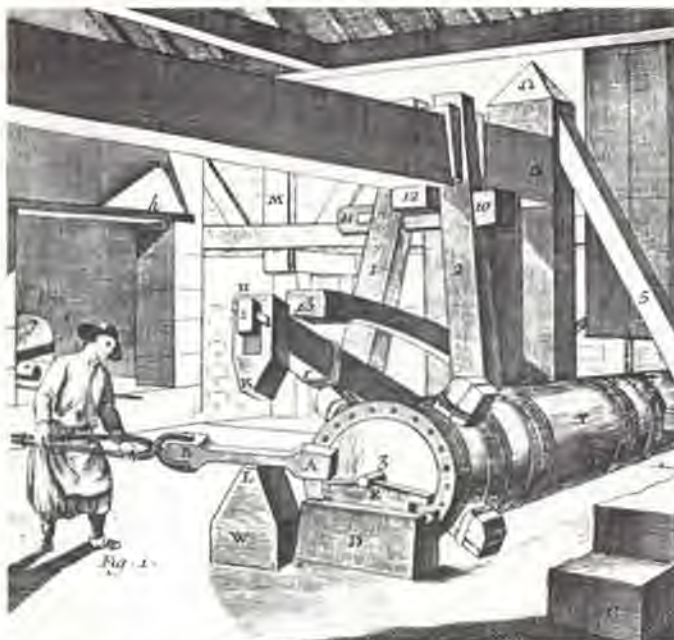


Abb. 10.12

Alte Schmiede mit Aufwerfhammer

Lernziele:

1. Der Hammer fällt durch die Schwerkraft.
2. Je schwerer der Hammer und je größer seine Fallhöhe, desto stärker der Aufprall (Wucht).
3. Eine Drehbewegung wird in eine Auf- und Abbewegung umgewandelt.
4. *Begriffe:* Nocke, Kurbelwelle, Amboß, Fallhöhe, Wucht.

Im Anschluß an den Werkauftrag ließen wir die Schüler einer 4. Klasse in einer weiteren Schulstunde einen alten Kupferstich betrachten (Abb. 10.12; Diaprojektor oder Episkop). Dabei war für uns entscheidend, daß die konstruktiv bewältigten Sachverhalte aus so vielen Blickpunkten wie möglich

erfaßt werden; erst dadurch werden sie geistig vollkommen konkret erfaßt. Zwei der wesentlichsten methodischen Aspekte sind die *Ausdeutung zeichnerischer Vorlagen* (vgl. auch S. 126) und die geistige Auseinandersetzung in Form der *eigenen bildnerischen Gestaltung* (vgl. S. 89). Die in der Bildbetrachtung ungeübte Klasse fand innerhalb von 35 Minuten die Konstruktionsmerkmale und die Arbeitsweise des Schmiedehammers heraus. Das quadratzentimeterweise Absuchen des Bildes mit detektivischer Gründlichkeit erwies sich für die Kinder als anregend, ja teilweise als spannend. Die Schüler entdeckten ohne Hilfe – es wurden nur zwei Lehrerfragen gestellt – folgende Einzelheiten:

„Das ist ein Schmiedehammer, der mit einem Wasserrad (?) angetrieben wird.“ – „Auf einer Welle (Y) sitzen vier Hebezapfen (Nocken), die den Hammer hochheben.“ – „Am Hammer ist noch ein Stück Eisen (r), damit der Holzbalken nicht kaputt gemacht wird.“ – „Der Balken Nr. 13, was soll das sein?“ – „Er soll den Hammer immer wieder runterdrücken.“ – „Der Balken federt.“ – „Der Hammer drückt den Balken ein wenig hoch, und der Balken drückt den Hammer wieder zurück.“

„In dem Rad (gemeint ist die Welle Y) sind Löcher.“ – „Wenn er (der Schmied) aufhören will, muß er einen Stock in die Löcher stecken.“ – „In die Kerbe (gemeint ist der Schlitz zwischen dem Lagerbock D und dem Lager E) steckt er eine Eisenstange; dann hört der Hammer auf zu schlagen.“ – „Dann bleibt die Welle stehen und der Hammer oben.“ – „Das Patent ist nicht so gut! Der Hammer müßte unten sein, wenn ich das Rad (die Welle Y) anhalte.“ – „Nein! Das Stück, was er behämmert hat, kann er dann nicht rausziehen.“ – Hier wurde vom Lehrer darauf aufmerksam gemacht, daß eine Eisenstange wohl kaum eine so gewaltige Maschine, wie dieses Hammerwerk, zum Stillstand bringen kann. Auch die Größenverhältnisse Schmied – Eisenstück (B) dürften nicht der Wirklichkeit entsprechen. „Die Welle ist mit Eisenringen umrahmt.“ – „Die Nocken sind auch mit Eisenbändern zusammengehalten.“ – Ein Junge wußte sogar, daß die Eisenringe in glühendem Zustand umgelegt werden, „damit das Eisen nach dem Abkühlen recht stramm umliegt.“ – Die Frage des Lehrers, in welche Richtung sich die Welle und die Nocken drehen, wußten nur zwei Schüler nicht zu beantworten. „Warum ist die Nocke an der einen Seite abgerundet?“ – „Sonst würde der Hammer abgebremst werden, weil er beim Runterfallen an die Ecke stoßen würde.“ – Die Schüler gingen von sich aus noch auf die Kleidung des Schmieds, seine Zange, die Feuerstelle und das Gebälk ein.

Vollmers

11 Die Warnanlage

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: In einem kurzen, vom Lehrer stark gelenkten Gespräch wird folgender Sachverhalt herausgestellt: An vielen Badestränden – besonders an der freien See – ist das Baden nicht immer erlaubt: z. B. bei Ebbe, bei starkem Wellengang, bei ablandigem Wind ist der Aufenthalt im Wasser lebensgefährlich. Für solche Fälle braucht man eine Warnanlage mit weithin sichtbarem Warnzeichen, um vor dem Baden zu warnen.

Die Klasse erhält den Auftrag, eine *Warnanlage für Badegäste* zu bauen; sie bespricht gemeinsam die dafür erforderlichen Voraussetzungen:

1. Hoher Mast, damit das Zeichen weithin sichtbar ist.
2. Die Warnanlage muß vom Boden aus zu betätigen sein.

Unterrichtliche Hinweise: Das Wort Signal ist möglichst zu umgehen, um eine Assoziation mit dem gut bekannten Eisenbahnsignal und damit eine Beeinflussung der zu lösenden Aufgabe zu vermeiden.

Die Lösung der Aufgabe wird manchmal verfehlt, indem als Ort für die Auslösung des Warnzeichens wie in Abbildung



Abb. 11.1

Cornelia M. und Susann M., Klasse 4

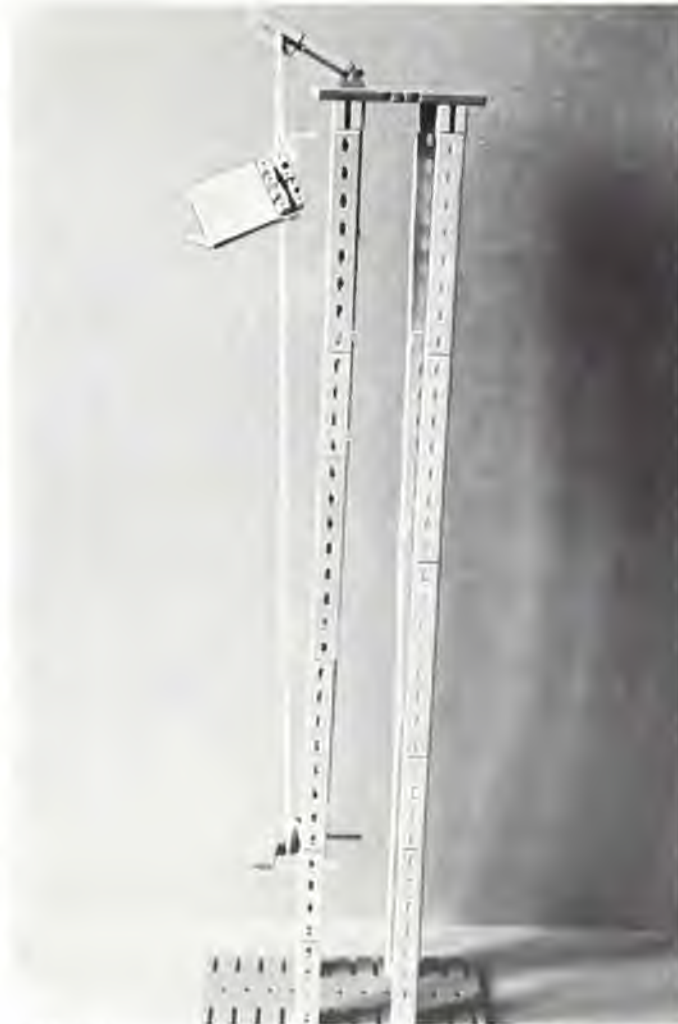


Abb. 11.2

Jörg B., Klasse 4



Abb. 11.3

Gaby S., Klasse 4



Abb. 11.4

André S., Klasse 4

11.1 der *obere* Teil des Mastes gewählt wird. Bei den beiden Baumeisterinnen ist unterbewußt das Konstruktionsmotiv ausschlaggebend gewesen, *wie sie selbst* die Warnanlage am besten bedienen können: Sie sehen *sich* in der Rolle des Wärters für die Anlage und beziehen das Modell entsprechend direkt auf sich – ein typisches Beispiel von Selbst-identifikation mit dem Modell, wie sie für die Grundschulphase charakteristisch ist (vgl. auch S. 11 und die Abb. 12.9 und 18.3). Cornelia ist gerade dabei, die gemeinsame Konstruktion zu beschreiben.

Das aus rotem Karton zurechtgeschnittene Warnzeichen ist

sehr leicht; es fällt deshalb nicht durch sein Eigengewicht herunter, wenn die Schnur gelöst wird, an der es hochgezogen worden ist. Die Schüler haben sich allerlei einfallen lassen, um hier Abhilfe zu schaffen. Jörg (Abb. 11.2) hat das Warnzeichen mit zwei Bausteinen beschwert. Eine andere, besonders einfache und zuverlässige Lösung besteht im Befestigen des Kartonstücks nach Art einer Flagge an einem endlosen Seil; diese Konstruktion (Abb. 11.3) verhindert zugleich, daß das Zeichen vom Wind um den Mast gewickelt und dabei beschädigt wird. Eine nicht einwandfrei funktionierende Warnanlage zeigt Abbildung 11.4: Das Warnzei-

chen wird mit einer Kurbel hoch-, mit einer zweiten heruntergezogen; dabei verklemmt es sich aber leicht, weil es nicht sicher in der Führungsrille gleitet. Nach dem Prinzip des Eisenbahnsignals arbeiten die eindrucksvollen Konstruktionen dreier Jungen (Abb. 11.5 und 11.6). In beiden Fällen verläuft die Seilführung vom Ansatzpunkt des Signalarms schräg nach oben (vgl. dazu S. 43); auch ein Überklappen der Signalarms ist unmöglich gemacht worden.



Abb. 11.5

Bernd R. und Jörg L., Klasse 4



Abb. 11.6

Bernd W., Klasse 4

Zwei Mädchen haben sich offensichtlich von kreisenden Radarschirmen anregen lassen (Abb. 11.7). Ein über zwei Umlenkrollen (Mitte) geführter Winkelriemen dreht das Signal-Gestell. Dieses Modell erfordert allerdings noch eine Vereinbarung, wie z. B.: Stillstand = Badeerlaubnis und Rotation = Badeverbot.

Zwei sehr tüchtige Schüler haben eine andere Lösung (Abb. 11.8) gefunden; ihr Warnzeichen läßt sich in einem Gelenk umklappen. Auch bei dieser Konstruktion rotiert das Zei-

chen ähnlich wie ein Radarschirm. Der Antrieb erfolgt über zwei Kegelzahnräder und ein langes Gestänge (Abb. 11.9).

Eingebettet werden sollte dieses Thema in einen Unterricht über *sichtbare Signale*, wie z. B. Leuchttürme, Leuchtraketten (Schiffe, Flugzeuge), Bojen, Flaggen für die Seeschifffahrt, Eisenbahnsignale, Arm- und Handzeichen (Verkehrspolizisten, Schiedsrichter), Verkehrszeichen, Rauchsignale (Indianer, Schiffbrüchige), Wetterfahnen, Windsäcke, Positionslichter der Schiffe, Autoblinder, Warnlampen (Auto), Blaulicht (Polizei, Feuerwehr). Diesen sollten die *hörbaren Signale* gegenübergestellt werden wie z. B. Sirenen, Fabrik-



66 Abb. 11.7

Elke W. und Rosemarie H., Klasse 4

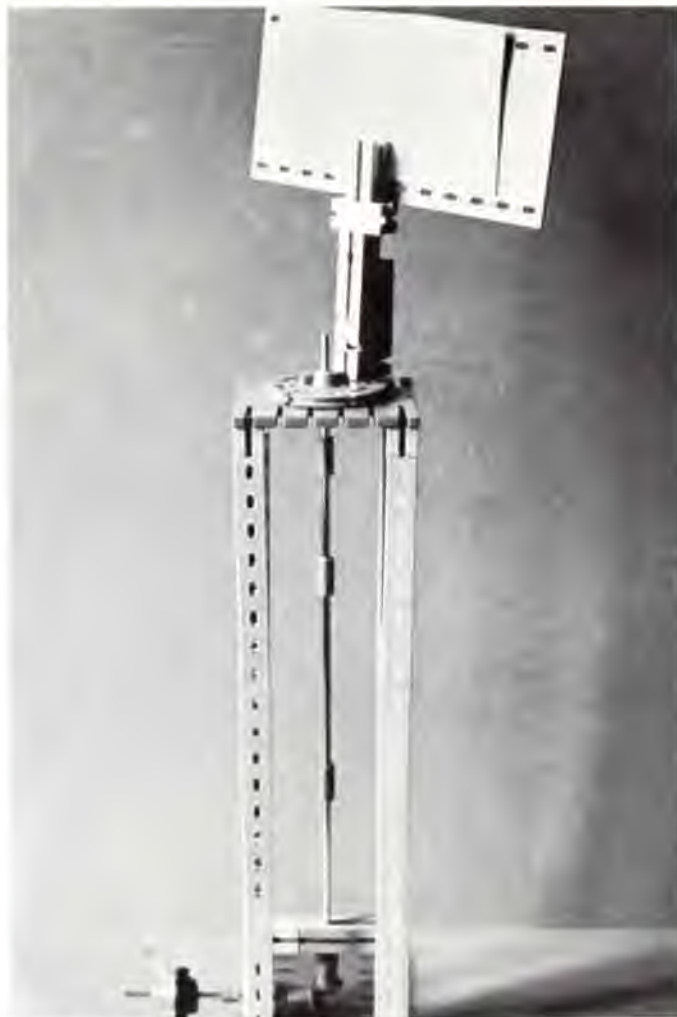


Abb. 11.8

Henning H. und Manfred T., Klasse 4

sirene (Mittag 12 Uhr, Feierabend), Martinshorn, Autohupen, Schiedsrichterpfeife, Urwaldtrommel, Feuerglocken, Böllerschüsse (Sturmflutwarnung, Steinbruch-Sprengung), Zurufe, Nebelhörner, Glockenboje, Heulboje, Schellen

(Schlitten, Kühe), Kirchenglocken, Klingel (Wohnung, Geschäft, Fahrrad, Klassenraum, Schulhof).

Lernziele:

1. Weiterleiten einer Bewegung, damit sich die Warnanlage von unten bedienen läßt.
2. Unterscheidung von hörbaren und sichtbaren Signalen und Bedeutung der Signale in der Umwelt.
3. *Begriffe:* Warnanlage, Signal (signum = Zeichen), hörbare und sichtbare Signale.

Vollmers



Abb. 11.9

Henning H. und Manfred T., Klasse 4

12 Das Eisenbahnsignal

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Im Leben aller Menschen spielen Signale eine entscheidende Rolle. Auch bei fremden Völkern dienen die Signale zur Verständigung der Menschen untereinander. Ein Gespräch darüber kann als Einführung in dieses Thema sehr anregend sein. Es kann auch in Form einer Wiederholung geführt werden, wenn bereits im Zusammenhang mit der Warnanlage (vgl. S. 63) über Signale gesprochen worden ist.

Obwohl viele Schüler erhebliche Vorkenntnisse über Eisenbahnsignale besitzen, sollte doch vor dem Bauen für alle eine Information über wichtige Einzelheiten erfolgen (evtl. anhand einer Tafelskizze).

Vor und hinter Bahnhöfen sowie auf freier Strecke stehen neben den Eisenbahnschienen Maste mit Signalen. Sie sagen dem Lokführer, ob die Strecke frei oder blockiert ist: Bei waagrecht stehendem *Signalflügel* (= Signalarm) eines Hauptsignals muß der Zug anhalten. Ein schräg nach rechts oben weisender Flügel bedeutet „Fahrt frei“. In der Dunkelheit wird der Zugverkehr mit ebenfalls am Signalmast befindlichen roten und grünen Lichtern geregelt.

Baue ein (Haupt-)Signal für Eisenbahnen. Der Flügel muß sich vom Fuß des Signalmastes aus betätigen lassen. Es soll kein Seil (Bindfaden) verwendet werden.

Unterrichtliche Hinweise: Von den vielen Eisenbahnsignalen eignet sich das bekannte Hauptsignal (mit nur *einem* Flügel) für den Unterricht am besten.

Wenn die Schüler bereits bei anderen Themen eine Bewegung mittels eines *Seilzuges* weitergeleitet haben (z. B. Warnanlage, Tierfalle, Bahnschranke mit Fernbedienung, Lastenaufzug), dann ist die Betätigung des Flügels durch einen Seilzug (Bindfaden) eine zu leichte Aufgabe. Deshalb sollte der Bauauftrag durch die Bedingung, kein Seil zu verwenden, erschwert werden. Diese Einschränkung bedeutet die Notwendigkeit, ein *Gestänge* (aus Achsen: Abb. 12.1; aus



Abb. 12.1

Corinna N., Klasse 3



Abb. 12.2

Corinna N., Klasse 3

Bausteinen: Abb. 12.3) zu konstruieren. Darin liegt eine besondere Schwierigkeit, weil mit unserem Baukastenmaterial Flügel und *Stellhebel* nicht leicht zu verbinden sind. Die Bauelemente des Grundkastens (u-t 1) sind für die Herstellung eines Gestänges zu kompakt; für diesen Fall eignen sich die flachen Statik-Bauteile (u-t S) besser.

Corinna (Abb. 12.1 / 12.2) hat mit drei Achskupplungen meh-

rere Achsen zu einem Gestänge verlängert. Angehoben wird der Signalfügel durch ein schweres, umklappbares Gewicht, das das Gestänge nach unten zieht. Ähnlich funktioniert das Modell 12.3 / 12.4: Der *Stellhebel* (beschwert mit einer Stahlachse) drückt das Gestänge durch sein Gewicht auf der einen Seite hinunter, so daß der Flügel in Halt-Position kommt.



Abb. 12.3

Ariane D., Klasse 3



Abb. 12.4

Ariane D., Klasse 3

Eine recht ungewöhnliche, überdurchschnittliche Leistung hat der achtfährige Ralf P. zustande gebracht (Abb. 12.5 / 12.6): Die Bausteine am unteren Ende des „Gestänges“ umfassen zum Teil die Exzentrerscheibe. Durch Drehen dieser Exzentrerscheibe wird das „Gestänge“ angehoben und dadurch der Signalfügel auf „Halt“ gedrückt.

Am ähnlichsten ist den wirklichen Eisenbahnhauptsignalen

die Konstruktion 12.7 / 12.8: Der Signalfügel wird durch ein Stellrad bewegt. Da die Achse dieses Rades etwas verkantet ist, bleibt das Stellrad – und damit auch der Flügel – in der jeweiligen Position festgeklemmt.

Christiane, die sich aus eigenem Antrieb schon im ersten Schuljahr mit Signalen beschäftigt hat, hat keine Lösung dafür gefunden, den gekröpften Signalfügel vom Fuß des

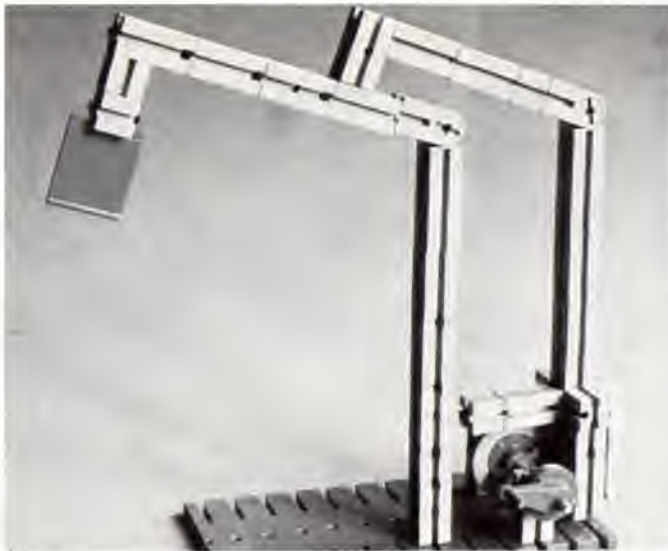


Abb. 12.5

Ralf P., Klasse 2



Abb. 12.7

Bernd W., Klasse 4

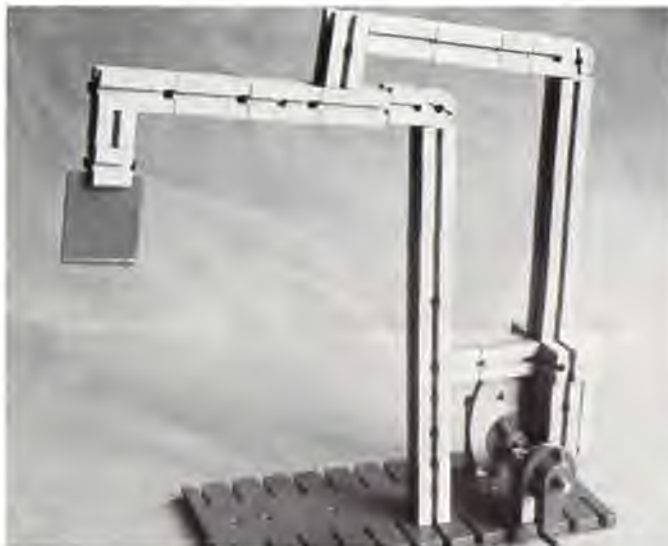


Abb. 12.6

Ralf P., Klasse 2



Abb. 12.8

Bernd W., Klasse 4



Abb. 12.9

Christiane B., Klasse 1



Abb. 12.10

Carola D., Klasse 3

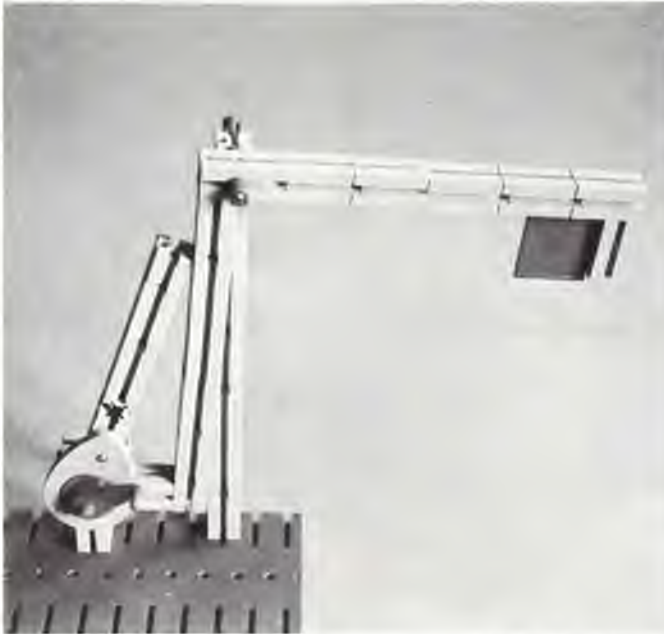


Abb. 12.11

Martina St., Klasse 4

Mastes aus zu betätigen (Abb. 12.9), vielleicht auch die Notwendigkeit nicht empfunden (S. 11).

Der durch eine Nocke (zwei verbundene Exzentrerscheiben) angehobene Signalarm des Modells 12.10 erinnert an ähnliche Lösungen bei den Themen „Autosperre“ und „Hammerwerk“; außerdem liegt hier eine der auf Seite 64 angesprochenen Fehllösungen vor, weil die Kurbel zu hoch angebracht ist.

Eine weitere ungewöhnliche, einwandfrei arbeitende Konstruktion zeigen die Abbildungen 12.11 / 12.12. Die durch Bausteine verlängerte Nocke der Exzentrerscheibe betätigt den Flügel.

Im Gespräch sollte herausgestellt werden, daß Eisenbahnsignale – z. B. vom Stellwerk aus – über größere Entfernungen (mit Seilzug oder elektrisch) *fernbedient* werden. Es sollten auch die Ausnahmesituationen bedacht werden: Wenn ein

Seilzug reißt („Drahtbruch“) oder wenn sich das Gestänge am Signalmast an irgendeiner Stelle löst, muß der Signalflügel in die „Halt“-Position fallen, um ein Unglück auszuschließen.

Lernziele:

1. Wirkungsweise eines Eisenbahnhauptsignals.
2. Übertragung einer Kraft mittels eines Gestänges.
3. Sicherheitseinrichtungen am Signal.
4. *Begriffe:* Signal (lat.: signum = Zeichen), Signalmast, Signalflügel, Lichtsignal, Gestänge, Stellhebel.

Vollmers



Abb. 12.12

Martina St., Klasse 4



Güngör Ö. und Thomas P., Klasse 4

13 Der Kipplaster

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Baue einen Lastwagen, der durch eine Kippvorrichtung entladen werden kann.

Unterrichtliche Hinweise: Fahrzeuge dieses Typs sind den Schülern des Grundschulalters so bekannt, daß sich weitere Hinweise des Lehrers zur Aufgabenstellung erübrigen. Sie ermöglichte eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten, wie die Schülerarbeiten erkennen lassen.

Einige Kinder geben sich zufrieden, wenn der *Ladekasten von Hand*, d. h. von *ihnen selbst gekippt* werden kann (Abb. 13.1 bis 13.3); eine *mechanische Vorrichtung* zum Kippen der Ladefläche halten sie nicht vonnöten – ja sie würde sie in ihrem Spieltrieb einschränken. Wir haben ein schönes Beispiel dafür vorliegen, daß die Schüler sich auf dieser Stufe immer noch mit dem technischen Gerät selbst identifizieren, wie es uns vom vorschulpflichtigen Kind, wenn es Eisenbahn, Trecker oder Flugzeug spielt, so wohlvertraut ist. Andere Schüler haben die hintere Kastenwand als *Pendel*-



Abb. 13.1

Ulrike B., Klasse 4



Abb. 13.2

Ingo P., Klasse 4



Abb. 13.3

Güngör Ö., Klasse 4

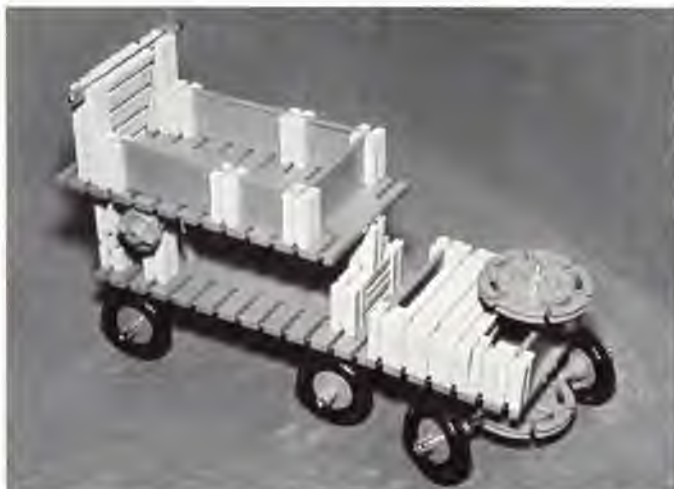


Abb. 13.4

Christoph M., Klasse 4



Abb. 13.6

Peter S. und Thomas R., Klasse 3



Abb. 13.5

Bernd W., Klasse 4



Abb. 13.7

Markus R., Klasse 4

klappe eingerichtet (Abb. 13.2), so daß das *Ladegut* beim Kippen herausrutschen kann. Eine sachgerechte Verbindung des Ladekastens mit der Fahrzeuggrundplatte durch den Gelenkstein sorgt außerdem dafür, daß bei diesem Modell der Ladekasten eine *stabile Auflage* erhält und das Ladegut niedrig lagert.

Eine ähnliche Lösung zeigt der Kipplaster des Schülers Güngör Ö. (Abb. 13.3). Hier ist die klare und stabile *Konstruktion* des *Fahrzeugunterbaus* beachtenswert. Der Versuch, das Fahrzeug wie einen Sattelschlepper lenkbar zu machen, scheiterte: Der Schüler hat bisher nicht erkannt, daß zwei parallel laufende starre Achsen das Fahrzeug in Geradeausrichtung festlegen. Dies gilt auch für den Lastwagen der Abb. 13.4.

Zum Einbau einer *Kippmechanik* benötigen einige Schüler zusätzlichen Spielraum zwischen Fahrzeugunterbau und Ladefläche. Diese Modelle wirken plump (Abb. 13.4 bis 13.6), ihr Mechanismus macht diesen Zwischenraum jedoch erforderlich. Beim Lastwagen der Abb. 13.4 wird der Ladekasten durch einen Stift (Schenkel der Winkelachse) nach oben gedrückt, beim Modell der Abb. 13.5 bewirkt dies eine Kurbelwelle. Ein Baustein am Kastenboden verhindert hier außerdem das Durchdrehen der Kurbelwelle.

Andere Schüler verwandten bei ihren Kipplastern die *Seilwinde* zum Kippen der Ladefläche (Abb. 13.7 und 13.8). Die Seilführung beim Modell der Abb. 13.8 über die hintere Kante des Ladekastens ist jedoch eine Fehllösung: Thomas hat die Bedeutung der Krafrichtung für das Anheben der Vorderkante des Ladekastens noch nicht erkannt.

Nur von wenigen Schülern des Grundschulalters kann man die Verwendung des *Zahnstangengetriebes* zum Betätigen der Kippmechanik erwarten. Überaus gut gelungen ist dies den Schülern Bernd R. und Jörg L. (Abb. 13.9). Auffallend ist an ihrem Modell, daß sie auf den Ladekasten ganz verzichtet haben. Durch das technische Problem der Kippvorrichtung waren sie vermutlich so stark beansprucht, daß sie der Begrenzung der Ladefläche als etwas Nebensächlichem keine Aufmerksamkeit mehr zuwendeten.



Abb. 13.8

Thomas L., Klasse 3



Abb. 13.9

Bernd R. und Jörg L., Klasse 4

Lernziele:

1. Die Bauelemente der Kippvorrichtung: Ladekasten(fläche), Gelenk (Scharnier), Hebevorrichtung.
2. „Erfinden“ eines Mechanismus zum Betätigen der Kippbewegung.
3. *Begriffe:* Kipplaster, Kippvorrichtung, Ladekasten, Lade-
fläche, Kippgelenk, Kippwinkel (Neigungswinkel).

Raabe

14 Der Lastenaufzug

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Baue ein Gerät, mit dem man in einem Gebäude Personen oder Lasten hinauf- oder hinuntertransportieren kann.

Unterrichtliche Hinweise: Zumindest Stadtkinder werden bei dieser Aufgabenstellung an den „Fahrstuhl“ erinnert und dieses Stichwort nennen. – Der Begriff „Stuhl“ sollte als Bezeichnung für ein Gestell (Glockenstuhl, Dachstuhl, Webstuhl) erläutert werden.



76 - Abb. 14.1

Torsten H., Klasse 2

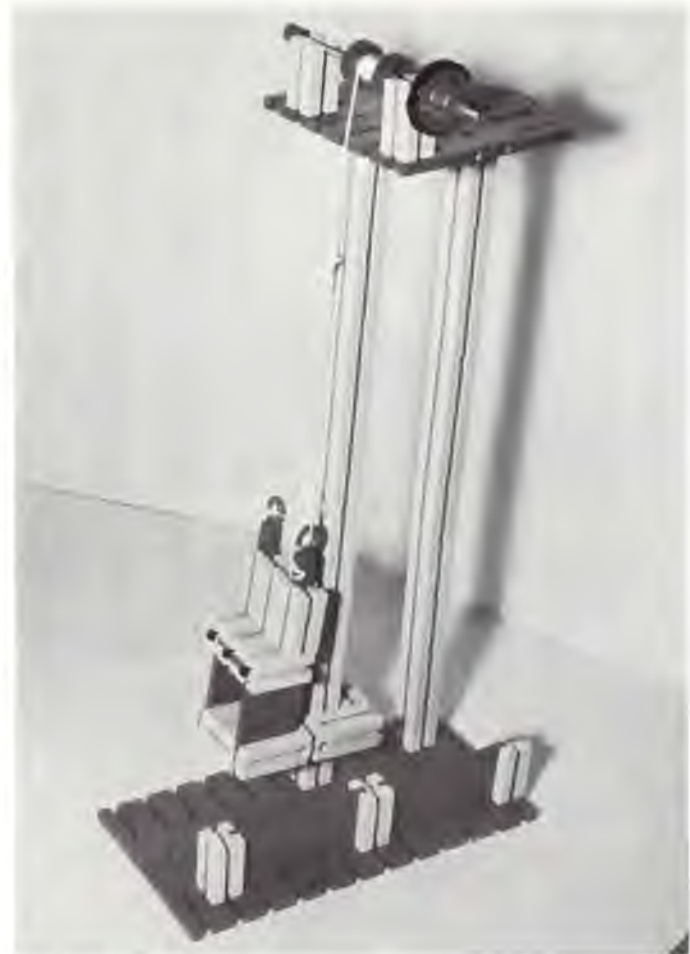


Abb. 14.2

Ulrich Th., Klasse 4

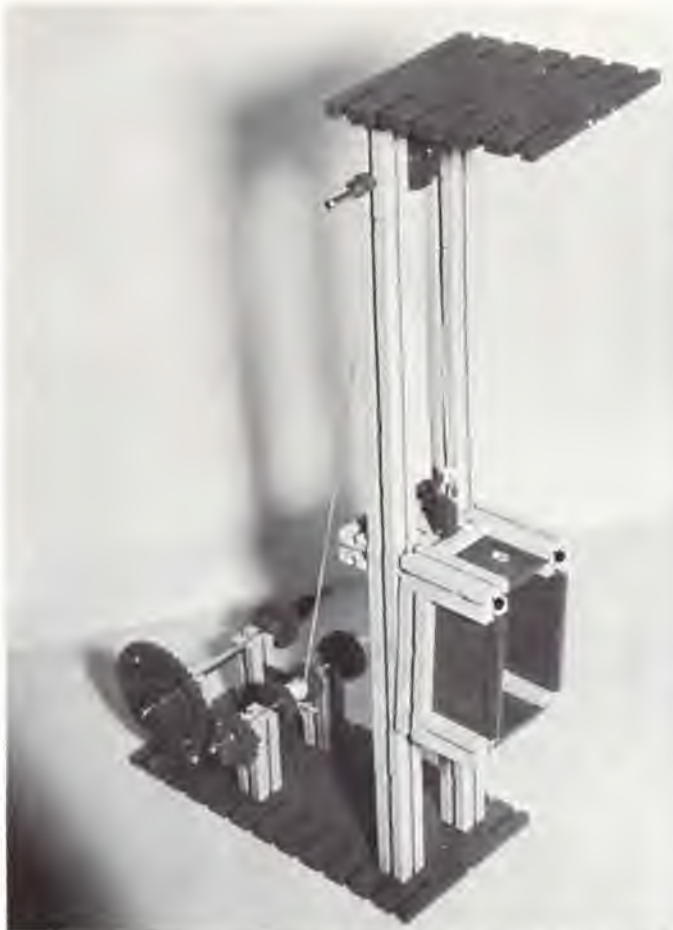


Abb. 14.3

Güngör Ö., Klasse 4

Die Schülerarbeiten zeigen, daß das Hauptproblem für die Kinder die *Führung des Fahrkorbes* ist.

Recht originell ist dieses Problem von dem Schüler einer zweiten Klasse gelöst worden (Abb. 14.1): Zwei gegenüberliegende Ecken des Fahrkorbes werden zwischen den Säulenpaaren des Aufzuggerüsts geführt. Zur Stabilisierung sind unter den vier Ecken des Bodens Gewichte (Bausteine) angebracht.

Zwei gute Lösungen zeigen die Modelle der Abb. 14.2 und 14.3: Während der eine Schüler die sichere Führung seines Fahrkorbes durch zwei *Führungsleisten* erreicht (Abb. 14.3), erzielt der andere dieselbe durch die Verwendung von zwei Haken zum Aufhängen des Fahrkorbes und durch eine *Füh-*

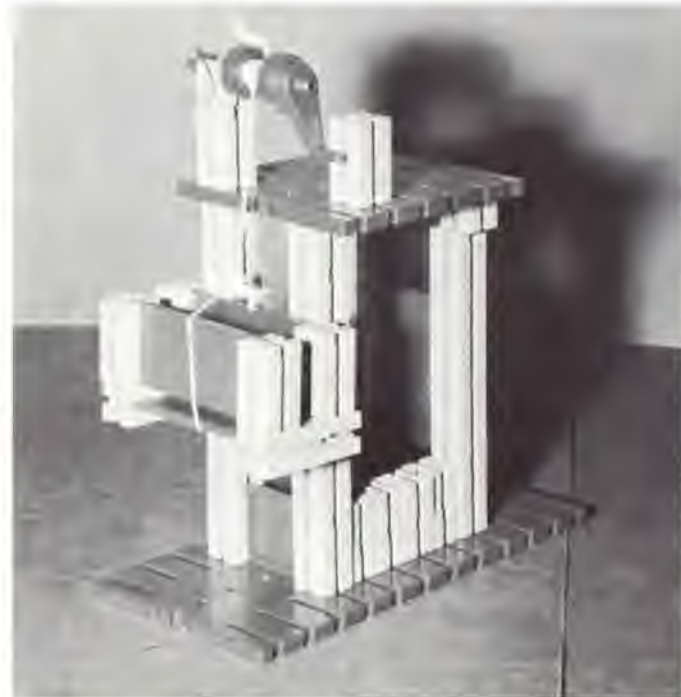


Abb. 14.4

Astrid B., Klasse 3



Abb. 14.5

Hennig H., Klasse 4

rungeinrichtung unterhalb des Schwerpunktes (Abb. 14.2). Wie einfach ist dagegen der Lastenaufzug einer Schülerin (Abb. 14.4): Ohne Führung wird der Fahrkorb außen an den Pfeilern einer Turmkonstruktion hochgezogen und wieder herabgelassen. Das Zugseil ist als einfache Schlaufe um den Fahrkorb geschlungen und dient als Aufhängung. Hoch ist an dieser Konstruktion der Einbau einer *Ablaufsperr* zu bewerten, die das willkürliche Abrollen des Zugseiles von der Seiltrommel verhindert. Vermutlich hat das relativ hohe Gewicht des Fahrkorbes der Schülerin die Lösung dieses Problems aufgedrängt.

Die automatische Rücklaufsperr im Modell des Schülers Henning H. (Abb. 14.5) muß auf den ersten Blick hin höher bewertet werden als der Sperrklotz im Aufzug der Schülerin Astrid B. (Abb. 14.4). Aber Henning ist erst durch einen Hinweis des Lehrers auf das Problem der Sperr aufmerksam



Abb. 14.6

Güngör Ö., Klasse 4

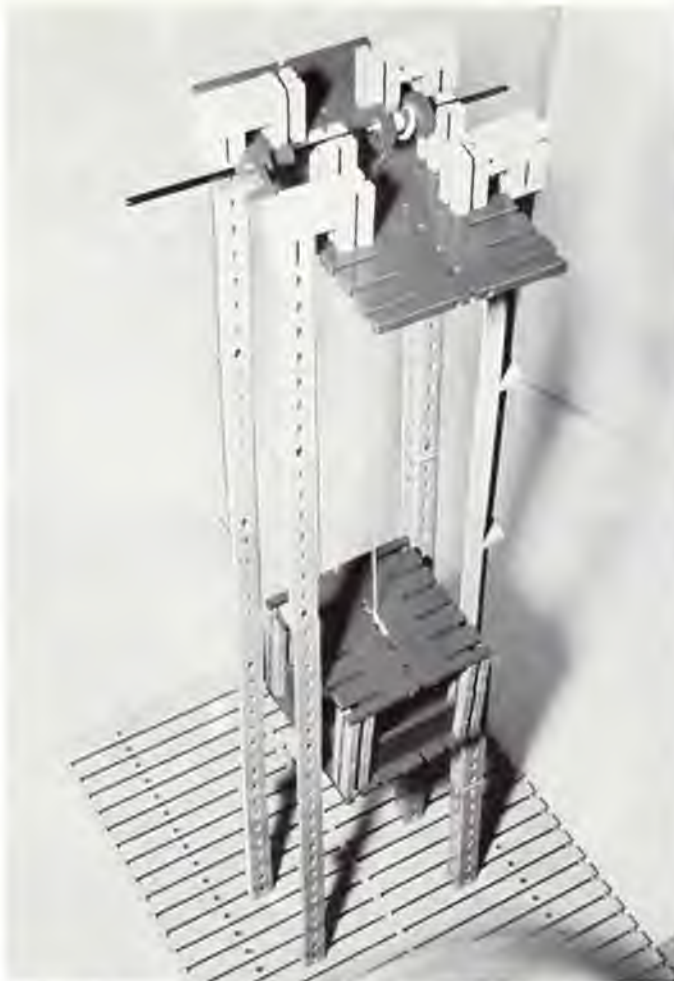


Abb. 14.7

Burkhardt P., Klasse 4

gemacht worden, während die technisch einfachere Lösung des Mädchens einem eigenen Einfall entsprungen ist. Diese Einzelbeurteilung kann nicht für andere Teile der Konstruktion gelten – ein Beispiel dafür, wie schwer die Leistung eines Schülers zu erkennen und im Vergleich zu anderen gerecht zu beurteilen ist.

Bei hohen Fahrstuhlbauten konnten die Schüler das Problem der Führung nur unzureichend lösen. In einem Fall ließen die Schüler den Fahrkorb *ohne Führung* zwischen den Pfeilern pendeln (Abb. 14.10). Sie sind also beim einfachen Hebeprinzip der Winde oder des Kranes geblieben und haben den Hebevorgang nur *in* das Gestell hineinverlegt. Ein Schüler (Abb. 14.7) fand eine verbesserte Lösung, die das Pendeln des Fahrkorbes dadurch einschränkt, daß jeweils ein Säulenpaar der Turmkonstruktion das Ausweichen in einer Richtung verhindert. (Man beachte auch die eigenwillige

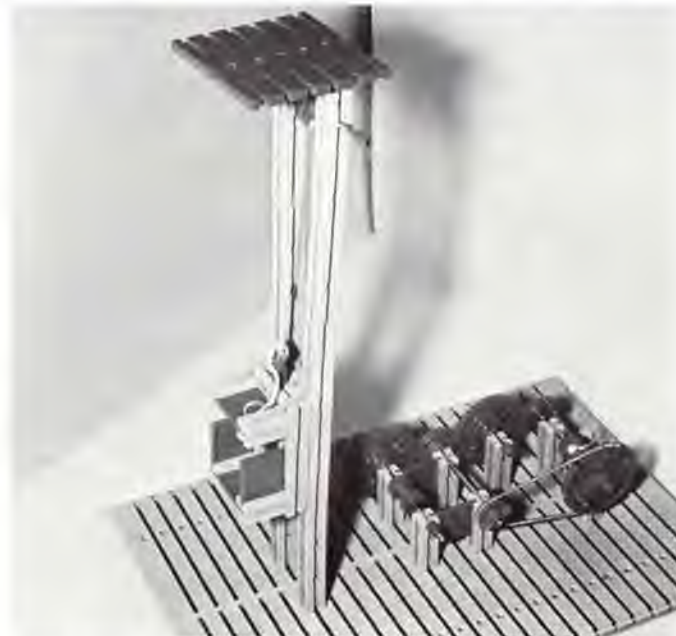


Abb. 14.8

Thomas P. und Güngör Ö., Klasse 4



Abb. 14.9

Jochen N. und Mike K., Klasse 4

Dachkonstruktion des Aufzugturmes, in der sich Andeutungen eines freitragenden Trägerwerks zeigen.) Das Problem der *Kraftübertragung* und der *Kraftrichtungsänderung* wird von den Schülern unterschiedlich gelöst: Einige Schüler benutzten bei ihren Modellen (Abb. 14.2, 14.4, 14.7 und 14.10) einfache Seilwinden, an denen der Fahrkorb hängt, andere verwandten zusätzlich eine *feste Rolle* zur Kraftrichtungsänderung (Abb. 14.3, 14.6, 14.8 und 14.9). Nur ein einziger Schüler konstruierte ein *Getriebe* zur *Kraftübertragung* (Abb. 14.3 und 14.6). Das Modell der Abbildung 14.8 ist eine vielsagende *Fehlösung*: es zeigt zwar viele Zahnräder; sie sind jedoch ohne technische Funktion: für die Kraftübertragung in der Seilwinde sind sie entbehrlich. Das Beispiel demonstriert einen *typischen Erkenntnisweg*; er führt über die *Vorstufe der Nachahmung* von Formen zum – späteren –

Verständnis eines technischen Funktionszusammenhangs. Weitere Beispiele geben die Abbildungen 1.2 und 8.3. Eine *funktionsgerechte Übersetzung* finden wir nur in den Modellen des Schülers Güngör Ö. (Abb. 14.3 und 14.6). Der Doppelfahrstuhl, den Jochen N. und Mike K. bauten (Abb. 14.9), besitzt Ähnlichkeit mit einer Schachtförderanlage. Die Schüler hatten sich die Aufgabe gestellt, den *gleichzeitigen Transport nach oben und unten* zu bewerkstelligen.

Lernziele:

1. Führung eines Lastträgers in der Senkrechten
2. Kraftrichtungsänderung durch die feste Rolle
3. *Begriffe*: Fahrstuhl, Fahrkorb, Seilwinde, Führungsschiene.

Raabe



Abb. 14.10

Peter T., Klasse 4



Abb. 15.1

Helga K. und Sabine J., Klasse 4

15 Waage 1

ab Klasse 3

Aufgabenstellung: Baue eine Waage, mit der du einen leichten Gegenstand wiegen kannst (Radiergummi, Füller, Anspitzer). Benutze die Bausteine als Gewichte.

Unterrichtliche Hinweise: Die beiden Abbildungen 15.1 und 15.2 zeigen zwei grundverschiedene *Arbeitsformen von Zweiergruppen*: Entweder baut jeder mit den Teilen ein und desselben Baukastens sein eigenes Modell, oder nur einer ist konstruierend tätig, und der andere sitzt *ratschlagend* dabei. Eine dritte Arbeitsform, bei der beide gemeinsam und gleichberechtigt an einem einzigen Modell bauen, zeigt u. a. die Abbildung 16.6.

Wenn das Thema bisher noch nicht im Unterricht behandelt worden ist, werden vermutlich die meisten Schüler eine Waage in Form der Wippe bauen (Abb. 15.1 bis 15.4). An einer solchen Waage wird im Klassengespräch deutlich gemacht, daß es nicht gleichgültig ist, ob ein Gegenstand auf

der „Waagschale“ näher oder ferner zum Drehpunkt des Waagebalkens liegt. Deshalb ist die Konstruktion mit hängenden Waagschalen (Abb. 15.5) besonders zweckmäßig: Da die Waagschale an nur einem Punkt des Waagebalkens hängt, ist es gleichgültig an welcher Stelle ein Gegenstand auf der Waagschale liegt.



Abb. 15.2

Bernd R. und Jörg L., Klasse 4



Abb. 15.3

Bernd W., Klasse 4

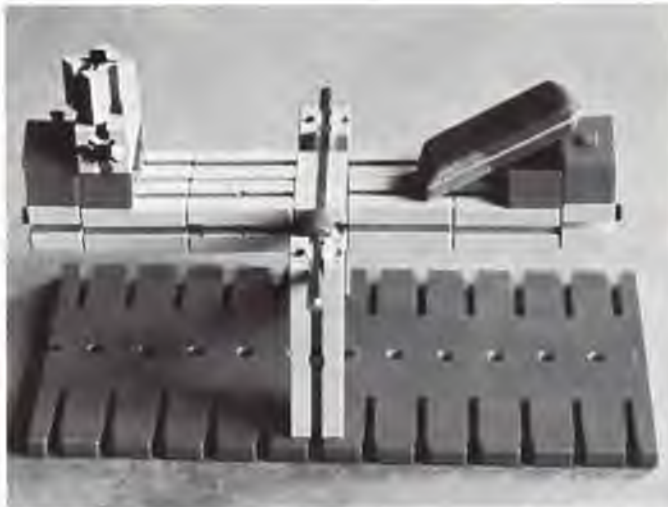


Abb. 15.4

Ralf P., Klasse 2



Abb. 15.6

Martin T. und Sven H., Klasse 2



Abb. 15.5

Elke W., Klasse 4



Abb. 15.7

Carsten H., Klasse 3

Eine Waage funktioniert nur dann einwandfrei, wenn der *Schwerpunkt* des Waagebalkens *unterhalb* von dessen *Drehpunkt* liegt. Bei den Waagen der Abbildungen 15.6 und 15.7 liegt der Schwerpunkt jedoch oberhalb des Drehpunktes; deshalb kann sich kein stabiles Gleichgewicht einstellen – es sei denn die Waage würde auf den Kopf gestellt (Abb. 15.8), so daß der Waagebalken am Gelenkstein *hängt*. Manche Schüler kommen nur deshalb nicht zu einer brauchbaren Lösung, weil sie einen Gelenkstein im Drehpunkt des Waagebalkens eingesetzt haben. Hier ist ein *helfender Hinweis* des Lehrers erforderlich: Entweder muß der Waagebalken am Gelenkstein *hängen*, oder der Waagebalken muß sich um eine gelagerte Achse drehen (technisch beste Lösung). Eine Fehllösung, wie z. B. Abbildung 15.7 zeigt, ist für das klärende Gruppengespräch besonders nützlich (eventuell Lehrermodell oder Sonderauftrag für einen Schüler). Bei manchen Waagen stellt sich das Gleichgewicht schnell und sicher ein, weil durch eine schwere Zunge (Abb. 15.3) oder eine Winkelkonstruktion (Abb. 15.9) der Schwerpunkt des Waagebalkens besonders tief liegt.

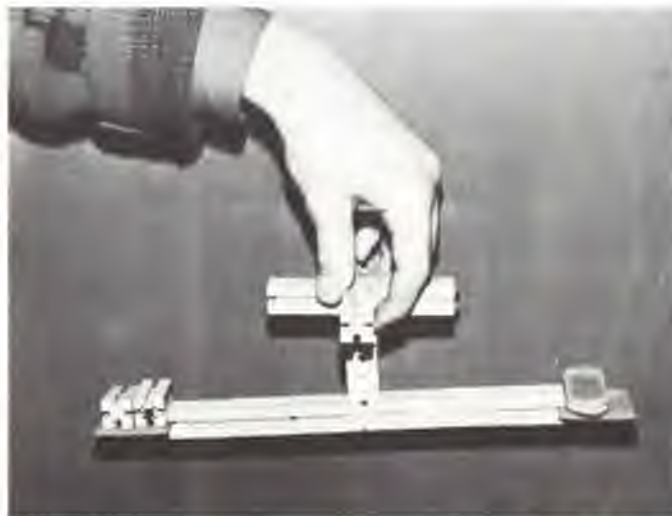


Abb. 15.8

Carsten H., Klasse 3



Abb. 15.9

Jörg B., Klasse 4



Abb. 15.10

Dieter W., Klasse 4

Wenn eine Waage nicht im Gleichgewicht sein sollte, obwohl für jede Seite des Waagebalkens dieselbe Anzahl Bausteine verwendet wurde, dann ist die unterschiedliche Zahl der schwarzen Zapfen die Ursache dafür!

Das Modell 15.10 verrät, daß der Konstrukteur das physikalische Prinzip der Waage noch nicht durchschaut hat: Die beiden Münzen halten sich gegenseitig im Gleichgewicht; es ist also in diesem Falle völlig gleichgültig, welche Bausteine als Gewichte von dem Jungen verwendet worden sind, die Waage wird immer im Gleichgewicht sein, solange er zwei *gleiche* Gewichte genommen hat; aber diese Gewichte zei-



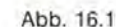
Lernziele:

- 84

ab Klasse 4

1. Der Kran muß sich drehen können.
2. Der Lasthaken muß sich heben und senken lassen (Seil und Seiltrommel).
3. Der Ausleger muß verstellbar sein (Seil und Seiltrommel).
4. Der belastete Kran darf nicht umkippen (Gegengewicht).

Jede der beiden Seiltrommeln bedarf einer *Sperrvorrichtung*, damit sich die hochgehobene Last oder der angeho-



Ortsfester Drehkran

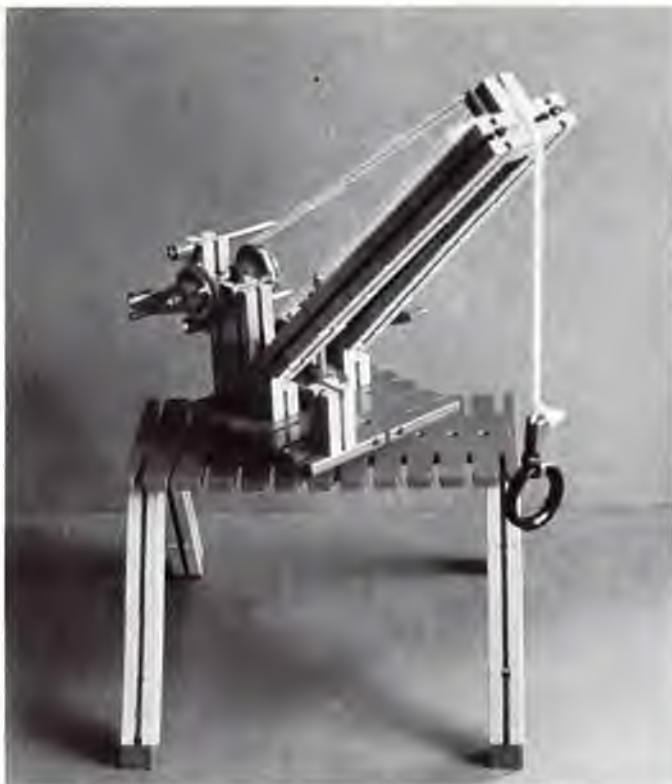


Abb. 16.2

Ulrich E. und Bernd W., Klasse 4

bene Ausleger nicht durch ihr Eigengewicht senken können. Schüler der Unterstufe sehen allerdings im Fehlen einer solchen Sperre – die das Ablaufen des Seils verhindert – noch kein Problem; es wird ihnen deshalb nicht bewußt, weil sie beim Umgang mit dem von ihnen hergestellten Kran die Kurbeln der Seiltrommeln mit den Händen festhalten. Nur wenige Schüler finden eine technische Lösung: Mit herausziehbaren Stahlachsen (Abb. 16.2 und 16.3) oder grauen Bausteinen (Abb. 16.10 und 16.12) wurden die Seiltrommeln festgestellt. Eine *selbsttätig* funktionierende Sperrvorrichtung, die das Drehen in nur einer Richtung gestattet, kann

in der Grundschule – von seltenen Ausnahmen abgesehen (Abb. 28.11) – noch nicht erwartet werden.

Trotz der beiden vorbereitenden Aufgaben (Kap. 2., Seilwinde, und Kap. 7, Kranwagen), trotz einer ausführlichen Besprechung und einer übersichtlichen Liste der Kranfunktionen (Tafel), erfüllten nicht alle Schülermodelle die vier geforderten Bedingungen. Der Kran ist ein viel zu komplexer Gegenstand, als daß die Schüler alle technischen Erfindungsaufgaben in einem einzigen Anlauf zu lösen imstande wären. So ist z. B. die Stellung des Kranauslegers auf Abbildung 16.4 nicht zu verändern. Der völlig funktionsunfähige Kran (Abb. 16.5) zweier Jungen im zweiten Schuljahr ist beim freien Bauen in der 6. Werkstunde entstanden. Dieses Bild und ebenso die nächste Abbildung (16.6) zeigen überzeugend, daß zwei Schüler *gemeinsam und gleichberechtigt* an einem einzigen Modell bauen können. Diese (dritte) *Arbeitsform in Zweiergruppen* (vgl. S. 81) wurde von unseren Schülern bei weitem bevorzugt. (Das Endergebnis der Teamarbeit von Holger und Rüdiger ist auf Abbildung 16.7 zu sehen.)



Abb. 16.3

Henning H., Klasse 4



Abb. 16.4

Sabine J. und Helga K., Klasse 4



Abb. 16.5

Thomas K. und Volker M., Klasse 2



Abb. 16.6

Holger G. und Rüdiger H., Klasse 4

Eine recht ungewöhnliche Kran-Form hat das Modell 16.9, es erfüllt aber alle erforderlichen, zu Beginn des Unterrichts zusammengestellten Funktionen. Der Gefahr des Umkippens kann mit *gespreizten Kran-Beinen* (Abb. 16.2 und 16.8) oder mit einem *Gegengewicht* (Abb. 16.4, 16.7 und 16.12) begegnet werden.

Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes sollte den Schülern Gelegenheit gegeben werden, die Aufgabe ein zweites Mal zu lösen. In solchen Fällen ist es angebracht, die ganze Themengruppe zur Auswahl zu stellen, wie z. B. Kran, Laufkatze (Abb. 28.13), Seilbahn (Abb. 28.14). So können die Schüler auf Grund der Einsichten aus Gesprächen und der Beobachtung an Modellen von Mitschülern zu einer Vertiefung und Weiterentwicklung kommen.

Lernziele:

1. Arbeitserleichterung durch einen Kran.
2. Ein Kran muß kippsicher sein (Übergewicht) und drei Funktionen haben, er wird bestimmt durch Drehung, Auslage und Hubhöhe.
3. Alle wichtigen Teile (Seiltrommel, Gegengewicht, Ausleger) müssen auf einer gemeinsamen „Platte“ drehbar gelagert sein.



Abb. 16.7

Holger G. und Rüdiger H., Klasse 4



Abb. 16.8

Heike B., Klasse 4

4. Das Seil, das den Ausleger hebt und senkt, muß oberhalb des Ausleger-Gelenkes verlaufen (Abb. 16.7; vgl. dazu Abbildung 5.7), da es andernfalls den Ausleger nicht zu heben und zu halten vermag.

5. *Begriffe:* Ausleger, Gegengewicht, Seiltrommel, Königszapfen, Ausladung, Hubhöhe (vgl. Abb. 16.1).

Das Thema Kräne eignet sich besonders dafür, unterrichtlich nach der Seite der *bildnerischen Gestaltung* hin ausgebaut zu werden. Die klare Gliederung der Gestalt, die faszinierende Wirkung, die vom langsam durch die Lüfte sich bewegenden Arm des Kranes ausgeht, die sich hebende Last

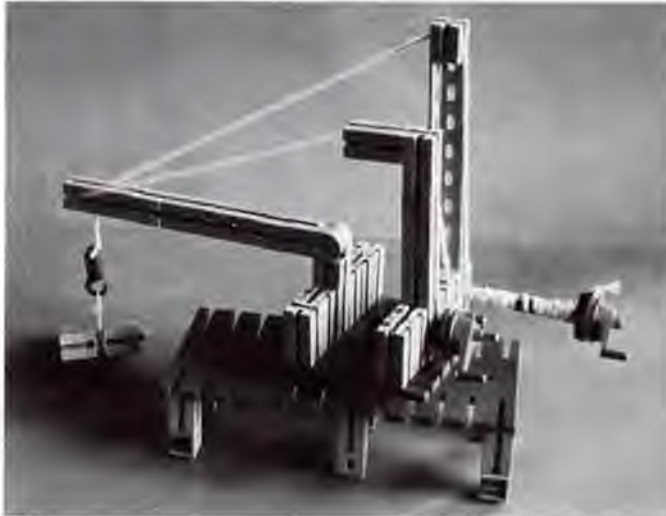


Abb. 16.9

Dieter W., Klasse 4

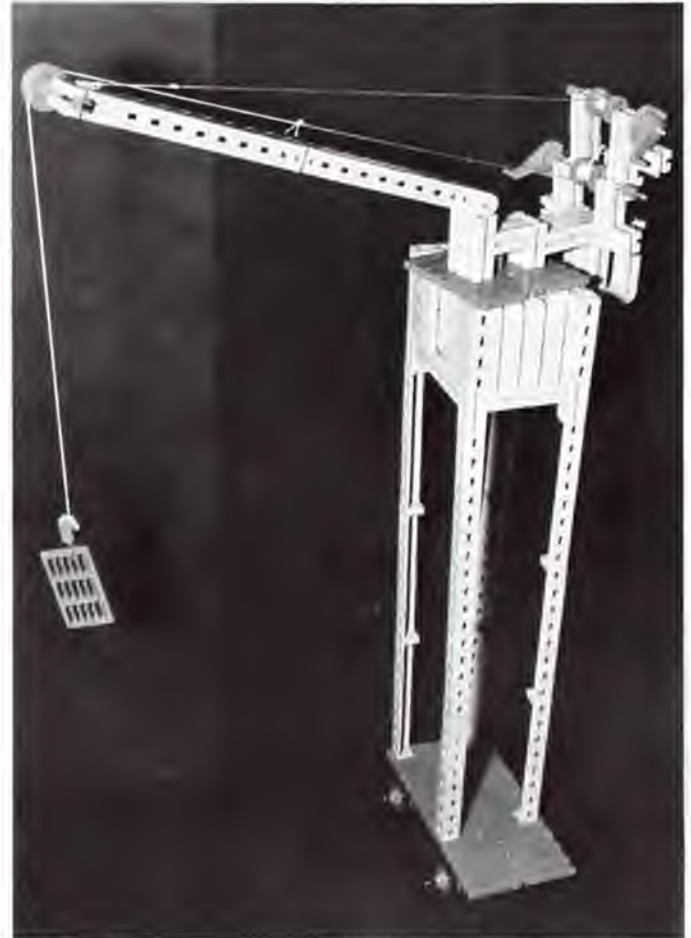


Abb. 16.12

Güngör Ö. und Thomas P., Klasse 4

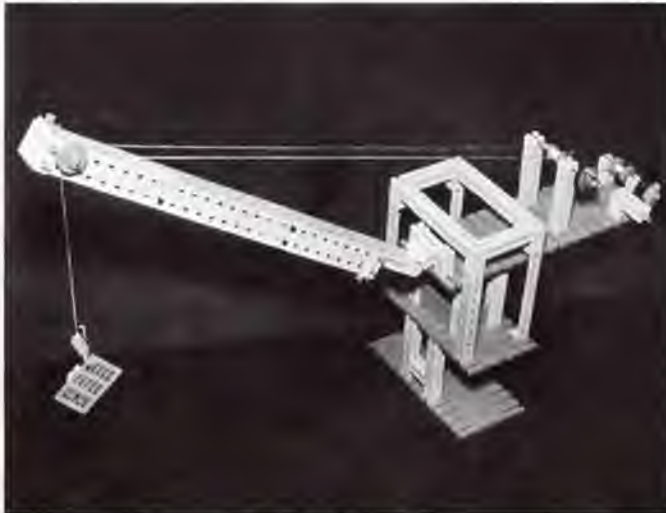


Abb. 16.10

Markus R. und Joachim St., Klasse 4

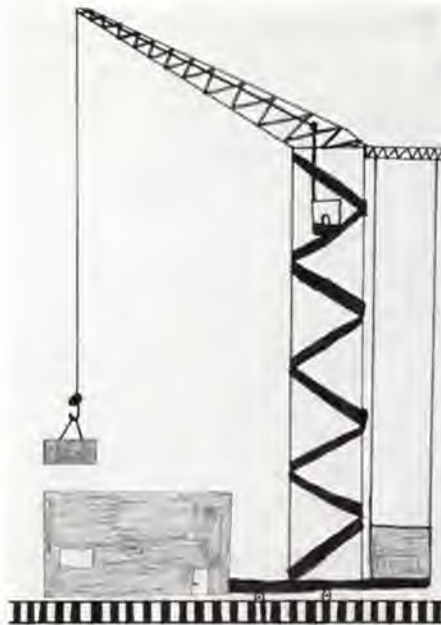


Abb. 16.11

Markus R., Klasse 4

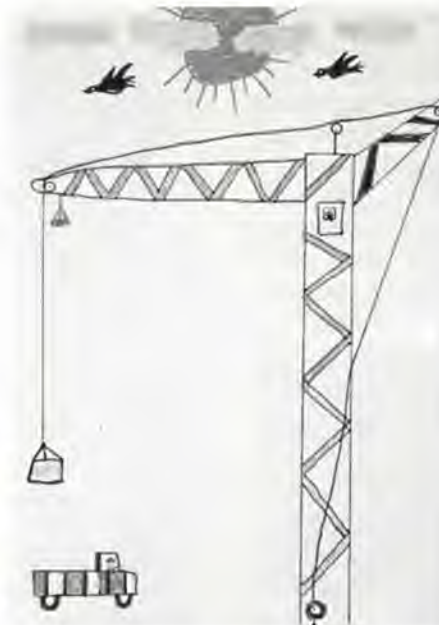


Abb. 16.13

Güngör Ö., Klasse 4

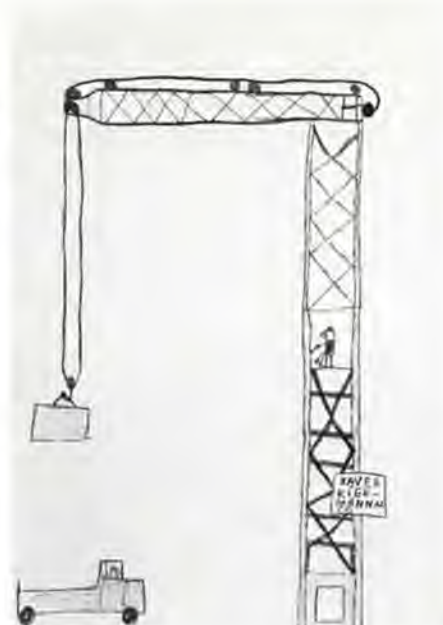


Abb. 16.14

Frank S., Klasse 4

– alles dies sind für das zeichnerische Erfassen günstige Momente. Wir bilden drei Schülerarbeiten ab und setzen sie zu den etwa zwei Wochen zuvor entstandenen Baukastenkonstruktionen in Bezug (Abb. 16.10–16.11, 16.12–16.13 und 16.14, Farbbild S. 52). Alle drei Zeichnungen zeigen ein technisch niedrigeres Verstehensniveau als die Konstruktionen, und das gilt für alle übrigen ebenfalls. Das wird besonders deutlich an den Auslegern der Krangestelle. Hier fehlt wie auf allen anderen Zeichnungen der Klasse eine angemessene mechanische Verbindung, wie die Modelle sie, einige in differenzierter Konstruktion, zeigen. Dieselbe Beobachtung gilt für die Führung der Seile, für die Darstellung

der Rollen, die Struktur der Verstrebungen. Diese *Überlegenheit der konstruierenden, operativen Vorstellungskraft gegenüber der bildnerischen Anschauungskraft*, die wir nur schlaglichtartig demonstrieren können, ist zweifellos ein didaktisches Phänomen von großer, bisher immer noch zu wenig beachteter Bedeutung.

Dieser Mangel des Bildes gegenüber dem Realobjekt wird weitgehend dadurch ausgeglichen, daß im Bild stärker als im Modell menschliche Beziehungen und Emotionen zum Ausdruck kommen (Kranführer, Firma, [wertvolle] Ladung; Sonne, Wolken und Vögel am Himmel).

17 Die Schüttelrutsche

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Die Schüttelrutsche ist Grundschulkindern weitgehend unbekannt. Dieses Gerät basiert auf einem eigenartigen technisch-physikalischen Prinzip, das Schüler stark zu motivieren vermag. Viele reizvolle Denkansätze werden ermöglicht. Vor dem Arbeitsauftrag müssen Verwendung und Funktion der Schüttelrutsche einsichtig gemacht werden. Beispielsweise kann die Frage gestellt werden, wie man in einem langen, niedrigen Gang im Bergwerk



Abb. 17.1

Ulrich Th., Klasse 4

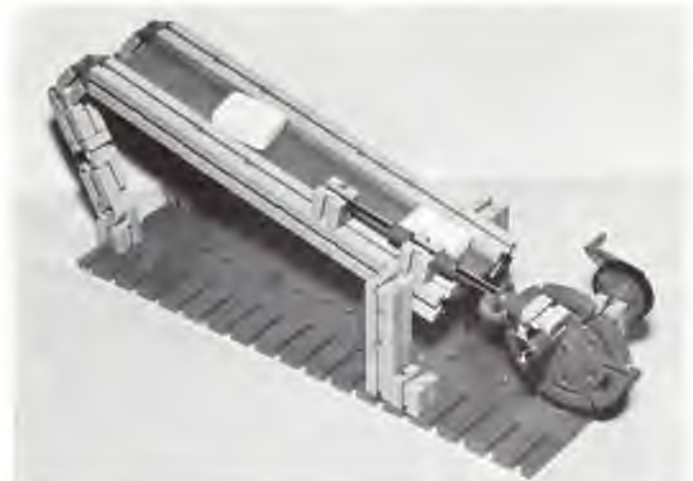


Abb. 17.2

Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 17.3

Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 17.4

Joachim St., Klasse 4

auf einer nur schwach geneigten Rutsche Kohle weitertransportieren kann. Der Lehrer neige einen Kartonstreifen nur so weit, daß das darauf gelegte Fördergut (Material aus dem Baukasten, Radiergummis, kleine Kartonstreifen) noch nicht abwärts rutscht. Durch leichtes Schütteln des Kartons wird es ins Rutschen gebracht. Erst wenn die Schüler die Bewegungen der schüttelnden Hand erkannt und über die Bezeichnung „Schüttelrutsche“ nachgedacht haben, erfolgt der Arbeitsauftrag: *Baue eine Schüttelrutsche, auf der Transportgut (Bausteine, Radiergummis) weiterbewegt wird.* Für die Rutschfläche darfst du Kartonstreifen verwenden.

Unterrichtliche Hinweise: Das Angebot, bereitgestellte Kartonstreifen für die Konstruktion der Rutsche mitzuverwenden, erwies sich aus zwei Gründen als notwendig und nützlich: Die flachen Bauelemente eines Baukastens u-t 1

reichen nicht aus, eine längere Rutschfläche damit zu bauen. Der Karton ist flexibel und schafft dadurch zusätzliche Konstruktionsmöglichkeiten. Wir haben hier ein Beispiel dafür, *wie die Elemente des Konstruktionsbaukastens durch anderes Werkmaterial ergänzt werden können.* Betrachten wir dazu auch die Abb. 17.3, 17.4; 17.9. und 17.10. Nicht allen Schülern glückt es auf Anhieb, den systemfremden Karton einzufügen. Joachim lieferte beispielsweise eine *Fehllösung* (Abb. 17.4.): Er hat die Stabilitätseigenschaften des Kartons überschätzt; seine Schüttelrutsche ist ein recht wackeliges Gerät geworden. Joachim verwarf diese Konstruktion deshalb und griff auf das stabile Baukastenmaterial zurück. Da er nur wenige Flachbausteine zur Verfügung hatte, mußte seine Rutsche recht kurz geraten (Abb. 17.5). Für die Rüttelbewegung wurde ein Bauelement des u-t 2

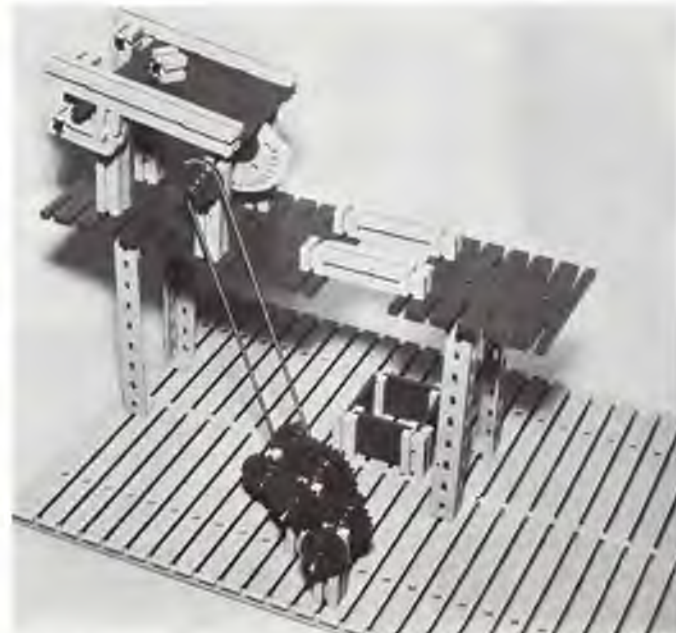


Abb. 17.5

Joachim St., Klasse 4



Abb. 17.6

Peter T., Klasse 4



Abb. 17.7

Mike K., Klasse 4

Baukastens verwendet: Ein mehrrädiges *Zahnradgetriebe* setzt den *Rüttelmechanismus* in Gang.

Der Antrieb, die Modelle mit zusätzlichen Einrichtungen auszustatten, die dem Spieltrieb und der Funktionslust der Schüler Ausdruck geben, wurde in mehreren Fällen wirksam. Joachim (Abb. 17.4 und 17.5) und auch Güngör (Abb. 17.10) konstruierten für ihre Modelle einen *Auffangbehälter* für das *Schüttelgut*; Peter baute eine *Transportkarre*, die er unter seine Schüttelrutsche stellte (Abb. 17.6).

Die zentrale technische Funktion war durch eine Einrichtung zu leisten, die die Rutschfläche rhythmisch hob und senkte. (Lösungen für *seitliche* Schüttelbewegungen wurden in einem einzigen Fall angestrebt.) Für diese Aufgabe wurden verschiedene Wege gefunden. Peter, dessen Transportkarre wir eben erwähnten, arbeitete mit einer Exzenter-scheibe. Auch bei Mikes Modell (Abb. 17.7) wurde die Schüttelbewegung durch einen Exzenter erreicht. Durch die Verwendung von Klemmbuchsen konnte er ein übermäßig großes Spiel an der Drehachse verhindern. Bei Christophs Konstruktion (Abb. 17.8) drückt die *Kröpfung* einer Kurbelwelle die Rutsche hoch und läßt sie wieder herunterfallen. An diesem Modell fallen die hohen Seitenwände auf, die ein seitliches Herunterfallen des Materials verhindern sollen.

Den besten *Schüttelmechanismus* konstruierte Ulrich in seinen Modellen (Abb. 17.1 und 17.2). Er verwendete bei seiner ersten Lösung (Abb. 17.1) Federbeine aus dem Baukasten u-t 2. Als Hausaufgabe erhielt er den Auftrag, bei seiner Schüttelrutsche die Federbeine (Abb. 17.1) durch Bauelemente des Grundkastens u-t 1 zu ersetzen. Wie gut ihm das gelang, wird in der Abb. 17.2 deutlich. Eine dritte Schüttelrutsche baute Ulrich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde (Abb. 17.3): Bei diesem Modell wird die *Rutschfläche* (Kartonstreifen) in den Nuten der starren Führungsleisten hin- und herbewegt. Die Verbindung von Drehmechanismus und Rutschfläche ist Ulrich weniger gut gelungen; zwei Tesafilmstreifen halten die Konstruktion nur dürrtig zusammen. Markus nutzte bei seinem Modell die Tatsache aus, daß der Kartonstreifen elastisch federt (Abb. 17.9): Ein Zapfen aus Bausteinen wird in Drehbewegung gesetzt, schlägt von un-



Abb. 17.8

Christoph M., Klasse 4

ten gegen den Karton und bewirkt eine Vibrierbewegung; die *Haftreibung* wird dadurch vermindert, und das Material kann abwärts rutschen.

Güngör stellte die *Rutschbahn* seines Modells ausschließlich *aus Karton* her (Abb. 17.10). Durch Aufzählung an den Längskanten gab er seinem Karton so viel Stabilität, daß das Modell voll funktionstüchtig wurde. Die Schüttelbewegung wird wie in Christophs Modell (Abb. 17.8) durch Drehung der Kurbelwelle bewirkt. Auf die solide Stützkonstruktion des Pfeilerpaares links im Bild sei besonders hingewiesen.

Lernziele:

1. Funktion und Konstruktion einer Schüttelrutsche.
2. Erfinden eines Schüttelmechanismus.
3. *Begriffe*: Schüttelrutsche, Rutschfläche, Neigung, Haftreibung.

Raabe



Abb. 17.9

Markus R., Klasse 4



Abb. 17.10

Güngör Ö., Klasse 4



Abb. 18.1

Ulrike B., Klasse 4

18 Fahrzeug mit Lenkung

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Welch geringen Wert Grundschulkinder der Lenkung am Fahrzeug beimessen, mag man der Tatsache entnehmen, daß sie ihre Fahrzeuge beim freien Bauen fast ausschließlich ohne Lenkung konstruierten. Das wird verständlich, wenn wir bedenken, daß das *Fahrzeug als Spielzeug* empfunden wird. Soll es in eine andere Richtung fahren, so wird es vom Boden gehoben und auf das neue Ziel gerichtet. Ja, Fahrzeuge mit Lenkung wirken den Spielintentionen des Kindes geradezu entgegen: das Kind wird als Fahrzeuglenker ausgeschaltet, und außerdem ist die Fahrt-

richtung lenkbarer Fahrzeuge unvorhersehbar und zerstört die innere Einheit, die zwischen dem spielenden Kind und dem Fahrzeug besteht. Nur pädagogische Absicht kann daher die Lenkung zu einem Problem des Grundschulkindes werden lassen. Aus diesen Überlegungen ergab sich die Notwendigkeit, das Problem der Lenkung durch einen konkreten Bezug bewußt zu machen, etwa mit folgenden Worten: Ihr habt bisher Fahrzeuge gebaut, die nur geradeaus



Abb. 18.2

Ulrike B., Klasse 4



Abb. 18.3

Joachim St., Klasse 3

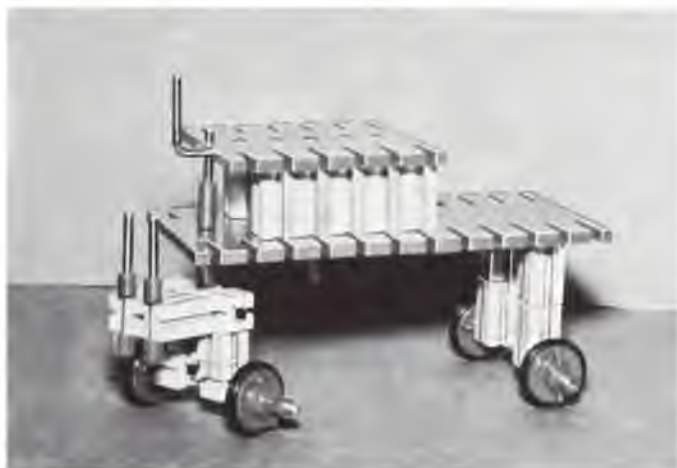


Abb. 18.4

Markus R., Klasse 3



Abb. 18.6

Mike K., Klasse 3



Abb. 18.5

Ingo P., Klasse 3

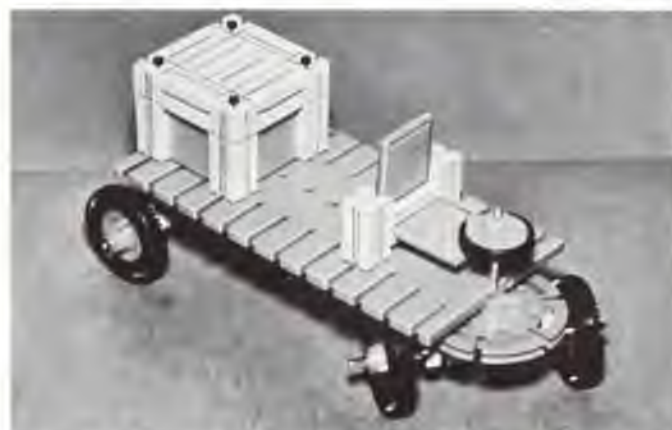


Abb. 18.7

Jochen N., Klasse 4

fahren konnten. Um in eine Parklücke hineinfahren oder in eine andere Straße einbiegen zu können, muß das Fahrzeug eine Lenkung bekommen. *Baut ein Fahrzeug, das nicht nur geradeaus fahren kann.*

Unterrichtliche Hinweise: Die abgebildeten Modelle (Arbeiten am Ende eines dritten und aus der Mitte eines vierten Schuljahres) sollen die Vielfalt der möglichen Lösungen



Abb. 18.8

Astrid B., Klasse 4



Abb. 18.9

Güngör Ö. und Thomas P., Klasse 4



Abb. 18.10

Karsten K., Klasse 4

wiedergeben. Die einfachsten Modelle kamen verständlicherweise von Schülern der dritten Klasse.

Joachim verwandte als *Vorderachse* den Gelenkstein (Abb. 18.3). Fahrzeug und Vorderachse wurden durch eine Achsstange zwar *drehbar*, aber nur lose miteinander verbunden. Zwei Klemmbuchsen sorgen für ausreichenden Abstand zwischen Fahrzeugboden und Vorderachse (*Lenkungsfreiheit*). Eine durchgehende Achsstange wird von dieser Konstruktion nicht erlaubt. Als Lenkgriffe wurden Winkelachsen in die verlängerten Halbachsen gesteckt. Eine Lenkung, und zwar in der einfachen Form der Drehschemellenkung, ist also erst im Ansatz gelungen. Einen Schritt weiter zu dem Ziel einer Drehschemellenkung kam Markus bei seinem Modell (Abb. 18.4). Die Verbindungsachse zwischen Fahrzeug und „Drehschemel“ sicherte er durch Klemmbuchsen. Zwei vertikale *Lenkgriffe* sorgten bei seinem Fahrzeug für die *Richtungsänderung* der Vorderachse. Eine in das Dach des Führerhauses gesteckte Winkelachse diente als Antenne. Bei Ingos Modell (Abb. 18.5) erinnern die Handgriffe an die Lenkstange eines Motorrades. Um die massive Lenkeinrichtung unterzubringen, mußte er das Vorderteil des Fahrzeugs höher setzen. Mike versuchte, die Drehschemellenkung seines Modells (Abb. 18.6) durch Bindfäden (Seilzug) zu betäti-



Abb. 18.11

Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 18.13

Ulrike Th., Klasse 4



Abb. 18.12

Ulrich Th., Klasse 4

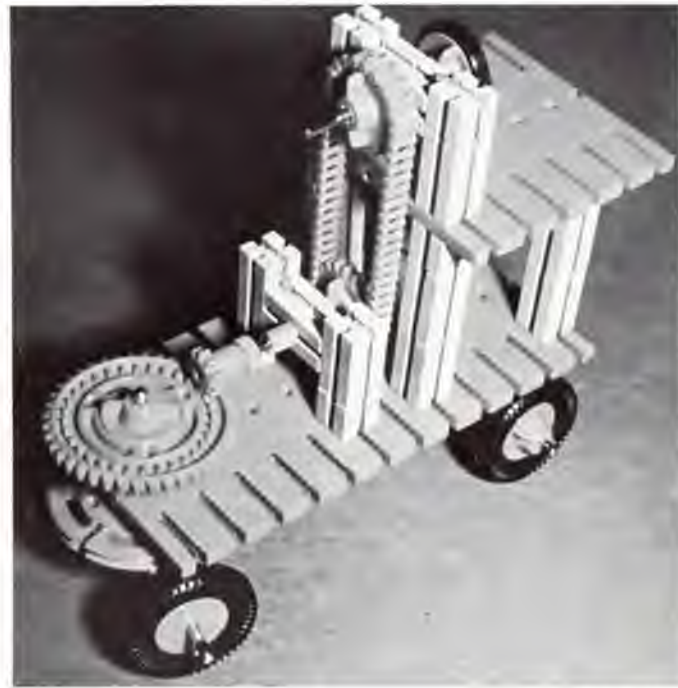


Abb. 18.14

Markus R., Klasse 4

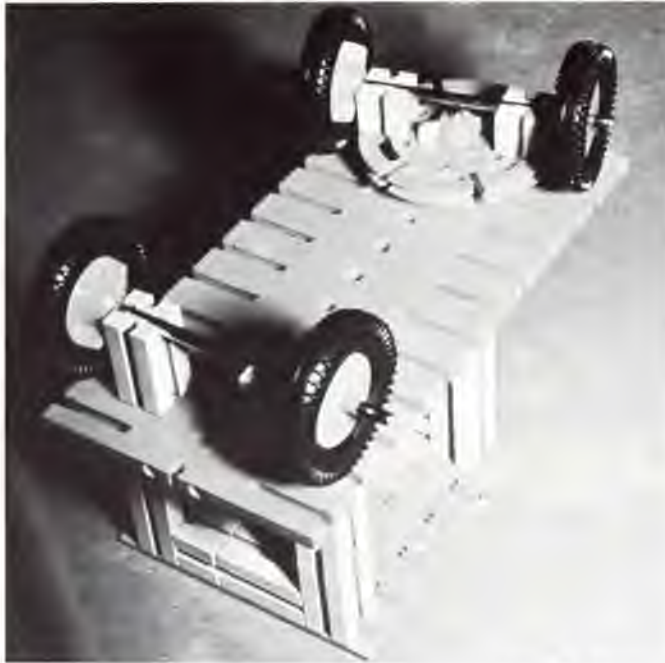


Abb. 18.15

Ingo P., Klasse 4

gen. Er scheiterte jedoch mit seinem Vorhaben und begnügte sich schließlich damit, sein Fahrzeug mit dem freien Ende der vertikalen *Drehachse* zu lenken. In allen vier Modellen ist die Lenkung also nicht auf das Objekt (den Wagen) hin entworfen, sondern mit Rücksicht auf die Bedürfnisse des Kindes gestaltet, das das „Fahrzeug“ *als ein solches*, nicht als ein Modell auffaßt. Natürlich gelingt die Objekt-Distanzierung im Unterricht, aber die naive Beziehung ist deshalb nicht erloschen (siehe auch Warnanlage S. 63).

Die Modelle zeigten, wie wichtig es Kinder nehmen, eine Einrichtung zum Betätigen der *Vorderradlenkung* zu schaffen. Zu Jochens Fahrzeug mit Lenkung gehört daher selbstverständlich auch *ein Lenkrad* und der Fahrersitz (Abb. 18.7). Auch Astrid (Abb. 18.8) und Ulrike B. (Abb. 18.1 und 18.2) gaben ihren Fahrzeugen ein Lenkrad. Die zusätzlich

befestigte Kurbel soll helfen, das Lenkrad leichter zu drehen. Aus den Modellen, die Ulrike nacheinander in einer Doppelstunde konstruierte, wird deutlich, wie intensiv Kinder zuweilen um eine funktionsgerechte Lösung ringen. Für ihr erstes Fahrzeug (Abb. 18.1) hatte Ulrike zwar eine recht brauchbare Drehschemellenkung konstruiert; in der Erprobung entdeckte sie dann jedoch, daß ihr dreiachsiges Fahrzeug nicht lenkbar war. Sie baute ein neues, zweiachsiges Modell mit nur einer einzigen starren Achse (Abb. 18.2). Eine ähnliche *Fehllösung* wie sie Ulrike in ihrem ersten Modell (Abb. 18.1) konstruiert hatte, bauten auch Güngör und Thomas (Abb. 18.9). Bei der Erprobung merkten sie ebenfalls, daß ihre Lenkung nicht funktioniert. Bei Karstens Fahrzeug-



Abb. 18.16

Ulrich Th., Klasse 4

konstruktion (Abb. 18.10) deuten sich Lösungen für die Kraftübertragung vom *Lenkrad* auf die *Lenkachse* an. Karsten wählte dafür eine *Zahnraduntersetzung*.

Spitzenleistungen der Übertragung vom Lenkrad auf die Lenkachse finden wir in den Modellen von Ulrich (Abb. 18.11 und 18.12), Ulrike Th. (Abb. 18.13) und Markus (Abb. 18.14) verwirklicht. Die Neigung der Lenkradachse (Abb. 18.13) komplizierte die Konstruktion, trotzdem gelang sie. Ulrich sorgte dafür (Abb. 18.12), daß der *Drehausschlag* der Vorderachse begrenzt ist und die Achse nicht unter dem Fahrzeugboden unterdurchdrehen kann; er setzte als *Anschlag* einen Bauklotz unter den Fahrzeugboden.

Viele Schüler konstruierten eine Drehschemellenkung, wie sie die Unterseite von Ingos und Ulrichs Modellen (Abb. 18.15 und 18.16) wiedergeben: Ingo montierte die Vorderachse auf eine Drehscheibe, die um einen Lenkzapfen drehbar ist (Abb. 18.15); Ulrich verwandte für die Lenkung einen Drehbalken (Abb. 18.16), der durch eine Winkelachse mit dem Fahrzeug verbunden wurde.

Lernziele:

1. Konstruieren einer einfachen Fahrzeuglenkung.
2. Erfinden einer Schwenkvorrichtung für die drehbar gelagerte Vorderachse.
3. *Begriffe*: Lenkung, Lenkrad, Vorderachse, Hinterachse, Lenkachse, Drehausschlag, Anschlag.

Raabe

19 Der Gabelstapler

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Baue ein Fahrzeug, das Lasten transportieren und in unterschiedlicher Höhe annehmen und absetzen kann. (Die Schüler sprachen spontan vom „Gabelstapler“; die Maschine (Abb. 19.7) war ihnen offenbar aus ihrer Umwelt bekannt.)

Unterrichtliche Hinweise: Das Hauptproblem dieser Aufgabe war für die Schüler die *Führung* des vertikal zu bewe-



Abb. 19.1

Ingo P., Klasse 4



Abb. 19.2

Christoph M., Klasse 4



Abb. 19.3

Ulrich Th. und Mike K., Klasse 4

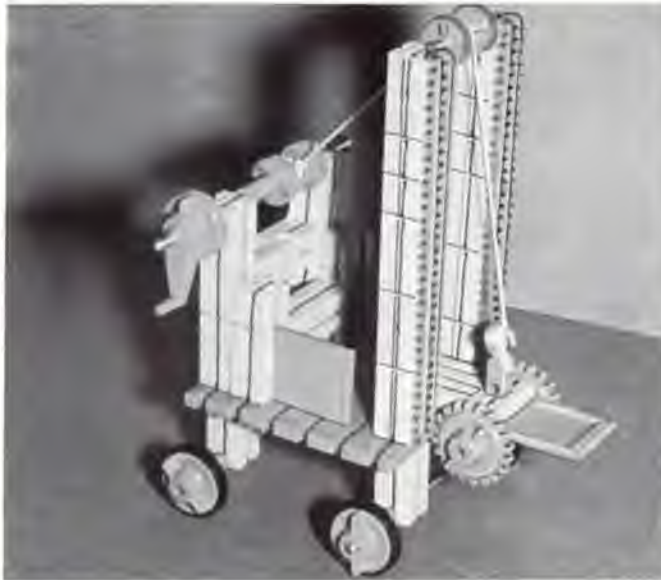


Abb. 19.4

Burkhardt P., Klasse 4

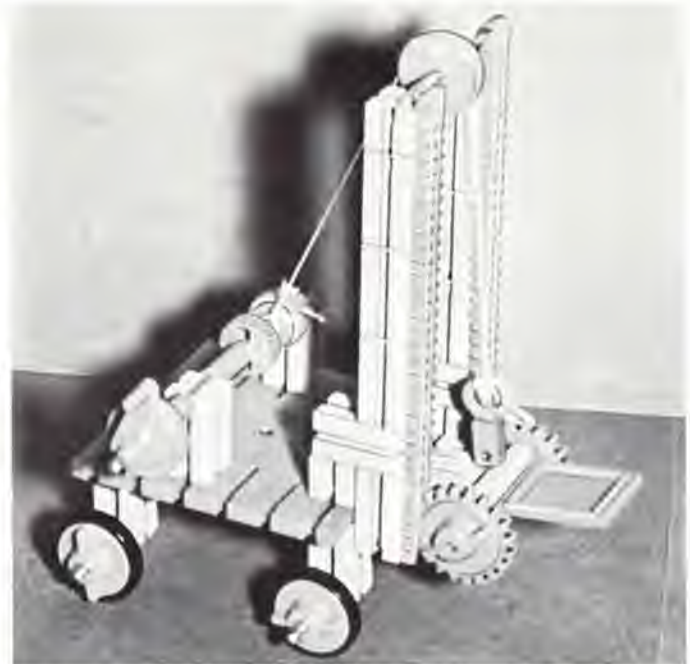


Abb. 19.6

Ingo P., Klasse 4



Abb. 19.5

Joachim St., Klasse 4

genden *Lastträgers* (Hubgabel, Plattform). Viele Fehllösungen kennzeichneten den Schwierigkeitsgrad dieses Problems (Abb. 19.1 und 19.2).

Ulrich und Mike (Abb. 19.3) fanden durch die Verwendung von Zahnstangen und Zahnrädern als erste eine brauchbare *Führungseinrichtung* für die *Hubgabel*: eine Hebelkonstruktion drückt die Zahnräder der Hubgabel gegen die Zahnstangen und bewirkt eine einwandfreie Führung. Angeregt durch diese Konstruktion, lösten nun auch andere Schüler diese Aufgabe.

Ein weiteres Problem war die *Befestigung* und *Führung* des Zugseils. Diese Aufgabe wurde wesentlich leichter als die erste und auf unterschiedliche Weise gelöst. Um ein einwandfreies Funktionieren zu erreichen, müssen Befesti-

gungseinrichtung für das Zugseil und seine Führungsrolle möglichst senkrecht untereinander liegen. Ingo verwandte bei seinem Gabelstapler (Abb. 19.6) eine Radnabe als Umlenkrolle für das Zugseil, während Burkhardt für dieselbe Funktion an seinem Modell (Abb. 19.4) eine Seiltrommel einsetzte. Joachim verzichtete bei seinem Gabelstapler ganz auf die Umlenkrolle; an der Stelle, an der die anderen Schüler das Zugseil umlenkten, montierte Joachim die Seiltrommel mit Kurbel zum Hochwinden der Hubgabel auf die erforderliche *Hubhöhe* (Abb. 19.5).

Lernziele:

1. Der Gabelstapler – Wirkungsweise und Arbeitserleichterung.
2. Führung eines Lastträgers in der Senkrechten.
3. Zusammenspiel Last–Kraft durch das Seil.
4. *Begriffe:* Gabelstapler, Lastträger, Hubgabel, Hubhöhe, Führungseinrichtung.

Raabe

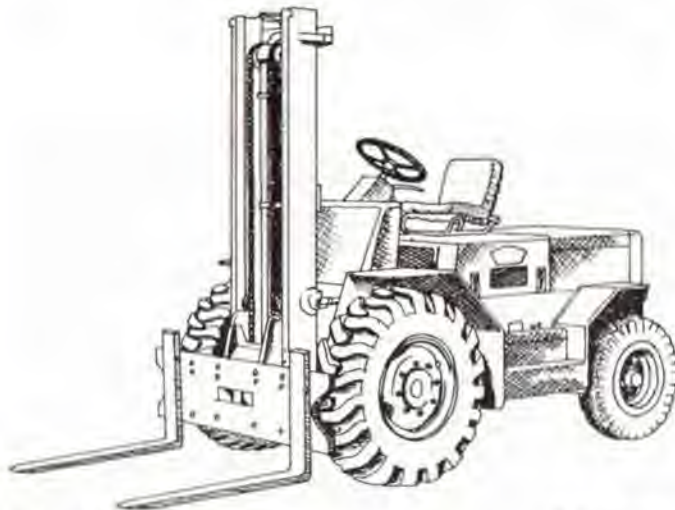


Abb. 19.7

Gabelstapler



Abb. 20.1

Joachim S. und Ulrich Th., Klasse 4

20 Der Schürflader

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Baue ein Fahrzeug, mit dem Sand- und Erdmassen planiert und bewegt werden können.

Unterrichtliche Hinweise: Nach Nennung der Aufgabe fiel von den Schülern die Bezeichnung „Planierraupen“, wie sie den Schürflader durchweg nennen. Sie hatten ein solches Gerät tagelang unmittelbar bei der Arbeit beobachten können. (Neben dem Schulhof wurden Erdbewegungsarbeiten durchgeführt.) Dadurch wurde die Durchführung dieses Themas nicht unwesentlich begünstigt.



Abb. 20.2

Markus R., Klasse 4



Abb. 20.3, 20.4

Ingo P., Klasse 4



Abb. 20.5

Ulrich Th., Klasse 4

Die Schüler müssen die beiden technischen Probleme des Schürfladers erkannt haben: Der *Planierschild* muß *gekippt* und *gehoben* werden können. Es brauchten keine zusätzlichen Arbeitsanweisungen gegeben zu werden. Vermutlich haben die Schüler durch die bisherige Auseinandersetzung mit technischen Problemen ihren Blick für die wesentlichen elementaren Funktionen der Maschinen schon so weit geschärft, daß sie auf die Unterstützung durch den Lehrer weitgehend verzichten können. Das schließt schwache Lösungen, wie jene von Markus, nicht aus; sie bringt zwar äußere Kennzeichen des Schürfladers, wie Raupenbänder, Sonnendach für den Fahrer und Zacken am Planierschild (Abb. 20.2), als technische Funktion wird jedoch nur eine einfache Kippbewegung des Schildes gebracht.

Weit besser gelungen ist das Werkstück der Abb. 20.3 und 20.4: Der Planierschild kann nicht nur *gekippt*, sondern mit Hilfe von Zahnrad- und Zahnstangengetriebe auch *vor- und rückwärts bewegt* werden.

Nach ihrem ersten Lösungsversuch (Abb. 20.1), der sie jedoch nicht zufriedenstellte, erfanden Ulrich und Joachim eine Konstruktion, die auch das Heben des Planierschildes ermöglicht (Abb. 20.6 und 20.7), wenn auch erst beim *Rücktrieb*. (Das Anheben beim Vortrieb wäre die sachgerechtere Lösung.) Man beachte bei diesem Modell auch die Begrenzung des Vortriebs durch eine Sperre.



Abb. 20.8, 20.9

Jochen St., Klasse 4

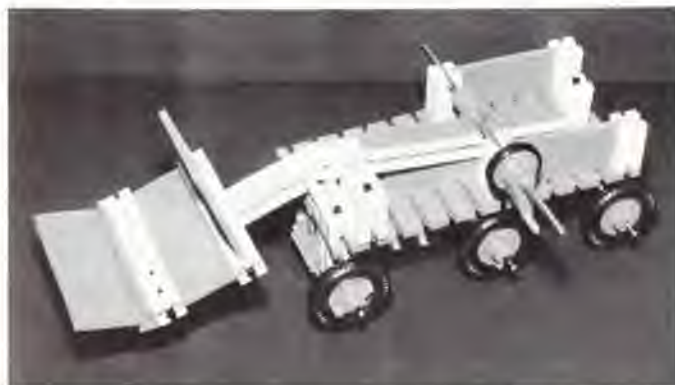


Abb. 20.6, 20.7

Joachim S. und Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 20.11

Ulrich Th., Klasse 4

Zwei andere Schürflader (Abb. 20.8, 20.9, 20.5, 20.10 und 20.11) zeigen Konstruktionen, die beim Vortrieb des Planierschildes gleichzeitig ein Anheben bewirken. Die größere *Hubhöhe* der beiden Maschinen erreichte das Modell von Ulrich Th. (Abb. 20.5, 20.10 und 20.11), besonders deutlich zu erkennen in der Stellung der Abb. 20.11.

Lernziele:

1. Leistung und Funktionsweise des Schürfladers.
2. Vor- und Rücktrieb mittels Zahngetriebe.
3. Verändern der Planierschildstellung durch Kippbewegung.
4. Zusammenspiel von zwei Bewegungsrichtungen.
5. *Begriffe:* Vortrieb, Rücktrieb, Hubhöhe, Schürflader, Planierschild, Zahnstangengetriebe.

Raabe



Abb. 21.1

Heike B. und Birgit P., Klasse 4

21 Brücke 1

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Auf einem Kanal verkehren viele Überschiffe mit hohen Decksaufbauten und Masten. Über diesen Kanal soll eine Straße geführt werden. Es wird also eine Brücke notwendig. Sie kann aber nicht so hoch gebaut werden, daß die Schiffe darunter durchfahren können, weil eine Konstruktion in der erforderlichen Höhe zu teuer würde. Die Brücke muß also *beweglich* sein.

Jeder erhält einen blauen Kartonstreifen; das ist der Kanal. Baue darüber eine bewegliche Brücke. In der Mitte des Kanals kann – wenn es nötig ist – ein Brückenpfeiler stehen.

Unterrichtliche Hinweise: Die Problemsituation (Schiff mit hohen Aufbauten – zu niedrige Brücke) sollte durch eine Wandtafelskizze oder durch Simulieren der Situation mit einem Schiff (Kästchen, Dose, Spielzeug) und einer niedrigen Brücke (Lineal auf zwei Kreidestückchen) veranschaulicht werden. Außerdem empfiehlt es sich, jeder Arbeitsgruppe Kartonstreifen (=Kanal) zu geben; das Baukastenmaterial läßt eine Kanal-Breite von 17 cm günstig erscheinen, weil die

große rote Grundplatte (18 cm) dann als Brückenbahn dienen kann. Damit sind die Abmessungen für die Brücke einheitlich festgelegt, und die Schüler werden bei dieser Aufgabe *nicht* mit der Lösung *statischer Probleme* belastet, sondern können sich auf die Konstruktionsprobleme einer *beweglichen* Brücke konzentrieren.

Der Hinweis auf den Pfeiler – selbst bei einem so relativ schmalen Kanal – ist wichtig, weil er die Voraussetzung für den Bau einer gleicharmigen Drehbrücke ist.

Wenn dem Bauen kein Gespräch über die verschiedenen Typen beweglicher Brücken vorausgeht, werden nicht alle denkbaren Lösungen auftauchen. Doch selbst dann ist die Zahl verschiedenartiger Konstruktionen immer noch beachtlich:

1. Die *Zugbrücke* ist der den Schülern am meisten vertraute und am leichtesten zu bauende Brückentyp; er wird deshalb am häufigsten gewählt. Eine materialaufwendige, aber einwandfrei funktionierende Lösung haben Birgit und Heike (Abb. 21.1) gebracht. Die Modelle der Abbildungen 21.2 und

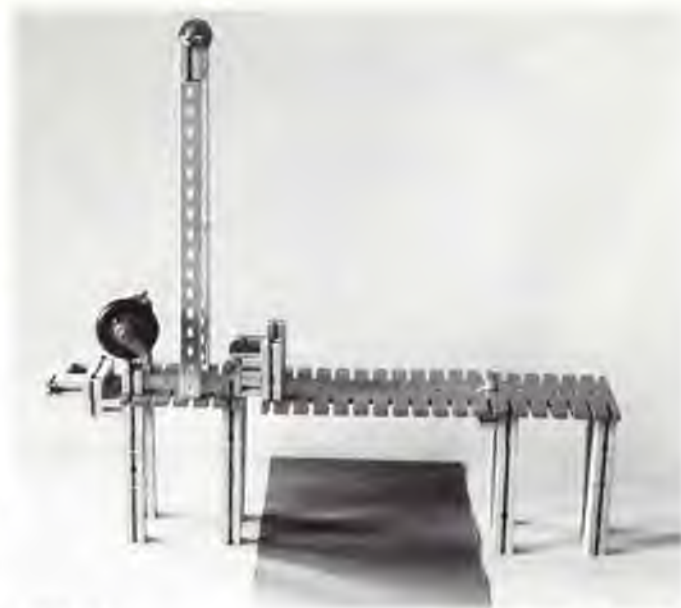


Abb. 21.3

Thomas R., Klasse 4



Abb. 21.2

Holger G. und Rüdiger H., Klasse 4



Abb. 21.4

Manfred T. und Henning H., Klasse 4



Abb. 21.5

Sonja B., Klasse 4



Abb. 21.7

Olaf B. und Jörg B., Klasse 4



Abb. 21.6

Sonja B., Klasse 4



Abb. 21.8

Olaf B. und Jörg B., Klasse 4



Abb. 21.9

Angela H., Klasse 4



Abb. 21.10

Angela H., Klasse 4

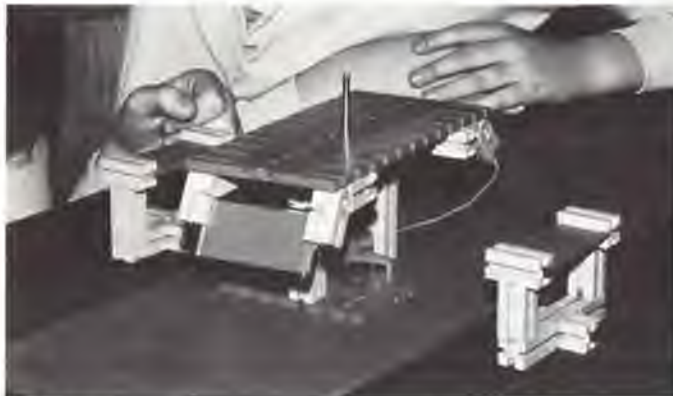


Abb. 21.11

Christiane H. und Gaby V., Klasse 4



Abb. 21.12

Peter St., Klasse 4

21.3 besitzen ein *Gegengewicht*, um ein Kippen der Brückenkonstruktion beim Hochziehen zu verhindern. In beiden Fällen ist der *Spalt* zwischen hochklappbarer Fahrbahn und dem Endstück der Zufahrtstraße nicht als Gefahr für den Straßenverkehr angesehen worden. Bei der technisch vollkommenen Lösung, die zwei Jungen gefunden haben (Abb. 21.4), wird die Zugbrücke mit Hilfe eines Zugmittels (Antriebsfeder) bewegt. Übertreffende Bausteine am Ende der großen Grundplatte ermöglichen es, die heruntergelassene Fahrbahn auf gleicher Höhe wie die Zufahrtstraße zu halten, auf der ein Reiter mit seinem Pferd wartet! Unpraktisch ist das Modell 21.5/21.6; denn zum Öffnen und Schließen der Brücke muß an jedem Ufer jemand zur Bedienung stehen.

2. Die *Klappbrücke* der Abbildungen 21.7/21.8 wird durch eine mit einer Exzentrerscheibe verbundenen Winkelachse angehoben. Eine Bauplatte am linken Ufer sorgt für den höhengleichen Anschluß der Straße; rechts wird der Höhenunterschied zwischen Brücke und Ufer durch einen Kartonstreifen ausgeglichen.



Abb. 21.13

Peter St., Klasse 4

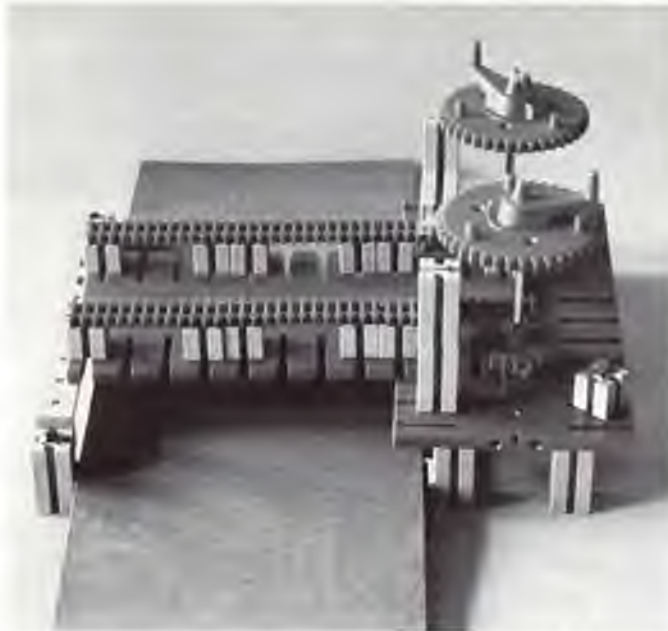


Abb. 21.14

Bernd W., Klasse 4



Abb. 21.15

Bernd W., Klasse 4

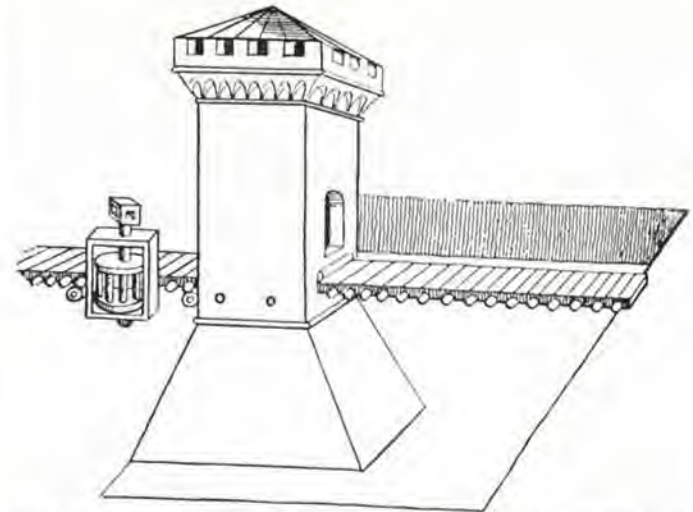


Abb. 21.16

Schiebebrücke um 1466

3. Von *Drehbrücken* gibt es sehr zahlreiche Variationen. So sind gleich- und ungleicharmige Drehbrücken im Gebrauch; einige Brücken haben ihre Drehachsen am Ufer, andere benötigen ein oder zwei im Wasser stehende Drehpfeiler. Auch die Entwürfe der Schüler sind voller origineller Unterschiede. So hat sich Angela einfallen lassen, an einer gleicharmigen *Fußgängerbrücke* (Abb. 21.9/21.10) Treppen für die Fußgänger fest anzubringen. Außerdem kann ihre Brücke den Fluß stauen und damit den Wasserstand regulieren; das technische Problem, eine Straße über einen Kanal zu führen, wie es die Aufgabe war, wurde allerdings nicht gelöst. Eine *ausschwenkbare* Brücken-Fahrbahn verlangt bei *niveau-gleicher* Zufahrtsstraße eine bestimmte *Form* ihrer beiden Enden (Abb. 21.17). Nur eine runde oder parallelogrammartige Form läßt eine Drehbewegung zu. Christiane und Gaby haben dieses Problem mit *beweglichen Klappen* gelöst, die die Brücke mit den Anschlußstraßen verbinden (Abb. 21.11).

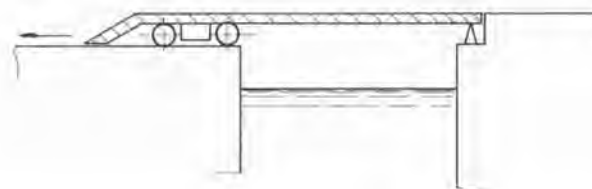
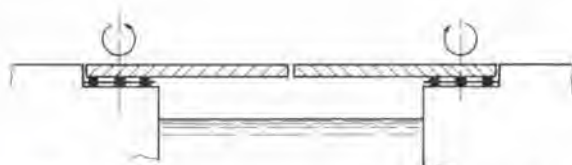
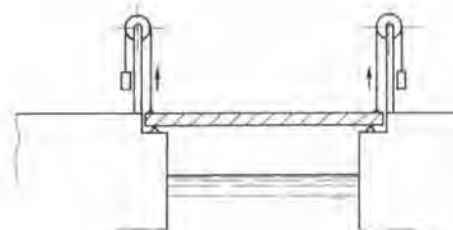
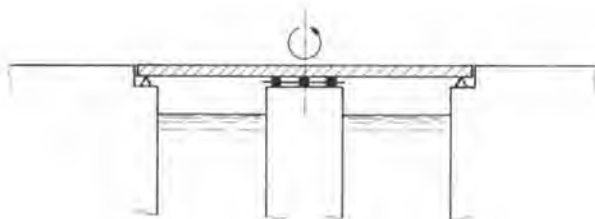
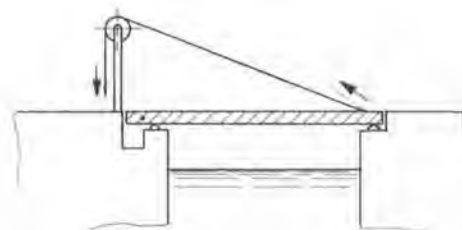
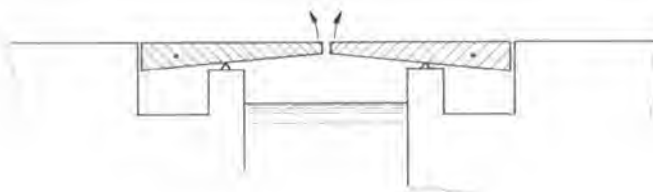
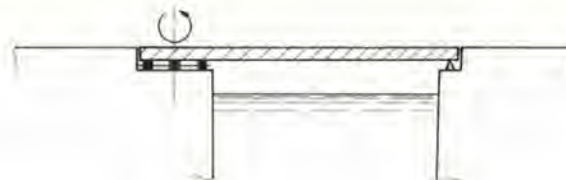
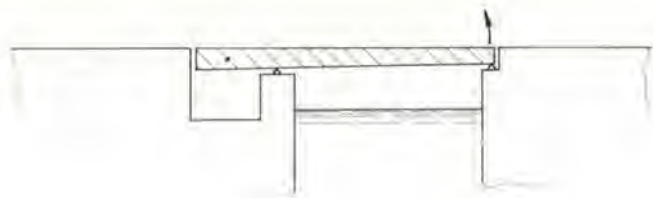


Abb. 21.18

Bewegliche Brücken

Peter hat eine andere Lösung gefunden: Seine rechteckige Brücken-Fahrbahn, dargestellt durch eine Grundplatte, dreht sich über die Anschlußstücke hinweg (Abb. 21.12/ 21.13); dabei muß für die Fahrzeuge auf jeder Seite eine Stufe in Kauf genommen werden. Der die Brücke bewegendende Winkel-Riemetrieb ist eine gute Schülerleistung. Der große, platzraubende Pfeiler ist in seinen Dimensionen durch die Bauelemente des Konstruktionskastens bestimmt; sie lassen kaum eine besser proportionierte Konstruktion zu.



Abb. 21,17

Geometrie der Fahrbahn

4. Sogar eine *Schiebebrücke* (Abb. 21.14/21.15; vgl. auch Abb. 21.16) wurde von einem erfindungsreichen Schüler entwickelt. Der Antrieb erfolgt über Zahnstangen an *beiden* Seiten der Brücke, damit eine einwandfreie Führung ohne Gefahr des Verkantens garantiert ist.

Das geometrische Problem der Form einer beweglichen Brücken-Fahrbahn sollte in einer weiteren Schulstunde behandelt werden. Mit verschiedenfarbigen, *rechteckigen* Kartonstreifen (Reißbrettstifte und Dämm- oder Korkplatte) wird den Schülern das Problem bewußt gemacht (Abb. 21.17; oben). Die beiden anderen Lösungen (Abb. 21.17; Mitte und unten) werden erst im Verlauf des Lehrgesprächs an der Platte angebracht. Außerdem sollten in dieser Schulstunde alle nur denkbaren Typen beweglicher Brücken von den Schülern gefunden, benannt und an der Tafel skizziert werden (Abb. 21.18).

Lernziele:

1. *Nacherfinden* einer der technisch realisierten Brückenkonstruktionen mit Bewegungsmechanismus.
2. Geometrie der Fahrbahn einer Drehbrücke (Abb. 21.17).
3. Sicherheitsvorkehrungen bei beweglichen Brücken (z. B. Ampeln, Schilder, Schranken, Läutewerke).
4. *Begriffe*: Klapp- und Doppelklappbrücke, gleicharmige und ungleicharmige Drehbrücke, Drehzapfen, Zug-, Hub-, Schiebe- und Rollbrücke, Hubhöhe und Gegengewicht.

Vollmers

22 Brücke 2

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Baue noch einmal eine bewegliche Brücke; wähle aber eine andere Konstruktion als beim ersten Mal.

Unterrichtliche Hinweise: Wie lohnend eine Vertiefung durch die Fortsetzung des Themas ist, beweisen die folgenden Abbildungen. Eine vorsichtige Lenkung bei der Wahl

des neuen Objekts kann in diesem Falle für den Schüler förderlich sein, weil er selbst die Probleme einer Konstruktion nicht gut genug überschaut und hinsichtlich seiner eigenen Fähigkeiten eine falsche Wahl treffen könnte. Der Lehrer sollte durch seine Einflußnahme auch dafür sorgen, daß möglichst viele verschiedene Brückentypen zustande kommen.

Ulrich hat eine *Hubbrücke* (Abb. 22.1/22.2) gebaut; die Fahrbahn wird von zwei Seilen, rechts und links an der Grundplatte, gehoben und gesenkt.

Mit Hilfe von Bauteilen des Statik-Kastens hat Bernd (Abb. 22.3/22.4) die Endstücke der Fahrbahn seiner *gleicharmigen Drehbrücke* abrunden können. Bewegt wird seine Brücken-Konstruktion durch ein Zahnradgetriebe: Das mit der Kurbel verbundene kleine Zahnrad dreht einen großen Zahnkranz. Dieser ist fest mit der Fahrbahn der Brücke verbunden. Für die Land- und Wasserfahrzeuge sind vier Verkehrsampeln angebracht.

Zwei gut durchdachte Konstruktionen von *ungleicharmigen Drehbrücken* zeigen die nächsten drei Bilder. Martinas

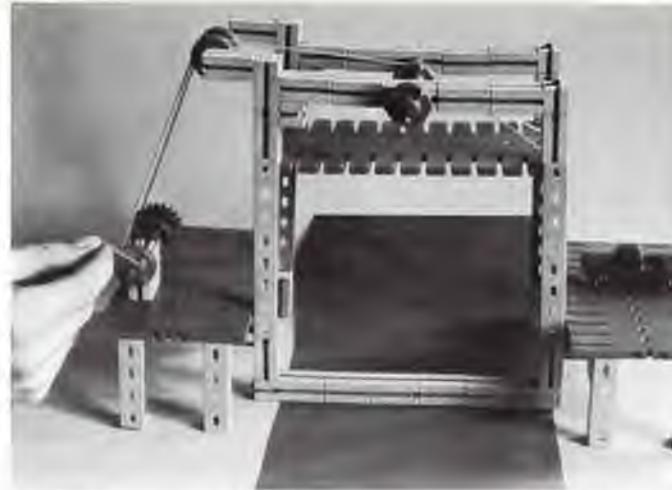


Abb. 22.2

Ulrich E., Klasse 4



Abb. 22.1

Ulrich E., Klasse 4

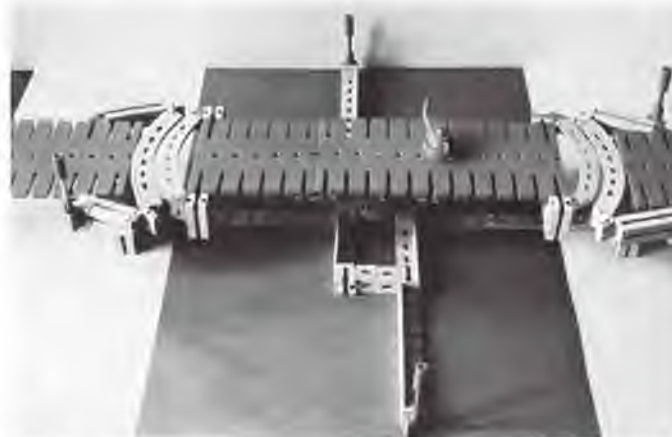


Abb. 22.3

Bernd W., Klasse 4



Abb. 22.4

Bernd W., Klasse 4



Abb. 22.7

Dieter W., Klasse 4



Abb. 22.5

Martina St., Klasse 4



Abb. 22.8

Jörg B., Klasse 4



Abb. 22.6

Martina St., Klasse 4



Abb. 22.9

Bernd R., Klasse 4

Brücke (Abb. 22.5/22.6) läßt sich durch je eine Kurbel öffnen und schließen. Die Brücken-Bahn dreht sich um die mit einem Pfeil gekennzeichnete Stelle (kleiner Baustein mit rotem Zapfen). Infolge dieser eleganten Konstruktion bildet die Fahrbahn auf der rechten Seite mit der Anschlußstraße eine beinahe nahtlos zusammenhängende Fläche (Abb. 22.5); auf der linken Seite muß das große *Übergewicht* der Grundplatte durch Aufliegen auf der Zufahrtsstraße aufgefangen werden. Dieter hat das Problem des Übergewichts, das bei allen ungleicharmigen Drehbrücken auftritt, mit einer die Grundplatte hinunterdrückenden Stahlstange (Abb. 22.7: vor der Drehachse) gelöst. Der Pfeil weist auf den Drehzapfen. Geöffnet wird die Brücke durch einen Seilzug mit Kurbel. Das Schließen dagegen erfolgt *selbsttätig* durch die gespannte (Brückenmitte – Bausteine rechts) Antriebsfeder. Die Brücke dreht sich auf beiden Seiten über die Anschlußfahrbahnen hinweg. Der große Flachstein (rechts) dient als Warn- oder Hinweistafel.

Eine *gewöhnliche Klappbrücke* – die Fahrbahn wurde aus Kartonstreifen hergestellt – zeigt Abbildung 22.8. Die *Doppelklappbrücke* (Abb. 22.9) zeigt ein interessantes Konstruktions-Detail, nämlich zwei unter der angehobenen Brückenhälfte herausragende Stahlstangen, die die heruntergelassenen Brücken-Klappen in der richtigen Höhe halten.

Manfred kennt offensichtlich bereits die Funktion eines Gegengewichts. Dieses Wissen hat er bei seiner *Zugbrücken*-Konstruktion (Abb. 22.10) angewendet. Die herabgelassene Fahrbahn schließt nahtlos an die Zufahrtsstraße an. Bei der *Schiebebrücke* der Abbildung 22.11 erfolgt der Antrieb (im Gegensatz zu Abb. 21.15) nur auf einer Seite. Dadurch ist eine einwandfreie Führung, die ein Verkanten der Fahrbahn verhindert, nur schwierig herzustellen gewesen.

Lernziele: Wiederholung und Vertiefung der bei „Brücke 1“ aufgeführten Lernziele.

Vollmers



Abb. 22.10

Manfred T., Klasse 4

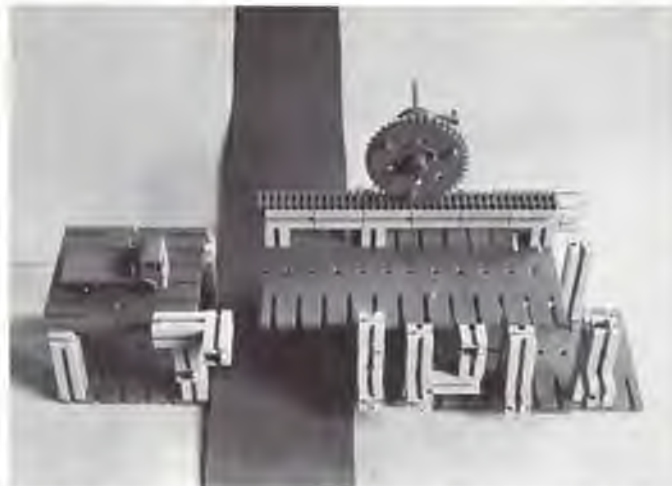


Abb. 22.11

Gaby V. und Christiane H., Klasse 4

23 Tierfalle

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Baue eine Falle, mit der Tiere *lebendig* gefangen werden können.

Einleitendes Gespräch über Tierfallen: z.B. Netze, Fallgruben, Schlingen, Tellereisen. Fallen, die die Tiere *töten* (z.B. Mause- und Fliegenfallen) lenken von der Aufgabenstellung ab.

Der Lehrer lege ein flaches Lineal so auf einen Karton o.ä. (Abb. 23.1), daß es fast zur halben Länge über den Rand des Kartons hinausragt. Ein kleiner Baustein am freischwebenden Linealende diene als Köder; unter dem Köder befinde sich ein kleiner Karton oder eine Dose als „Fallgrube“. Lehrer ohne weiteren Hinweis: „Dies ist eine Tierfalle!“

Im Gespräch wird herausgestellt, daß die Falle nach dem Prinzip der Wippe durch das Gewicht des Tieres ausgelöst wird und das Tier in einer Art *Fallgrube* gefangen wird. Um von vornherein zu unterbinden, daß die Schüler diese Falle le-

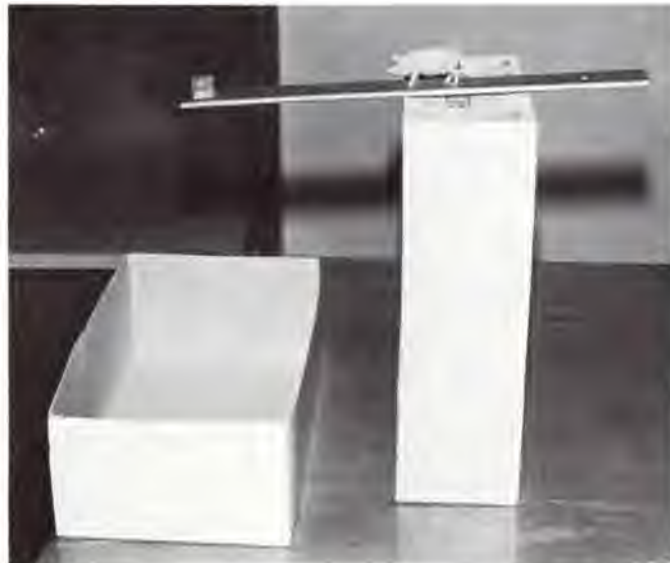


Abb. 23.1

Einfache Tierfalle

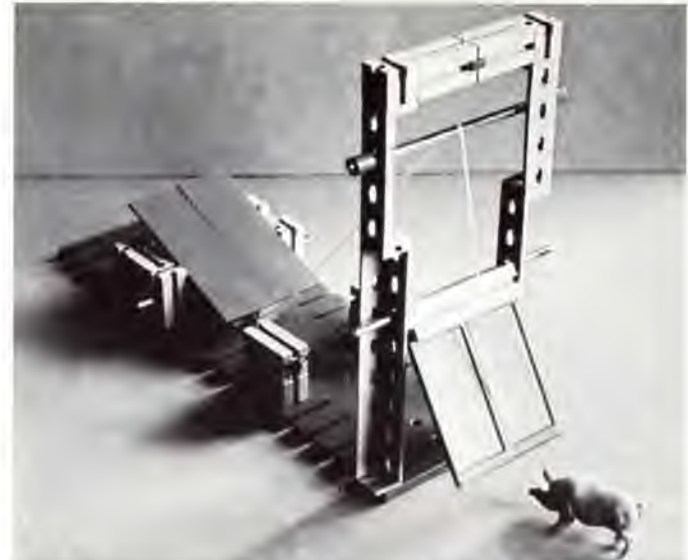


Abb. 23.2

Rosemarie H. und Elke W., Klasse 4



Abb. 23.3

Rosemarie H. und Elke W., Klasse 4

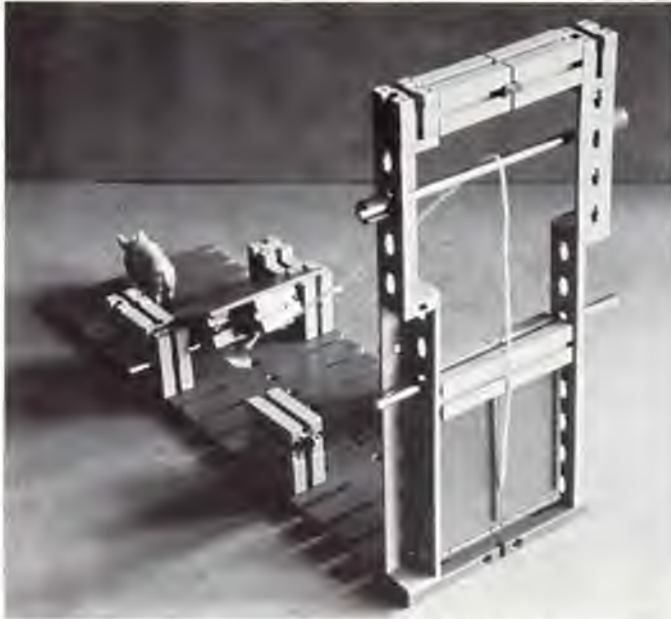


Abb. 23.4

Rosemarie H. und Elke W., Klasse 4

diglich nachahmen, wird darauf hingewiesen, daß eine „Fallgrube“ mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nur schwer herzustellen ist. Unterschiedliche Eigenkonstruktionen der Schüler dagegen lassen sich mit folgender Aufgabenstellung erreichen:

Schneide in einen Schuhkarton eine Öffnung und erfinde eine Vorrichtung, die den Eingang dieser Tierfalle *selbsttätig* verschließt, wenn das Tier in die Falle hineingelaufen ist (vgl. dazu Abb. 23.2 bis 23.4).

Unterrichtliche Hinweise: Bei dieser Aufgabe kommt es auf die Konstruktion einer Vorrichtung an, die eine Tür oder Klappe schließt. Damit die Schüler aber die Bedeutung des Mechanismus für die ganze Falle wirklich klar durchschauen, sollte die Konstruktion mit einem *Schuhkarton* ab-

gedeckt werden (Abb. 23.3), dadurch wird deutlich: Es gibt für das Tier keinen „Ausweg“ mehr.

Der Lehrer kann noch darauf hinweisen, daß derartige Fallen meist in Form einer Röhre gebaut werden, bei der sich dann *beide* Öffnungen schließen müssen. Solche Konstruktionen machen die Tiere weniger mißtrauisch, weil sie am Ende des dunklen „Tunnels“ wieder Licht sehen; das gleichzeitige Verschließen von zwei Eingängen ist aber als Konstruktionsaufgabe für Grundschüler zu schwierig.

Von den verschiedenen Arten Fallen eignen sich für Konstruktionsbaukästen nur diejenigen, die auf *Gewicht* oder *Berührung* reagieren. Bei den durch Berührung zuschnappenden Fallen läuft das Tier gegen ein gespanntes Band (Abb. 23.5 bis 23.8); durch den leichten Druck rutscht das Band von seiner Halterung, und die Falle schließt sich.

Fallen, die sich durch das *Gewicht* des Tieres schließen, arbeiten alle nach dem Wippe-Prinzip. Wenn das Tier auf dem

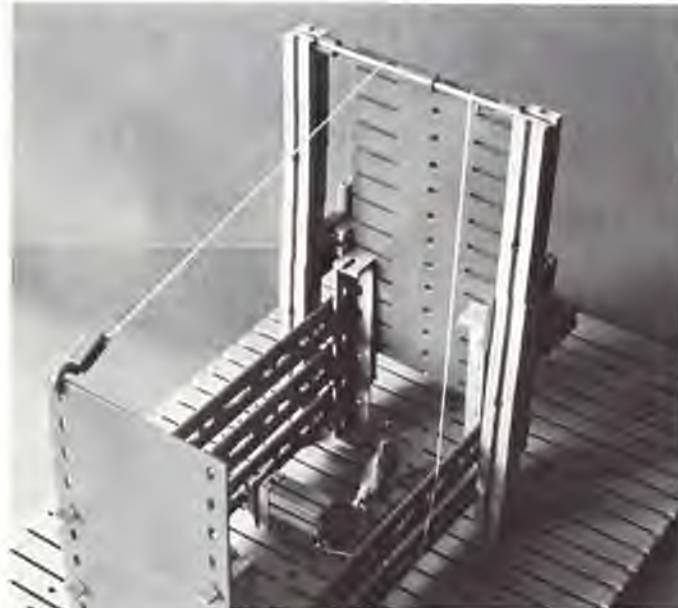


Abb. 23.5

Bernd W., Klasse 4

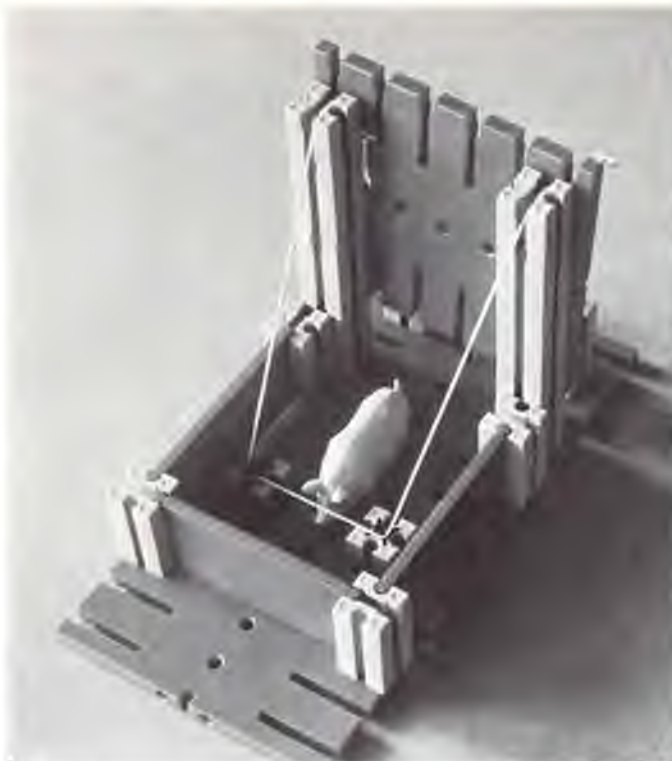


Abb. 23.6

Rüdiger H., Klasse 4

wippeähnlichen Steg entlanggeht, neigt sich dieser zur anderen Seite. Dadurch wird die Halterung einer Falltür oder Klappe ausgelöst, die die Falle verschließt (Abb. 23.9/23.10). Eine sehr einfache, aber durchaus brauchbare Tierfalle zeigt Abbildung 23.11/23.12. Hier wird durch Kippen der Wippe eine Platte angehoben, die den Eingang der Falle verschließt. Eine andere häufig gebrachte Lösung besteht darin, daß das Tier von der Wippe in eine Umzäunung rutscht (Abb. 23.13 und 23.14). Bei dieser Falle muß ein Wippenarm etwas schwerer sein, damit der andere sich von selbst wieder hebt und das Tier dadurch gefangen bleibt. Bei dieser Kon-



Abb. 23.7

Martina St., Klasse 4

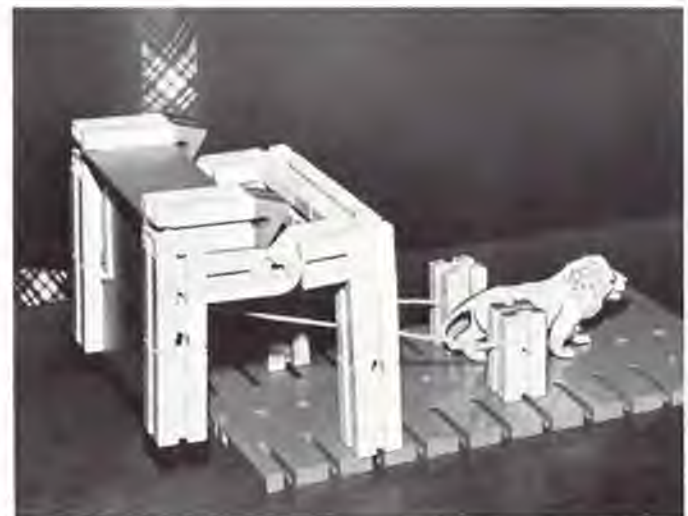


Abb. 23.8

Martina St., Klasse 4



Abb. 23.9

Heike Sch., Klasse 4



Abb. 23.11

Helga K., Klasse 4



Abb. 23.10

Heike Sch., Klasse 4



Abb. 23.12

Helga K., Klasse 4



Abb. 23.13

Bernd R., Klasse 4



Abb. 23.14

Astrid A., Klasse 4

struktion ist der Schuhkarton wegen der vorhandenen Umzäunung überflüssig.

Eine Fallen-Konstruktion, bei der das Tier die Verschlussklappe selbst vor die Öffnung zieht (Abb. 23.15), ist als Fehllösung anzusehen. Nur ein sehr verlockender Köder könnte ein Tier veranlassen, gegen den erforderlichen Widerstand in die Falle einzudringen. Außerdem öffnet sich die Klappe sofort wieder, wenn der Zug nachläßt.

Hinweis für das Klassengespräch: Ein Kühlschrank kann mit seinem Schnappschloß auch zu einer Falle werden.

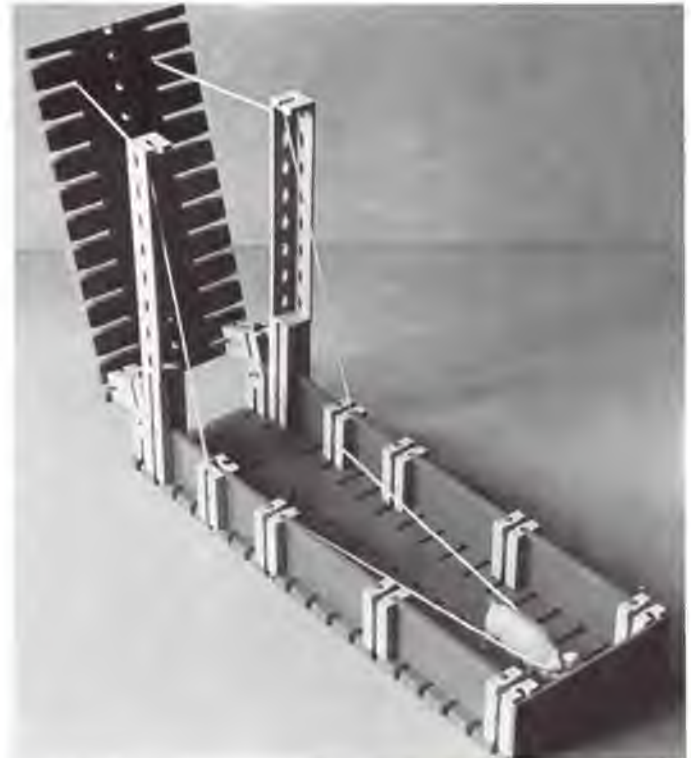


Abb. 23.15

Olaf B., Klasse 4

Lernziele: Der technische Grundgedanke einer Falle ist das Auslösen eines Verschlußmechanismus, der, vom „Gefangenen“ ausgelöst, nicht wieder geöffnet werden kann. Zwei technische Probleme gilt es konstruktiv zu lösen: das *Weiterleiten* und das *Auslösen* von Bewegungen.

Vollmers

24 Waage 2

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Baue Waagen verschiedenen Typs: entweder eine Balkenwaage, eine Schnellwaage oder eine Laufgewichtswaage.

Zuvor wird im Gespräch geklärt: Eine *Balkenwaage* funktioniert nur einwandfrei, wenn die Waagschalen jeweils an einem einzigen Punkt des Waagebalkens befestigt sind (Abb. 15.5; vgl. auch Kap. 15 Waage 1).



Abb. 24.1

Römische Waage mit Laufgewicht



Abb. 24.2

Modell einer Schnellwaage

Die Wirkungsweise einer *Laufgewichtswaage* wird aus einer Abbildung (24.1 – Tafelzeichnung) herausgelesen.

Das Prinzip der *Schnellwaage* wird an einem Pappmodell (Abb. 24.2) gezeigt. Dieser Waage-Typ erspart das mühsame und langwierige Auflegen und Austauschen von Gewichten, weil das jeweilige Gewicht eines Gegenstandes sofort abgelesen werden kann.

Unterrichtliche Hinweise: Damit die Waagschalen beim Belasten nicht wie beim Modell 24.3 wegkippen, müssen sie an mindestens drei Punkten hängen. Als Aufhängevorrichtung sind die *Lasthaken* vorzüglich geeignet. Die Verwendung von kleinen Schachteln als Waagschalen (Abb. 24.4) ist besonders praktisch und zeitsparend.

Die Skala für die *Laufgewichtswaage* kann auf die Bausteine geklebt (Abb. 25.2; Tesafilm, Klebestift) oder mit *wasserlöslichem* Filzschreiber direkt auf die Bausteine geschrieben werden (Abb. 25.3). Das Laufgewicht sollte an einem Band hängen (Abb. 24.5; genaues Ablesen, Band rutscht nicht so leicht auf den glatten Bausteinen).

Die Pappen oder Kartonstücke für die Skala der *Schnellwaage* werden mit Tesafilm an zwei „Baustein-Säulen“ befestigt (Abb. 24.6). Die Waagschale sollte aus den Baukasten-Elementen hergestellt werden, weil das Anfertigen aus Karton für die Unterstufe zu zeitaufwendig ist.



Abb. 24.3

Susann M., Klasse 4



Abb. 24.5

Elke W., Klasse 4



Abb. 24.4

Holger G., Klasse 4

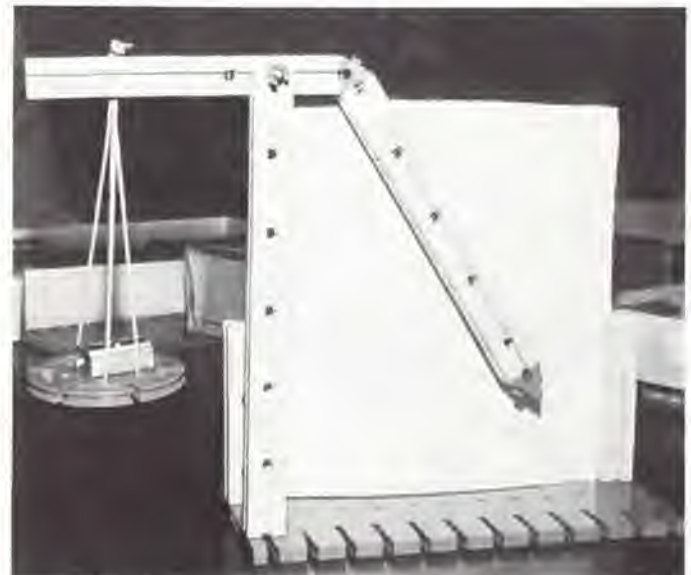


Abb. 24.6

Manfred T., Klasse 4



Lernziele:

1. Selbständiges Finden von Bezeichnungen für die Balken-, Laufgewichts- und Schnellwaage im *einleitenden* Gespräch (Beispiele: „Gewichtswanderwaage“, „Zeigerwaage“).
2. Damit eine Waage im Gleichgewicht ist, müssen beide Hälften des Waagebalkens gleich schwer sein; das bedeutet nicht, daß sie gleich lang sein müssen.
3. Regel: Je weiter das Laufgewicht vom Drehpunkt des Waagebalkens entfernt ist, desto größer ist die Last auf der Waagschale, die im Gleichgewicht gehalten wird.
4. Transfer: Schnellwaagen kennen die Schüler vom Kaufmann, sie sind als Brief- und z.T. als Küchenwaage bekannt. Laufgewichtswaagen sind als Baby- und Küchenwaage üblich. Zu diesem Waagen-Typ gehört auch die bei Ärzten übliche Personenwaage.
5. *Begriffe*: Balken-, Laufgewichts- und Schnellwaage.

Vollmers

25 Waage 3

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Eiche deine Waage mit einem Gewichtssatz (Abb. 25.1 und Farbbild S. 120).

Die Schüler werden mit einem Gewichtssatz (ab 1 g; Physik-Gerätesammlung) vertraut gemacht. Wenn keine Gewichtssätze vorhanden sind, kann man sich mit *gleichen* Gegenständen (Knöpfe, Schrauben, Münzen) behelfen, die zuvor vom Lehrer „geeicht“ werden.

Unterrichtliche Hinweise: Für das Eichen der Waagen reicht im allgemeinen eine Schulstunde aus.

Schüler, die eine Balkenwaage gebaut haben, stellen das Gewicht einiger Bausteine fest oder helfen anderen Klassenkameraden beim Eichen.

Für die Laufgewichtswaagen sind aufgeklebte Skalen (Abb. 25.2) am besten geeignet; denn sie lassen sich von den Bausteinen leichter entfernen als die Filzstift-Striche (Abb. 25.3). Eine Spitzenleistung zeigt Abbildung 25.5: Bernd hat am Zeiger ein *verschiebbares Gegengewicht* angebracht. Damit

kann er den Zeigerausschlag und den Wiegebereich verändern. Je weiter das Gegengewicht vom Drehpunkt des Zeigers entfernt ist, desto kleiner ist der Zeigerausschlag je Gewichtseinheit.

Der gleichmäßige Kreisbogen für die Skala der Schnellwaage (Abb. 25.4 und 25.5) wird mit Hilfe des Zeigers herge-



Abb. 25.1

Bernd W., Klasse 4

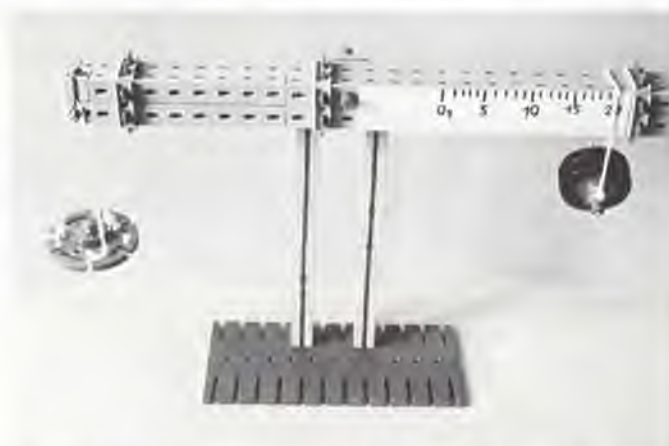


Abb. 25.2

Jörg L. und Bernd R., Klasse 4



Abb. 25.3

Elke W., Klasse 4

stellt: Dazu wird der rote Winkelstein abgenommen und stattdessen ein kleiner, grauer Baustein so eingesetzt, daß sich an der Stelle der Zeigerspitze eine Rille befindet. In die Rille wird eine Kugelschreibermine geschoben und der Zeiger bewegt.

Für die Skala der Laufgewichts- und Schnellwaage empfehlen sich folgende Gewichtsangaben: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30 g. Die Empfindlichkeit der meisten Waagen ermöglicht sogar eine Unterteilung in halbe Gramm, doch würde die Skala dadurch in den meisten Fällen unübersichtlich werden. Die Abstände auf einer *gebogenen Skala* sind *ungleichmäßig*; so ist der Bogen von 0 g bis 10 g größer als von 20 g bis 30 g (vgl. Abb. 25.5).

Lernziele:

1. Eichen einer Waage.
2. Die Schnellwaage wiegt ohne Gewichte.
3. Die Schnellwaage hat eine ungleichmäßige Skala (Vergleich mit Lineal, Thermometerskala, Zifferblatt der Uhr).
4. *Begriffe*: Eichen, Eichgewicht, Gewichtssatz, Skala, Nullpunkt.



Abb. 25.4

Heike Sch., Klasse 4

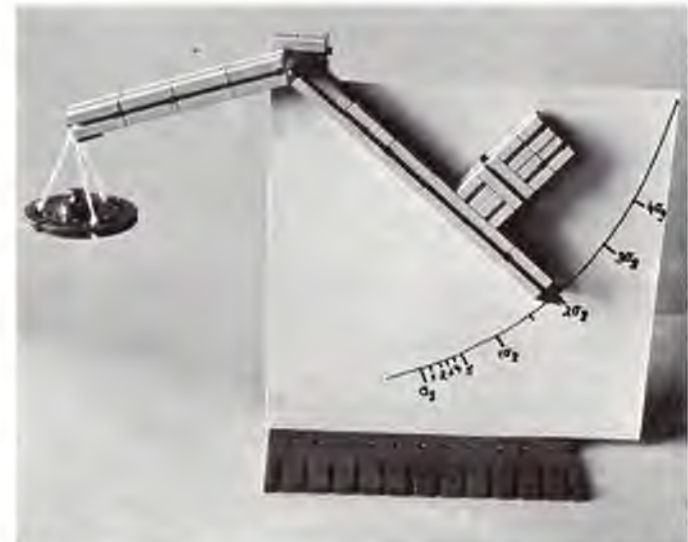


Abb. 25.5

Bernd W., Klasse 4

26 Die Sägemaschine

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Der Lehrer sollte den Unterricht mit der Frage eröffnen, wie Bretter hergestellt werden. Für das anschließende Unterrichtsgespräch halte er eine Säge und ein möglichst aufgeschnittenes Stück Rundholz bereit, um daran zu demonstrieren, daß sich die Säge entweder *waage-recht* hin- und her- oder *senkrecht* auf- und abbewegt. Statt des Rundholzes können auch aufeinandergelegte Lineale einen in Bretter aufgeschnittenen Baumstamm veranschaulichen.

Baue eine Sägemaschine, bei der sich das Sägeblatt hin- und herbewegt. Es muß also etwas erfunden werden, das die *Drehbewegung* eines Motors (Kurbel) in eine *Hin-* und *Herbewegung* (Sägeblatt) umwandelt.

Unterrichtliche Hinweise: Die Einschränkung auf das hin- und hergehende Sägeblatt geschieht, um die technisch problemlose Konstruktion der Kreissäge auszuschalten. Für die Schüler ist es eine wichtige Hilfe, wenn der Lehrer dicke Rundstäbe (3 bis 6 cm Durchmesser) austeilt; als ständig vor Augen liegendes Orientierungsmittel erleichtern sie die Konstruktion einer Haltevorrichtung für den „Baumstamm“. Bei dieser Aufgabe geht es in erster Linie um die konstruktive Lösung eines fundamentalen technischen Problems: um die *Umwandlung einer Bewegungsrichtung*. Da das Umformen einer Drehbewegung in eine Hin- und Herbewegung für diese Altersstufe eine anstrengende Aufgabe ist, wurde in der Aufgabenstellung nicht gefordert, den „Baumstamm“ in *Bretter* zu zersägen. Dadurch können auch Lösungen anerkannt werden, bei denen die Sägemaschine den „Baum“ in *Scheiben* (Abb. 26.1) zerlegt. In vielen Fällen wird der *helfende Hinweis auf die Kurbelwelle* nötig sein, die sich besonders gut zur Umwandlung der Drehbewegung eignet. Im Gespräch sollten an Hand entsprechend geeigneter Schülermodelle folgende Punkte erörtert werden:

1. Die Säge muß an der runden Schnittfläche (Abb. 26.2 und 26.3) des Baumstammes, dem Hirnholz, ansetzen, wenn



Abb. 26.1

Michael G., Klasse 4



Abb. 26.2

Martina St., Klasse 4

Bretter entstehen sollen. Setzt die Säge an der Rinde an (Abb. 26.1), so entstehen Holz-Scheiben.

2. In den Sägewerken werden mehrere Bretter auf einmal „geschnitten“ (Schnittholz). Am Beispiel eines gelungenen Modells (Abb. 26.2) können *Bezeichnungen* für derartige

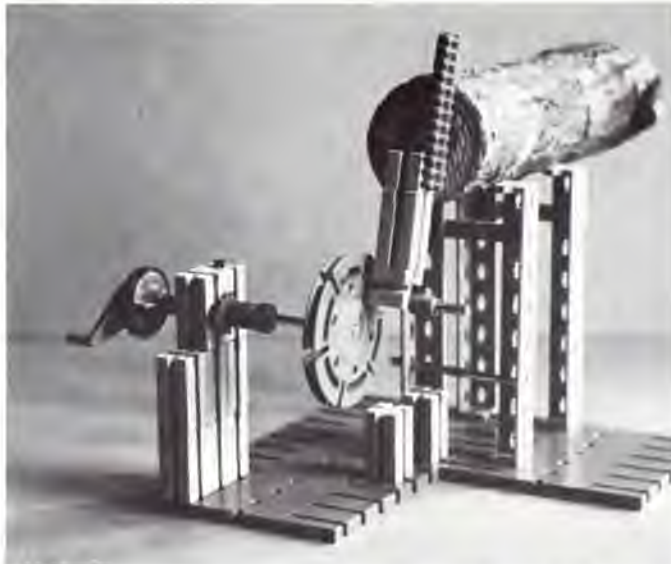


Abb. 26.3

Henning H., Klasse 4

Konstruktionen erdacht werden. Unsere Schüler fanden die Namen: Fünfersäge, Fünfblattsäge, Vielbrettsäge, Fünfmessersäge, Schnellsäge (weil mit dieser Säge schneller 6 Bretter entstehen als bei einer Säge mit nur einem Blatt), Fünfmessersäge. Die übliche Bezeichnung, *Gattersäge*, wird anschließend erklärt. (Als Gatter wird das Rahmengestell bezeichnet, in dem die parallel stehenden Sägeblätter montiert sind.) Außerdem sollte am Modell 26.2 herausgefunden werden, daß die Bretter hier unterschiedlich dick würden und daß infolge der Stärke dieser Sägeblätter (Zahnstangen) ein sehr großer Schnittverlust erwartet werden müßte.

3. Die Kurbelwelle kann durch ein Rad ersetzt werden (Abb. 26.2 und 26.3). Die *Drehbewegung* (von Kurbelwelle oder Rad) wird durch eine *Stange* in eine *hin- und hergehende* Bewegung umgewandelt. Diese Stange heißt *Pleuelstange*; sie muß eine *Mindestlänge* von einem Drehkreisdurchmesser haben. Durch den Vergleich zweier Modelle (Abb. 26.1 und 26.7) wird gezeigt, daß an den beiden Enden einer Pleu-

elstange *je ein Gelenk* sitzen muß, damit das hin- und hergehende Teil (Sägeblatt) streng waagrecht oder senkrecht bewegt wird; bei nur einem Gelenk (Abb. 26.1 und 26.3) führt die „Säge“ eine kurvenförmige Bewegung aus. Bei dem Modell 26.3 wirkt es sich allerdings vorteilhaft aus, daß die Pleuelstange nur ein Gelenk besitzt, weil das Sägeblatt dadurch gegen das Holz gedrückt wird. Die kurvenförmige Bewegung der „Säge“ stört in diesem Fall nicht.

4. Die *Führung* des Sägeblattes ist für das einwandfreie Funktionieren der Sägemaschine sehr wichtig. Viele Schüler werden dieses Problem nicht lösen (Abb. 26.1, 26.3 und 26.6); sie sind wahrscheinlich durch die Umformung der Bewegungsrichtung so stark beansprucht, daß sie auf die Lösung dieses Problems keine Kraft mehr verwenden können. Eine gute Führung zeigen die Abbildungen 26.2 und 26.7.

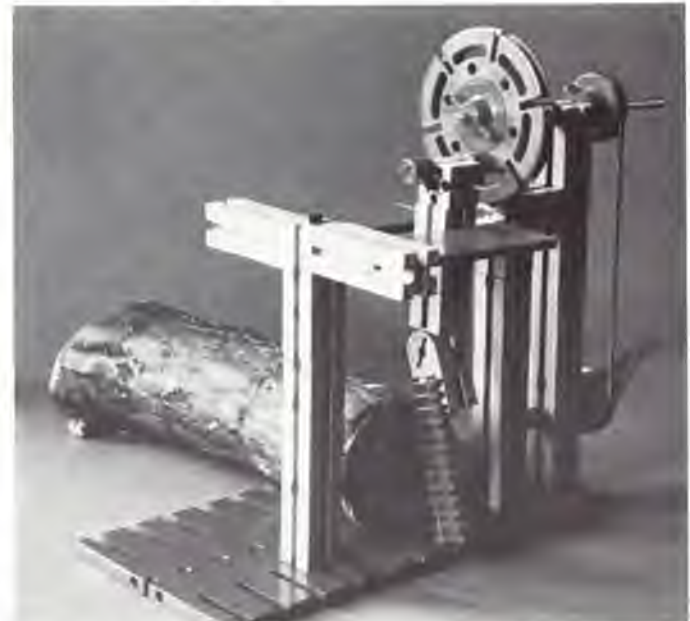


Abb. 26.4

André S., Klasse 4



Abb. 26.5

Bernd W., Klasse 4



Abb. 26.7

Thomas R., Klasse 4

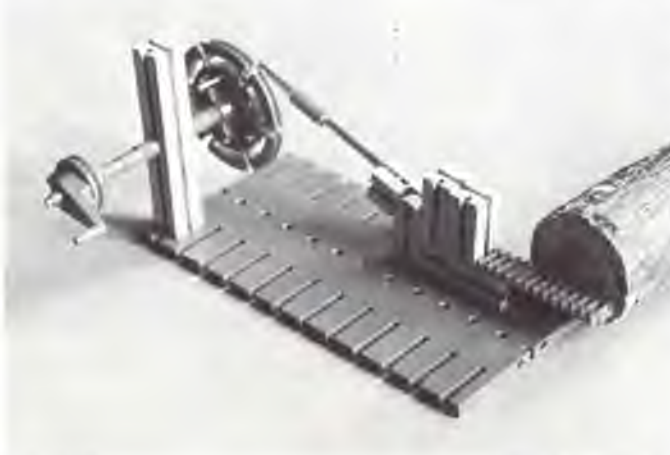


Abb. 26.6

Birgit B., Klasse 4



Abb. 26.8

Elke W. und Rosemarie H., Klasse 4

Das Modell 26.4 ist dagegen eine Fehllösung: die Führung ist an der falschen Stelle, nämlich an der Pleuelstange, angebracht. So kann die „Säge“ keinen Druck aufs Holz ausüben, weil sie im Gelenk wegklappt. Um ein einwandfreies Arbeiten zu gewährleisten, hätte das Sägeblatt unterhalb des zweiten Gelenks geführt werden müssen.

Diejenigen Schüler, die vorzeitig mit ihrer Aufgabe fertig geworden sind, können als *zusätzliche Aufgabe* eine Vorrichtung zur Sägemaschine bauen, die den „Baumstamm“ gegen die Säge drückt. Abbildung 26.8 zeigt eine solche *Vorschubeinrichtung*, bei der die Elastizität der dem Baukasten beiliegenden Antriebsfeder genutzt wird.

Abschließend sei noch auf Ulrichs einwandfrei funktionierende „Zweiblatt-Sägemaschine“ (Abb. 28.27 und auf Joachims bemerkenswerten Sägewagen (Abb. 28.28) verwiesen. Beide Jungen gehören einer anderen Klasse an und haben ihre Modelle beim freien Bauen konstruiert.

Lernziele:

1. Funktionsweise und Aufgabe eines Sägewerks; Standort.
2. Umwandlung einer Drehbewegung in eine Hubbewegung mit Hilfe der Pleuelstange.
3. Je nach Schnittrichtung wird ein Baumstamm in Bretter oder in Holzscheiben zerlegt.
4. Führung der Sägeblätter.
5. *Begriffe:* Sägewerk, Gattersäge, Kurbelwelle, Drehgelenk, Pleuelstange (der Begriff ist hergeleitet von Bleuel = Stock zum Schlagen der Wäsche beim Waschen).

Der *Ausweitung und Vertiefung* des Themas dient die Betrachtung (vgl. dazu auch S. 62) eines Kupferstichs aus dem 18. Jahrhundert (Abb. 26.9). Diese Betrachtung ist *nach* dem Konstruieren einer Sägemaschine geschehen, weil sie andernfalls Lösungen vorweggenommen hätte, die die Schüler selbst finden sollten.

Auszug aus einem Unterrichtsgespräch (40 Min.; 36 Schüler einer 4. Klasse):

„Das ist eine Sägemaschine.“ – „Bei E ist ein Wasserrad und ein Bach oder Fluß.“ – „Das ist eine Gittersäge (Gattersäge).“ – „Das Rad E wird durch das Wasser gedreht. Am anderen Ende sitzt so ein komisches Rad mit Stangen, in das das Zahnrad eingreift.“ – „Wie bei der Eisenbahn ist das!“ (Gemeint ist das Bewegungsspiel von Pleuelstange und Kurbelwelle, das an das Radgestänge einer Lokomotive erinnert). – „Am Zahnrad ist eine Kurbelwelle. An der Kurbelwelle ist eine Stange. Wenn die Kurbelwelle (gemeint ist der gekröpfte Teil der Kurbelwelle) unten ist, geht die Gattersäge runter.“ – „Wenn die Kurbelwelle oben ist, geht auch die Säge hoch.“ Bernd faßt zusammen: „Wenn sich das Wasserrad dreht, dreht sich das Zahnrad. Dadurch dreht sich die Kurbelwelle, und die Säge bewegt sich.“

„An der Seite hängen Steine (A); ich glaube, das sind Gewichte.“ – „Der Arbeiter zieht an dem Gewicht.“ – „Das sind Glocken. Wenn das Holz durchgesägt ist, fallen sie runter, und der Mann hört, daß



Abb. 26.9

Sägewerk

das Holz durchgesägt ist.“ – „Das Gewicht (A) dient als Bremsklotz für das Wasserrad.“ – „Das Gestell (I) liegt schräge, so daß die Bretter von allein immer weiter rutschen.“ – „Die Gewichte sind Sandsäcke.“ – „Sie haben eine Form wie eine Kuhglocke.“ – „Die Gewichte sind mit einem Band (B) am Balken K befestigt.“ – „Der Balken K fährt auf Schienen; er wird nach vorne geschoben (gezogen).“ – „Die Schiene ist dazu da, damit der Balken (K) nicht zur Seite rutscht, wenn man am Band zieht.“ – „An der anderen Seite ist auch ein Balken K, der wird durch den anderen Sandsack gezogen.“ – „Der Balken I könnte ein Fließband sein.“ – „Der Balken, der gesägt wird, ist mit dem Balken K verbunden und wird mitgezogen, wenn die Balken K von den beiden Sandsäcken gezogen werden.“ – „Die beiden Balken K sind durch ein Querbrett verbunden.“ – „Die

gesägten Bretter sollen in den Bach fallen wie bei der Flößerei.“ – Hier wurde vom Lehrer zu bedenken gegeben, daß die Bretter durch das Wasser quellen und sich verziehen würden, so daß der glatte Sägeschnitt sicherlich umsonst wäre.

„Die Säge hat oben auch noch eine kleine Stange, damit sie nicht gleich ganz durchrutscht (gemeint ist der Splint oberhalb des beweglichen Holzrahmens).“ – „Mit der Säge bewegt sich der Rahmen auf und ab.“ – „Der Rahmen hat noch einen anderen Grund. Wenn die Sägeblätter stumpf sind, damit man sie auswechseln kann.“ – „Wenn der Rahmen nicht wär, würden die Sägeblätter nicht zusammenbleiben.“ – „In dem großen Gestell ist eine Rille, damit der Rahmen nicht rausfallen kann.“

Lehrer: „In wieviele Bretter wird der Balken zersägt?“ Danach kam die Fangfrage: „In wieviele Teile weden die Balken K zersägt?“ – „In gar keine. Die beiden Balken werden als Schieber bewegt.“ – Lehrer: „Für die beiden Balken gibt es noch zutreffendere Namen als das Wort Schieber!“ – „Gleiter, Gleitschieber, Schlitten.“ Die Frage eines Schülers „Wann sägen die Sägeblätter; beim Rauf- oder Runtergehen?“ haben nur wenige sicher und richtig beantworten können; hier lagen vermutlich Erfahrungen im Umgang mit der Laubsäge vor. Der größte Teil hat lediglich geraten. Jörg fragte die Klasse: „Wiesteht die Säge jetzt? Ist sie gerade rauf- oder runtergegangen?“ – „Sie ist runtergegangen, weil da schon Sägespäne rausfallen.“ Mit Hilfe des Lehrers wurde nachgeprüft, ob sich die Sägeblätter tatsächlich *abwärts* bewegen. Zu diesem Zweck wurde der Bewegungsablauf vom Wasserrad bis zu den Sägeblättern verfolgt.

Lehrer: „Zwischen dieser Kurbelwelle und derjenigen unseres Baukastens besteht ein Unterschied!“ – „Diese Kurbelwelle ist *viereckig*.“ – „An der Stelle, wo sie mit dem Zahnrad verbunden ist, muß sie viereckig sein, weil sie dann fester sitzt.“ Vom Lehrer wurde dann noch darauf hingewiesen, daß die vierkantige Kurbelwelle dort rund sein muß, wo die Gelenkstange (Pleuelstange) sitzt und an den beiden Enden, die im Gestell eingelassen sind. „Ich finde, die Leute waren früher gar nicht so dumm.“ – „Wie kriegen sie den Balken K (Schlitten) wieder zurück, wenn das Brett durchgesägt ist, damit das nächste Brett zersägt werden kann?“ – „Zwei Männer ziehen den Schlitten und die beiden Gewichte zurück.“

Wenn wir auch keine Beweise dafür haben, so sind wir doch sicher, daß zwischen Bauen und Bildbetrachtung gegenseitige Beeinflussungen stattfinden; die Protokolle sind auf alle Fälle ein Beweis für das intensive technische Interesse und für ein bereits differenziertes technisches Verständnis des Grundschulkindes.

27 Mähmaschine

ab Klasse 4

Aufgabenstellung: Baue eine Mähmaschine!

Unterrichtliche Hinweise: Bevor die Schüler mit dem Bauen beginnen, zeigt der Lehrer mit zwei verschiedenfarbigen, sägeförmigen Kartonstreifen (Abb. 27.1) die Scherwirkung eines Mähwerks: Nur der obere Streifen, die „Messerklinge“, wird hin- und herbewegt. Es wird dabei im Gespräch herausgestellt, daß mit einem solchen Mähwerk Gras und Getreide gemäht werden kann; die Schermesser von Rasierapparaten und die elektrische Haarschneidemaschine des Friseurs arbeiten nach demselben Prinzip. Auch wird auf die Arbeitsweise von Schere (abscheren) und Sense (Sichel) hingewiesen.

Anschließend werden zwei verschiedenfarbige Kartonstreifen (3 × 11 cm) ausgeteilt. Für das Gelingen der Aufgabe ist die genaue Anleitung zum Bau des Mähbalkens (= Mähwerks) wichtig: Aus jeweils vier großen, grauen Bausteinen werden zwei „Balken“ zusammengesteckt, auf denen die entsprechend zurechtgeschnittenen Kartonstreifen (Abb. 27.2) mit Tesafilm befestigt werden. (Die *Enden* des „Mähwerks“ auf Bausteinbreite zuschneiden, um das Festkleben zu erleichtern). Die sägeförmigen Kartonstücke müssen so auf die „Baustein-Balken“ geklebt werden, daß die beiden



Abb. 27.1

Schermesser später ohne Zwischenraum aufeinanderliegen. Bei dem Modell der Abbildung 27.3 ist dies z.B. nicht beachtet worden, so daß wegen des Abstands der beiden „Klingen“ keine Scherwirkung zustande kommen kann. Besonders für diejenigen Kinder, die eine Mähmaschine nicht kennen, sollte der Lehrer demonstrieren, daß der eine „Baustein-Balken“ fest an einem Fahrzeug angebracht ist, und der andere „Balken“ auf diesem hin- und hergleitet. Ebenso wie bei der vorherigen Aufgabe geht es auch hier hauptsächlich um die *Umwandlung einer Bewegungsrichtung*: Die sich *drehende* Welle des Motors (Kurbel) soll die Messerklinge in *Hin-* und *Herbewegungen* versetzen. So wird das technische Problem der Bewegungsumwandlung hier noch einmal in anderer Form als bei der Sägemaschine gelöst und damit wiederholt und vertieft. Selbst wenn der Lehrer eine detaillierte Bauanleitung für den Mähbalken gibt, bringt dieses Thema immer noch eine Reihe technischer Schwierigkeiten mit sich:

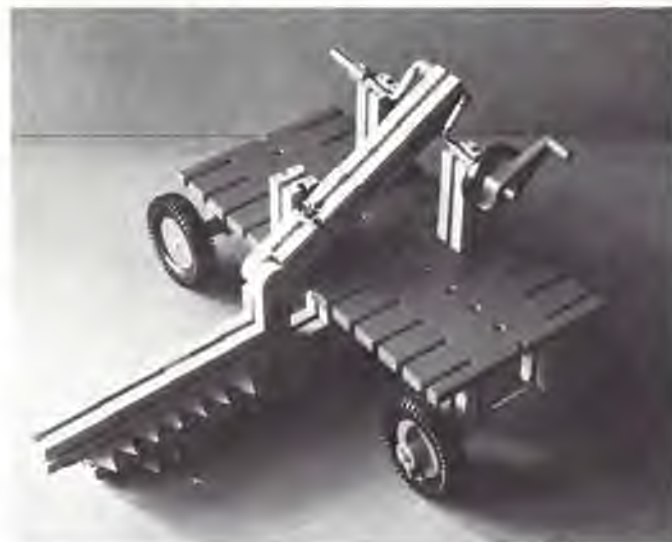


Abb. 27.3

Sonja B., Klasse 4



Abb. 27.2

Heike Sch., Klasse 4



Abb. 27.4

Birgit B. und Sabine J., Klasse 4

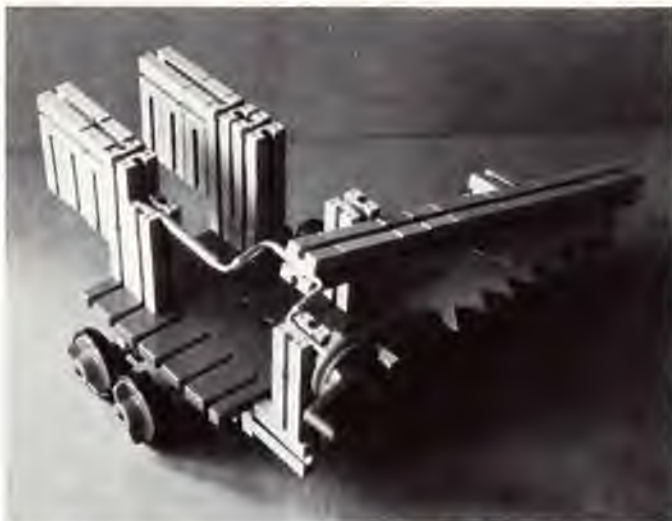


Abb. 27.5

Holger H. und Thomas R., Klasse 4

1. Die Mähmaschine funktioniert nur dann, wenn die obere Messerklinge auf der unteren hin- und hergleitet. Die Modelle 27.3 und 27.4 sind deshalb Fehllösungen.

2. Die Pleuelstange muß zwei Gelenke haben, damit die Messerklinge keine kurvenförmigen Bewegungen wie auf Abbildung 27.5 ausführt.

3. Bei einem sehr langen Mähbalken besteht die Gefahr, daß das Fahrzeug umkippt. Hier kann mit einem Gegengewicht (Abb. 27.5) oder mit einem abstützenden Rad am Ende des Mähbalkens (Abb. 27.9 und 27.10) vorgebeugt werden. Eine noch andere, allerdings sehr aufwendige Konstruktion haben sich Heike und Birgit ausgedacht: Sie haben das Fahrzeug verbreitert (Abb. 27.8).

4. Bei den meisten Modellen sitzt der Mähbalken zu hoch – nämlich *auf dem Fahrzeug* (Abb. 27.6 bis 27.8). Diese Lösung sollte aber anerkannt werden. Die sachgerechte niedrige Anbringung des Mähbalkens wie z. B. auf den Abbildungen 27.3 und 27.9 bis 27.11 stellt eine zusätzliche Schwierigkeit dar.



Abb. 27.6

Elke W. und Rosemarie H., Klasse 4

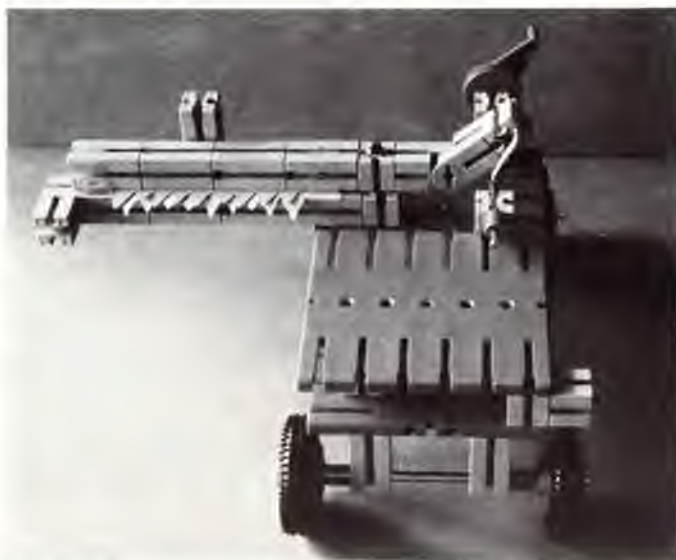


Abb. 27.7

Helga K. und Gaby V., Klasse 4



Abb. 27.8

Heike B. und Birgit P., Klasse 4

Für tüchtige Schüler bietet sich die *Zusatzaufgabe* an, das Mähwerk mit einem Rad des Fahrgestells zu koppeln. So wird bei dem Modell 27.9 die Antriebskraft des „Motors“ (Kurbel) in zwei verschiedene Bewegungen *aufgeteilt*: Antrieb des Fahrzeugs und Hin- und Hergleiten der „Messerklinge“. Bei den Konstruktionen 27.10 und 27.11 dagegen wird das Mähwerk unmittelbar von einem Laufrad angetrieben. Die Abbildungen 27.9 und 27.10 zeigen zwei kindlich-geniale – wenn auch technisch unvollkommene – Lösungen mit „um die Ecke“ leitendem Winkel-Riementrieb (Antriebsfeder). Das Modell 27.10 übertrifft das andere, weil

sich hier das Zugmittel weniger reibt als bei der *verschlungenen* Antriebsfeder der Abbildung 27.9. Bernd und Jörg haben es sogar geschafft, die Drehbewegung von einem Laufrad ohne Zugmittel „um die Ecke“ zu leiten (Abb. 27.11). Zu diesem Zweck haben sie ein großes Zahnrad als Laufrad (!) eingesetzt; dadurch läßt sich die Drehbewegung über zwei Zahnräder (unter der vorstehenden Haltekonstruktion) und ein Zugmittel (Gummiband) bis zum Mähwerk weiterleiten.



Abb. 27.9

Martina St., Klasse 4



Abb. 27.10

Jörg B., Klasse 4

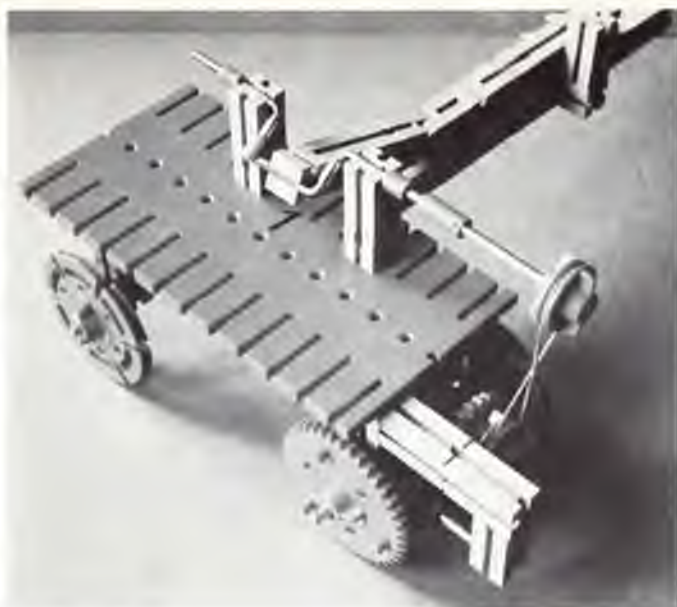


Abb. 27.11

Bernd R. und Jörg L., Klasse 4

Lernziele:

1. Funktion der Mähmaschine: Im Fahren (sitzend) schnell mähen.
2. Umwandlung einer Drehbewegung in eine Hin- und Herbewegung mit Hilfe einer Pleuelstange.
3. Zwei Klingen arbeiten zusammen: Die hin- und hergleitende Messerklinge *schert* die Halme ab.
4. *Begriffe*: Mähmaschine, Mähwerk = Mähbalken, Messerklinge, Pleuelstange

Vollmers

28 Freies Bauen 2

Aufgabenstellung: Unser Unterricht mit den fischertechnik-Baukästen war als freies Bauen begonnen worden und schloß auch damit ab. Am Anfang ging es hauptsächlich darum, die Schüler auf das neue Unterrichtsmaterial einzu-

stellen und dabei ihre Interessen und bisher mehr oder minder verborgenen Fähigkeiten im Bereich technischer Bildung in einer ersten Erkundung aufzuspüren. Inzwischen handhaben die Schüler das Material der Konstruktionsbaukästen souverän. Es gibt natürlich graduelle Unterschiede der Leistungen, aber es ist nicht ein einziger Fall eingetreten, der etwa mit der Schreibschwäche so manches Grundschülers vergleichbar wäre: *Unübersehbar ist die Entwicklung des technisch-funktionalen Denkens und der Fähigkeit zur technischen Erfindung und praktischen Konstruktion bei jedem Schüler, Jungen wie Mädchen, hoch- oder schwachbegabtem.* In unserer Bilddokumentation können wir diese Entwicklung nur stichprobenartig belegen,¹ etwa bei Ulrike Th., Kl. 3, Abb. 2.5, 7.4, 18.13; Jörg B., Kl. 4, Abb. 1.21, 11.2, 27.10; Hennig H., Kl. 4, Abb. 1.15, 16.3, 28.12.

Es kam uns darauf an, den Schülern in der Abschlußphase des Unterrichts noch einmal den weitesten Betätigungsraum für ihre konstruktive Phantasie, aber auch für die Anwendung inzwischen gelernter Einsichten und praktischer Fertigkeiten zu geben und uns dadurch die Möglichkeit zu schaffen, die Gesamtleistung in einem Überblick zu kontrollieren. Die Aufgabenstellung lautete dementsprechend: *Baut, was euch Freude macht!*

Unterrichtliche Hinweise: Die Auswahl der Schülerarbeiten ist repräsentativ für die Mannigfaltigkeit der frei gewählten Themen und für die Leistungshöhen, wenn auch die Leistungen des unteren Ranges quantitativ unterrepräsentiert sind. Auch für dieses abschließende Kapitel muß darauf hingewiesen werden, daß unser dokumentarischer Querschnitt die Leistung mehrerer Klassen mehrerer Schuljahre abbildet

1) Der Frage, welche – auch außerschulischen – Einflüsse den oftmals erstaunlichen Entwicklungsaufschwung im einzelnen verursacht haben, sind wir nicht nachgegangen. Solche höchst wünschenswerten Untersuchungen lagen außerhalb unserer Vorsätze; wir können auf den eindrucksvollen Tatbestand nur aufmerksam machen, ihn im einzelnen aber nicht erklären.



Abb. 28.1

Thorsten H., Klasse 2



Abb. 28.2

Peter S., Klasse 4

– für eine einzige Klasse sähe er zweifellos weniger differenziert aus.

Die Mehrzahl der Schüler wählte wie zu Beginn des mehrmonatigen Unterrichts ein „persönliches“ Objekt, das ohne Zusammenhang mit dem früheren Unterricht war, beispielsweise eine Bohrmaschine oder ein Riesenrad. Etwa ein Drit-

tel der Schüler entschied sich für ein Modell aus dem Bereich eines früher im Unterricht behandelten Themas. Die letzteren Schüler waren keineswegs phantasie- oder antriebsärmer als die anderen, eher das Gegenteil. Es handelte sich meistens um solche Kinder, die sich mit einem technischen Problem, das vor Wochen aufgetaucht sein mochte, innerlich weiterbeschäftigt hatten und die nun die Gelegenheit ergriffen, eine bessere Erfindung zu verwirklichen. Die Typen der jetzt gebauten Modelle unterschieden sich nicht wesentlich von denjenigen, die zu Beginn des Unterrichts das Interesse der Schüler gefunden hatten. Auch in der Abschlußphase wurden *Fahrzeuge bevorzugt*; zusammen mit den Konstruktionen, die durch sich bewegende Räder jeglicher Art (Rollen, Zahnräder, Scheiben) bestimmt waren, stellten sie 70 bis 90 Prozent der Modelle dar. *Objekte ohne irgendeinen Bewegungsmechanismus machten keine zehn Prozent der Gesamtzahl aus.*



Abb. 28.3

Heike Sch., Klasse 4



Abb. 28.4

Angela H., Klasse 4



Abb. 28.5

Astrid A., Klasse 4

Die *Neigung zur Gruppenarbeit* war unverändert; wieder wurde zum Schluß in freien Gruppen bis zu vier Personen gearbeitet. Das *Interesse der Schüler* war ungebrochen geblieben, das gilt für Jungen wie für Mädchen, und *bei Jungen wie bei Mädchen gab es Spitzenleistungen* (z. B. Abb. 1.13, 11.6, 12.5, 28.23). Der Vergleich der Produkte der Anfangs-

mit der Endphase des Unterrichts zeigt innerhalb der Gruppen ein deutlich *gesteigertes Niveau der Erfindung*. Das *spielerische Moment* scheint zurückgedrängt, ist jedoch keineswegs erloschen. Aber es werden zum Beispiel kaum noch irgendwo spielerische, also funktionslose Bewegungsmechanismen auf ein Fahrgestell gesetzt, sondern wohldurchdachte sachbezogene Konstruktionen, wie sie etwa zur Ausrüstung eines Kranwagens gehören.

Mit solcher Absicht hat Thorsten H. einen *Abschleppwagen* gebaut, dessen Rollfähigkeit er gerade erprobt (Abb. 28.1). Der zwei Jahre ältere Peter hat seinen Abschleppwagen mit einem Kasten für Ersatzteile ausgerüstet; ein Blinklicht (Baustein mit rotem Zapfen) ermöglicht den schnellen Einsatz des Fahrzeugs (Abb. 28.2). Heike hat einen Wagen mit



Abb. 28.6

Markus R., Klasse 4

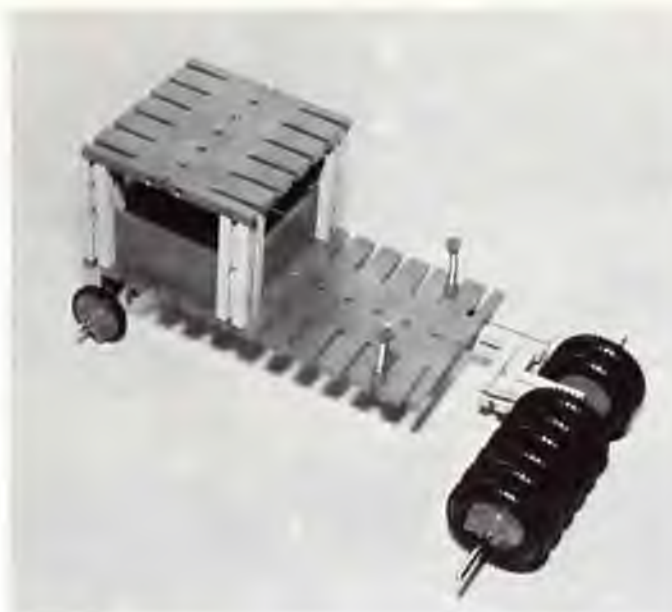


Abb. 28.7

Mike K., Klasse 3

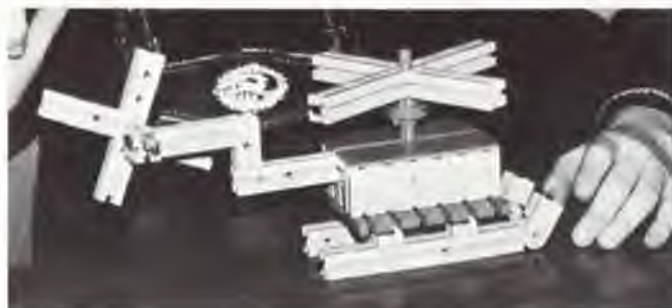


Abb. 28.8

Martin T., Klasse 2

Vierradlenkung konstruiert; Vorder- und Hinterradlenkung sind durch ein Zugmittel (Gummiband) gekoppelt. Doch die extreme Länge der Lenksäulen führt zum Verkanten, so daß das Zusammenspiel der Lenkungen nicht richtig klappt (Abb. 28.3). Von einem sicheren Umgang mit den Bauele-

menten und einem guten Gedächtnis für technische Formen zeugt eine Mädchenarbeit: Angelas Personenauto mit zwei beweglichen Türen (Abb. 28.4).

Astrid, Schülerin im vierten Schuljahr, hat einen *Pferdewagen* konstruiert und dazu ein *Pferd* „gebaut“. Der Rückfall in eine fast vorschulische Naivität zeigt sich an zwei Schirrhaken, die wie ein Körperteil aus den Hinterbeinen des Tieres herausstehen (Abb. 28.5).

Markus konstruierte eine *Kipplore* (Abb. 28.6). Mit besonderer Sorgfalt bemühte er sich um eine funktionsgerechte Kippvorrichtung. An diesem Werk ist bemerkenswert, daß der Junge es endlich einmal schaffte, seine Aufgabe innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit zu vollenden. In anderen Stunden scheiterte Markus immer wieder daran, daß



Abb. 28.9

Burkhardt P., Klasse 3



Abb. 28.10

Holger G., Klasse 4

er sich zu schwierige Aufgaben stellte und dann den Anforderungen nicht gewachsen war.

Mike überraschte durch die eigenwillige Konstruktion einer *Straßenwalze* (Abb. 28.7). Er ist dazu durch die Eindrücke angeregt worden, die er bei den Straßenbauarbeiten in einer Straße gewann, durch die ihn sein täglicher Schulweg führte.

Der *Hubschrauber* mit Gleitkufen, einem Tragflügelrad und einem Antriebspropeller ist die beachtliche Leistung eines Jungen des 2. Schuljahres (Abb. 28.8).

Burckhardt P. gehört zu jenen Schülern, die ein früheres Unterrichtsthema wieder aufgegriffen haben. Er baute noch einmal einen *Kranwagen*, verwendete diesmal auch Bauteile aus einem Statik-Kasten und erstellte eine Konstruktion von besonderer Klarheit (Abb. 28.9). Als Zusatzaufgabe stellte er in derselben Doppelstunde eine Zugmaschine her, die er mit Hilfe eines Gelenksteins an den Kranwagen ankuppelte.

Auch Holger G. hat einen Kranwagen gebaut (Abb. 28.10), den er später an den Zugwagen seines Nachbarn angekoppelt hat. Zur Ausrüstung gehört eine Feststellmöglichkeit für die Seiltrommel. Das Tragseil kann in jeder beliebigen Höhe festgestellt werden. Wie die dafür erforderliche Kurbel lässt sich auch die zweite Kurbel des Krans durch einen Baustein blockieren.

Selten gelingt es Grundschulern, beim Bau eines Kranwagens den Ausleger richtig abzustützen und für die Seilwinde eine automatische Rücklaufsperre zu konstruieren (siehe Kap. 2, Seilwinde, und Kap. 7, Kranwagen). Beide Konstruk-



Abb. 28.11

Karsten K., Klasse 3



Abb. 28.12

Henning H., Klasse 4



Abb. 28.13

Holger H., Thomas R., Jörg L., Bernd R., Klasse 4



Abb. 28.14

Ulrich Th. und Mike K., Klasse 4

tionsaufgaben löste Karsten K. (Abb. 28.11). Der Ausleger seines Modells ist stabil abgestützt; die Rücklaufsperre arbeitet – etwa im Gegensatz zu Holgers Modell (Abb. 28.10) – sogar *automatisch*, indem die Spitze eines Winkelsteins in

den Zahnkranz neben der Kurbel greift und das willkürliche Ablaufen der Seiltrommel verhindert.

Eine ungewöhnliche Leistung stellt ein Kran dar, den Henning H. gebaut hat. Das Modell entstand in nur zwei Schul-

stunden. Obwohl das Fahrgestell selbst lenkbar ist, läßt sich der Kran noch zusätzlich auf dem Fahrgestell drehen. Die Kurbeln lassen sich feststellen, wenn auch nicht automatisch sperren (Abb. 28.12).

Vier Jungen haben sich zu einer Gemeinschaftsarbeit zusammengefunden und ein *Transportgestell* samt *Laufkatze* konstruiert (Abb. 28.13). Wir sehen sie auf der Abbildung damit beschäftigt, eine Laufschiene zu montieren. Später haben die Jungen bemerkt, daß die oberen Querverstreben die Bewegung der mit Seil und Lasthaken ausgerüsteten Laufkatze unmöglich machen, und sie haben eine entsprechende Korrektur am Gestell vorgenommen.

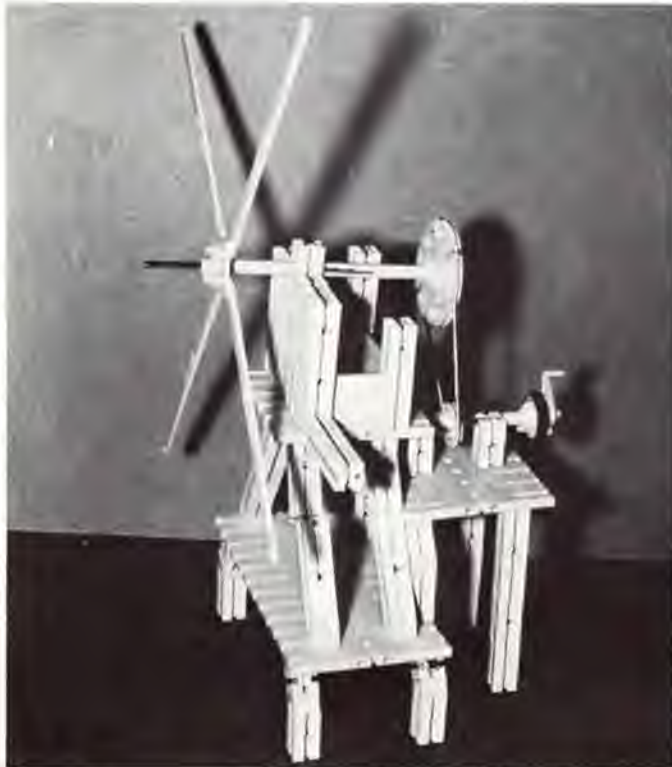


Abb. 28.15

Güngör Ö., Klasse 4

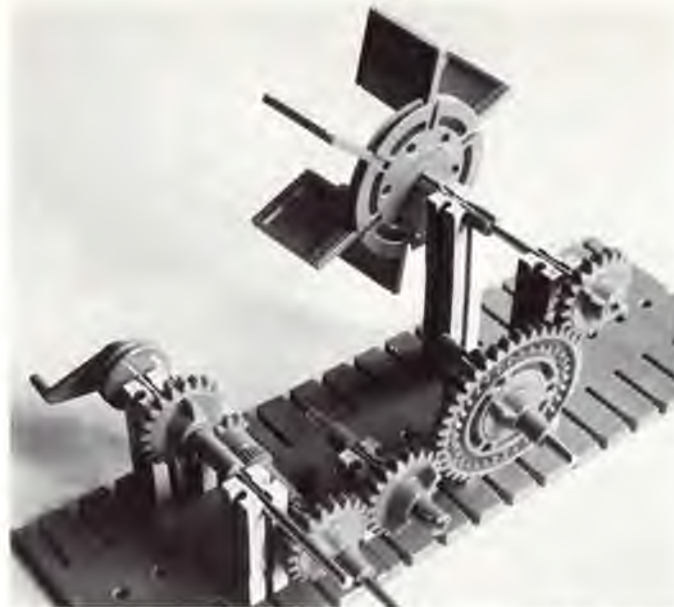


Abb. 28.16

Lars B., Klasse 3

Eine ähnliche Aufgabe haben sich Ulrich T. und Mike K. gestellt. Sie konstruierten gemeinsam eine *Seilbahn* (Abb. 28.14). Auf einem Tragseil fährt die Gondel. An einem zweiten Seil wird sie talwärts gelassen oder zur Bergstation heraufgezogen. Die Führungsrolle sorgt dafür, daß die Gondel während der Fahrt stets waagrecht hängt. Die Pylonen der Berg- und Talstation sind durch Schrägpfeiler abgestützt; die Bergstation wird außerdem durch eine bis unter die Tischplatte reichende Verankerung dagegen gesichert, daß das Gewicht des Zugseils sie seitlich wegzieht.

Auch Mühlen haben wieder ihre Faszination ausgeübt. Güngör Ö., Kl. 4, hat eine *Bockwindmühle* gebaut (Abb. 28.15). Die ausgewogene Gliederung des Bauwerks in vertikal gelagerte Grundplatten für Stockwerke und schräg oder senkrecht dazwischengesetzte Stützpfeiler macht sie bemerkenswert. An diesem Modell wird sichtbar, wie sich das Gefühl für statisch richtige (und ästhetisch schöne) Kon-



Abb. 28.17

Thomas R., Klasse 4



Abb. 28.18

André S. und Michael G., Klasse 4



Abb. 28.19

Jochen N., Klasse 4

struktionen entwickelt – ein technischer Komplex, der sich den Schülern erst *nach* dem bewegungsmechanischen erschließt (Mechanik vor Statik).

Die *Wassermühle* (Abb. 28.16), von Lars B. konstruiert, ist in diesem Sinne völlig durch das Bewegungsspiel der miteinander gekoppelten Räder bestimmt: Nicht weniger als sechs Zahnräder greifen hier ineinander und bilden zusammen mit Kurbel und Wasserrad eine dynamische Einheit. Daß eine Kurbel als Antriebsmittel mit dem Wasserrad kombiniert wird, zeigt, wie das Kind bei allem technischen Denkvermögen auch noch naiv mit der Welt der technischen Gebilde verbunden ist (S. 11).

Tief versunken in seine Konstruktion, ebenfalls eine Wassermühle, ist Thomas R. Die Drehbewegung des Wasserrades hat er mit Zahnrädern umgelenkt und dadurch ins Mühlenhaus geleitet. Abstehende Bausteine stellen ein Rohr dar, aus dem das fertige Mehl herauskommt (Abb. 28.17).

André S. und Michael G. wollten gern eine in ihrem Sachbuch *abgebildete Wassermühle nachbauen*. (Abb. 28.18). Im vorliegenden Fall ist, da die Vorlage keine Bauanweisungen enthält, ein relativ großer Freiheitsraum für eigenes Erfinden

verblieben. Aber auch *das strenge Befolgen von Bauvorschriften* ist zu dulden und *muß erlernt werden*, ist es doch schließlich eine entscheidende Tätigkeit unserer technisierten Industriegesellschaft im Haus und am Arbeitsplatz. Unentschieden sind wir in der Frage, ob solche Aufgaben schon in der Grundschule gestellt werden sollten. Es spricht vieles dafür, daß Schüler des vierten, selbst dritten Schuljahres solche Aufgaben mit Gewinn anpacken. In jedem frei geschaffenen Objekt sind immer auch Nachahmungswirkungen enthalten, sind Vorbilder wirksam. So zweifellos zum Beispiel bei den *Radarschirmen*, die Jochen N. im Abstand einer Woche gebaut hat. Beim ersten Modell wurde der Schirm noch mit einem feststehenden Neigungswinkel montiert; der Schirm steht auf einer Drehscheibe, die



Abb. 28.20

Jochen N., Klasse 4



Abb. 28.21

Ingo P., Klasse 3

durch ein Reibradgetriebe angetrieben werden kann. Unabhängig von dieser Bewegung läßt sich der Schirm um eine andere Achse, die durch den Schirmmittelpunkt geht, von Hand drehen (Abb. 28.19). Eine Woche später gelang es Jochen, eine Konstruktion für die Veränderung des Neigungswinkels zu ersinnen (Abb. 28.20). Bei diesem Modell läßt sich das Gerät aber nicht, wie bei dem vorigen, um die vertikale Achse drehen – ein gutes Beispiel dafür, daß die geistige Kapazität für Konstruktionen begrenzt ist. Wo die Kräfte stark angespannt sind, wie beim technischen Bauen, gelingt eine gute kreative Leistung oft nur auf Kosten einer anderen. Die Konstruktion eines *Karussells* durch Ingo P., Kl. 3, ist ein geeignetes Beispiel, um daran zu zeigen, wie im Umgang mit dem Baukastenmaterial inzwischen *gewonnene Konstruktionserfahrungen zur Anwendung kommen*; die Lagerung einer Antriebswelle, die Befestigung der Karussellarme zwischen zwei Drehscheiben, die Anordnung und Befestigung der Sitze (Abb. 28.21)! Diese Beobachtung trifft auch auf die Arbeit von Ulrich Th. zu. Im Modell des *Falltores* (Abb. 28.22) tauchen die Konstruktionsprobleme früherer Unterrichtsstunden wieder auf: Die Lagerung einer Welle, die Aufhängung einer Tür bzw. eines Tores, die Führung des Tors beim Heben und Senken – wie sicher und gekonnt wirken diese

Lösungen im Vergleich zu den früheren Arbeiten, die in den Kapiteln 14, Lastenaufzug, und 19, Gabelstapler, abgebildet sind. Ein weiteres Beispiel für eine Leistungssteigerung ist das durch jene Mädchen konstruierte *Riesenrad*, die zu Beginn des Unterrichts gemeinsam ein Karussell gebaut hatten

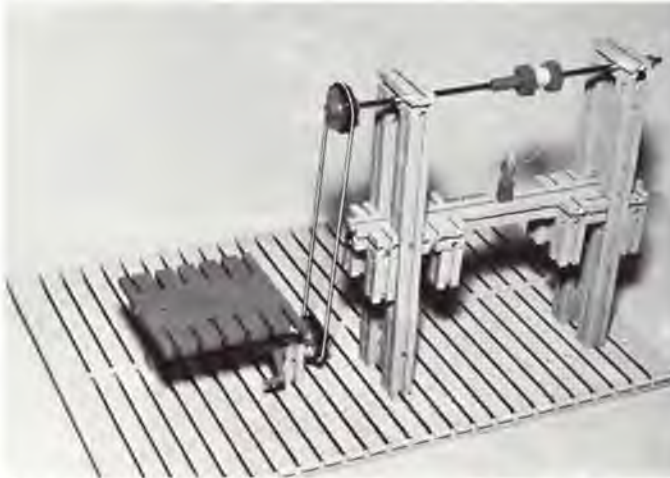


Abb. 28.22

Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 28.24

Helga K. und Sabine J., Klasse 4



Abb. 28.23

Heike B. und Birgit P., Klasse 4

(Abb. 1.19). Die Konstruktion des Rades selbst (Abb. 28.23) ist nicht allzu schwierig, die Anbringung einer oder gar mehrerer Verstrebungen dagegen, um deren Mittelpunkt das Rad sich drehen kann, ist selbst für Erwachsene keine einfache Aufgabe. Die Mädchen haben sie bewältigt, und es ist ihnen sogar gelungen, das Riesenrad von unten in Bewegung zu setzen. Diese Konstruktion hat allerdings ihre Mängel, die diesmal im Material liegen: Weil sich beim Fischer-Baukastensystem die Achse nicht fest mit der Verstrebung (Mittelachse) verbinden läßt, bleiben hier Unzulänglichkeiten.

Eine weitere, allerdings weniger vollkommene Konstruktion eines Riesenrades zeigt die Abbildung 28.24. Die Stabilität dieser Konstruktion ist der vorigen insofern unterlegen, als das verhältnismäßig schwere Rad nur an einer Seite gelagert ist – technische Eleganz auf Kosten der Sicherheit!

An der *Schranke*, die Udo E., Klasse 3, konstruiert hat, ist das kindliche *Konstruktionsgenie* besonders originell wirksam geworden (Abb. 28.25): Durch einen komplizierten Mechanismus wird eine Parallelverschiebung des Gestänges erreicht, durch das wiederum das freie Ende des Schrankenarms angehoben oder gesenkt wird. Ein von einer Handkurbel angetriebenes Zahnstangengetriebe sorgt für die Bewegung des Gestänges. Ein Massiv von Bausteinen drückt die Zahnradwelle auf die Zahnstangen – keine Überreibung, sondern nur äußerste Klarheit hinsichtlich der Absicht, lastenden Druck zu verwirklichen (vergleiche auch die Bemerkung Seite 23 zur Arbeit Abb. 1.6).

Betrachten wir abschließend einige Arbeiten aus dem Umkreis der *Arbeitsmaschinen*. Ulrich Th., an der Seilbahn (Abb. 28.14) beteiligt, wird mit zwei weiteren freien Arbeiten vorgestellt, um damit das Beispiel eines talentierten Schülers zu geben, der nicht ein einmal angepacktes Thema weiterverfolgt, sondern sich vielseitig den verschiedensten technischen Objekten zuwendet:

Bei der Konstruktion einer *Ramme* mußte er hauptsächlich zwei Probleme lösen: es war eine sichere Führung des

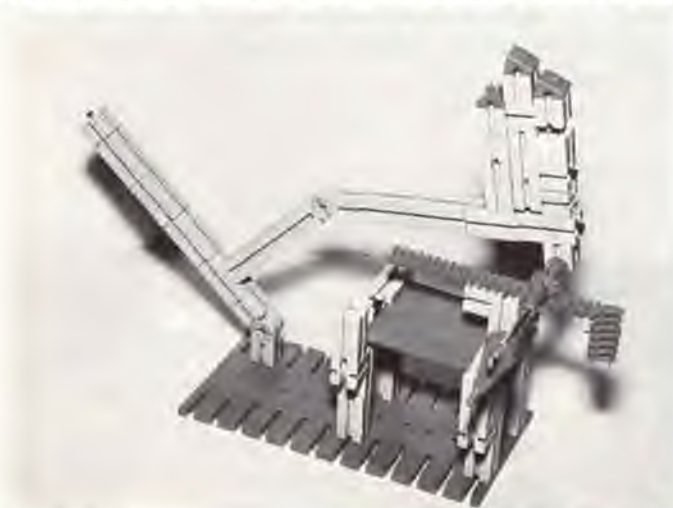


Abb. 28.25

Udo E., Klasse 3

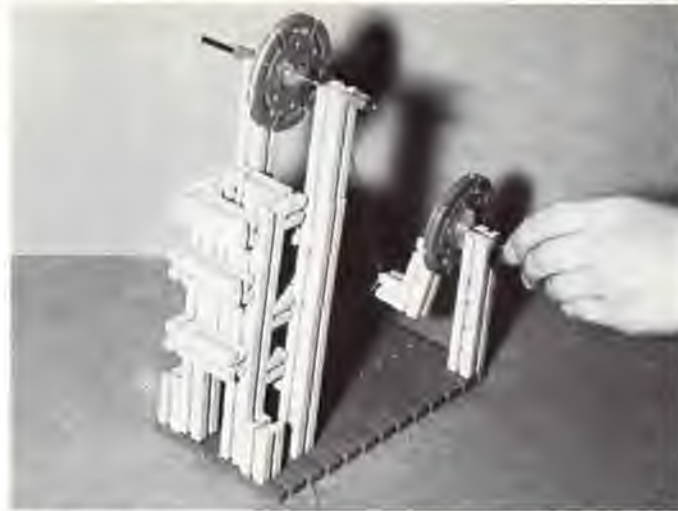


Abb. 28.26

Ulrich Th., Klasse 4

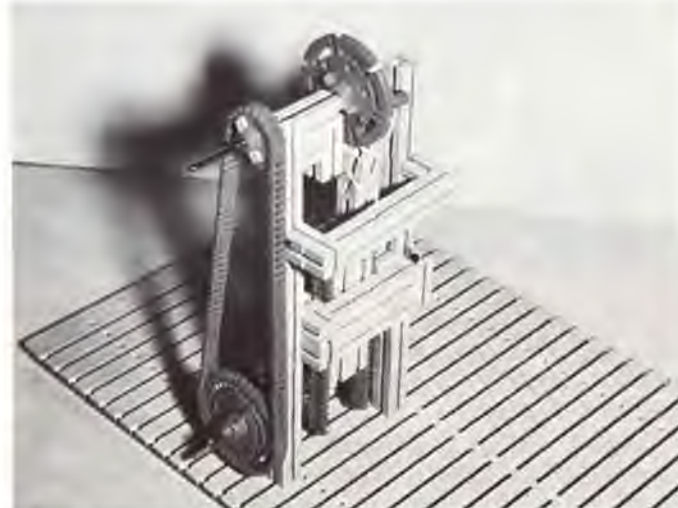


Abb. 28.27

Ulrich Th., Klasse 4



Abb. 28.28

Joachim St., Klasse 4



Abb. 28.29

Olaf B., Klasse 4

Rambären zu schaffen und eine maximale Hubhöhe derselben zu erreichen. Die Führung wurde in kurzer Zeit konstruiert. Schwierigkeiten machte dagegen die Hubhöhe. Hier gelangte Ulrich erst nach mehreren Versuchen ans Ziel. Er setzte einige Bausteine an die Drehscheibe an, erzielte damit einen größeren Drehkreis und dadurch eine größere Hubhöhe für den Rambären (Abb. 28.26).

Bei seiner *Gattersäge* konnte Ulrich mehrere Probleme technisch gut lösen: Die Drehbewegung der Handkurbel wird durch eine Gliederkette auf die Schubkurbelwelle übersetzt; die Führungseinrichtung für die Säge ist so konstruiert, daß das freie Ende der Schubkurbel, an dem die „Sägeblätter“ befestigt sind, exakt bewegt wird. Da die Schubkurbelwelle starkem Zug ausgesetzt ist, wirkte Ulrich ihm mit einem breiten Wellenlager entgegen, das durch zwei Bausteine zusätzlich gestützt wird (Abb. 28.27).

Joachim erinnert mit seinem *Sägewagen* an technische Phantasien der Renaissance (Abb. 28.28). Das Sägeblatt der fahrbaren Säge kann durch eine Handkurbel mit Zahnrad (Mitte des Fahrzeugs), das in eine Zahnstange greift, vor- und rückwärts bewegt werden. Zwei Bausteine – Joachim montiert sie gerade – sollen verhindern, daß die Säge zu weit nach vorn getrieben wird.

Das letzte Bild unserer Dokumentation stellt eine *Bohrmaschine* dar, konstruiert von Olaf B. (Abb. 28.29). Das Getriebe deutet ein technisches Verständnis an, das bereits über den Horizont des durchschnittlichen Grundschulkindes hinausragt und sich jenen strengen und fachgerechten Konstruktionen nähert, in denen sich die Technik nicht mehr im Geist des Kindes spiegelt, sondern schon „an und für sich“ (objektiv) darstellt.

Lernziele:

1. Planen und Herstellen technischer Konstruktionen auf der Basis bisher entwickelten technischen Verständnisses und Könnens.
2. Anwendung elementarer technischer Funktionen, die im Laufe des Unterrichts erfaßt und angewendet worden sind, wie die Lagerung von Achsen, die Übertragung und Umwandlung von Bewegungen, die Winkelbewegung von Auslegern mittels Seilzügen.
3. Weiterentwicklung und Übung des technisch-funktionalen Denkens durch das Wiederholen früherer und das Anpacken neuer Konstruktionsprobleme.

Die Verfasser

Literaturauswahl

1. Arbeitsgruppe Technische Bildung: Fahrbarmachen, Tumlingen: Fischer-Werke o.J. (Serie A, mehrere Arbeitskarten).
2. BIESTER, Wolfgang: Technische Baukästen im Werkunterricht. In: Werkunterricht als technische Bildung, bearb. von G. USCHKEREIT/O. MEHRGARDT und F. KAUFMANN, Weinheim 1969, S. 291–294.
3. Hinweise für die Erarbeitung der elementaren Maschinenlehre mit technischen Baukästen. In: *Beilage* zur Ztschr. „Polytechnische Bildung und Erziehung“, Berlin (Ost): Volk und Wissen, Jg. 9. 1967, H. 8/9, S. 1–24.
4. MAIER, Hans: Der Didaktische Ort technischer Baukästen. In: *Lehrmittel aktuell*, 1970, H. 4, S. 6–14, Beilage zu *Westerm. Pädag. Beiträge* H. 10, 1970.
5. MEHRGARDT, Otto: Technische Baukästen im Unterricht. In: *Die Werkaufgabe*, Jg. 13. 1970, Nr. 145.
6. MEIER, Richard: Räder – Phänomene der Technik im Unterricht der Grundschule. In: *Westermanns Pädagogische Beiträge*, Jg. 21. 1969, H. 10, S. 566–575. Ebenfalls abgedruckt in *Lit.-Nr. 7*.
7. Unterricht mit Lernbaukästen. Berichte – Erfahrungen – Vorschläge. Mit Beiträgen von G. Bickert, R. Meier, W. Radigk und H. Wiederrecht, Braunschweig: Westermann 1970, 48 S.
8. VOLLMERS, Christian: Ein Lehrgang zur technischen Grundbildung. In: *Westermanns Pädag. Beiträge*, Jg. 22. 1970, H. 10, S. 527–540.
9. WEISMANTEL, Gertrud: Technische Baukästen als Arbeitsmittel in der Grundschule. In: *Werkunterricht als technische Bildung*, bearbeitet von G. USCHKEREIT, O. MEHRGARDT und F. KAUFMANN, Weinheim: Beltz 1969, S. 285–289.

Bildnachweis

- Abb. 10.12 „Jugend der Maschinen“. Bilder aus der Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert (1751–1772), hrsg. von Jürgen Dahl. Ebenhausen: Langewiesche-Brandt 1965, Tafel 26.
- Abb. 21.16 Feldhaus, Franz Maria: *Die Maschine im Leben der Völker*. Basel, Stuttgart: Birkhäuser 1954, S. 246.
- Abb. 24.1 Bildstelle des Deutschen Museums München (Bildnummer 3621).
- Abb. 26.9 Bildstelle des Deutschen Museums München (Bildnummer 30820).
- Alle anderen Abbildungen von den Verfassern.