3-79

Forum technische Bildung

Beispiele für den Technikunterricht

Prüfen und Messen I

Ausgabe Sekundarstufe

ISSN 0170-1487 Vieweg

Forum technische Bildung

Beispiele für den Technikunterricht
Ausgabe Sekundarstufe
Heft 3–79

Herausgeber und Verlag:
Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH,
Braunschweig · Wiesbaden

Schriftleitung:
Prof. Wolfgang Biester, Münster
Prof. Dr. Wolf Traebert, Neuss
Fachschulrat Helmut Wiederrecht, Heidelberg

Redaktion:
Gereon Roeseling (verantwortlich), Ludwig Luber

Anschrift:
Redaktion „Forum technische Bildung"
Verlag Vieweg, Postfach 30 06 20, 5090 Leverkusen 3

An Beiträgen zur Didaktik des Technikunterrichts, insbesondere aus dem Bereich der Schulpraxis, sind Schriftleitung und Verlag interessiert.
Auch unverlangt eingesandte Manuskripte werden geprüft, eine Haftung kann aber nicht übernommen werden. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Genehmigung des Verlages.

Erscheinungsweise und Bezugsmöglichkeiten:

Die Zeitschrift „Forum technische Bildung – Ausgabe Sekundarstufe" erscheint viermal jährlich. Sie kann durch die Unterstützung der fischer-werke, Artur Fischer, 7244 Tumlingen/Waldachtal 3, interessierten Lehrern und Studenten kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Zahl der regelmäßigen Bezieher: z.Z. ca. 16500.

Druck: Rheinisch-Bergische Druckerei, Düsseldorf.

Autoren dieses Heftes:

Hans Josef Berghoff,
Zum Forstsiepen 1,
5760 Arnsberg 2

Siegfried Hirschel,
Ender Talstraße 11
5804 Herdecke

Professor Wolf Traebert
Aloysiusstraße 32,
4047 Dormagen 5

Wolf Traebert

Prüfen und Messen

1. Zu diesem Heft

Mit dem Titel dieses Heftes wird ein schon früher andiskutierter Gedanke wieder aufgegriffen[1]): die *Methode* einer technischen Problemlösung in den Mittelpunkt didaktischer Überlegungen zu stellen. Im Hintergrund steht dabei die in der Pädagogik nicht neue Frage, ob man anstelle von *Inhalten* eines Faches oder einer Disziplin nicht die dort verwandten *Methoden* zum Gegenstand von Unterricht machen könne. Konkret: Gelernt wird dann nicht, mit *was* man sich in einem bestimmten Fachgebiet beschäftigt, sondern – beinahe unabhängig vom Gegenstand – *wie* das geschieht. Angesichts der relativ geringen Zahl grundsätzlich verschiedener „Methoden", ihrer Nähe zur realen *Anwendung* von Wissen und ihrer gegenüber den Inhalten im allgemeinen geringeren Veralterungsrate ein interessanter Gedanke, der die Didaktik schon früher beschäftigt hat. Auch die Einwendungen gegen eine solch „funktionsorientierte" (anstelle „inhaltsorientierter") Didaktik[2]) sind bekannt:
Es ist sicher strittig, ob es überhaupt Methoden – hier verstanden als Weg zur Erkenntnisgewinnung – gibt, die im strengsten Sinne *fachspezifisch* genannt werden können, d.h. ausschließlich oder wenigstens überwiegend in einer bestimmten Disziplin vorkommen und diese dadurch repräsentieren können. Je abstrakter man den Begriff der Methode faßt, um so weniger spezifisch-fachliche Methoden wird man finden; je konkreter man an bestimmten Gegenständen, Sachverhalten usw. arbeitet, um so eher kann man von *typisch* technischen, ökonomischen usw. Methoden sprechen. Nur nähert man sich damit wieder den konkreten Inhalten, d.h. Inhalt und Vorgehensweise sind um so weniger zu trennen, je enger (und anschaulicher) sie aufeinander bezogen sind. Es gibt Stimmen, die sich überhaupt gegen eine Trennung von Vorgehensweise und Gegenstand wenden, mit dem Argument, daß sich „jegliches technisches Denken letztlich in konkreten Vorstellungen bewegen müsse und nicht rein formal erfolgen könne". Das Privileg der Lehre ohne Realität sei nur der Mathematik eigen.[3])
Erforderlich wären demnach Methoden, die einerseits allgemein genug anwendbar sind, um nicht auf einen oder wenige Sachverhalte beschränkt zu sein, die aber auch andererseits konkret genug auf typische Aufgaben und Probleme bezogen werden können, um daran Wesentliches erkennen zu können: eine Zwischenebene zwischen konkreter, materialer Problemlösung einerseits und der eher formalen Struktur rationaler Vorgehens*weise* bei (beliebigen) Problemen andererseits.
Interessant in unserem Zusammenhang ist noch ein anderer Gedanke: die Methodenorientierung eines Curriculums macht – extrem interpretiert – die Wahl der Inhalte beinahe beliebig. Ob die Thematik „Messen" am Beispiel einer Maschine oder eines Bauwerks, bezogen auf die Eigenschaften eines Werkstoffes oder informationstechnisch als Eingangsgröße für einen Regelungsprozeß begriffen wird, ist letztlich gleichgültig.
Es ergibt sich somit eine *Querstruktur* zur inhaltsbezogenen Technikdidaktik: ein und dasselbe Thema läßt sich an unterschiedlichen Inhalten veranschaulichen bzw. erarbeiten, der Transfer in die anderen Fachgebiete ist – da an äußerlich evtl. unähnlichen Objekten bzw. Sachverhalten wieder aufgefunden – als echte Lernzielkontrolle nutzbar.
Solche Ansätze sind aus verschiedenen didaktischen Modellen bekannt: bestimmte Curricula für den naturwissenschaftlichen Aspekt des Sachunterrichts in der Grundschule sowie für die Orientierungsstufe (Klasse 5/6) stellen nicht (mehr) auf bestimmte Themen, sondern vielmehr und eigentlich auf *Methoden* des Wissenserwerbes ab (beobachten, protokollieren, klassifizieren, Hypothesen formulieren, Vorhersagen treffen usw. . .).
Auch bei der Charakterisierung bestimmter Berufsfelder bedient man sich – aus didaktischen Gründen – der dort jeweils angewandten, typischen Methoden: „montieren, bedienen und überwachen, zeichnen und reproduzieren; Material verarbeiten; *untersuchen und messen;* sichern, in Ordnung halten, bebauen und züchten, wirtschaften, verwalten, betreuen . . ."

Es soll versucht werden, Teile eines solchen Ansatzes am Beispiel „Messen und Prüfen" für die Sekundarstufe I zu exemplifizieren. Kriterium für die Auswahl des Themas war dabei sicherlich, daß das Messen die schlechthin überall anzutreffende Methode quantitativer Kommunikation über Sachen oder Sachverhalte ist, daß es aber zugleich für den Bereich von Naturwissenschaft und Technik gera-

[1]) Vgl. Forum Technische Bildung S 2–78, S. 3; s. dazu auch: *Traebert, W./Spiegel, H. R.,* Technik als Schulfach, Düsseldorf 1976, S. 65.
[2]) *Helling, K.;* in: Technik als Schulfach, a.a.O., S. 167–193.
[3]) *Hammer, E.:* BFuP 1968, H. 7/8, S. 417.

dezu konstitutiv ist. Beinahe alle, insbesondere alle modernen Formen von Technik basieren auf exakter Meßtechnik; kein Naturwissenschaftler vermag heute noch ohne Unterstützung durch Meßgeräte Aussagen zu machen, die mehr als trivial sind.[4]) Didaktisch legitimiert aber auch dadurch, daß Meßgeräte als eine Art „Organersatz" des Menschen interpretierbar sind und insofern das Fehlen oder die ungenügende Eignung menschlicher Sinne für die Erfassung bestimmter Informationen kompensieren.[5]) Dementsprechend üben sie im allgemeinen Wandlerfunktion aus, d.h. sie wandeln eine vorliegende Information in eine dem Menschen zugängliche, leichter handhabbare oder genauer erfaßbare Form um.

In neuerer Zeit wird diese am Menschen orientierte Kompatibilität, zumindest im produktionstechnischen Bereich, mehr und mehr durch Anpassung an elektronische Schreiber, Speicher und Rechner abgelöst, da auf diese Weise die notwendigen Informationen leichter und ohne zeitraubende und fehlerbehaftete Übertragung in das betriebliche Datensystem Eingang finden können.

Das bedeutet jedoch, daß zusätzlich zur Verlagerung menschlicher Tätigkeit in Produktionsbetrieben auf die Bereiche des Messens, Prüfens und Überwachens – eine Folge fortschreitender Automatisierung – auch ständig die Anforderungen an diejenigen sich ändern, die in solchen Funktionen tätig sind.[6])

Offenbar handelt es sich um einen Bereich zunehmender Bedeutung im Verhältnis Mensch/Produktion mit ständig steigender Kompliziertheit und damit erschwerten Zugangsvoraussetzungen. Ein Gebiet, das noch stärker als andere dazu neigt, dem Menschen die Indirektheit seiner Beziehung zur modernen Technik vor Augen zu führen und das damit auch aus diesem Grunde der Aufarbeitung bedarf, soll die Alternative zwischen Resignieren und Räsonnieren nicht das gestörte Verhältnis des heutigen Menschen zu der von ihm selbst geschaffenen Technik auf Dauer kennzeichnen.

Der Umfang der Thematik und der Beiträge macht es erforderlich, die Bearbeitung auf zwei Hefte zu verteilen. In diesem Heft wird an drei Beispielen die Ermittlung relativ einfacher Meßgrößen (Kraft, Länge, Temperatur) vorgestellt. Diese Größen haben einen verhältnismäßig hohen Bekanntheitsgrad und treffen daher – auch aus dem Physikunterricht – vermutlich auf einen erheblichen Vorwissensstand der Schüler. Darüber hinaus ergibt sich bei ihnen auch eine einfache alternative „Meß"-möglichkeit durch *Abschätzung,* die übrigens in der industriellen Realität auch heute noch häufig anzutreffen ist und – bei einiger Übung – zu erstaunlich genauen Ergebnissen führen kann. Bei Schülern jedoch dürfte diese Methode ihre Unzulänglichkeit schnell offenbaren und damit die Notwendigkeit „genauer" Meßverfahren begründen helfen.

Während der Beitrag von S. Hirschel eine dem Physikunterricht nahestehende Thematik (Kräfte an der schiefen Ebene) am Beispiel einer Zahnradbahn thematisiert, greift H. J. Berghoff in zwei Beiträgen die Themen Längenmessung und Temperaturmessung auf. In beiden Bearbeitungen ist eine mechanische „Wandlerfunktion" des Meßgerätes von besonderer Bedeutung; es werden daher nicht nur meßtechnische, sondern zugleich auch getriebetechnische Probleme berührt. Die Wahl des Beispiels zur Längenmessung bedingte zugleich die Einbeziehung der Maßstabsproblematik – ein Aspekt des Themas, der zwar nicht ausschließlich, aber doch häufig in der Technik vorkommt (technische Zeichnungen, Modelle, Skalengestaltung).

2. Zur didaktischen Begründung

Unser naturwissenschaftlich-technisches Weltbild wurde in entscheidendem Maße geprägt durch das zunehmende Bestreben des Menschen, das, was meßbar ist, auch meßbar zu machen. So erhaltene Werte ermöglichten erstmals, bis dahin nur *einschätzbare* Qualitäten in exakt und objektiv gültige Quantitäten zu überführen. Einer der bekanntesten Naturphilosophen kennzeichnete vor nicht langer Zeit einmal das Bestreben exakter Wissenschaft damit, daß sie bemüht sei, immer mehr Qualitäten in Quantitäten zu überführen. Quantitäten aber erhält man durch Messen und Meßverfahren. Galilei wird der Hauptimpuls zugeschrieben, die Naturwissenschaft als messende Wissenschaft par excellence entwickelt zu haben, sie überhaupt aus dem Bereich subjektiven und oft spekulativen Vorgehens hinaus in das Forschen nach exakt beschreibbaren Quantitäten geführt zu haben: „Messen, was meßbar ist, meßbar machen, was nicht meßbar ist." Folgerichtig ergab sich aus der einfachen Einsicht, daß der menschliche Organismus nicht in der Lage ist, die naturwissenschaftlich interessanten Effekte mit Hilfe seiner Sinne zu erfassen – dies schon gar nicht mit der nötigen Exaktheit und Wiederholbarkeit –, ein zunehmender Bedarf nach (technischen) Geräten, die diese Funktion übernehmen.

---

[4]) *Gehlen, A.:* ZVDI 104 (1962) Nr. 15, S. 675.

[5]) Forum Technische Bildung S 4–77, S. 4.

[6]) Vgl. dazu *Schmidt, H.:* Die Entwicklung der Technik als Phase der Entwicklung des Menschen. ZVDI 96 (1954) Nr. 5, S. 118ff.

Erst in diesem Jahrhundert wurde das Kriterium der Meßbarkeit übertragen auf früher „typische" Geisteswissenschaften, die empirische (quantitative) Forschung gewann auch in der Psychologie und Soziologie ebenso wie in den ökonomischen Disziplinen zunehmend an Boden, zum Teil sicherlich begünstigt durch die neuerliche Aufwertung des Positivismus. Nicht umsonst fordert auch für die Pädagogik Heinrich Roth wohl zu Recht, daß man – nachdem die Hilfswissenschaften der Pädagogik messende Wissenschaften seien – dies nun endlich zu übertragen habe auf die Pädagogik selbst.

Das Bedürfnis, Maße und Meßverfahren zu entwikkeln, entstand vermutlich schon sehr früh. So schreibt man den Ägyptern – erzwungen durch die jährlichen Nilüberflutungen – die ersten exakten Landvermessungen zu. Bekannt ist, daß die meisten Maße mittelbar oder unmittelbar auf Vergleichsgrößen des menschlichen Körpers bezogen waren. Dies hat sich auch in unserem Kulturbereich sehr lange erhalten, man erinnere sich nur an Elle, Fuß und Schuh als Maßgrundlagen.

Relativ leicht ergab sich eine allgemeine Zeitmeßbasis für die meisten Kulturen durch den Wechsel zwischen Tag und Nacht; die Sonne wurde erst in neuerer Zeit als Zeitbasis uninteressant. Zeitmeßverfahren ergaben sich zunächst durch Pendeltakte, deren Konstanz im Mittelalter entdeckt wurde, danach durch Heranziehung der Schwingungsfrequenzen elektrischer Felder. Das Grundmaß für die Länge, über Jahrtausende durch den menschlichen Schritt charakterisiert, wurde erst in neuerer Zeit auf den Erdumfang bezogen (Urmeter); auch dies ist inzwischen physikalisch uninteressant und ersetzt durch den Vergleich mit der Wellenlänge einer definierten Lichtfarbe einer ganz bestimmten Isotopstrahlung.

Exakte Meßwerte sind um so wichtiger, je stärker sie als Ausgangsbasis zur Automatisierung bzw. Regelung technischer Prozesse herangezogen werden, je mehr der Mensch als „Meßgerät" in dieser Beziehung ausgeschaltet wird. Sie sind darüber hinaus Vorbedingung jeder exakten Fertigung, denn kein Erzeugnis kann genauer bestimmt (und produziert) werden, als es das benutzte Meßinstrument selbst leistet. Da auch dessen Genauigkeit natürlich begrenzt ist, ergibt sich schon daraus die Unmöglichkeit absolut exakter Fertigung – oder anders ausgedrückt, die Notwendigkeit, Toleranzen als erlaubte Abweichung vom theoretischen Wert zuzugestehen. Dieser Begriff wiederum deckt eine für die Technik typische Querverbindung zur Ökonomie auf: technische Genauigkeit ist ein Kostenfaktor erheblichen Gewichts. Es leuchtet ein, daß hohe Exaktheit zwar grundsätzlich wünschenswert, wenngleich nicht überall erforderlich ist, andererseits aber auch aufwendig in Produktion und Überprüfung (Meßverfahren) bzw. Ausschußquote. Da die Tendenzen von Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit gegenläufig sind, ergibt sich als Lösung nur der Kompromiß: so genau wie nötig, so kostengünstig wie möglich.[7]) Exaktheit „um ihrer selbst willen", als Eigenwert, ist – obwohl dem Techniker oft angedichtet – eigentlich untechnisch, wenn nicht vom *Verwendungszweck* legitimiert. Die Frage aber, ob ein bestimmtes technisches Erzeugnis als „genügend genau" angesehen werden kann – eine Kernfrage der Technik in fast allen ihren Anwendungsgebieten – ist in aller Regel erst beantwortbar, wenn Meßgerät und Meßverfahren definiert sind. Insofern ist die hier diskutierte Thematik integrierter (und nicht zusätzlicher) Bestandteil von Technik schlechthin, da sie Voraussetzung für ihre Handhabung ist.

Technische Meßwerte sollen häufig Aussagen machen über das Verhalten eines technischen Objektes in ganz bestimmten Verwendungssituationen. Die Meßverfahren sind daher oft als „Simulationen" der realen Einsatzbedingungen interpretierbar bzw. sie bilden die Realität „original" ab (Test).

Es ergeben sich zwei fundamentale Problemstellungen aus der Sicht des Technikunterrichts:

1) Die Handhabung von *Meßgeräten* ist eine Kulturtechnik des Umgangs mit der Technik. Meßgeräte erlauben Kommunikation mit technischen Objekten, aber auch mit bestimmten naturgesetzlich funktionierenden Teilbereichen des menschlichen Organismus. Sie verbessern damit auch unsere Information über uns selbst.

2) Die Entwicklung von *Meßverfahren* ist als Erfindungsauftrag Anbahnung von Erkenntnis der Natur. Sollen die Ergebnisse von Meßverfahren sinnvoll sein, muß das Verfahren dem zu messenden Sachverhalt entsprechen, diesem „angemessen" sein; das Meßverfahren muß daher den Zweck der Messung berücksichtigen. Messen dieser Art setzt die Fähigkeit zur Antizipation des mutmaßlichen Zwekkes ebenso voraus, wie die zur Interpretation des Meßwertes und seiner Bedeutsamkeit.

Meßgeräte und Meßverfahren sind somit nicht nur integrierter Bestandteil der Technik und damit auch des Technikunterrichts, sie sind unentbehrliches Hilfsmittel der Orientierung in der realen Welt. Dies begründet ihr Gewicht bei didaktischen Fragestellungen und Maßnahmen.

---

[7]) Vgl. *Sanfleber, H., Traebert, W.:* Technik zwischen Macht und Mangel, Düsseldorf 1978, S. 55.

Siegfried Hirschel

Zahnradbahnen

Messen von Kräften an der schiefen Ebene

Unterrichtsbeispiel aus der Sekundarstufe I, durchgeführt in der Holzkampschule (Hauptschule) Witten in einem 8. Schuljahr (14 Jungen, 2 Mädchen).
Zeit: zwei Doppelstunden.
Arbeitsmaterial: 3 Baukästen u-t 1, ein Elektromotor aus u-t 2, ein Getriebe, 4 Spurkränze, ein großer Winkelmesser, Stativmaterial aus der Physiksammlung, Kraftmesser.

1. Lernziele

Die Schüler sollen
a) in verschiedenen Versuchen die Hangabtriebskraft und die Normalkraft mit dem Kraftmesser messen und dabei entdecken, daß Kräfte zerlegt werden können,
b) an der schiefen Ebene wirkende Kräfte (H, N, G) zeichnerisch darstellen können,
c) mit Hilfe der Resultierenden G Teilkräfte (H, N) zeichnerisch darstellen können,
d) eine Tabelle mit selbst gefundenen Meßergebnissen interpretieren und die Abhängigkeit der Kräfte voneinander erkennen.

2. Anfangssituation

Diese Stunde folgte einer Unterrichtsstunde „Konstruktion von Zahnradbahnen". Aufgrund des Physikunterrichts war den Schülern die physikalische Größe „Kraft" bekannt, die durch ihren Angriffspunkt, ihre Größe und Richtung bestimmt wird (Abb. 1).

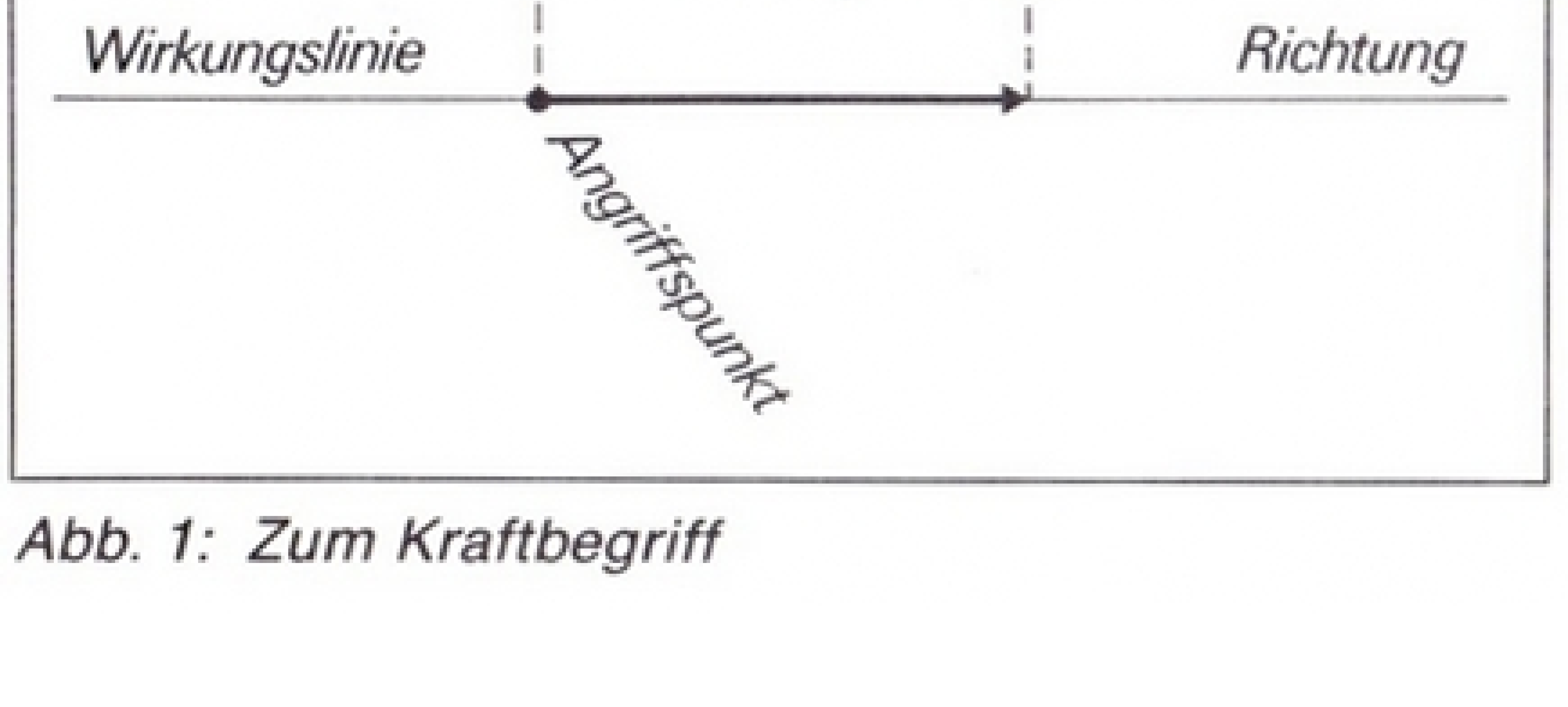


Abb. 1: Zum Kraftbegriff

3. Problemstellung

„Wie wir gesehen haben, können Zahnradbahnen große Steigungen überwinden. Wir wollen heute untersuchen, welche Kräfte bei der Überwindung solcher Steigungen wirken. Diese Kräfte sollen gemessen und anschließend gezeichnet werden."

4. Unterrichtsverlauf

Nach der Schwerpunktbestimmung einer Zahnradbahn (Modell) von 300 p (≈ 3 N) wurde diese auf eine schiefe Ebene mit einer Steigung von 30° gestellt. Um die Schüler nicht zu verwirren und um nicht extreme Werte zu erhalten, begannen die Messungen nicht bei 0°.
„Wir messen die Normalkraft N, die Kraft also, die im rechten Winkel auf die schiefe Ebene wirkt (Tafelbild: Abb. 2).
Die Zahnradbahn wird durch Eingriff des Zahnrades in die Zahnstange gehalten. Das Ablesen der Ergebnisse erfolgt beim Abheben der Zahnradbahn von der Zahnstrecke." (Vgl. Abb. 3).
Die Schüler schätzten vor dem Versuch die Normalkraft N zwischen 50 p (≈ 0,5 N) und 100 p (≈ 1 N).
Die gefundenen Meßergebnisse wurden in eine vorbereitete Tabelle (Tabelle 1) eingetragen.

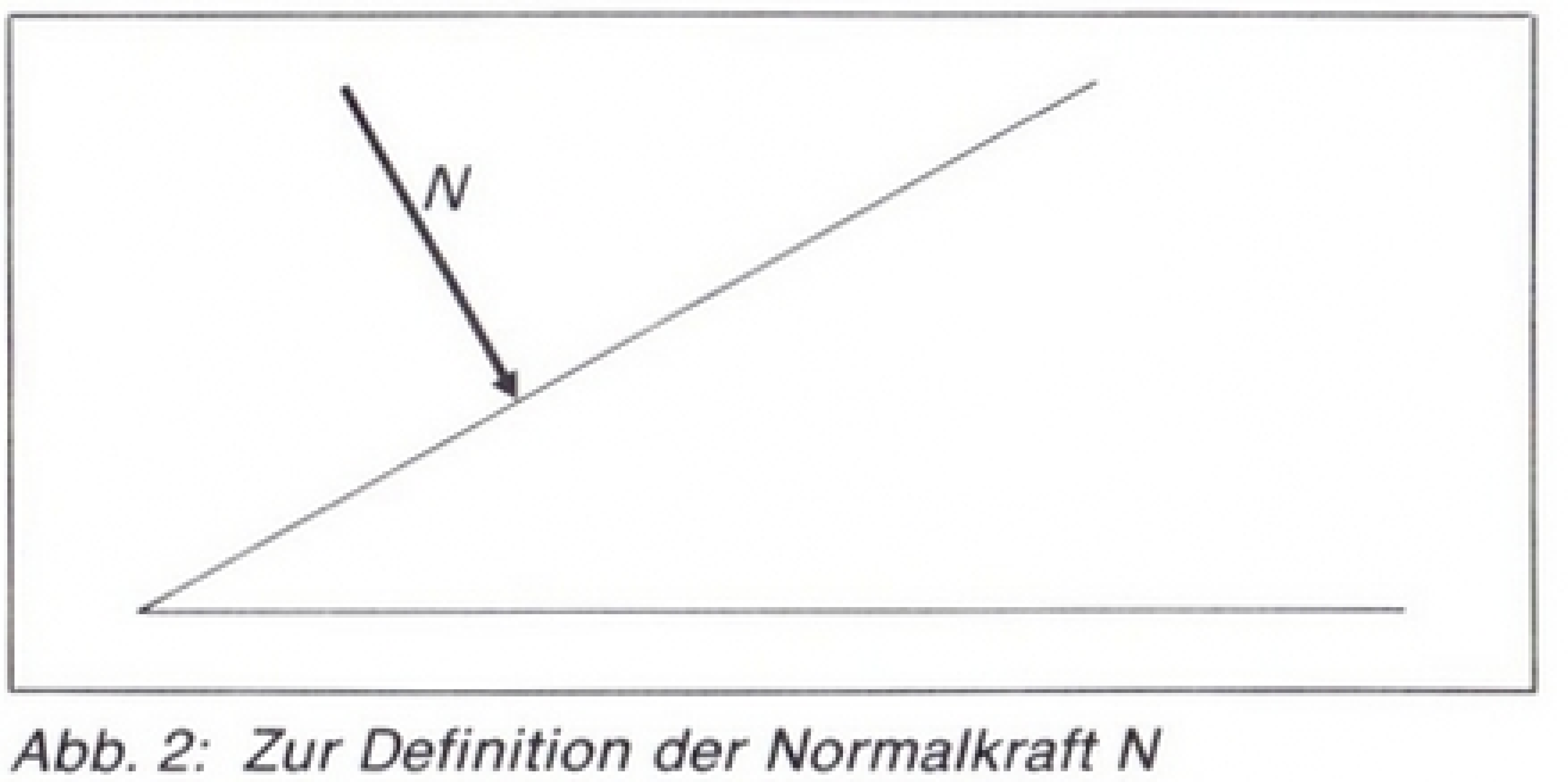


Abb. 2: Zur Definition der Normalkraft N

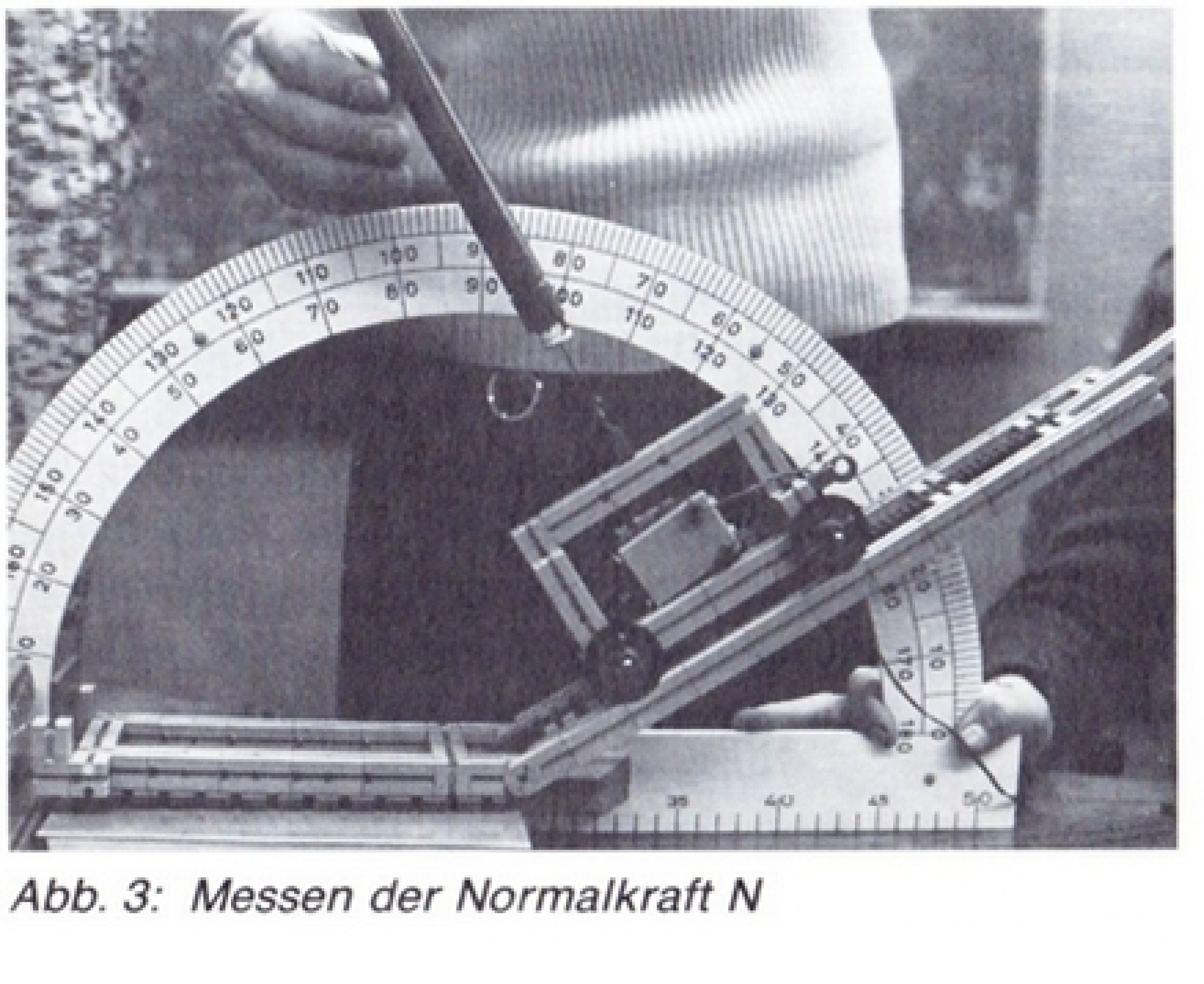


Abb. 3: Messen der Normalkraft N

Neigungswinkel (Grad)	N (p)	G (p)
0	300 (≈ 3 N)	300 (≈ 3 N)
10	290 (≈ 2,9 N)	300
20	280 (≈ 2,8 N)	300
30	260 (≈ 2,6 N)	300
40	230 (≈ 2,3 N)	300
45	210 (≈ 2,1 N)	300
50	190 (≈ 1,9 N)	300
60	150 (≈ 1,5 N)	300
70	100 (≈ 1,0 N)	300
80	50 (≈ 0,5 N)	300
90	0	300

Tabelle 1: Meßwerte der Normalkraft N

Während der Messungen erkannten die Schüler, daß N, je mehr sich der Neigungswinkel 90° nähert, sehr klein wird.
Die Messungen von 70° bis 90° sind z. T. geschätzte Werte, da die Zahnradbahn aufgrund ihres relativ hoch gelegenen Schwerpunkts aus der Zahnstrecke fiel.

„Wir messen die Hangabtriebskraft H, die abwärtstreibende Kraft, die die Zahnradbahn die schiefe Ebene hinuntertreiben würde (Tafelbild: Abb. 4). Gemessen wird parallel zur schiefen Ebene. Das Zahnrad befindet sich nicht im Eingriff" (vgl. Abb. 5).
Die Messungen erfolgten z. T. zwei- bis dreimal, um genauere Werte zu erhalten. Bei dieser Messung waren die Schüler in ihren Vermutungen vorsichtiger. Sie vermuteten eine ähnliche Entwicklung wie bei der Normalkraft.

Neigung (Grad)	H (p)	N (p)	G (p)
0	0	300 (≈ 3,0 N)	300 (≈ 3,0 N)
10	50 (≈ 0,5 N)	290 (≈ 2,9 N)	300
20	100 (≈ 1,0 N)	280 (≈ 2,8 N)	300
30	150 (≈ 1,5 N)	260 (≈ 2,6 N)	300
40	190 (≈ 1,9 N)	230 (≈ 2,3 N)	300
45	210 (≈ 2,1 N)	210 (≈ 2,1 N)	300
50	230 (≈ 2,3 N)	190 (≈ 1,9 N)	300
60	260 (≈ 2,6 N)	150 (≈ 1,5 N)	300
70	280 (≈ 2,8 N)	100 (≈ 1,0 N)	300
80	290 (≈ 2,9 N)	50 (≈ 0,5 N)	300
90	300 (≈ 3,0 N)	0	300

Tabelle 2: Meßwerte der Hangabtriebskraft H und der Normalkraft N

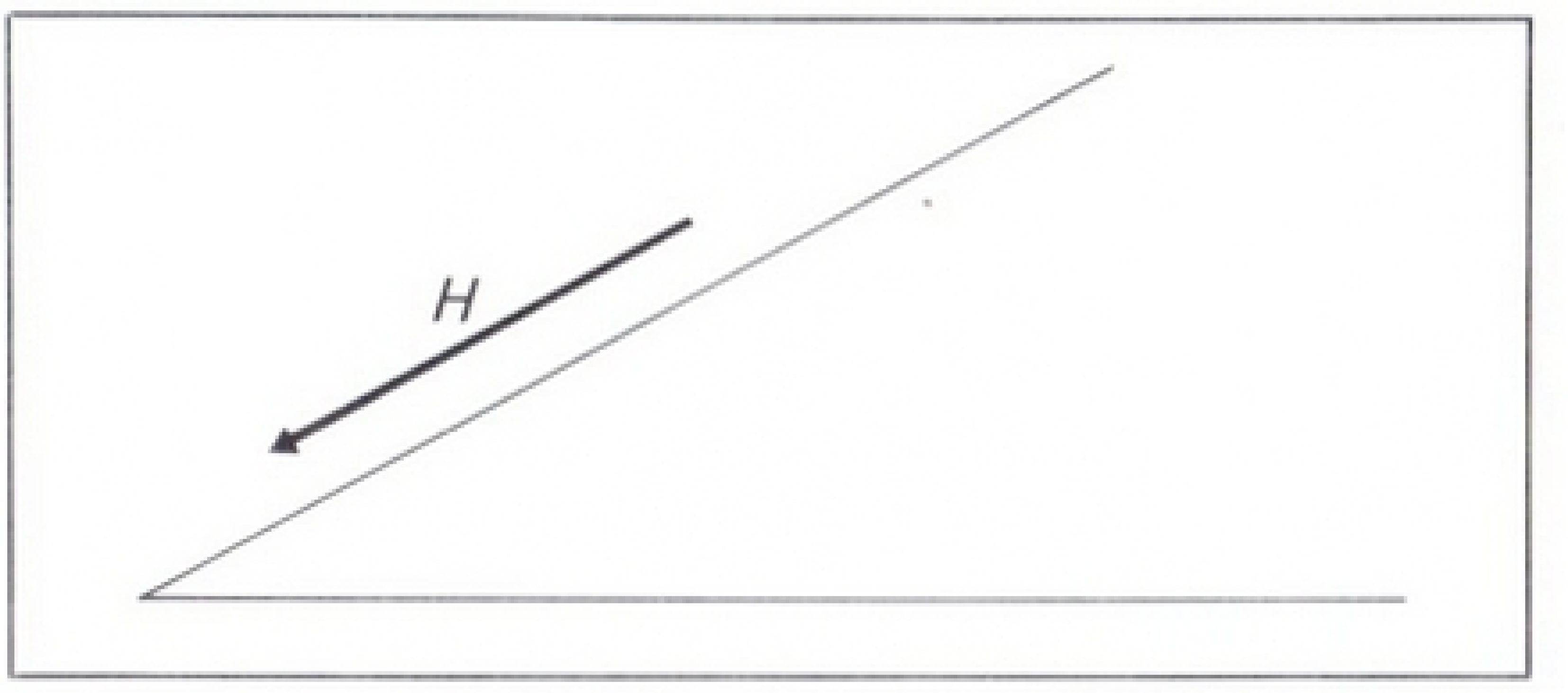


Abb. 4: Zur Definition der Hangabtriebskraft H

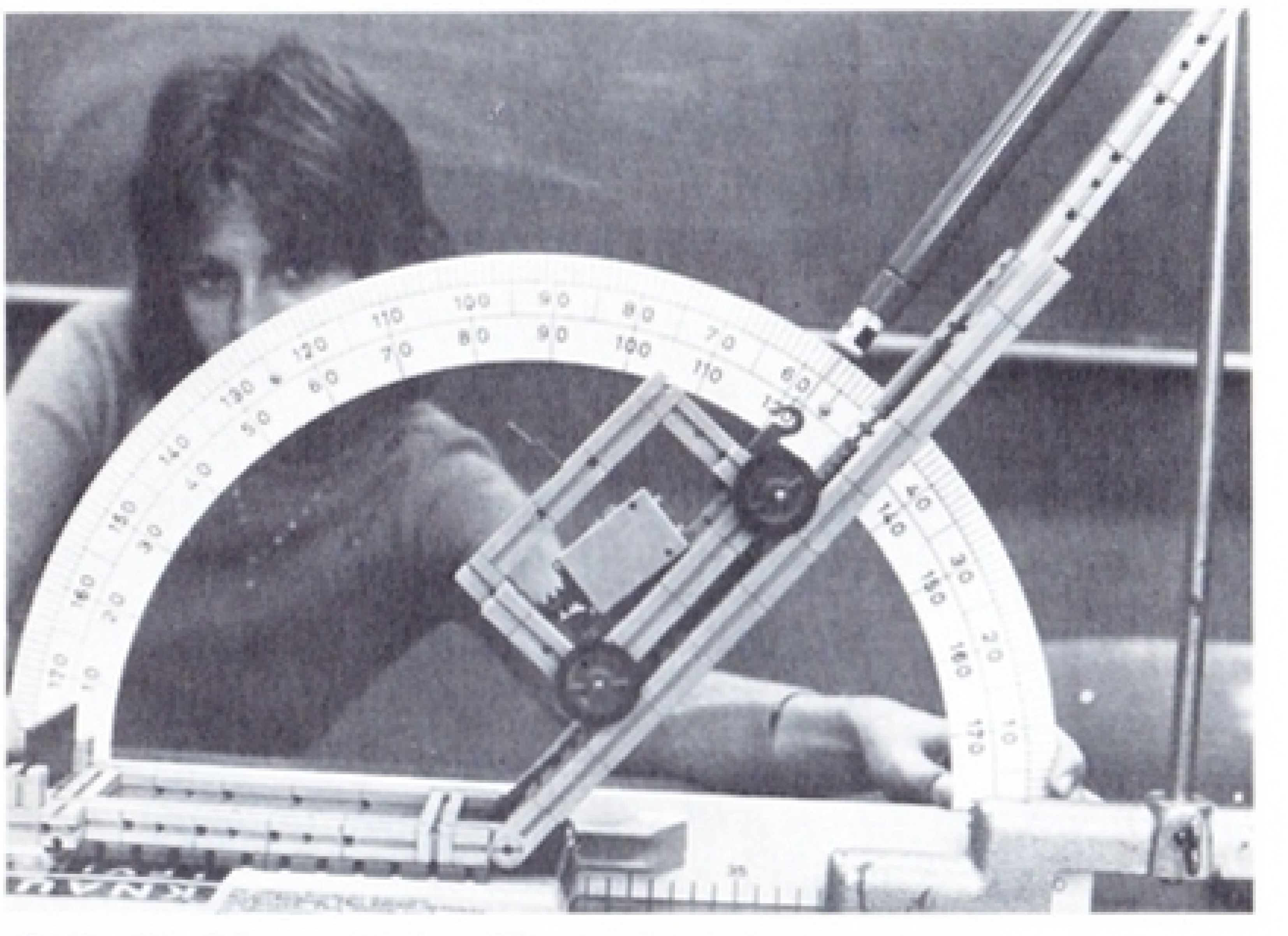


Abb. 5: Messen der Hangabtriebskraft H

Die Meßergebnisse wurden wieder in eine Tabelle nach dem Muster der Tabelle 1 eingetragen. Anschließend wurden die beiden Tabellen für N und H zu einer einzigen Tabelle (Tabelle 2) zusammengefaßt. Ergebnisse:
1) Je größer die Steigung, um so größer wird die Hangabtriebskraft H.
2) Je größer die Steigung, um so kleiner wird die Normalkraft N.
3) Bei 45° sind die Kräfte H und N gleich groß.
4) Bei 0° entspricht die Normalkraft N der Gewichtskraft G.
5) Bei 90° entspricht die Hangabtriebskraft H der Gewichtskraft G.

Da es sich bei den gefundenen Meßwerten nur um Näherungswerte handeln konnte, wurde der Tabelle 2 eine mit exakten Rechenwerten gegenübergestellt. (Der Rechenvorgang wurde den Schülern nicht einsichtig gemacht.)
Beispiele:
Berechnung der Normalkraft N bei 30° Steigung und G = 300 p (≈ 3,0 N):

$$\cos \alpha = \frac{N}{G}$$
$$N = G \cdot \cos \alpha$$
$$N = 300\ p \cdot 0{,}8660$$
$$N = 259{,}8\ p\ (\approx 2{,}6\ N)$$

Berechnung der Hangabtriebskraft H bei 30° Steigung und G = 300 p (≈ 3,0 N):

$$\sin\alpha = \frac{H}{G}$$
$$H = G \cdot \sin\alpha$$
$$H = 300\ p \cdot 0{,}5000$$
$$H = 150\ p\ (\approx 1{,}5\ N)$$

Ähnlich ließe sich die Gewichtskraft G bei den vorgegebenen Größen H und N berechnen. Tabelle 3 führt die auf dieser Rechengrundlage gefundenen Werte auf.

Neigung (Grad)	H (p)	N (p)	G (p)
0	0	300,0	300
10	52,1	295,4	300
20	102,6	281,9	300
30	150,0	259,8	300
40	192,8	229,8	300
45	212,1	212,1	300
50	229,8	192,8	300
60	259,8	150,0	300
70	281,9	102,6	300
80	295,4	52,1	300
90	300,0	0	300

Tabelle 3: Rechenwerte der Hangabtriebskraft H und der Normalkraft N

In der Gegenüberstellung der Tabellen 2 und 3 kamen die Schüler zu gleichen Ergebnissen wie schon erwähnt.

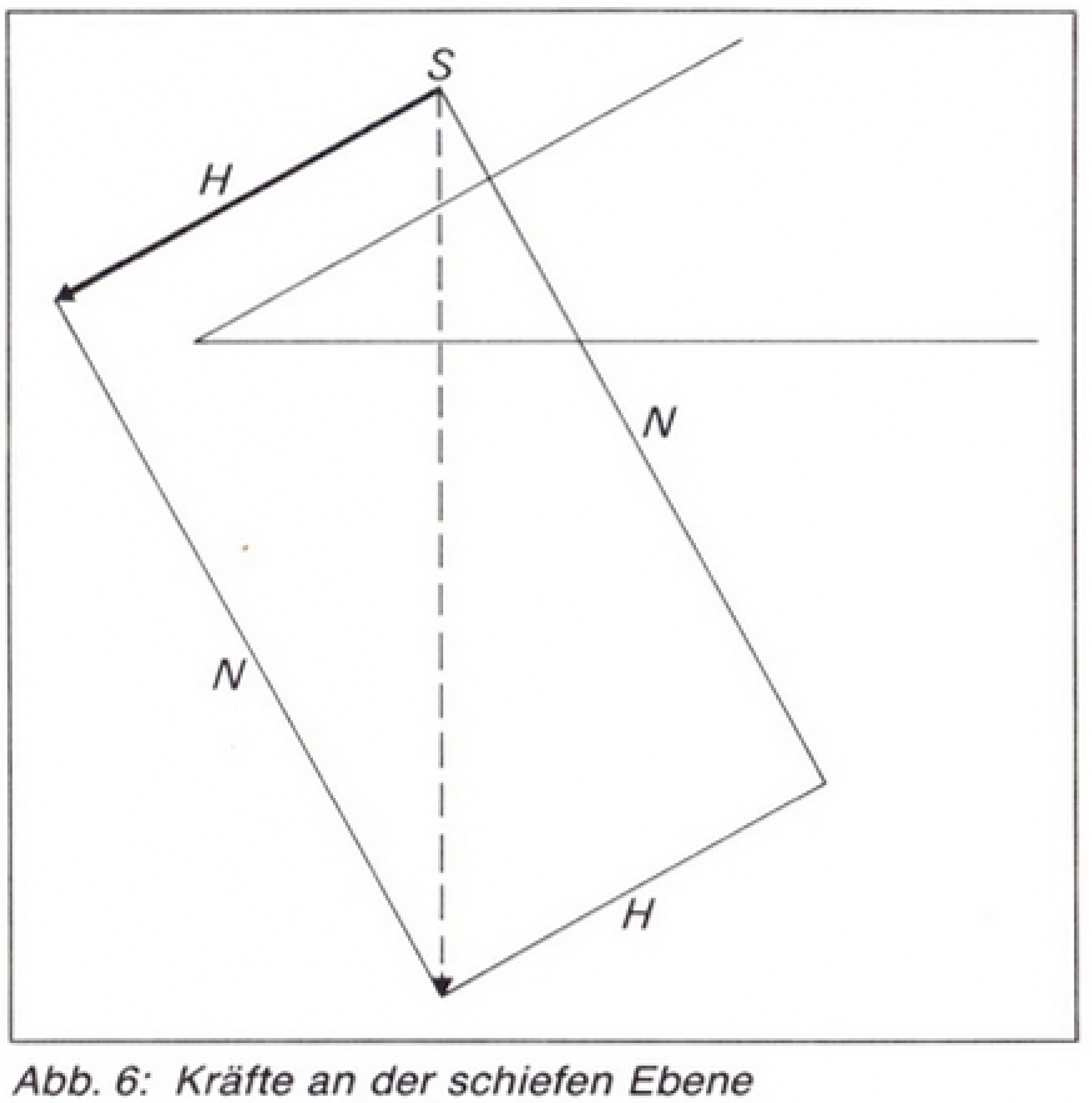


Abb. 6: Kräfte an der schiefen Ebene

Die sich anschließende, von zwei Schülern an der Tafel durchgeführte Zeichnung (Abb. 6) bereitete insofern Schwierigkeiten, da anscheinend Parallelverschiebungen nicht hinreichend bekannt waren. Nach Kennzeichnung der Vektoren H und N stellten die Schüler Mutmaßungen darüber an, um welche Größe es sich bei der gestrichelt markierten Kraft handeln könne. Einige Schüler äußerten spontan, daß es sich um die Gewichtskraft G handeln müsse, einige hatten keine Vorstellung. Erst durch Nachmessen dieser Größe wurde allen der Tatbestand klar.
Eine sich anschließende Reflexion über die Lage der Vektoren zueinander trug zur endgültigen Klärung bei.

Die Stunde wurde beendet durch Aufgaben, die die Schüler nach ihrer Wahl zeichnerisch lösen konnten.

a) gegeben: G, Steigung
   gesucht: N, H
b) gegeben: N, H, Steigung
   gesucht: G

Der zweite Aufgabentyp wurde von den meisten Schülern gewählt und größtenteils richtig gelöst.

Schülerzeichnungen

a) Zeichnung der Schülerin Beate R. (Abb. 7).
Gegeben: G = 100 p (≈ 1 N),
Steigungswinkel: 40°
M = 1 : 20
Nach der Zeichnung ergeben sich folgende Werte:
H = 60 p (≈ 0,6 N)
N = 80 p (≈ 0,8 N)
Rechnung: $N = G \cdot \cos\alpha$
$N = 76{,}6\ p\ (\approx 0{,}766\ N)$
$H = G \cdot \sin\alpha$
$H = 64{,}28\ p\ (\approx 0{,}64\ N)$

b) Zeichnung des Schülers Stephan S. (Abb. 8).
Gegeben: H = 259,8 p (≈ 2,6 N)
N = 150 p (≈ 1,5 N)
Steigungswinkel: 60°
M = 1 : 100
Nach der Zeichnung ergibt sich folgender Wert:
G = 300 p (≈ 3,0 N)
Rechnung:

$$G = \frac{N}{\cos\alpha} \qquad\qquad G = \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$G = \frac{N}{0{,}5} \qquad \text{oder:} \qquad G = \frac{H}{0{,}8660}$$

$$G = 300\ p \qquad\qquad G = 300\ p$$

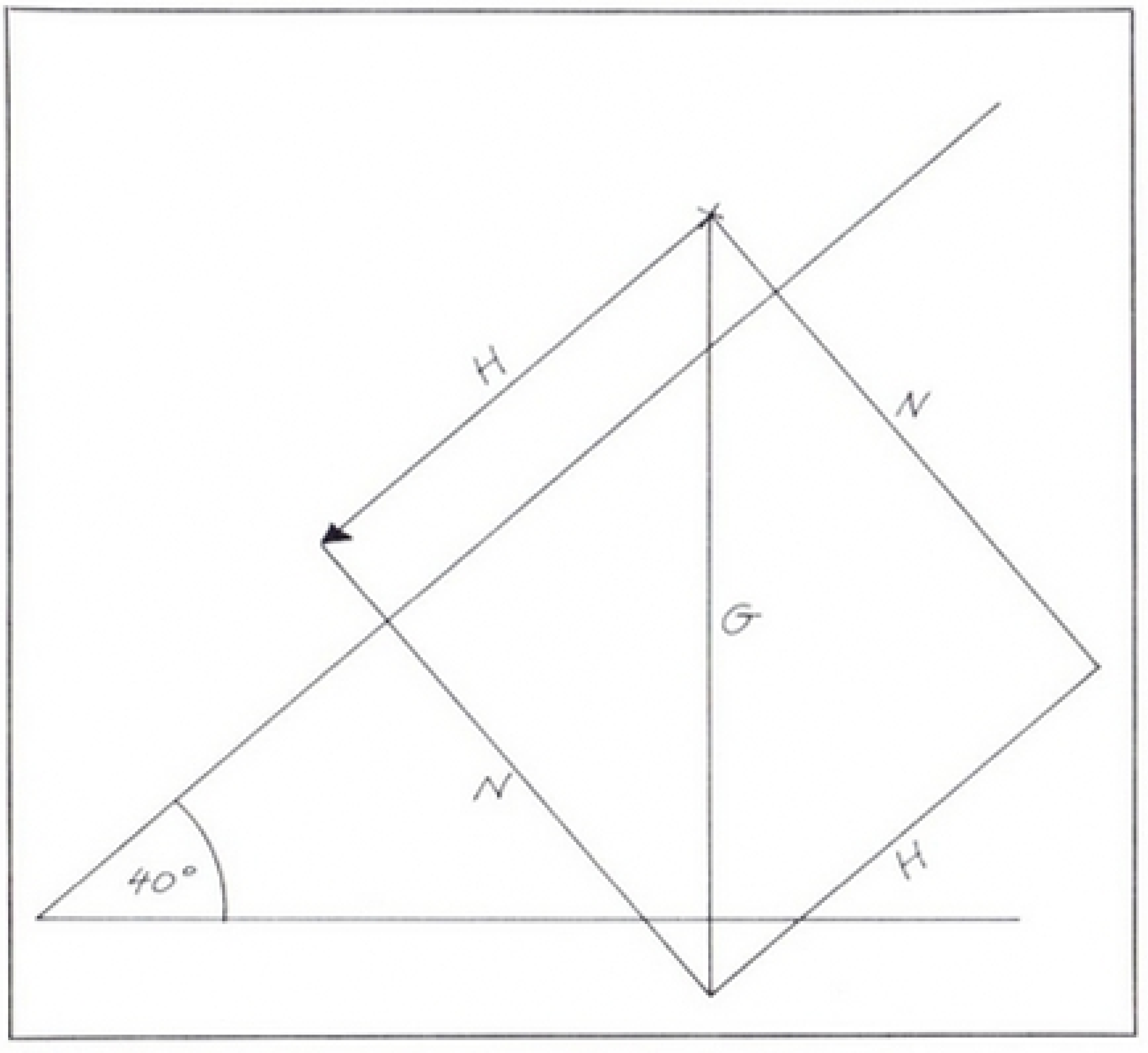


Abb. 7: Schülerzeichnung Aufgabentyp a)

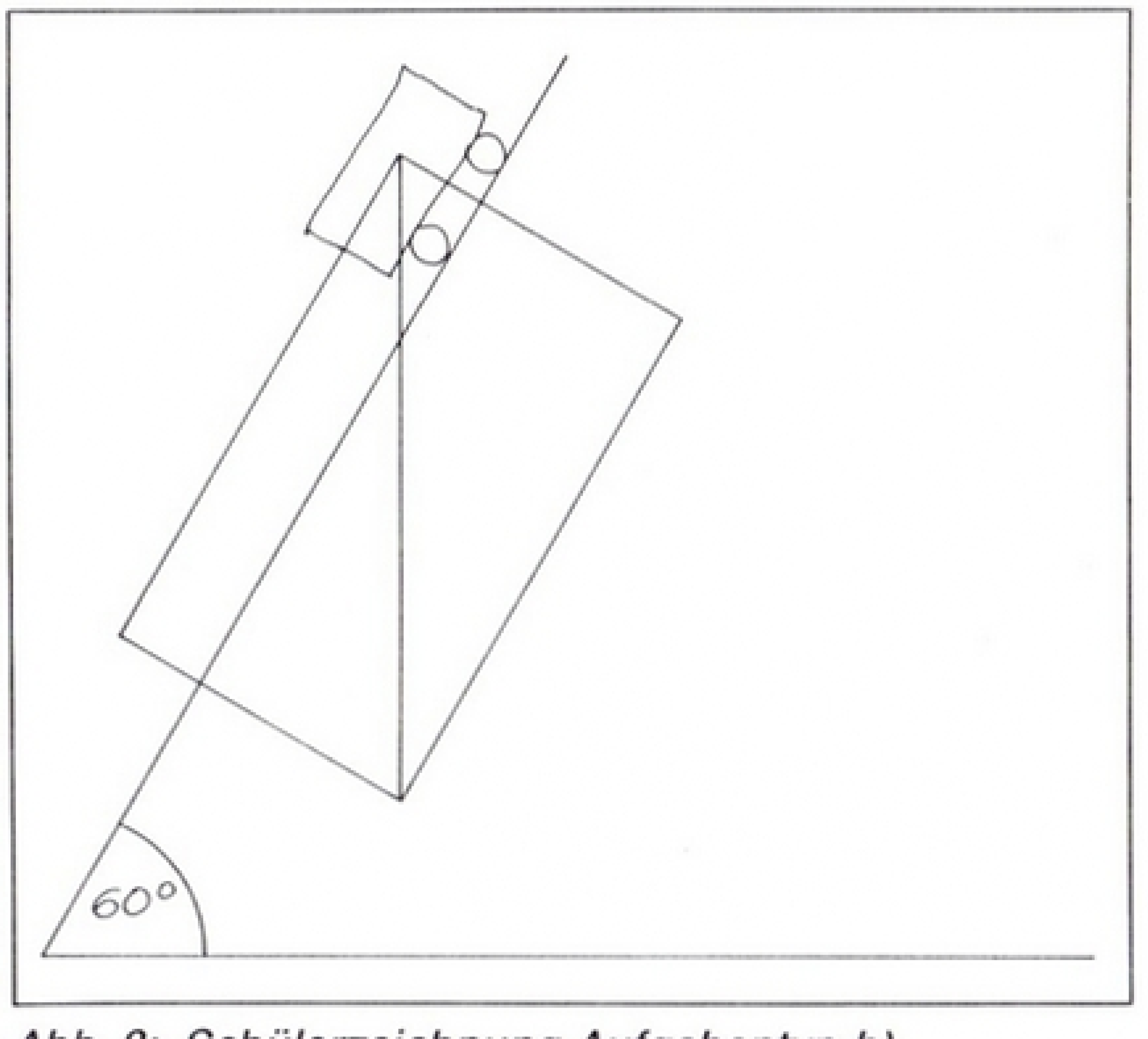


Abb. 8: Schülerzeichnung Aufgabentyp b)

Anmerkungen

a) Die Normalkraft und die Hangabtriebskraft konnten nur bis zu 70° gemessen werden, die höheren Werte beruhen auf Schätzungen. Bei Werten von 80° und 90° fiel die Zahnradbahn aus der Zahnstrecke. Die Schüler erkannten, daß diese Tatsache auf den relativ hoch gelegenen Schwerpuauf nkt der Zahnradbahn zurückzuführen war. Es konnte keine Möglichkeit gefunden werden, den Schwerpunkt tiefer zu legen, da die spurmittig verlegte Zahnstange als Störfaktor wirkte.

b) Da viele Schulsammlungen noch nicht auf SI-Einheiten umgestellt sein dürften, haben wir hier beide Maßsysteme nebeneinander gestellt.

Hans Josef Berghoff

Strecken-Messung

Bau eines Laufrad-Kilometerzählers für Landkarten

Klasse 6 (Ende des Schuljahrs),
16 Jungen, 12 Mädchen
Hauptschule Mühlenberg, Arnsberg 1

Zeit: 7 Unterrichtsstunden

Material: 14 u-t 1, Spurkränze aus u-t 2, Papier- oder Pappscheiben

Endziel:
Die Schüler sollen einen brauchbaren Kilometerzähler für Landkarten bauen.

Teilziele:
vorfachlich:
1. Die Schüler sollen verschiedene Möglichkeiten der Kilometermessung für Landkarten nennen.

fachlich:
2.1. Die Schüler sollen die Bestandteile eines Laufrad-Kilometerzählers aufzählen und deren Funktionen nennen:
a) Laufrad, mit dem man auf der Karte fährt;
b) Übertragungsteil (Getriebe), um möglichst große Strecken messen zu können;
c) Skala zum Ablesen der zurückgelegten Kilometer.
2.2. Die Schüler sollen die wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Bauteile erkennen und die bestehenden Beziehungen zwischen ihnen erarbeiten:
a) Der Umfang des Laufrades hat Auswirkungen auf die Kapazität der Skala.
b) Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes hat Auswirkungen auf die Kapazität der Skala.
c) Die Kilometerabstände auf der Skala sind abhängig vom Maßstab der Karte.
3. Die Schüler sollen die Umfänge der Räder aus u-t 1 bestimmen.
4. Die Schüler sollen Übersetzungsverhältnisse bestimmen und gemäß der Übersetzungsverhältnisse die Größe der Sektoren auf der Skala angeben und

dementsprechend die Kilometerangaben auf der Skala einzeichnen.
5. Die Schüler sollen die Modelle auf Funktionstüchtigkeit prüfen und eventuelle Mängelursachen beheben oder benennen können.

Die erste Doppelstunde

Sie diente der Hinführung zur Aufgabe, der groben theoretischen Abklärung von Einzelproblemen und ersten Bauversuchen, die es in einer nachfolgenden Einzelstunde zu analysieren galt, so daß zu Beginn der nächsten Doppelstunde gezielte und exakte Planung der Modelle möglich wurde.

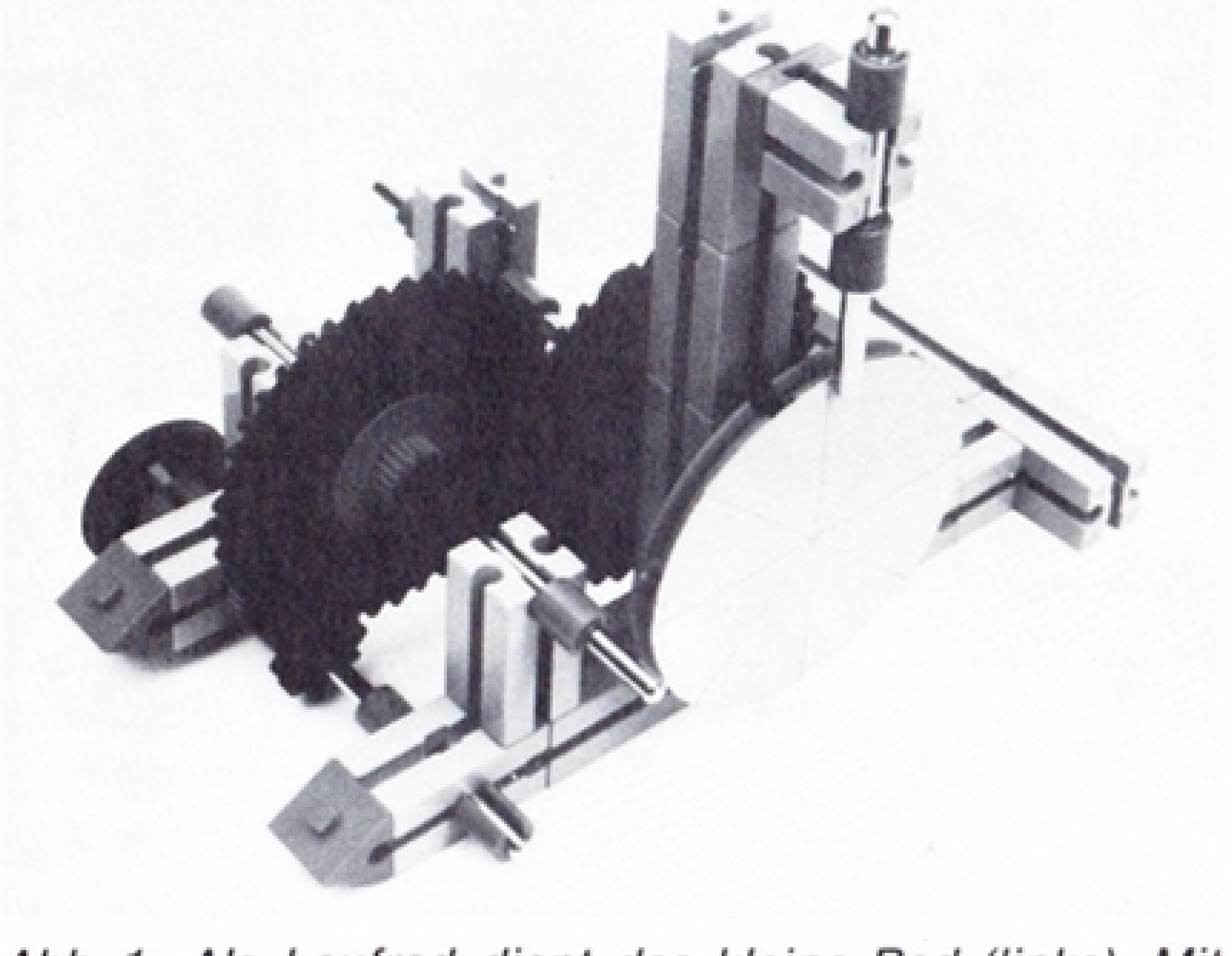


Abb. 1: Als Laufrad dient das kleine Rad (links). Mit doppelseitigem Klebeband ist die Skala auf der Drehscheibe befestigt. Der Zeiger steht fest.

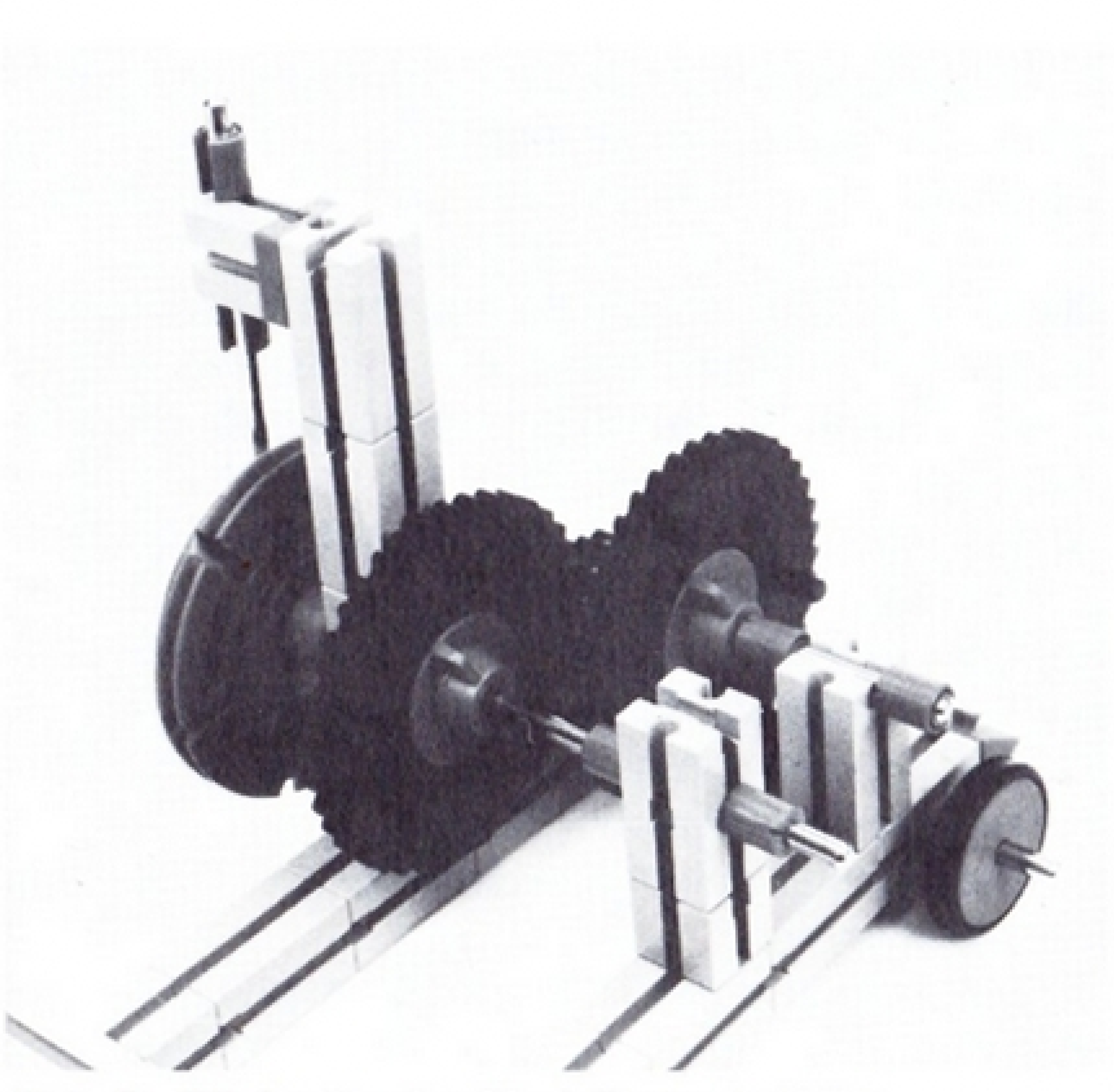


Abb. 2: Rückseite des Modells nach Abb. 1.

Einstiegssituation

Als Ausgangspunkt diente eine auf einer topographischen Karte 1:50000 eingetragene Wanderstrecke, die bei der bevorstehenden Klassenfahrt zurückgelegt werden sollte. Die Schüler sollten nach Möglichkeiten zur Messung dieser Strecke suchen.
Folgende Möglichkeiten wurden im Gespräch erarbeitet und gegeneinander abgewogen (Maßstabsberechnungen wurden in Erdkunde und Mathematik schon behandelt):

a) Luftlinie mit Lineal messen und einige Kilometer dazurechnen.
b) Stückweises Messen mit dem Lineal (stärkere Beachtung von Kurven).
c) An Biegungen der Strecke Stecknadeln einstechen und einen Faden entlang der Strecke spannen.
d) Einen „Apparat" bauen wie einen Kilometerzähler beim Fahrrad. (Kurven kann man damit noch besser berücksichtigen.)

Das Gespräch der Schüler verdichtete sich auf die letzte Möglichkeit aus dem in Klammern angegebenen Grund; dies wäre sicherlich auch geschehen mit dem Hinweis auf die Abmessung einer zweiten oder dritten Strecke, da man beim Kilometerzähler nicht ständig auf den Maßstab umrechnen muß.

Vom Lehrer wurde im Laufe des Gesprächs zur besseren Strukturierung die Frage nach den Bestandteilen eines solchen „Apparates" – er wurde fortan Kilometerzähler genannt – gestellt; sie wurde etwa gemäß Ziel 2.1. beantwortet; die Schüler nannten allerdings noch nicht das Übertragungsteil und sein mögliches Aussehen. Daher wurden vom Lehrer ein Rad aus u-t 1 und die Drehscheibe als mögliche Skala hochgehalten und gefragt, ob daraus der Kilometerzähler gebaut werden könne. Erst jetzt wurde den Schülern klar, daß eine Verbindung zwischen Laufrad und Skala bestehen müsse. Die Möglichkeit, die Verbindung durch Zahnräder herzustellen, wurde dann schnell gefunden. An der Tafel wurden die drei Bestandteile festgehalten; die Schüler übertrugen die Zeichnung in ihr Heft, da sie in der zweiten Doppelstunde wieder verwendet werden mußte. Daraufhin konnten die Zweiergruppen mit dem Bau von Modellen beginnen; es wurde noch nicht auf die Ziele 2.2. ff. eingegangen, da die theoretische Betrachtung sonst zu lange gedauert hätte, die Schüler durch den Bau zunächst zu einer konkreten Vorstellung kommen sollten und außerdem Erfahrung im Umgang mit dem Material gewin-

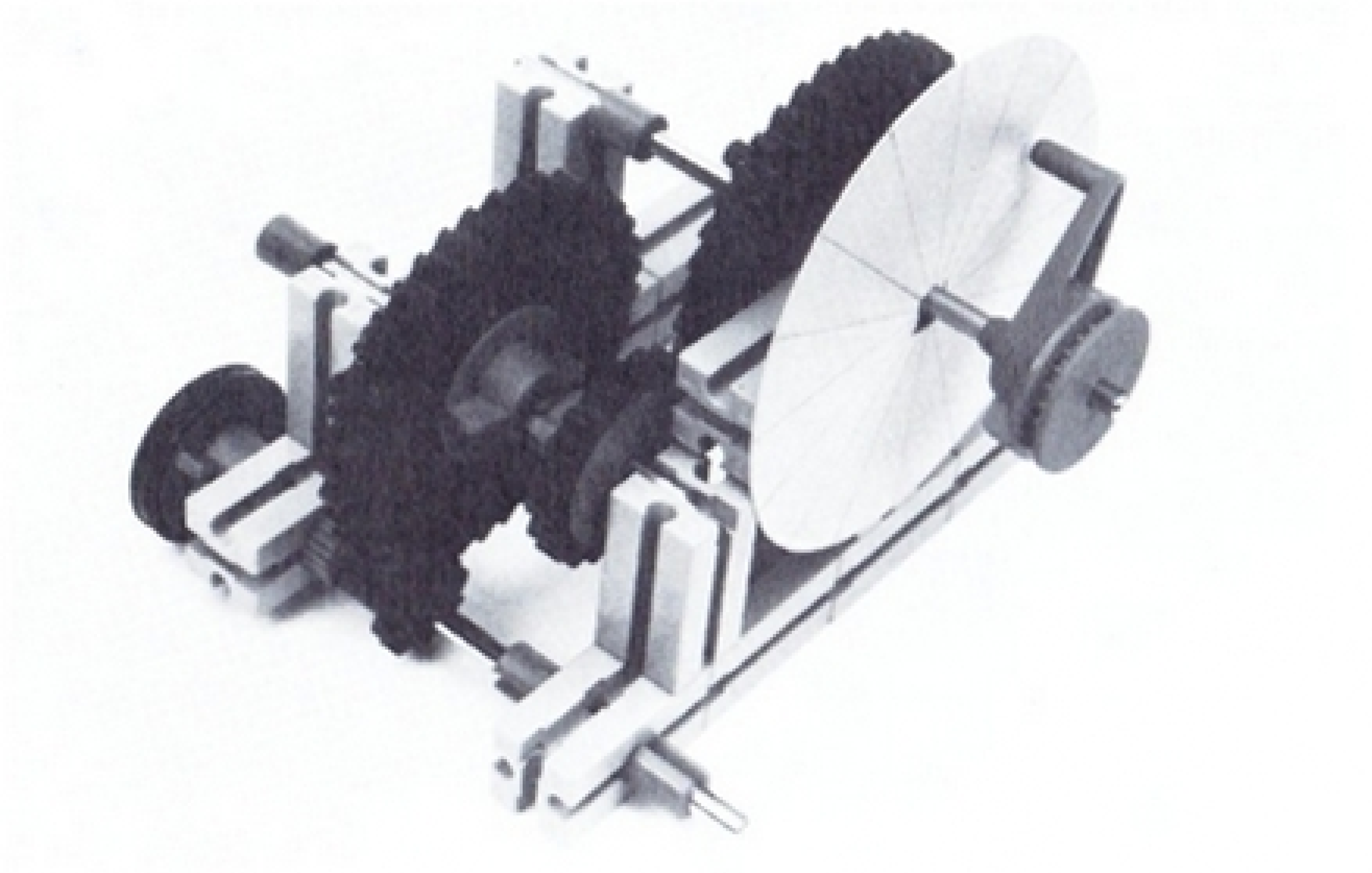


Abb. 3: Modell mit drehbarem Zeiger und fester Skala. Sie wurde mit Klebeband auf den Bausteinen befestigt.

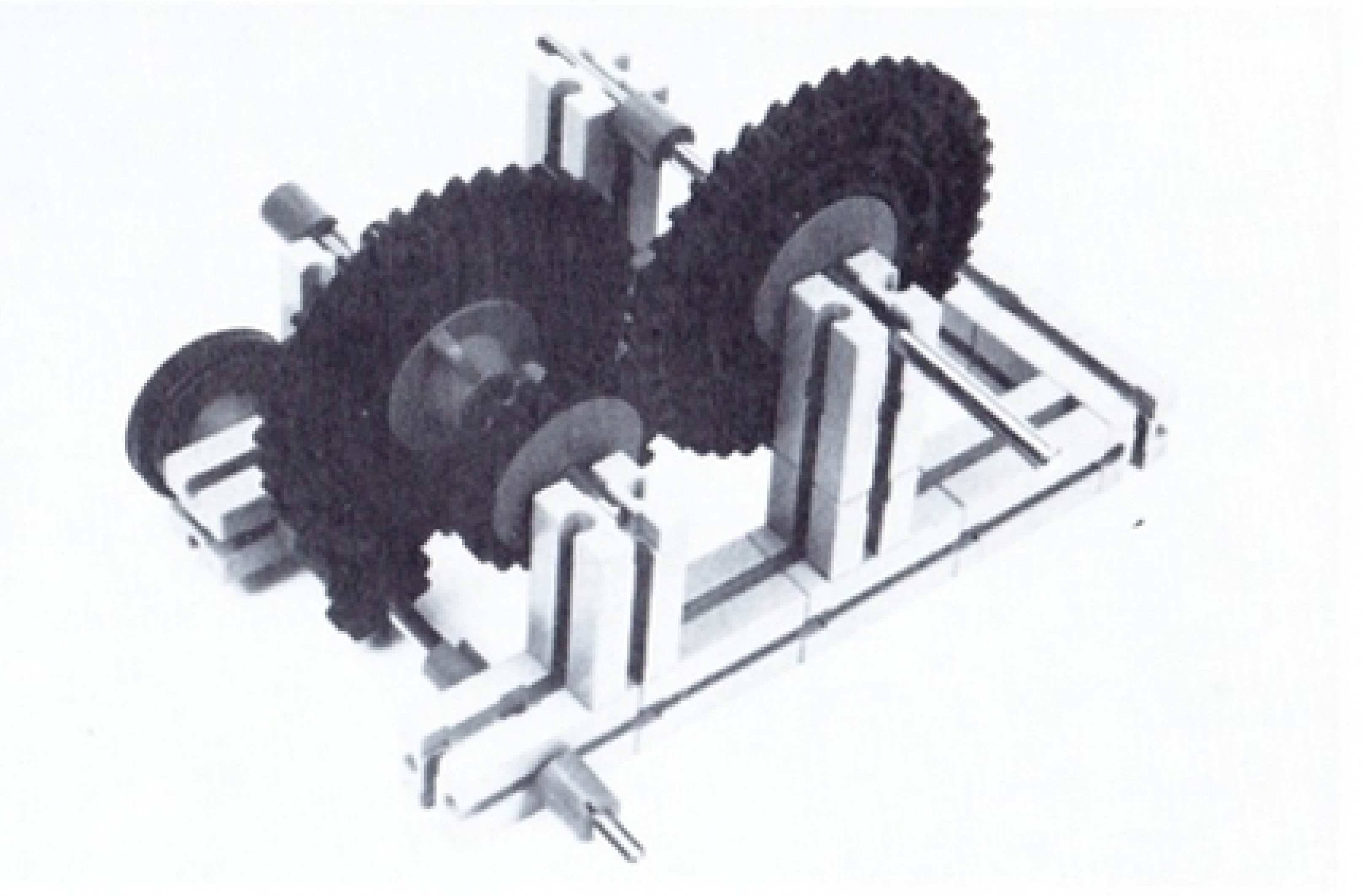


Abb. 4: Modell wie Abb. 3 ohne Skala und Zeiger.

nen sollten (es war für einen Teil der Schüler der erste Umgang damit); letztlich sollten diese Modelle der ersten Bauphase durch Vergleich den Schülern zur weiteren Problemlösung dienlich sein.

Einzelstunde

Die in der ersten Doppelstunde erstellten Modelle wurden verglichen, so daß die Schüler zu für den weiteren Planungs- und Bauverlauf wichtigen Erkenntnissen kamen. Die Abb. 1–8 zeigen mögliche Problemlösungen. Der Vergleich gliederte sich in zwei Abschnitte:

1. Optischer Vergleich: Die Schüler stellten fest, daß in den Modellen größere/kleinere Lauf- und Zahnräder eingebaut waren, erst ein größeres, dann ein kleineres Zahnrad vorhanden sei, einzelne Modelle nicht stabil seien oder daß Anzeigen usw. fehlten.

2. Funktionsvergleich: Jeweils zwei Modelle legten eine gerade Strecke gemeinsam zurück; die Schüler ermittelten etwa folgende Vergleichswerte:

– Bei unterschiedlichem Laufrad und gleichen Getrieben dreht sich die Skala unterschiedlich schnell, die Laufräder legten unterschiedliche Kilometerlängen zurück.

– Bei gleichem Laufrad und unterschiedlichem Getriebe dreht sich die Skala unterschiedlich schnell.

– Die Skala dreht sich in anderer Richtung als das Laufrad (2 Wellen).

– Die Skala dreht sich zu schnell, schneller/langsamer als das Laufrad.

– Die Skala dreht sich zu schnell. *Man kann nur ein kleines Stück auf der Karte abfahren und schon hat sich die Skala einmal gedreht; das reicht für die*

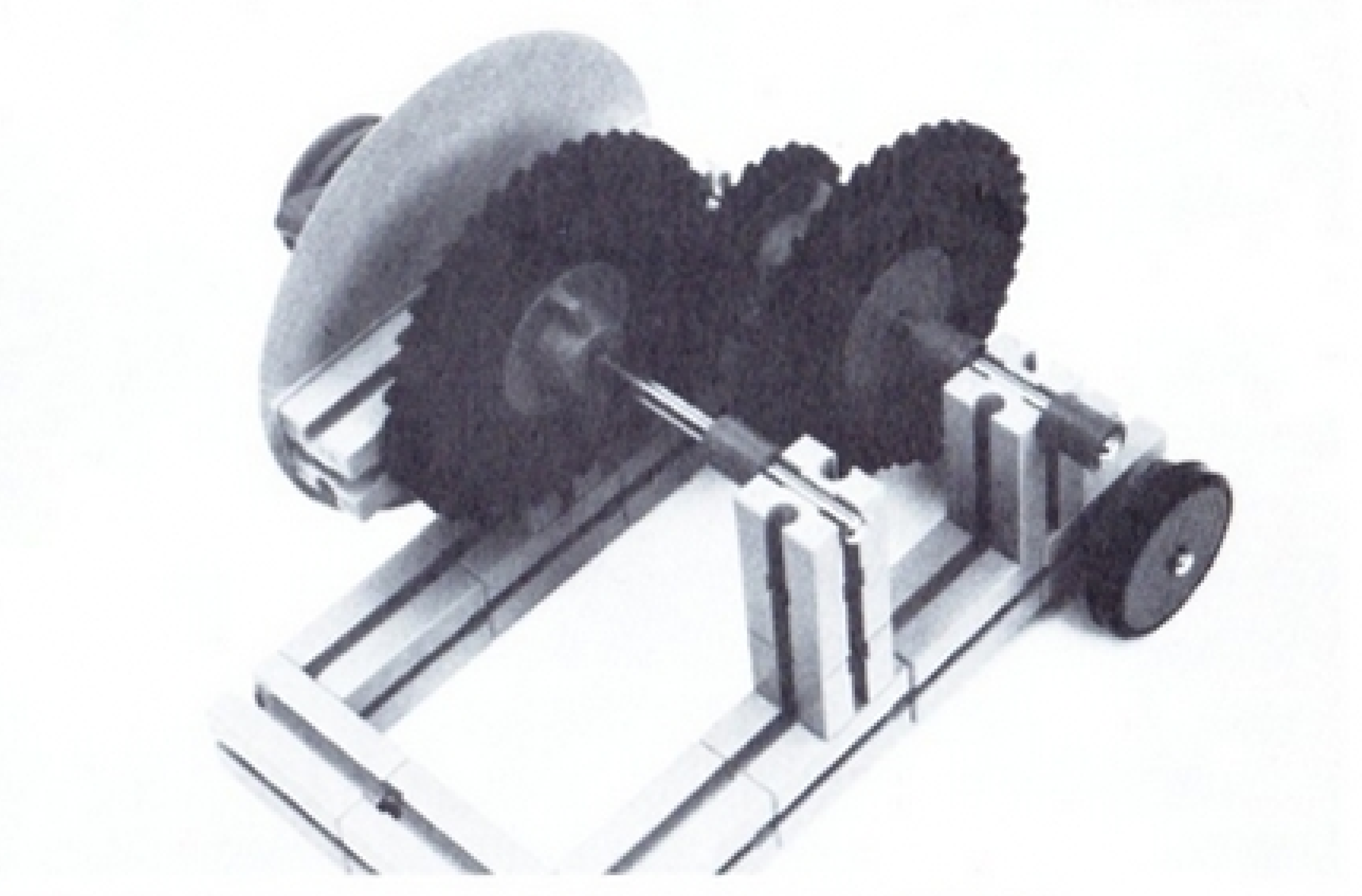


Abb. 5: Rückseite des Modells aus Abb. 3.

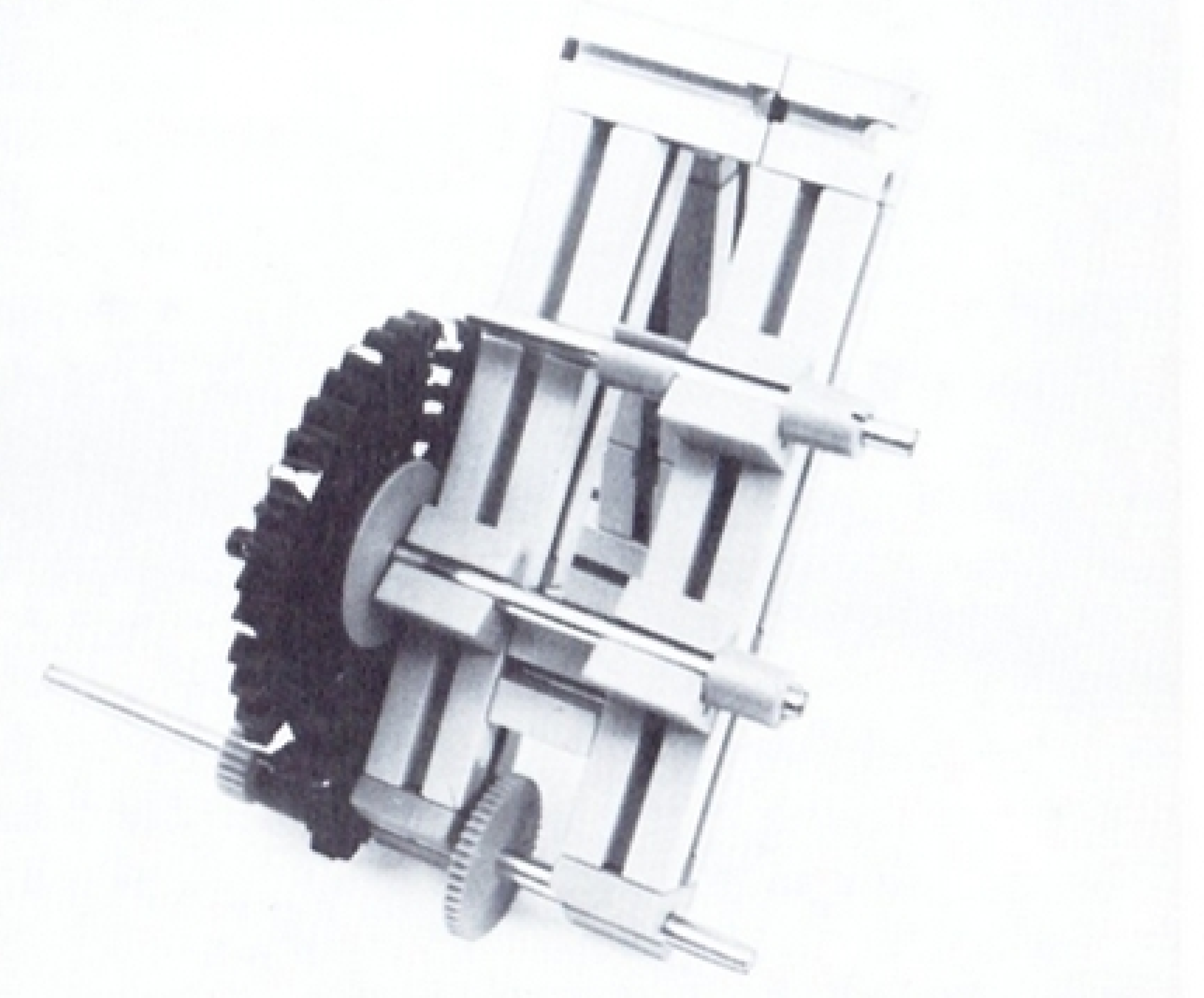


Abb. 6: Das Zahnrad mit den kleinen Zähnen (aus u-t 2) läßt sich einer geraden oder gekrümmten Strecke nachführen. Es überträgt seine Drehung auf das Ritzel mit 10 Zähnen. Das daran angeschlossene Zahnrad (40 Zähne) „zählt" die Umdrehungen. Mit Hilfe der Markierungen (weiße Tusche) lassen sich auch Zwischenwerte ablesen. Eine Umdrehung des kleinen Zahnrades entspricht einer Strecke von etwa 7,2 cm; der Durchmesser dieses Zahnrades ist etwa 2,3 cm.

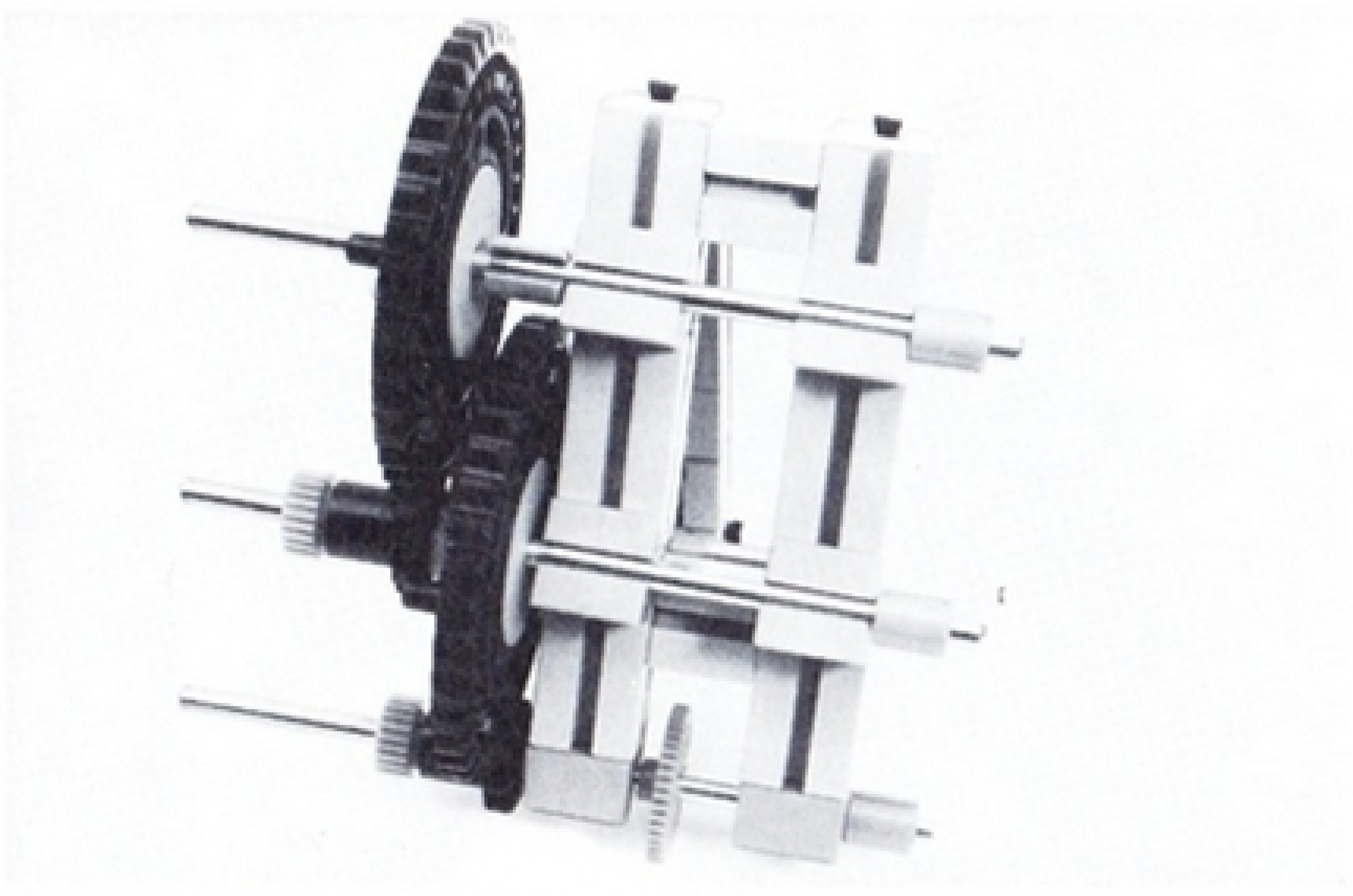


Abb. 7: Das Modell aus Abb. 6 ist um eine Stufe erweitert. Dadurch erhöht sich die Speicherkapazität von 4 Umdrehungen auf 16 Umdrehungen. Dies entspricht einem Weg von etwa 115 cm.
Die Erweiterung ist zugleich ein getriebetechnisches Problem.

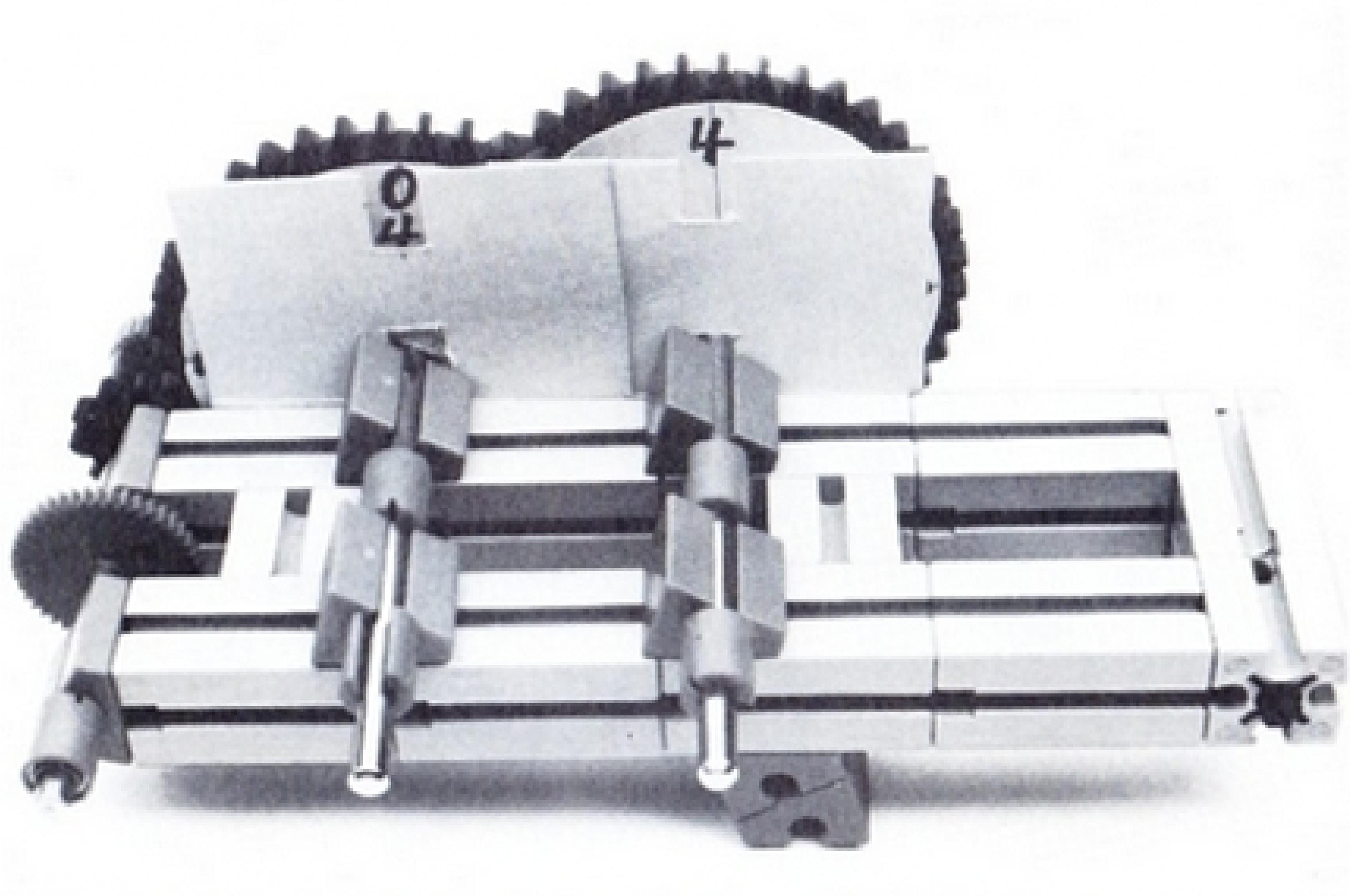


Abb. 8: Modell wie Abb. 7. Aus Zeichenkarton wurde mit doppelseitigem Klebeband auf jedem der beiden großen Zahnräder eine Skala angebracht. Zur besseren Ablesemöglichkeit wird die Skala durch Blenden verdeckt, die abzulesenden Ziffern erscheinen im „Fenster".

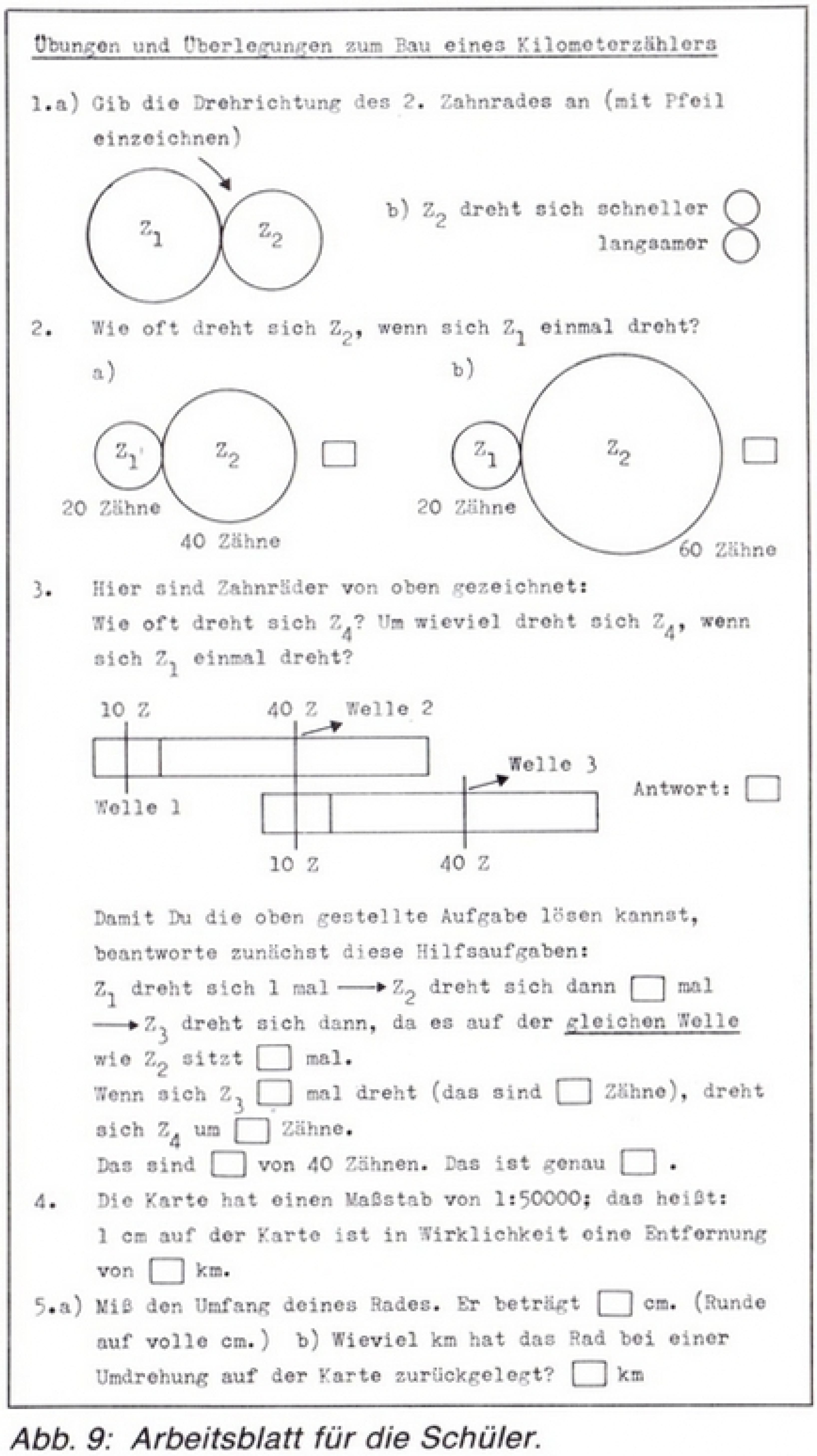
Wanderstrecke nicht aus. Die Skala muß sich langsamer drehen.

Es schlossen sich Überlegungen zur Verlangsamung der Drehgeschwindigkeit der Skala an, die dazu führten, daß die Übersetzung von einem kleinen auf ein großes Rad erfolgen müsse und daß mehr Wellen eingebaut werden müßten (vgl. Aufg. 3 Arbeitsblatt, Abb. 9).

Es galt nun, diese Erkenntnisse zu vertiefen und zu systematisieren; dazu erhielten die Schüler das Arbeitsblatt. Noch nicht gelöste Aufgaben wurden zu Hause beendet.

Die zweite Doppelstunde

Sie diente zunächst dazu, aufbauend auf den Ergebnissen der Einzelstunde und des Arbeitsblatts genaue Berechnungen für eine exakte Aufteilung der Skala zu erstellen. In dieser Berechnung steckte die eigentliche Schwierigkeit der Aufgabe. Die rechnerische Kurzform der Ergebnisse erschien als Tafelbild; dadurch wurden noch einmal die Abhängigkeiten, die in den Zielen formuliert waren, optisch hervorgehoben. Im Gespräch tauchten immer noch die „wenn . . ., dann . . ."-Beziehungen auf.
Die Berechnungen wurden für drei verschiedene Laufräder bei unterschiedlichen Übersetzungsverhältnissen angestellt; um die Räder besser unterscheiden zu können, erhielten sie die Namen „LKW-Rad", „Eisenbahn-Rad" und „PKW-Rad". Um bei den Berechnungen zu großen Rechenwegen und Problemen aus dem Wege zu gehen,



Übungen und Überlegungen zum Bau eines Kilometerzählers

1.a) Gib die Drehrichtung des 2. Zahnrades an (mit Pfeil einzeichnen)

b) Z_2 dreht sich schneller ○
langsamer ○

2. Wie oft dreht sich Z_2, wenn sich Z_1 einmal dreht?

a)

b)

3. Hier sind Zahnräder von oben gezeichnet:
Wie oft dreht sich Z_4? Um wieviel dreht sich Z_4, wenn sich Z_1 einmal dreht?

Antwort: $\square$

Damit Du die oben gestellte Aufgabe lösen kannst, beantworte zunächst diese Hilfsaufgaben:
Z_1 dreht sich 1 mal $\longrightarrow$ Z_2 dreht sich dann $\square$ mal
$\longrightarrow$ Z_3 dreht sich dann, da es auf der <u>gleichen Welle</u> wie Z_2 sitzt $\square$ mal.
Wenn sich Z_3 $\square$ mal dreht (das sind $\square$ Zähne), dreht sich Z_4 um $\square$ Zähne.
Das sind $\square$ von 40 Zähnen. Das ist genau $\square$.

4. Die Karte hat einen Maßstab von 1:50000; das heißt: 1 cm auf der Karte ist in Wirklichkeit eine Entfernung von $\square$ km.

5.a) Miß den Umfang deines Rades. Er beträgt $\square$ cm. (Runde auf volle cm.) b) Wieviel km hat das Rad bei einer Umdrehung auf der Karte zurückgelegt? $\square$ km

Abb. 9: Arbeitsblatt für die Schüler.

Laufrad 1 Umdrehung	Übertragungsteil Übersetzungsverhältnis	Skala		
		dreht sich ... mal	das entspricht	reicht bis
9 cm	1: 1	1	4,5 km	4,5 km
11 cm	1: 1	1	5,5 km	5,5 km
15 cm	1: 1	1	7,5 km	7,5 km
9 cm	1: 4	1/4	4,5 km	18,0 km
11 cm	1: 4	1/4	5,5 km	22,0 km
15 cm	1: 4	1/4	7,5 km	30,0 km
9 cm	1: 8	1/8	4,5 km	36,0 km
11 cm	1: 8	1/8	5,5 km	44,0 km
15 cm	1: 8	1/8	7,5 km	60,0 km
9 cm	1:16	1/16	4,5 km	72,0 km
11 cm	1:16	1/16	5,5 km	88,0 km
15 cm	1:16	1/16	7,5 km	120,0 km

Tabelle 1 (für Maßstab 1:50000; 1 cm ≙ 0,5 km)

wurden die Umfänge der Räder auf- bzw. abgerundet. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Arbeit.

Die Schüler erkannten, daß sie mindestens ein Übersetzungsverhältnis von 1:8 bauen mußten, damit die Skala ausreichend für die Wanderkarte sei. Beim Bau wurde überwiegend aber ein Verhältnis von 1:16 gewählt.
Es taucht schließlich noch die Schwierigkeit der richtigen Einteilung der Kreisskala in acht bzw. sechzehn Sektoren auf. Ausgehend von ersten Erfahrungen im Geometrieunterricht und in der Bruchrechnung wurde erarbeitet, daß bei einer 8er-Einteilung jeder Sektor 45° aufweisen müsse, bei einer 16er-Einteilung 22,5° (360°/8 bzw. 360°/16).
Nach dieser Berechnung begannen die Schüler mit dem Bau der Modelle. Bei Skala- und Zeigeranordnung tauchten folgende Varianten auf:

a) Feststehende Skala – beweglicher Zeiger (vgl. Abb. 3).
b) Bewegliche Skala – feststehender Zeiger (vgl. Abb. 1).

Die dritte Doppelstunde

Sie diente zunächst der Fertigstellung der Modelle. Auf dem Pult wurde eine gerade Prüfstrecke mit Kilometerangabe aufgeklebt (Streifen Tesakrepp), die dem Kartenmaßstab entsprach und bis 40 km reichte. Auf ihr konnten die Schüler die Funktionstüchtigkeit der Modelle prüfen und eventuelle Fehlerquellen an ihren Modellen feststellen. So geschah es bei einigen Gruppen, daß sie die Skaleneinteilung vorgenommen hatten, ohne ihr Übersetzungsverhältnis oder den Umfang ihres Laufrades zu beachten. Diese Gruppen mußten daher eine neue Skala entwerfen (als Skala dienten Papier oder Pappe – auf die Drehscheiben geklebt – oder eingeklemmte Sperrholzscheiben).
Kleine Abweichungen zwischen Prüfstrecke und Skalenanzeige wurden auf die Auf- bzw. Abrundung der Umfänge der Laufräder zurückgeführt (vgl. Abb. 10). Stimmte die Kilometeranzeige auf der Skala mit der auf der geraden Prüfstrecke überein, konnten die Schüler die inzwischen schon gewanderte Strecke ausmessen (22 km) und die Ergebnisse vergleichen.

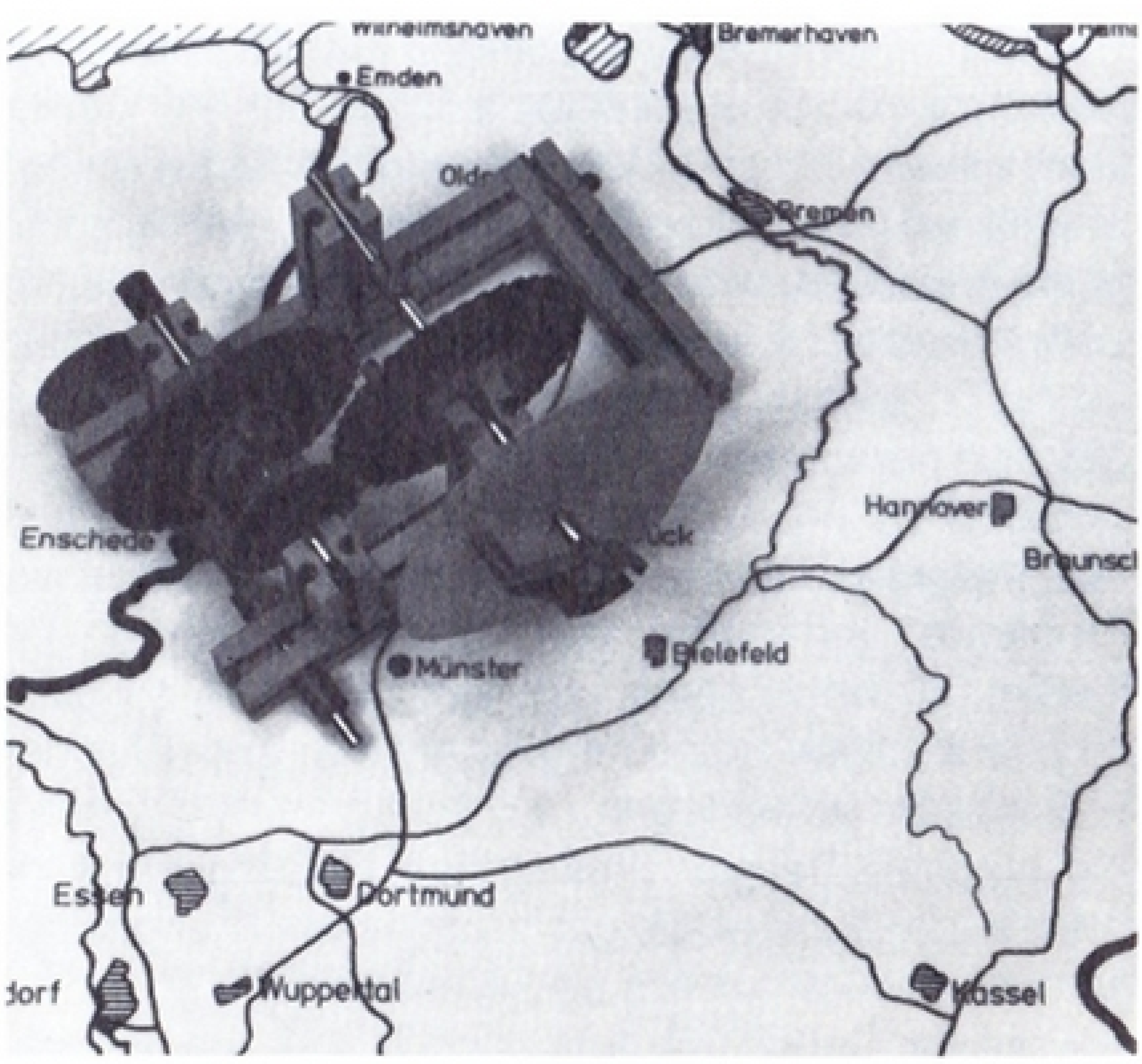


Abb. 10: Mit dem Laufradkilometerzähler werden Entfernungen gemessen.

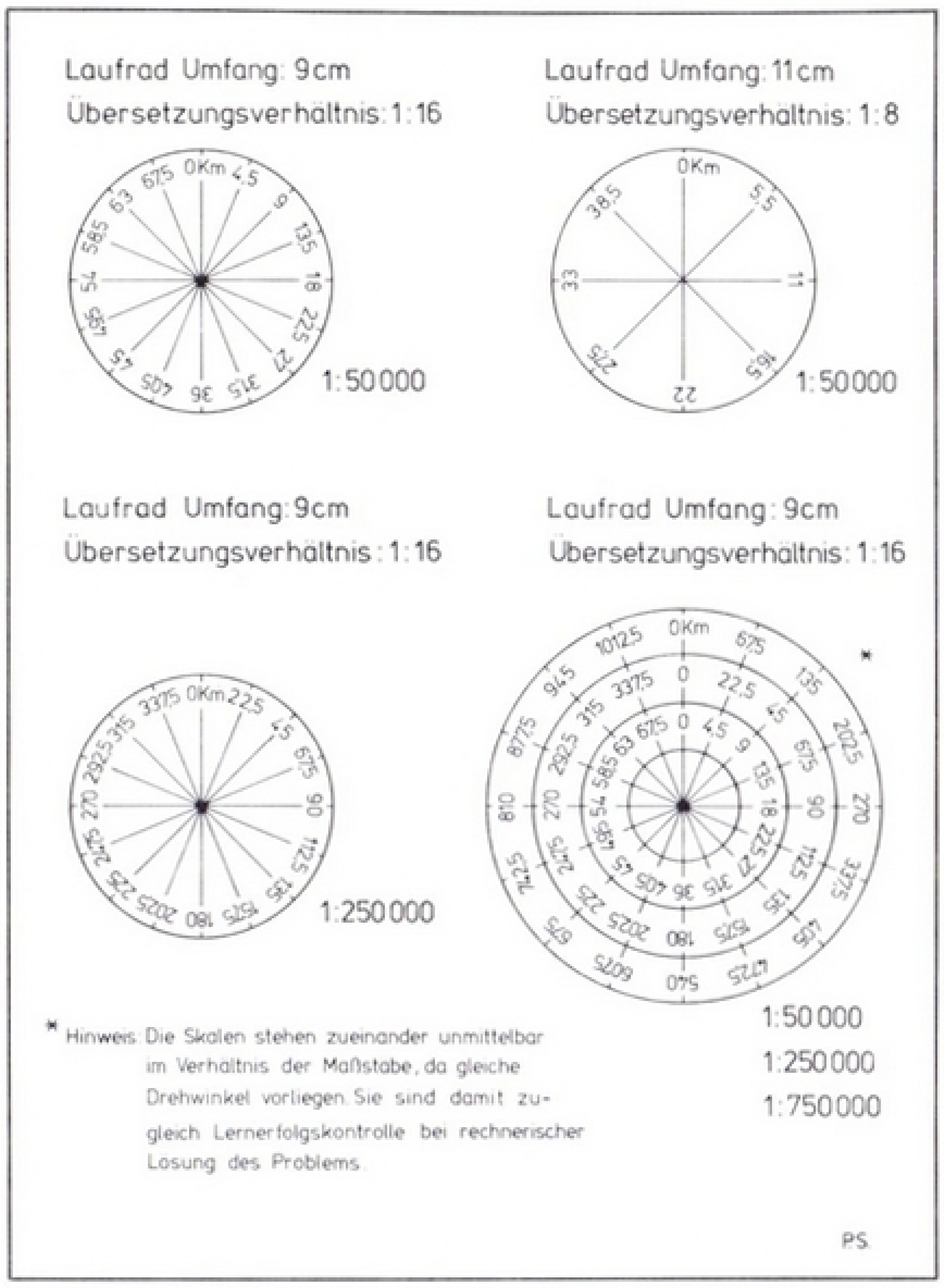


Abb. 11: Beispiele für den Skalenaufbau der Anzeige.

Für schnell arbeitende Gruppen wurden folgende Zusatzaufgaben gestellt:
a) Erstellen einer Skala für einen Maßstab von 1:500000 und Messen der Rheinkilometer von Köln bis Duisburg (Atlas).
b) Erstellen einer Skala für einen Maßstab von 1:2500000 und Messen der Autobahnstrecke Hamburg–Dortmund im Atlas.
Damit man sich das Auswechseln der Skala ersparen kann (vgl. Bild 11), kann auch die Aufgabe gestellt werden, eine Skala zu entwerfen, die *gleichzeitig* für drei verschiedene Maßstäbe geeignet ist.

Nachbemerkungen

Die logischen und zum Teil auch rechnerischen Probleme verlangten von einigen Schülern der Klasse 6 wohl etwas zu viel, so daß es sich empfiehlt, diese Reihe möglicherweise in ein 7. oder 8. Schuljahr zu verlegen.
Als Nachteil bei der praktischen Prüfung der Modelle stellte sich der zu große Umfang der Laufräder heraus; dadurch wurde es komplizierter als vermutet, auf der Landkarte gebogene Linien abzufahren; daher sollte man nach Möglichkeit noch kleinere Laufräder verwenden.

Hans Josef Berghoff

Temperatur-Messung

Wir bauen ein Bimetallthermometer

Klasse 8 (durchgeführt in zwei Gruppen), Hauptschule Mühlenberg, Arnsberg 1.

Material: 15 Lernbaukästen u-t 1, 2 Lernbaukästen u-t 2, Bimetalle aus u-t 3/1 (ggf. eingefeilt), Pappscheiben.

1. Vorbemerkung

Durch dieses Thema wurde zugleich ein Einstieg in die Getriebelehre geschaffen, der es aber auch ermöglichte, erste Erkenntnisse im Bereich Informationstechnik (Meßtechnik) zu vermitteln. Der Grund für die Wahl eines solchen Ansatzes war, daß die Schüler der 8. Klasse zu Beginn der Einheit noch keine schulischen Erfahrungen mit ft-Material besaßen und daß im 7. Schuljahr kein Technikunterricht erteilt werden konnte; hinzu kommt, daß in Klasse 5 und 6 durchweg kein Technikunterricht stattfindet, bestenfalls als Randerscheinung im Physikunterricht. Daher wurde durch die Themenwahl versucht, folgende Aufgaben und Probleme zu koordinieren:

1. Ein Teil Informationstechnik (Messen) aus dem Lehrplan (Klasse 7 Nordrhein-Westfalen) sollte eingebaut und nachgeholt werden.
2. Es sollte ein Einstieg in den Bereich Getriebelehre stattfinden.
3. Ein technisch nicht allzu komplizierter Sachverhalt (normalerweise müßte das Bimetallthermometer mit einer Spirale als Informationsaufnehmer in Klasse 5 behandelt worden sein und als Vorwissen gelten) sollte zu einem funktionsfähigen Modell führen, auch wenn Einübungsprobleme im Umgang mit dem Material auftauchten.

2. Lernziele

1. Die Schüler sollten die Funktion eines Bimetallthermometers mit Spirale beschreiben können.

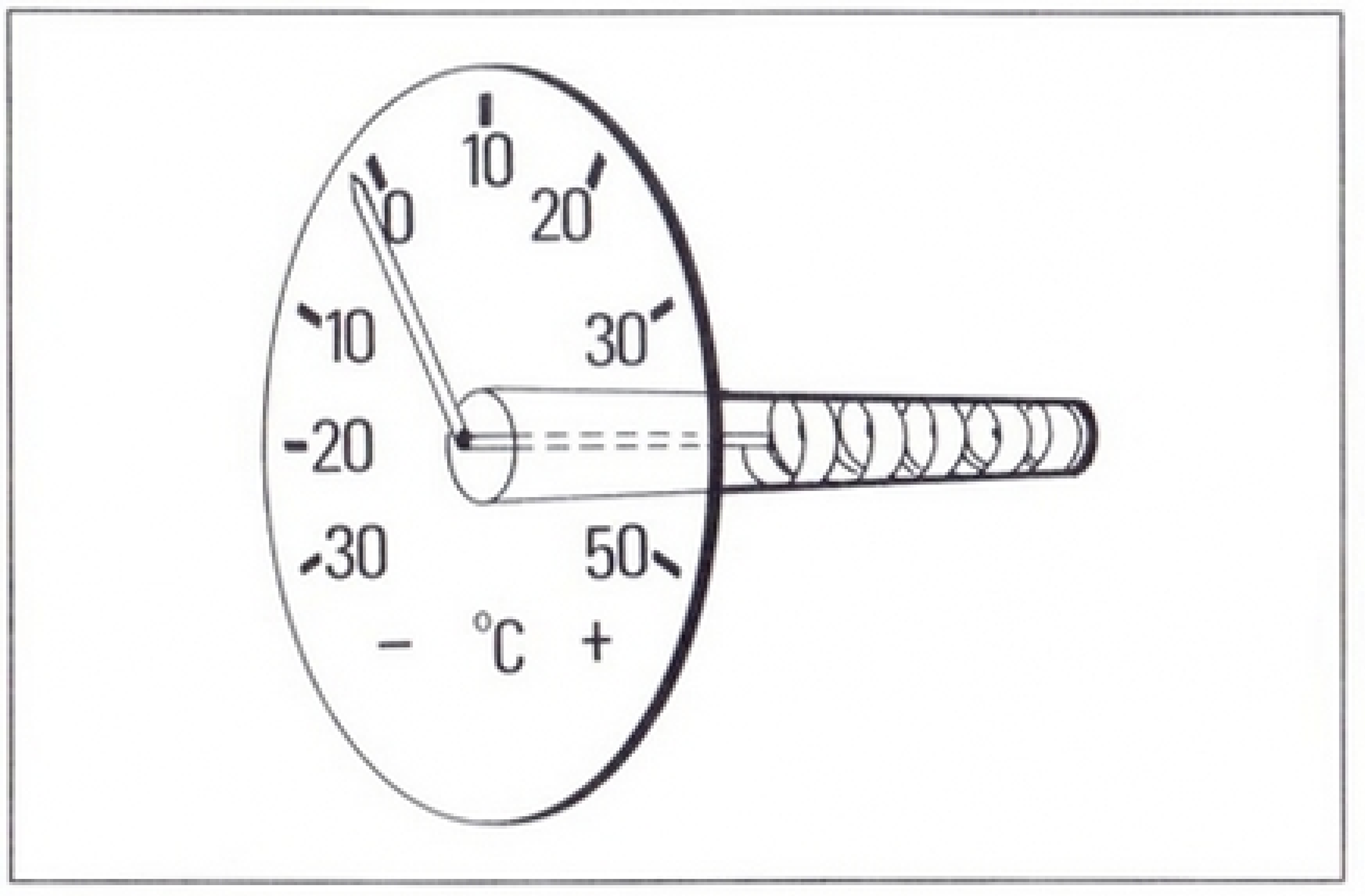


Abb. 1: Bimetall-Spirale

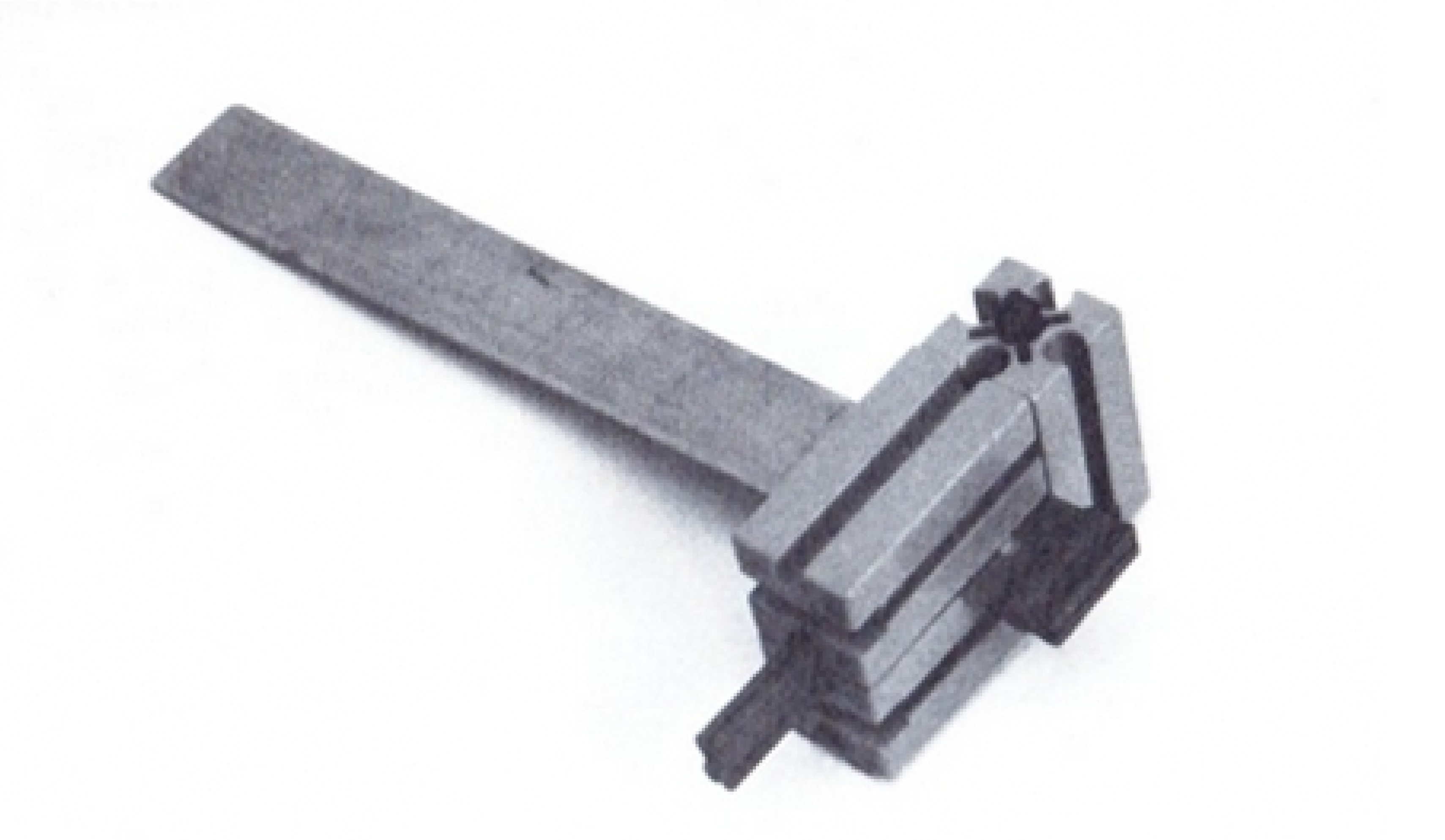


Abb. 1a: Befestigung des Bimetalls

2. Die Schüler sollten Funktion und Wirkungsweise eines Bimetallstreifens erklären können.
3. Die Schüler sollten die Funktion eines Thermometers mit Bimetallstreifen beschreiben:
a) Der Bimetallstreifen bewegt sich bei Temperatureinwirkung hin und her.
b) Die Hin- und Herbewegung des Streifens muß in eine Drehbewegung umgeformt werden, wenn die Skala kreisförmig sein soll und diese mit dem Zeiger gekoppelt sein soll.[1])
c) Ein beweglicher Zeiger muß die Temperaturveränderung auf einer feststehenden Skala angeben können oder ein feststehender Zeiger die Temperatur auf einer beweglichen Skala angeben können.
4. Die Schüler sollten durch Konstruktionsversuche zu verschiedenen Möglichkeiten der Umformung von Hin- und Herbewegung in Drehbewegung gelangen.
5. Die Schüler sollten die Notwendigkeit der Vergrößerung der Temperaturanzeige feststellen, durch den Bau eine Übersetzung realisieren und somit erste Kenntnisse im Bereich Getriebelehre erhalten.
6. Am gebauten Modell sollte beispielhaft der Ablauf einer einfachen Regelung erklärt und auf andere Regelmechanismen übertragen und dadurch verallgemeinert werden.

3. Durchführung

Die erste Doppelstunde

a) Hinführung zum Thema:
– Zunächst zeigte ich den Schülern ein Bimetallthermometer, wie man sie häufig in Autos vorfindet, mit der Aufforderung, die Funktionsweise zu erklären.
– Falls die Schüler die Funktion erklären können, erfolgt der nächste Schritt sofort zu c), wenn nicht, wird der Übergang über b) gewählt.
b) Eine vorbereitete Folie ähnlich Abb. 1 wird mit dem Arbeitsprojektor den Schülern zugänglich gemacht; anhand der Zeichnung sind sie nun in der Lage, die Funktion eines solchen Thermometers zu beschreiben.
c) Nun zeigte ich den Schülern einen Bimetallstreifen aus u-t 3/1 und stellte das Problem:
Mit Hilfe eines solchen Bimetallstreifens soll ein Bimetallthermometer gebaut werden. (Zur Befestigung des Bimetalls vgl. Abb. 1a).

Daraufhin erfolgten zunächst vorfachliche Schüleräußerungen; in einer Gruppe kam der Vorschlag, man brauche den Streifen lediglich vor einer Skala aufzustellen, dann sei das Thermometer schon fertig; da aber die Ziele 3–5 verwirklicht werden sollten und die Schüler nach ihren ersten Äußerungen zu fachlich konkreteren Aussagen geführt werden sollten, wurden sie aufgefordert, die Unterschiede zu dem schon erklärten Bimetallthermometer mit Spirale zu benennen; auf Grund der Anregung ergab sich das Tafelbild entsprechend Abb. 2.

Aus der Feststellung, die rechts unten im Tafelbild aufgeführt ist, ergab sich das erste Hauptproblem,

```
                    Bimetallthermometer
                 ↙                       ↘
mit Bimetallspirale              mit Bimetallstreifen
          ↓                                ↓
Die Spirale erzeugt              Der Streifen bewegt
eine Drehbewegung und            sich hin und her, der
der Zeiger dreht sich            Zeiger aber muß sich
gleichzeitig und                 drehen
gleichförmig mit
```

Abb. 2: Tafelanschrift

[1]) Die Hin- und Herbewegung kann natürlich auch auf einer linearen Skala angezeigt werden; diese Funktionsweise ist jedoch nicht üblich.

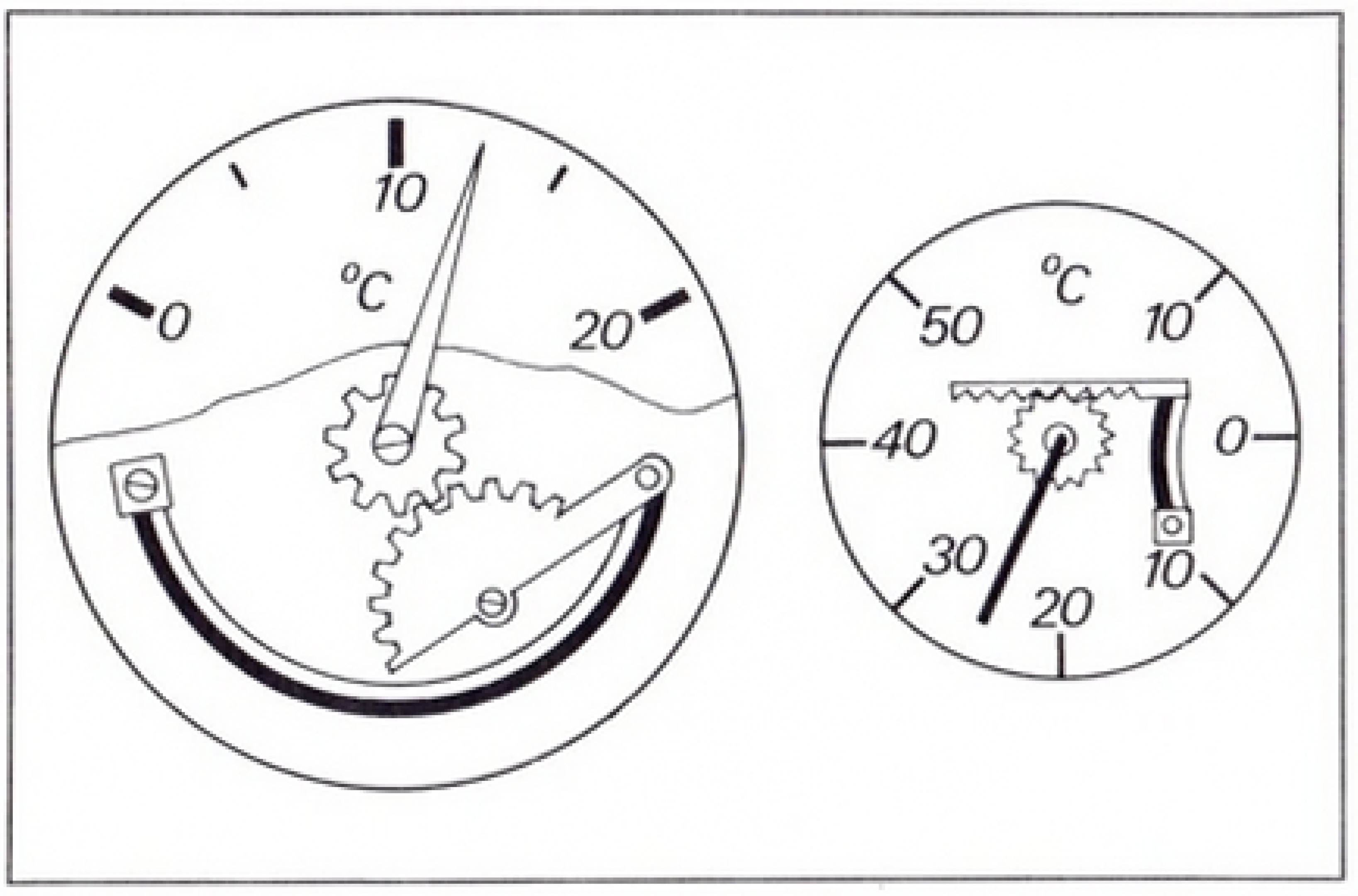


Abb. 3: Schema Bimetall-Thermometer

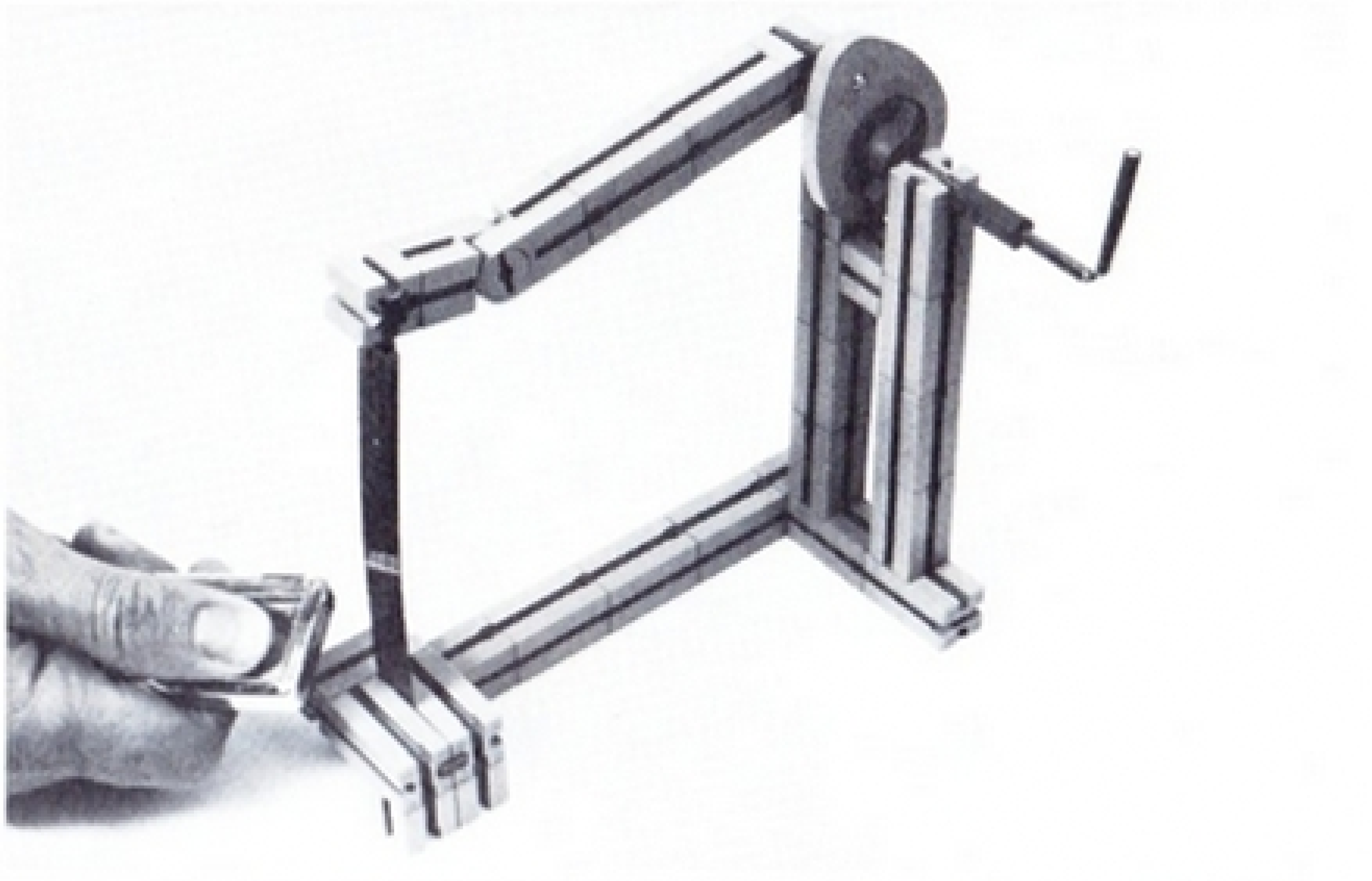


Abb. 5: Das Bimetall ist über Bausteine und einen Gelenkstein mit der Kurvenscheibe verbunden.

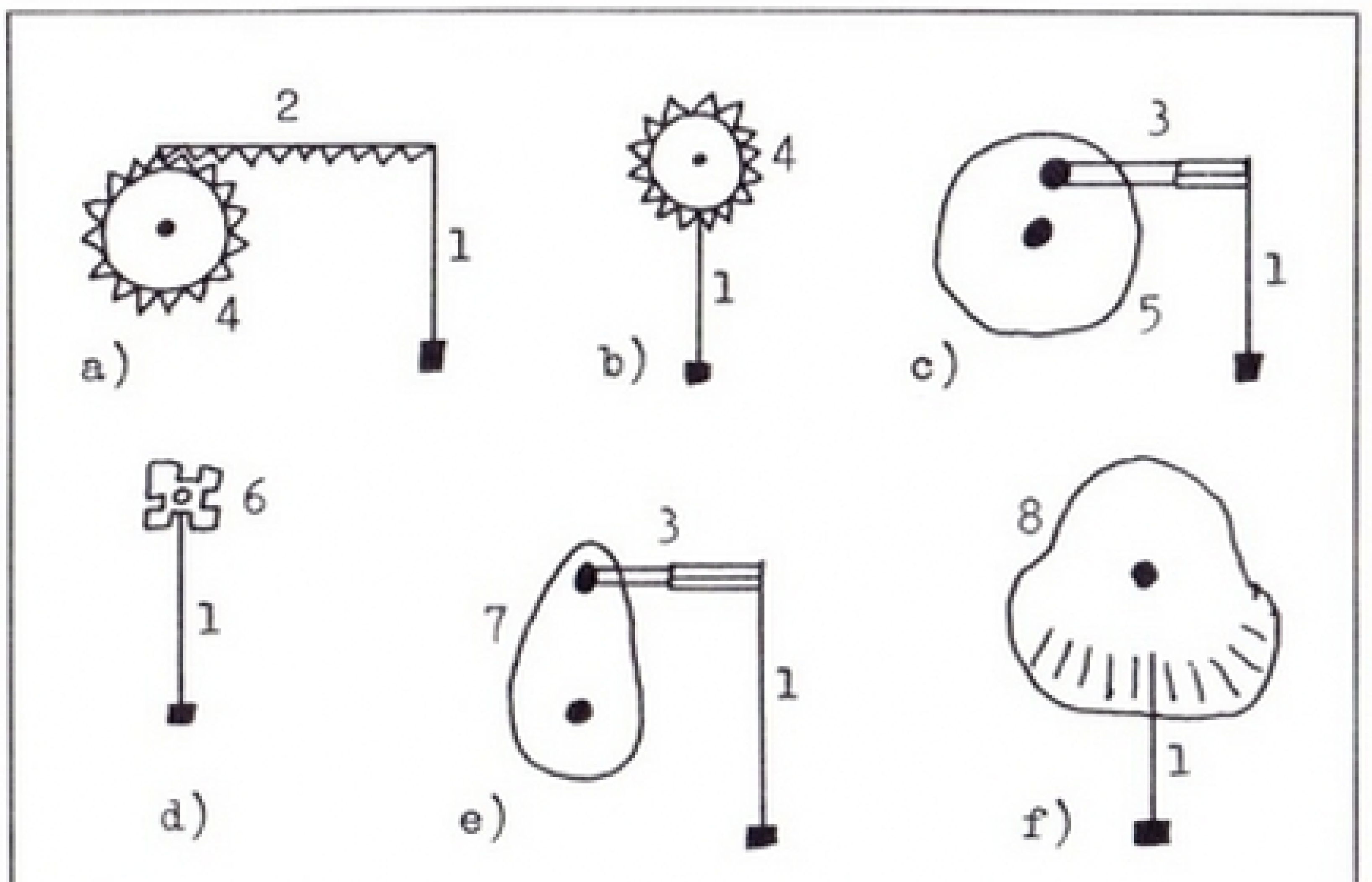


Abb. 4: Konstruktionsprinzipien

das im Gespräch von den Schülern formuliert und ebenfalls notiert wurde:
Die Hin- und Herbewegung des Streifens muß in eine Drehbewegung umgeformt werden.
Die Schüler erhielten nun den Auftrag, das genannte Problem mit Hilfe des Bimetallstreifens und dem Material aus u-t 1 zu lösen. Den schwächsten Schülern gelang es auch nach längerer Zeit noch nicht, das Problem zu lösen; daher zeigte ich für sie nach einer gewissen Arbeitsphase zur Hilfe zwei Zeichnungen auf einer Folie (Abb. 3).
Gegen Ende der Stunde wurden die gefundenen Möglichkeiten besprochen, von den Schülern an der Tafel skizziert und erläutert (Abb. 4).
Die Möglichkeiten a, b, d, f wurden von den Schülern ohne Hilfe herausgefunden, auf c und e kamen sie durch den Hinweis: Sucht nach Bauteilen, die auf einer Achse angebracht werden können, sich somit drehen können und die sich außerdem fest mit anderen Bauteilen verbinden lassen.
Alle gefundenen Möglichkeiten wurden nun in einem ersten Versuch getestet; mit einer Kerze wurden die Bimetallstreifen erhitzt und die Reaktion beobachtet (vgl. Abb. 5). Neben kleineren Schwierigkeiten in der Kraftübertragung bei einzelnen Modellen wurde festgestellt, daß die Möglichkeiten b und d unbrauchbar waren, da das Bimetall herausspringt und keine größeren Kräfte abgibt.

Die zweite Doppelstunde

In dieser Stunde sollte die eigentliche Konstruktion der Modelle stattfinden. Damit allen Schülern die geforderten Teilaufgaben noch einmal bewußt wurden, ließ ich diese in der Reihenfolge noch einmal nennen und notierte sie an der Tafel:

Aufgaben beim Bau:
1. Das Bimetall muß fest montiert sein.
2. Das Bimetall muß mit Zahnstange, Achse oder Nockenscheibe verbunden sein.
3. Zahnstange, Achse oder Nockenscheibe müssen beweglich sein.
4. Zahnstange, Achse oder Nockenscheibe müssen mit Zahnrad, Drehscheibe, Exzenterscheibe verbunden sein.
5. Zahnrad, Drehscheibe, Exzenterscheibe oder Nockenscheibe müssen drehbar sein.
6 a) Zeiger muß fest, Skala mit Zahnrad, Drehscheibe, Exzenterscheibe oder Nockenscheibe beweglich sein,
oder:
6 b) Skala muß fest sein, Zeiger dreht sich mit einer Welle von Zahnrad . . .
Der Rest der Stunde diente dem Bau der Modelle. Dabei ergaben sich bei den während des Bauens durchgeführten Funktionsprüfungen (Erhitzung mit einer Kerze) Probleme dadurch, daß die Kraft des Bimetallstreifens nicht immer ausreichte, die Bewegung der anderen Bauteile zu gewährleisten. Die

Ursache lag darin, daß die Schüler das Modell zu schwer (zu viele, nicht immer notwendige Bauteile) bauten und daß sich der Bimetallstreifen wegen der Belastung etwas unkontrollierbar bewegte; daher wurden von einigen Schülern die Streifen durch Bausteine stabilisiert (eingeklemmt), so daß sie sich nicht mehr in beliebige Richtungen bewegen konnten.
Gegen Ende der Stunde ließ ich die Schüler an einem Tisch zusammenkommen, damit sie die gebauten Modelle vergleichen konnten; weiterhin wurde mit Hilfe einer Kerze oder eines Feuerzeuges eine erste Funktionsprüfung vorgenommen; dabei entdeckten die Schüler, daß die beweglichen Teile meistens noch leichtgängiger anzubringen seien.
Die wichtigste Erkenntnis aber war, daß sich der Zeiger vergleichsweise wenig dreht. Damit hatten sie selbst schon das Problem der nächsten Unterrichtsstunde gestellt:
a) Für Modelle mit beweglichem Zeiger: Der Zeiger dreht sich vergleichsweise wenig.
b) Für Modelle mit beweglicher Skala: Das Skalenrad dreht sich vergleichsweise wenig.

Die dritte Doppelstunde

Ausgangspunkt dieser Stunde war die Feststellung, die gegen Ende der vorausgegangenen Stunde gemacht wurde; daraus ergab sich das Problem: Zeiger bzw. „Skalenrad" müssen sich stärker drehen, damit die Skala eine feinere Einteilung erhalten kann und die Temperatur genauer abgelesen werden kann.
Konsequenz: Es muß eine zweite Welle eingebaut werden, die sich gradmäßig mehr dreht als die erste. Auf ihr muß dann der Zeiger oder das „Skalenrad" befestigt werden.
Die Schüler fanden vergleichsweise schnell die Möglichkeit der Übersetzung der Drehbewegung von einem großen auf ein kleines Zahnrad heraus. In einem Tafelbild (Abb. 6) wurde an einigen Beispielen exemplarisch besprochen, welche Auswirkungen diese Übersetzung für die Drehbewegung des Zeigers und für den Aufbau der Skala hat (Lehrer-Schüler-Gespräch).
In einer Skizze, bei der die Schüler sich gegenseitig unterstützten, wurde für schwächere Schüler noch einmal schematisch das gesamte Modell an der Tafel fixiert (vgl. Abb. 7); anschließend erhielten sie den Bauauftrag. Auffällig war, daß manche Schüler die bisher benutzten Grundelemente ihres Modells verwarfen und zu einer anderen Art der Bewegungsübertragung überwechselten.
Ich begnügte mich für schwächere Schüler damit, daß das zu erstellende Modell bei Wärmezufuhr

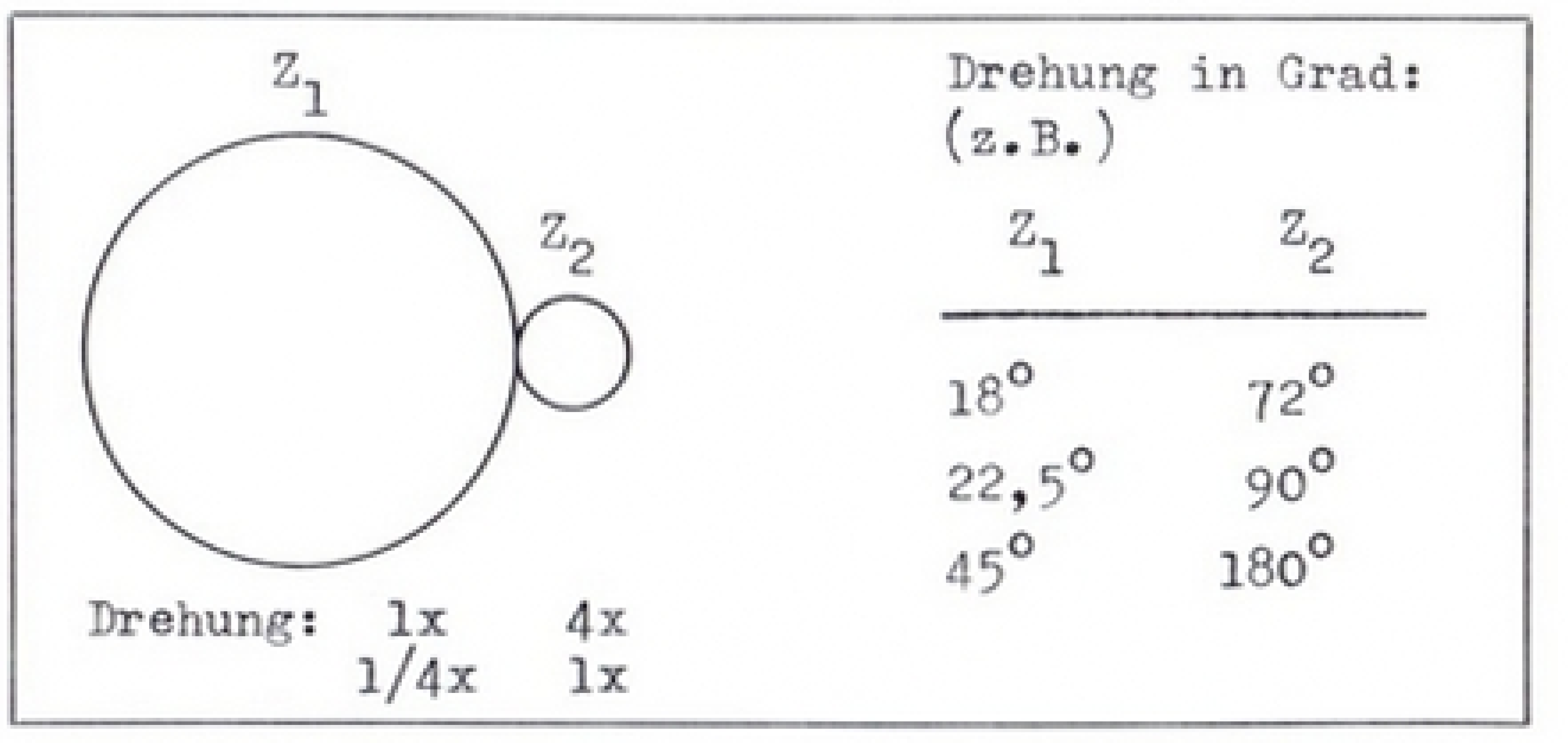


Abb. 6: Prinzip der Übersetzung

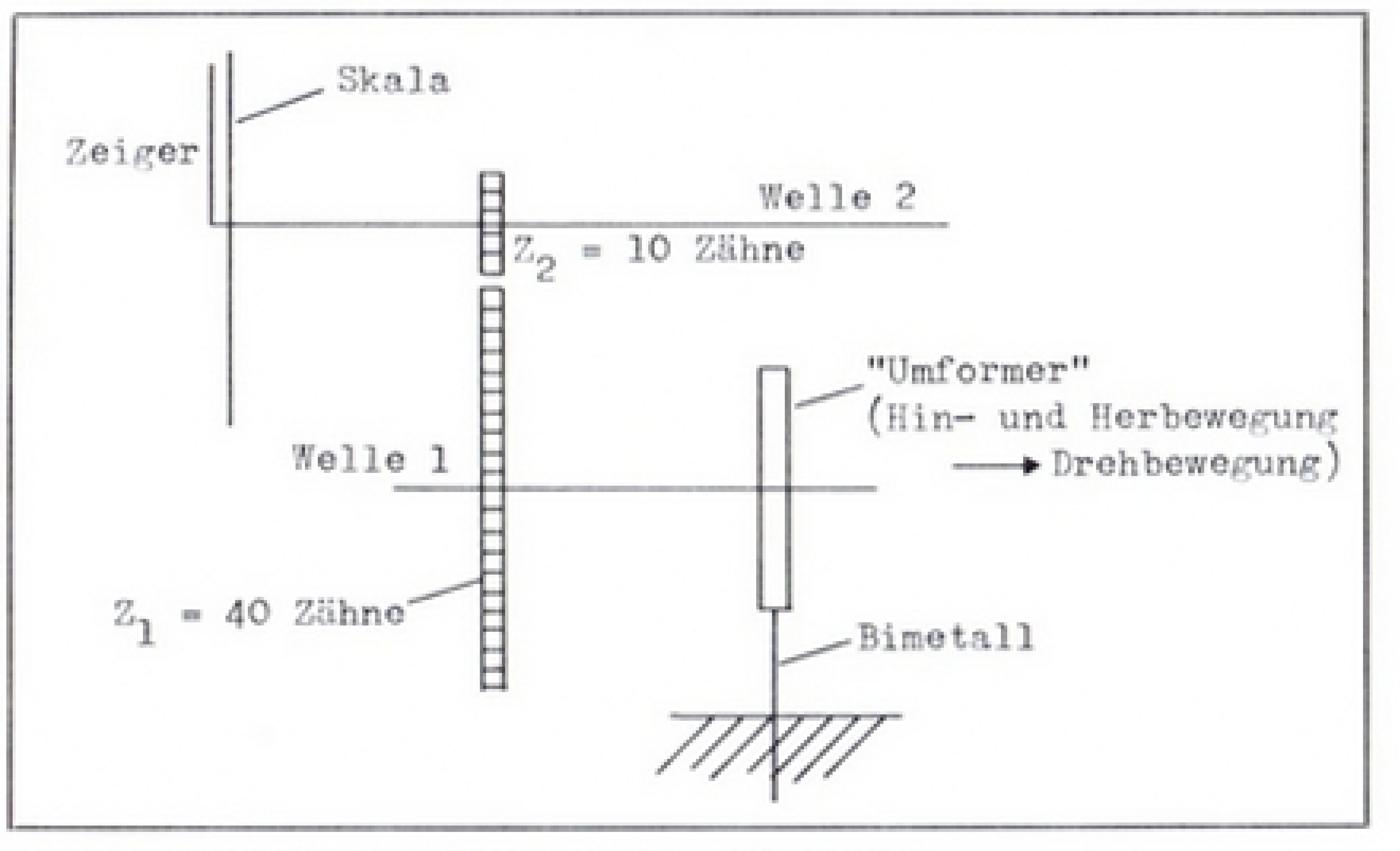


Abb. 7: Tafelzeichnung des Modells

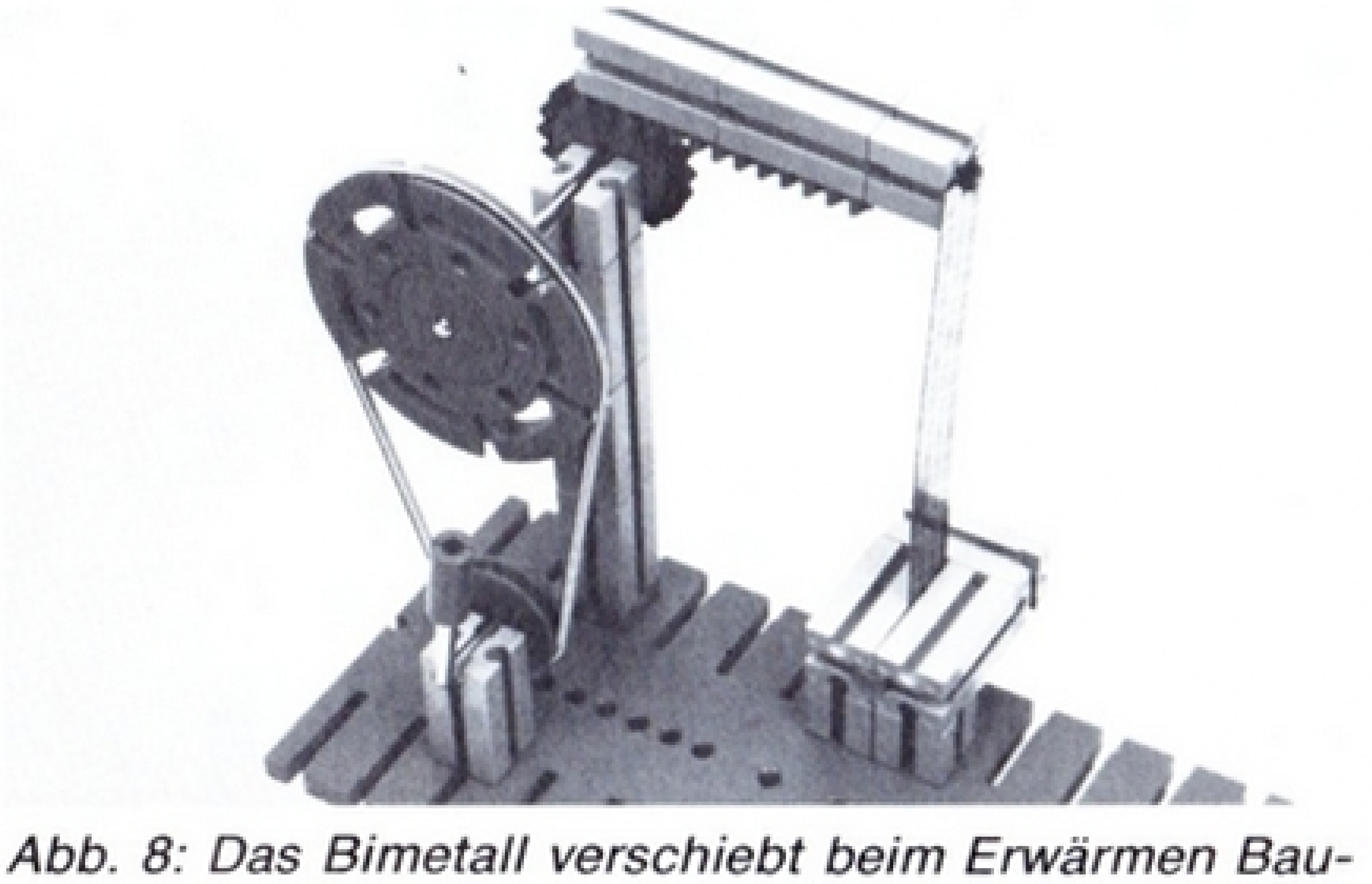


Abb. 8: Das Bimetall verschiebt beim Erwärmen Bausteine mit der Zahnstange und dreht dadurch das Zahnrad.

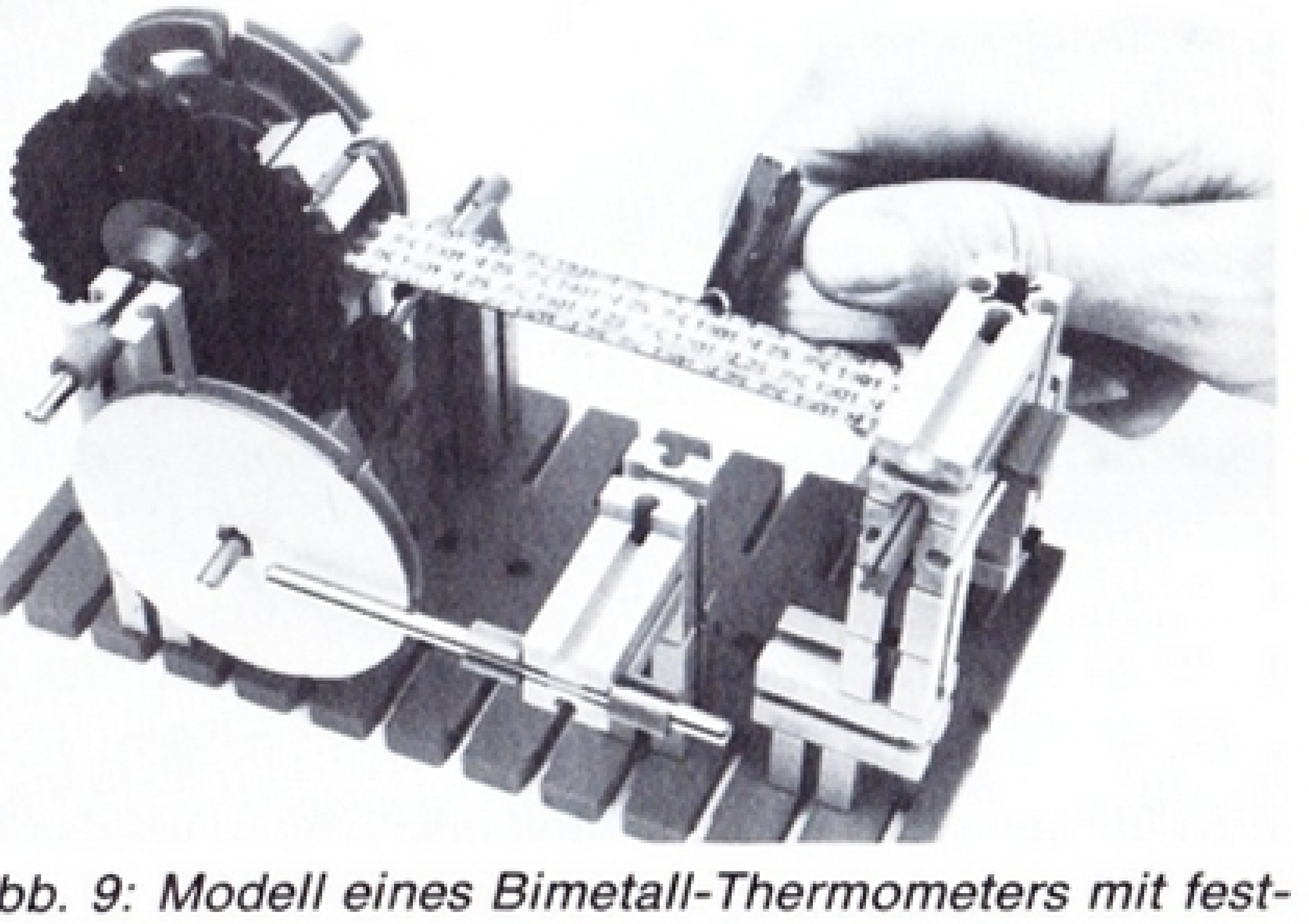


Abb. 9: Modell eines Bimetall-Thermometers mit feststehendem Zeiger und beweglicher Skala. Die Skala sitzt auf der Welle (Übersetzungsverhältnis 1 : 4).

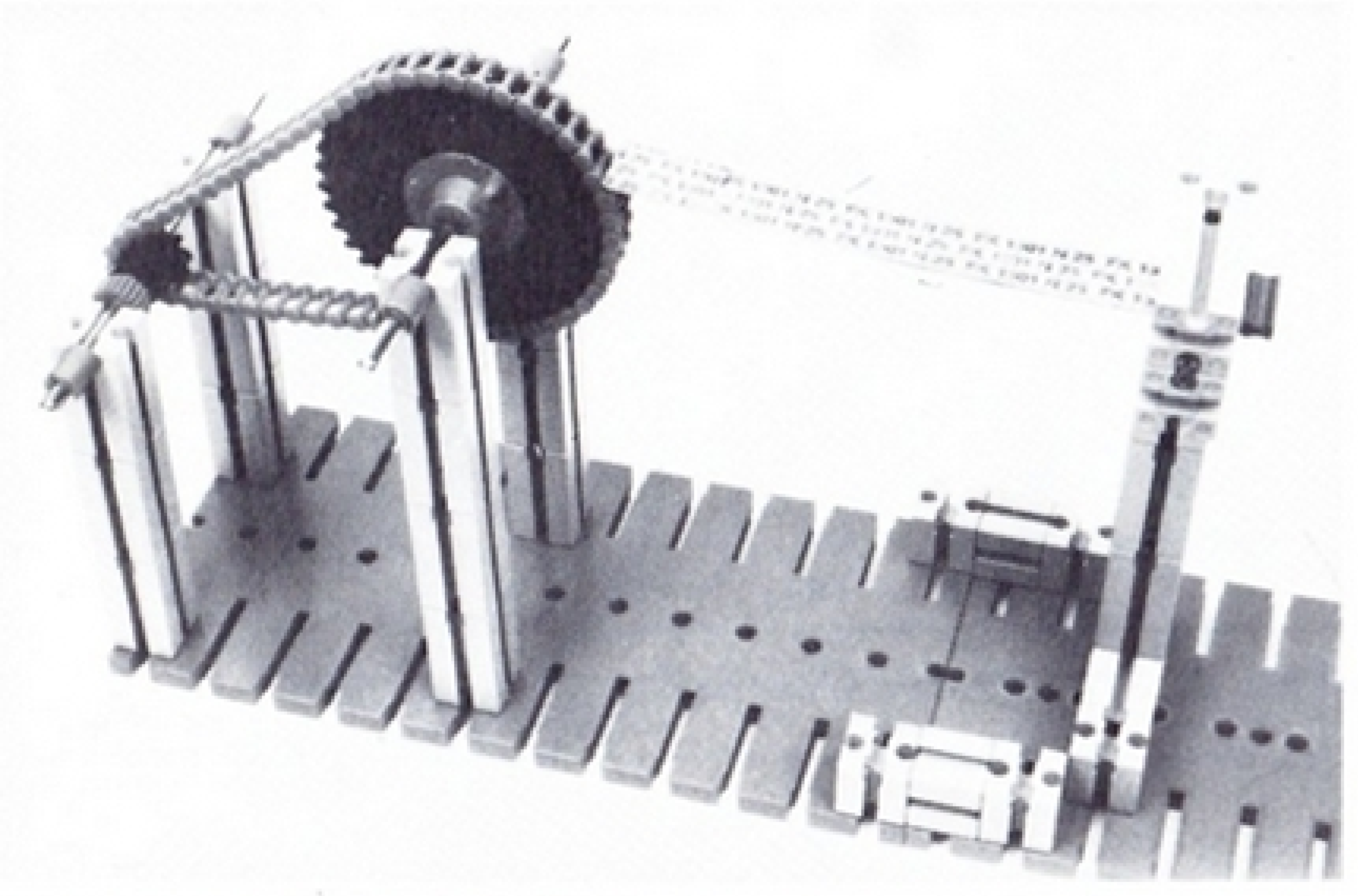


Abb. 10: Störanfällige Lösung: Bei zu starker Erwärmung springt das Bimetall heraus.

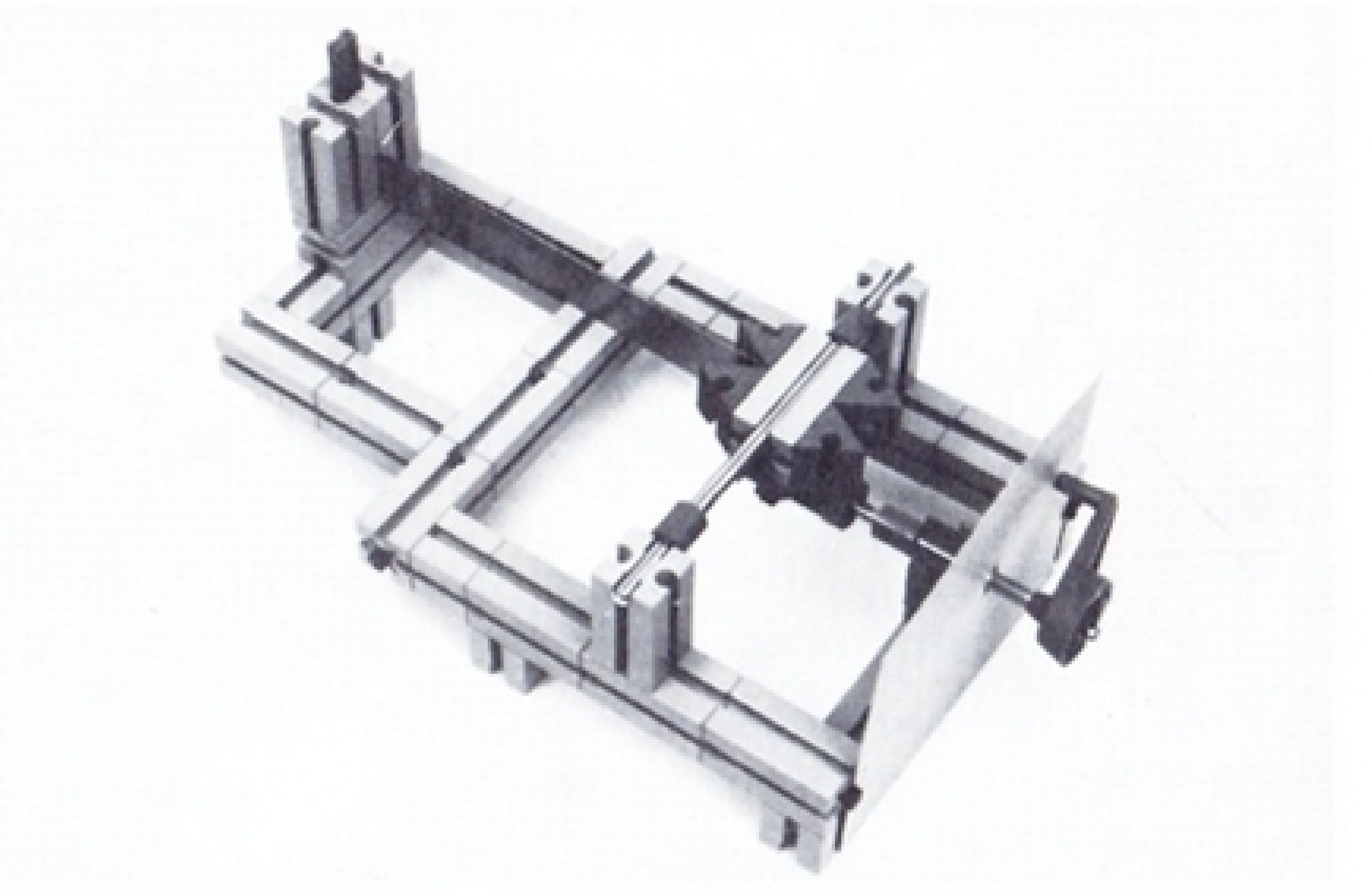


Abb. 11: Mit doppelseitigem Klebeband wurde die Skala befestigt. Die Handkurbel dient hier als Zeiger.

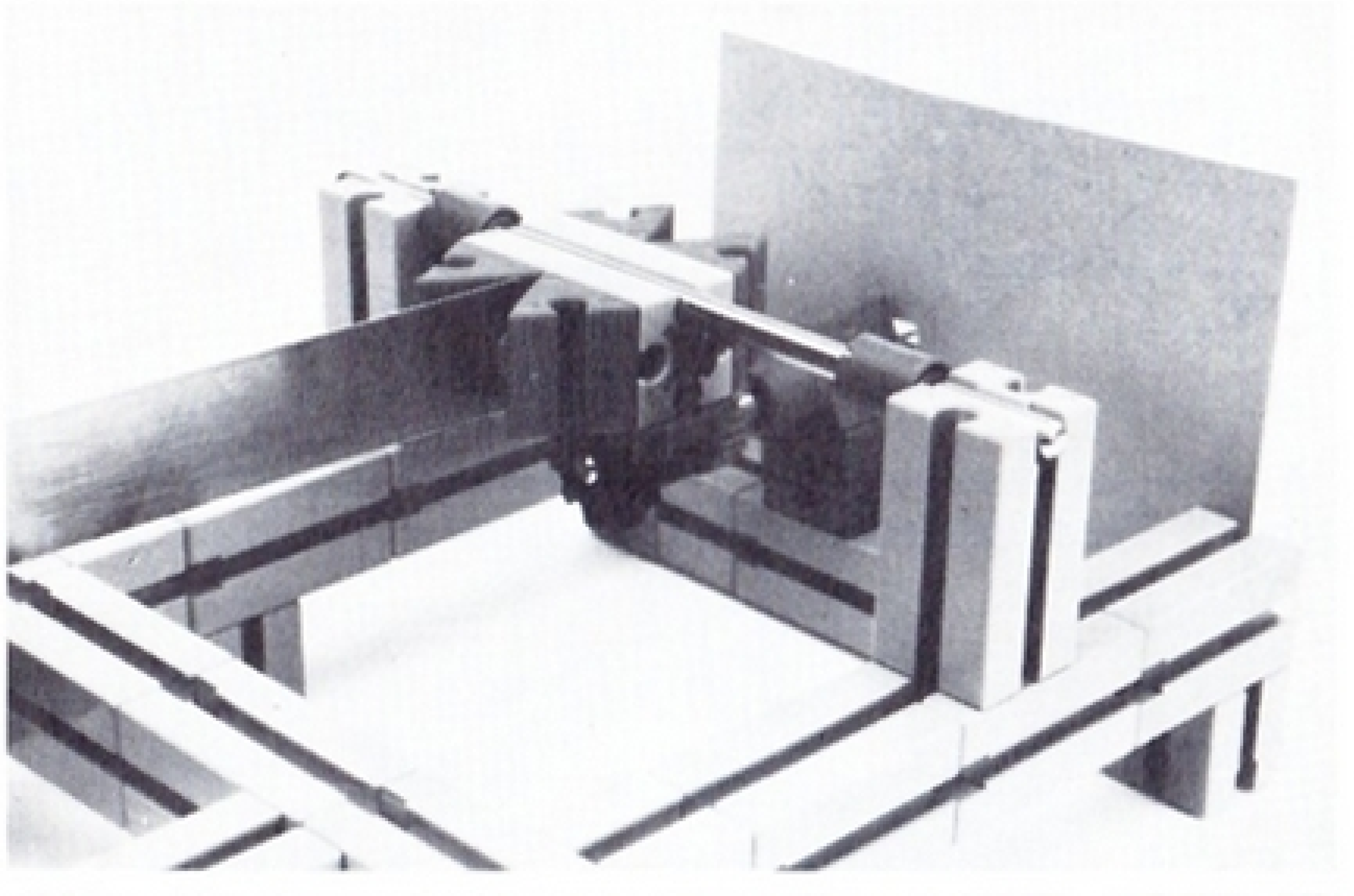


Abb. 12: Ausschnitt aus Modell von Abb. 11. In die Zahnstange greift ein Zahnrad 10 Z.

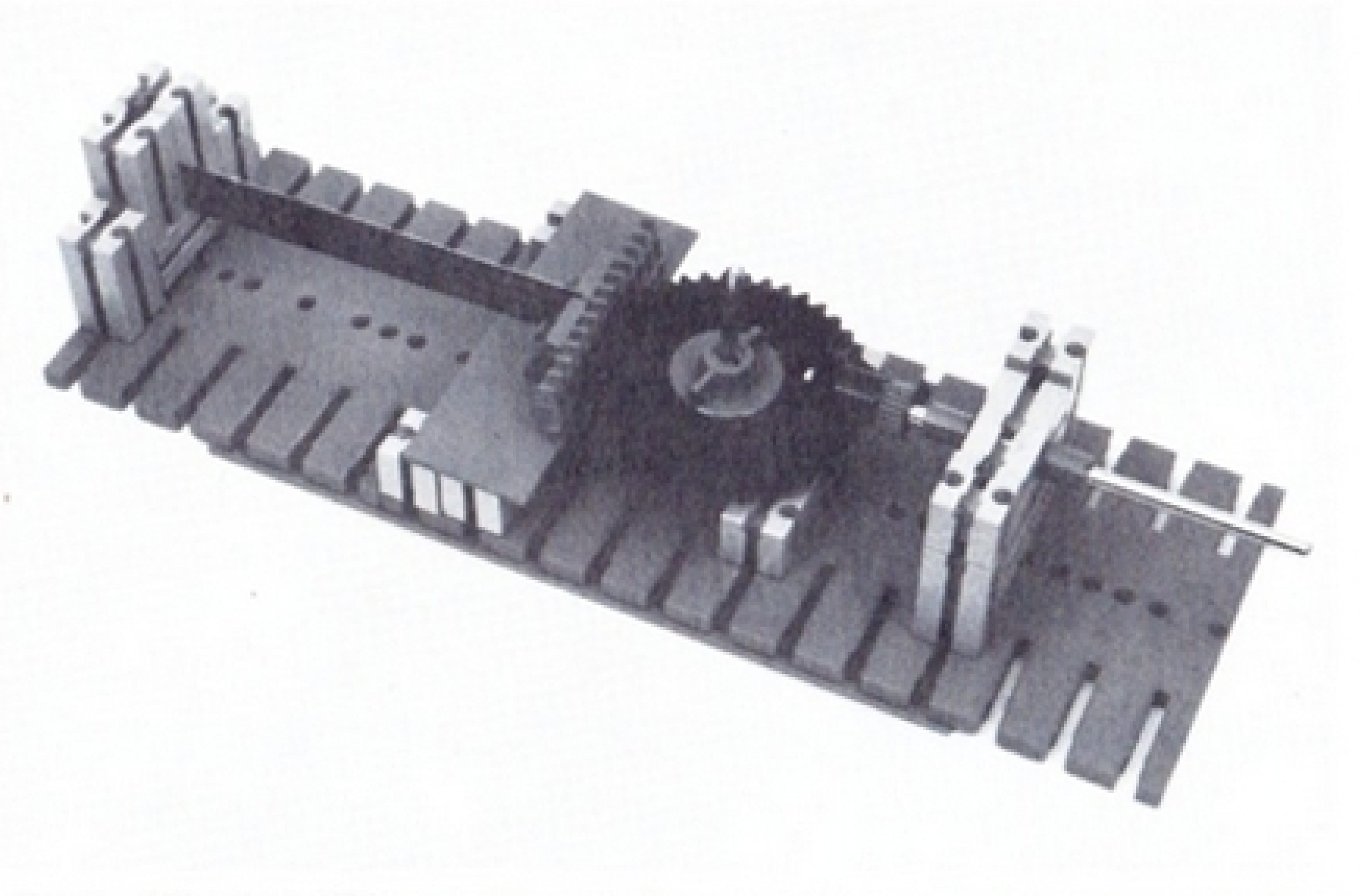


Abb. 13: Das Bimetall greift zwischen die beiden an der Zahnstange befestigten Winkelsteine.

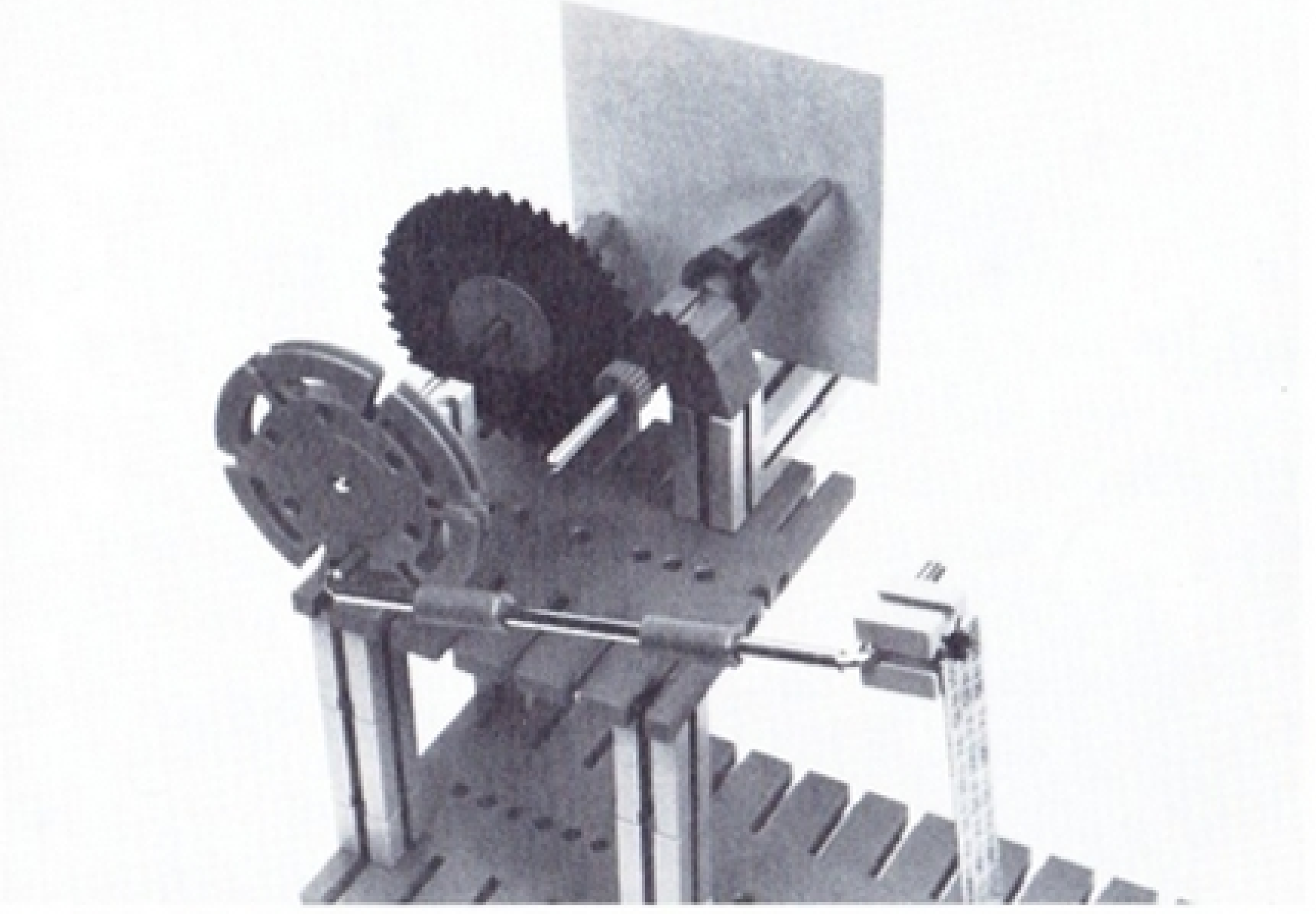


Abb. 14: Die Hin- und Herbewegung des Bimetalls wird über das Gestänge und eine Drehscheibe in eine Drehbewegung umgewandelt.

durch eine Kerze oder ein Feuerzeug grundsätzlich funktionsfähig war; bei leistungsstärkeren und schneller arbeitenden Schülern wurde die Zusatzaufgabe gestellt, eine Skala anzubringen, die die tatsächlich vorhandenen Temperaturen anzeigt; daher fand diese Stunde auch im Physikraum statt, der mit einem Gefrierschrank ausgerüstet ist. Skala bzw. Zeiger wurden zunächst auf zwei Fixpunkte geeicht:

a) Raumtemperatur von 18°C, b) Temperatur im Gefrierschrank von −18°C. (Das Modell wurde einige Zeit in den Gefrierschrank gestellt.)

Anschließend wurde der Zwischenraum der Fixpunkte gleichmäßig eingeteilt.

Es wurde also vorausgesetzt, daß die Bewegung des Bimetalls gleichförmig übertragen wurde und der Temperaturänderung stetig folgt. (Lösungsmöglichkeiten zeigen die Abb. 8–15.)

Die vierte Doppelstunde (Theoretischer Unterricht)

Diese Stunde wurde gegliedert in die Bereiche Informationstechnik und Getriebelehre.

a) Informationstechnik:

Anhand des Modells wurde der Bereich der Regelung angesprochen. Die Behandlung erfolgte in Anlehnung an den Beitrag von R. Reiter im Forum Technische Bildung (S 4-77, Seite 22–23) und durch Übertragen der gewonnenen Erkenntnisse auf andere Regelsysteme, z. B. Temperaturregelung.

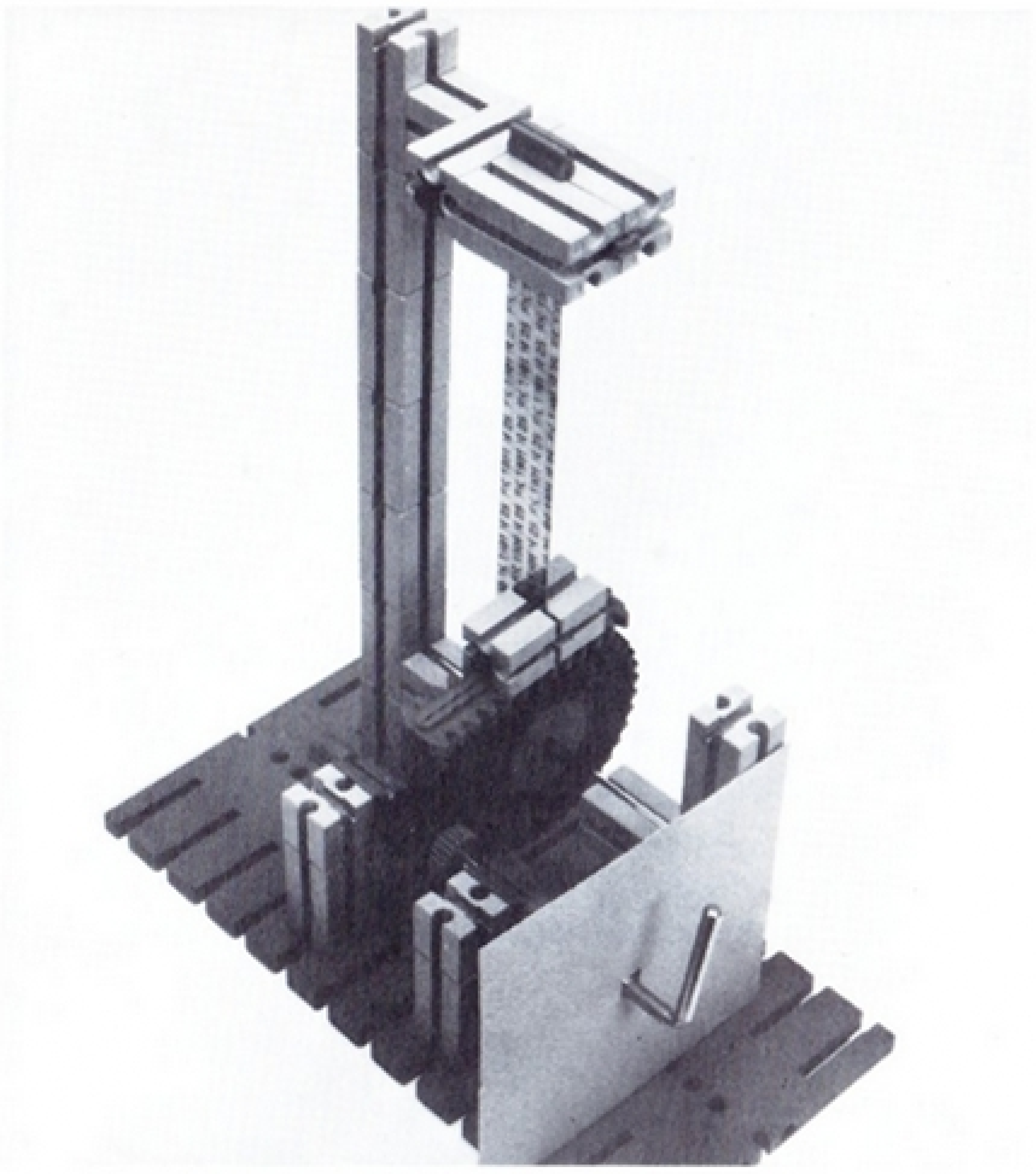
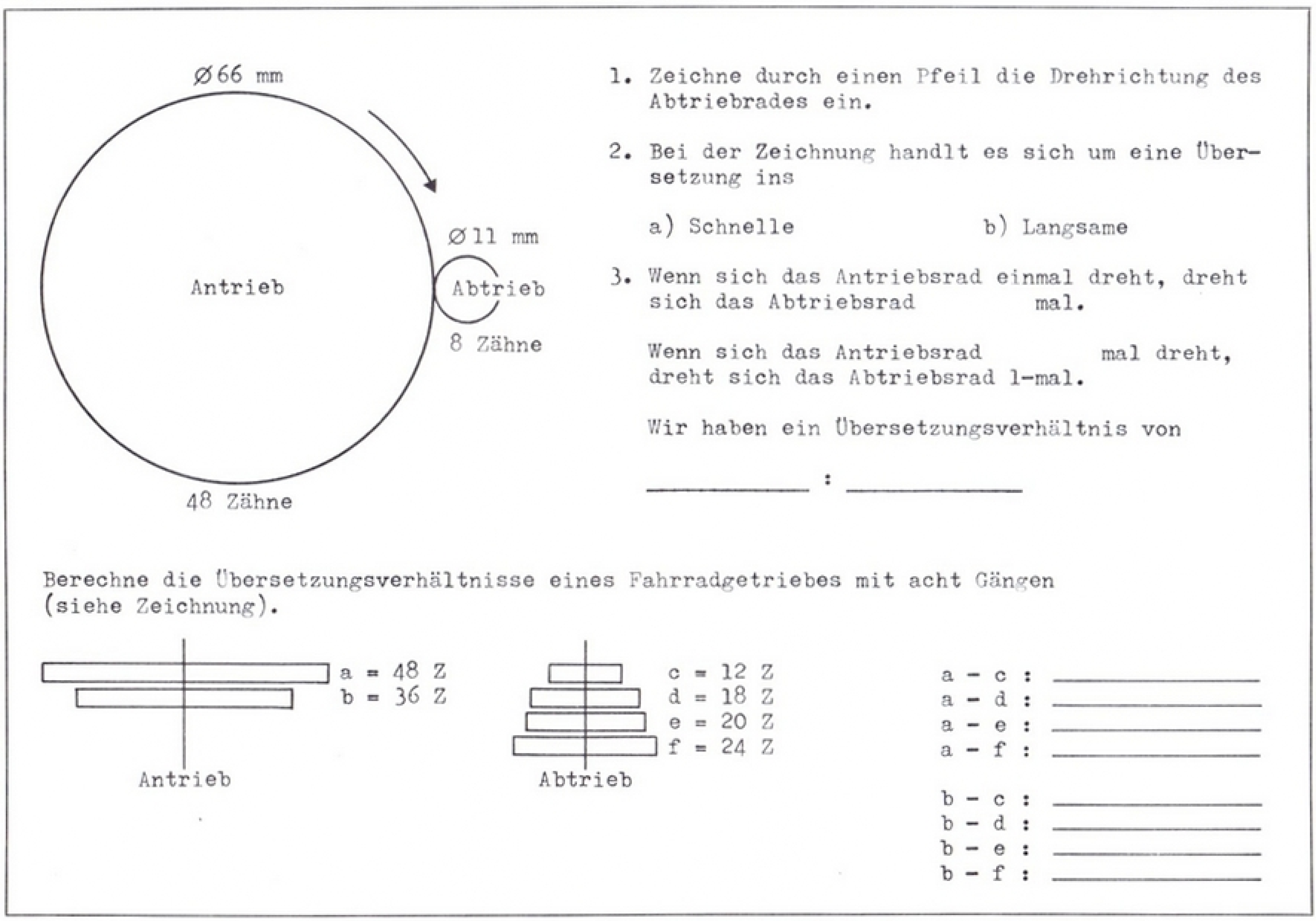


Abb. 15: Dies Modell zeigt gute Funktionsfähigkeit, da das Bimetall hier weniger Kraft zum Bewegen der Zahnstange aufbringen muß.

b) Getriebelehre:
Im zweiten Teil der Doppelstunde ging ich zum Thema Getriebelehre und Berechnung einfacher Übersetzungsverhältnisse über; daran anschließend sollte dann die Behandlung und der Bau komplizierterer Getriebe erfolgen (vgl. dazu das Arbeitsblatt, Abb. 16).

4. Auswertung

Das Thema scheint mir durchaus geeignet als Einstieg in einen der beiden genannten Bereiche, wobei natürlich anzumerken ist, daß einer der beiden ziemlich kurz kommen muß. Die praktische Durchführung brachte einige Probleme bei der Kraftübertragung vom Bimetall auf die nachfolgenden Bauteile; dieser Umstand muß allerdings nicht negativ gesehen werden, da die Schüler dadurch veranlaßt wurden, ökonomisch zu arbeiten und vor „reale" Probleme gestellt wurden (Gewichtsersparnis, exakte Arbeit, Leichtgängigkeit der Lagerungen). Solche Probleme kommen bei „echten" technischen Problemlösungen überaus häufig vor und legitimieren schon von daher den Aufwand.



1. Zeichne durch einen Pfeil die Drehrichtung des Abtriebrades ein.

2. Bei der Zeichnung handlt es sich um eine Übersetzung ins

   a) Schnelle b) Langsame

3. Wenn sich das Antriebsrad einmal dreht, dreht sich das Abtriebsrad ____ mal.

   Wenn sich das Antriebsrad ____ mal dreht, dreht sich das Abtriebsrad 1-mal.

   Wir haben ein Übersetzungsverhältnis von

   ________ : ________

Berechne die Übersetzungsverhältnisse eines Fahrradgetriebes mit acht Gängen (siehe Zeichnung).

a – c : ________
a – d : ________
a – e : ________
a – f : ________

b – c : ________
b – d : ________
b – e : ________
b – f : ________

Abb. 16: Arbeitsblatt

In den Lehrplänen sind Einheiten aufgeführt, die „Prüfen und Messen" als zentralen Inhalt enthalten. Im folgenden werden zu einigen solchen Lehrplanthemen Modellbeispiele vorgestellt.

Lehrplanthema **Hebelmechanismen: Hebelbewegungen und Hebelwirkungen**

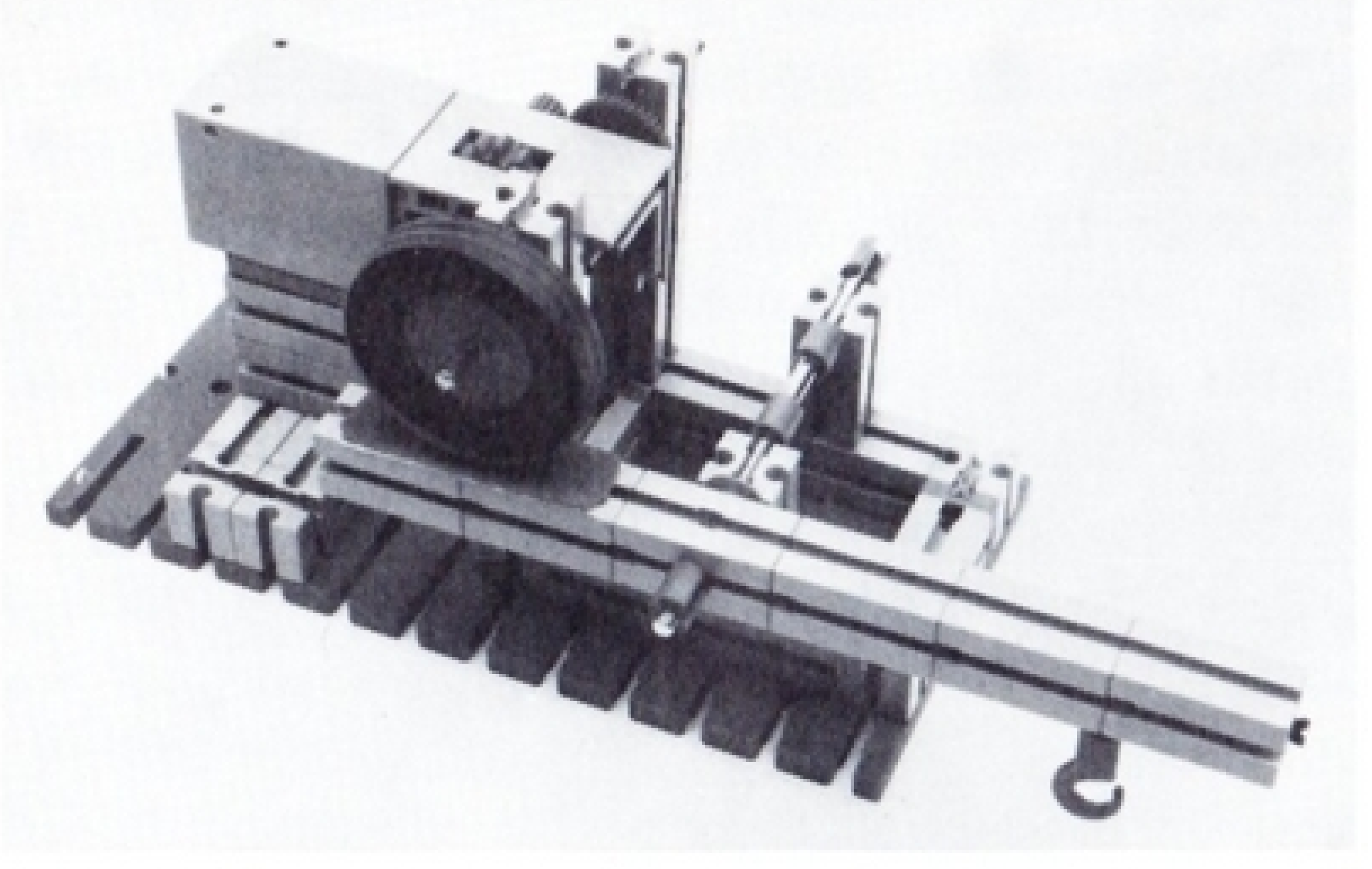


Abb. 1: Modell einer einfachen Backenbremse mit zweiseitigem Hebel. Das Rad wird durch einen Elektromotor angetrieben. Mit Hilfe von doppelseitigem Klebeband können verschiedene „Bremsbeläge" (Kunstleder, Gummi, Filz, Schmirgelpapier usw.) befestigt werden. Das Rad kann mit Gummi (Stück eines Fahrradschlauches) überzogen werden. So können verschiedene Materialien und Materialkombinationen auf ihre Eignung und Wirksamkeit untersucht werden. An dem Haken, der sich stufenlos verschieben läßt (Änderung der Länge des Hebelarmes), kann ein Kraftmesser (Hand, Gummiband, mit Bindfaden angehängte Wägestücke, vorgefertigter Kraftmesser) angesetzt werden. So lassen sich qualitativ durch Abschätzen und quantitativ durch Messen die geeignetsten Materialkombinationen erkunden.

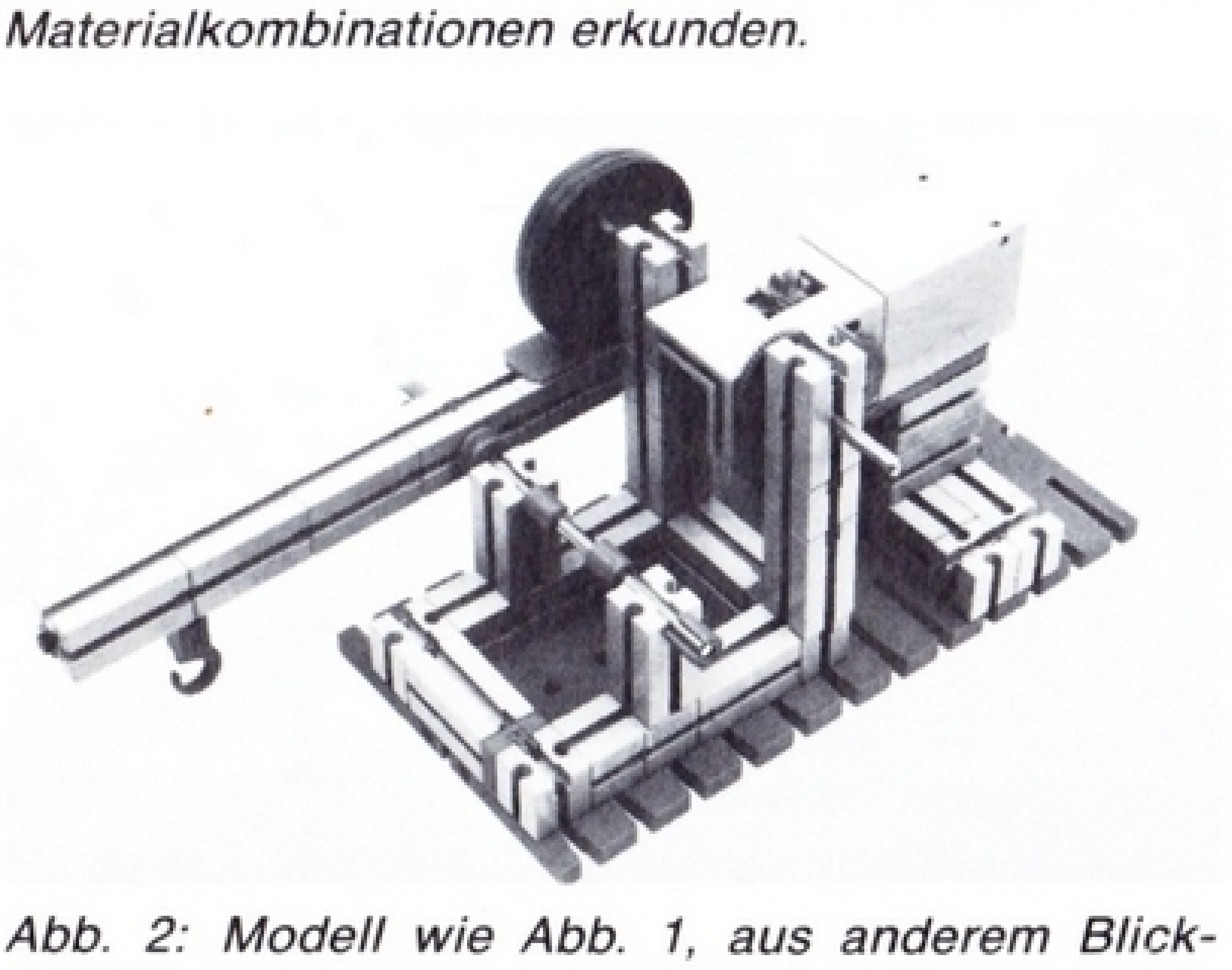


Abb. 2: Modell wie Abb. 1, aus anderem Blickwinkel.

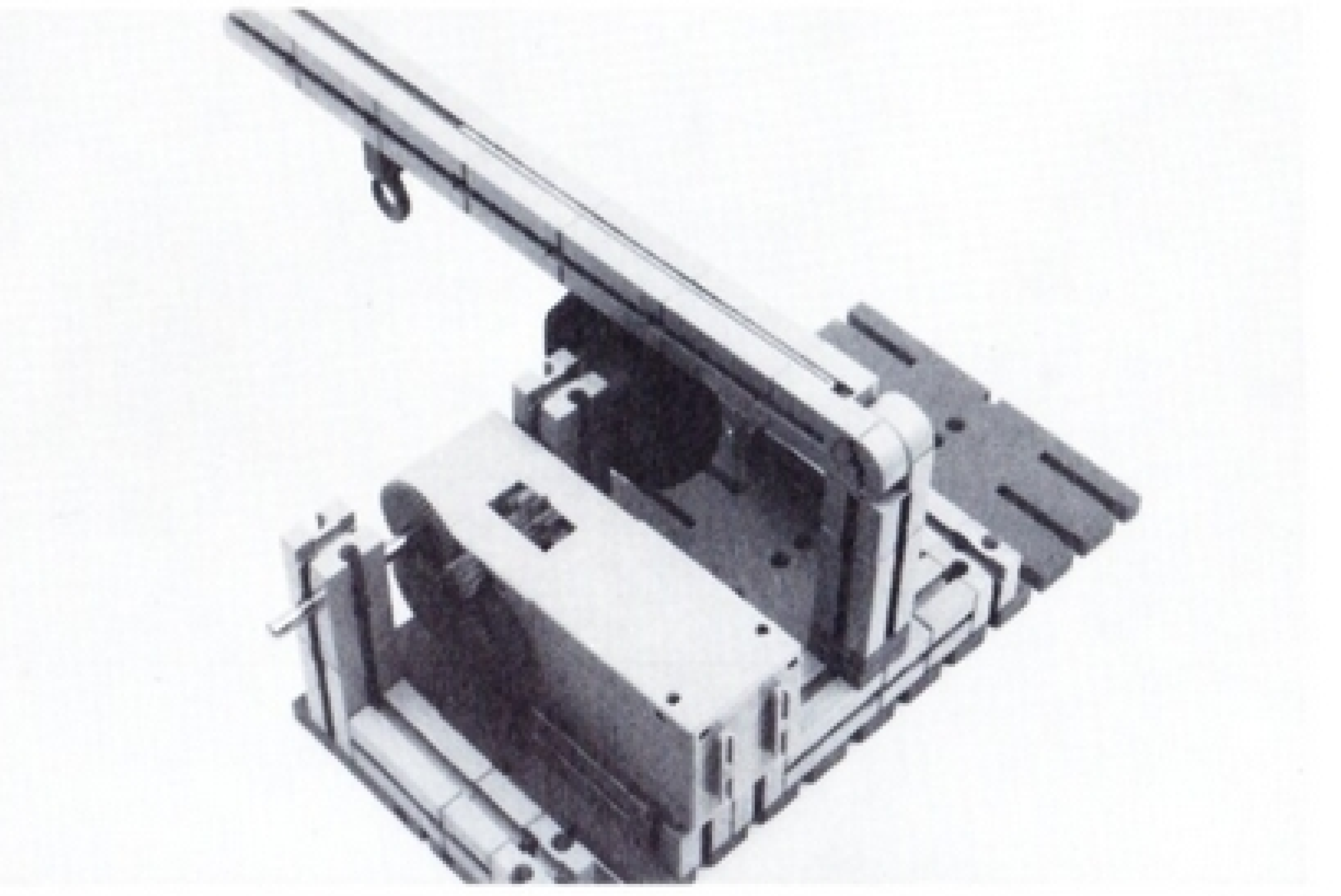


Abb. 3: Modell einer einfachen Backenbremse mit einseitigem Hebel. Das von dem Motor angetriebene Rad ist mit Gummi überzogen. Ein Bremsbelag ist auf den Bremshebel aufgeklebt. Hier sind ähnliche Untersuchungen möglich wie mit dem Modell aus Abb. 1.

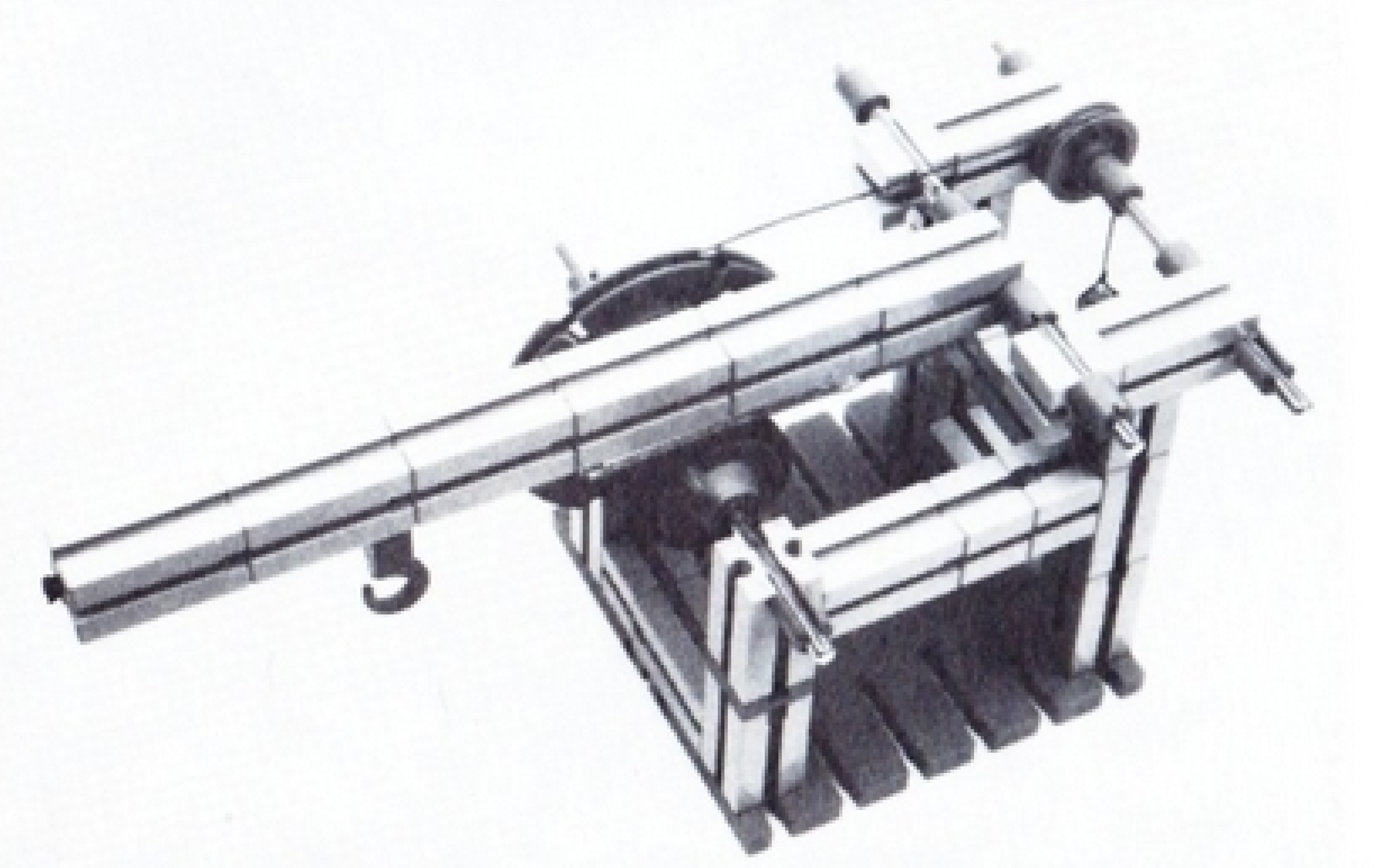


Abb. 4: Modell einer einfachen Backenbremse mit einseitigem Hebel. Das Rad wird durch ein Wägestück, das an dem Bindfaden befestigt ist, angetrieben (vgl. auch Abb. 5).

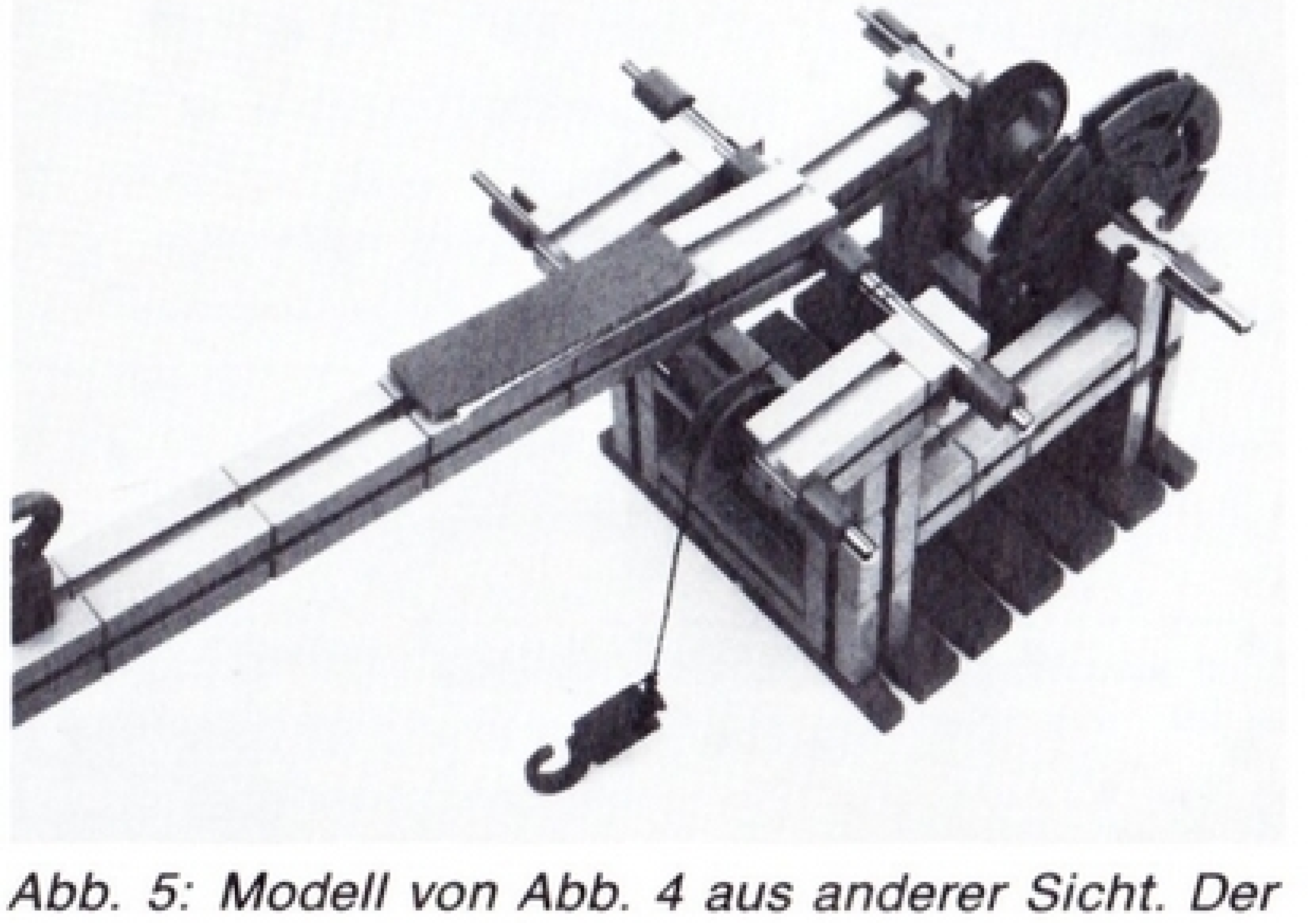


Abb. 5: Modell von Abb. 4 aus anderer Sicht. Der „Bremshebel" ist zurückgeklappt. Das Wägestück zum Antreiben wird an dem Haken am Bindfaden befestigt. Am anderen Haken wird der Kraftmesser angesetzt.

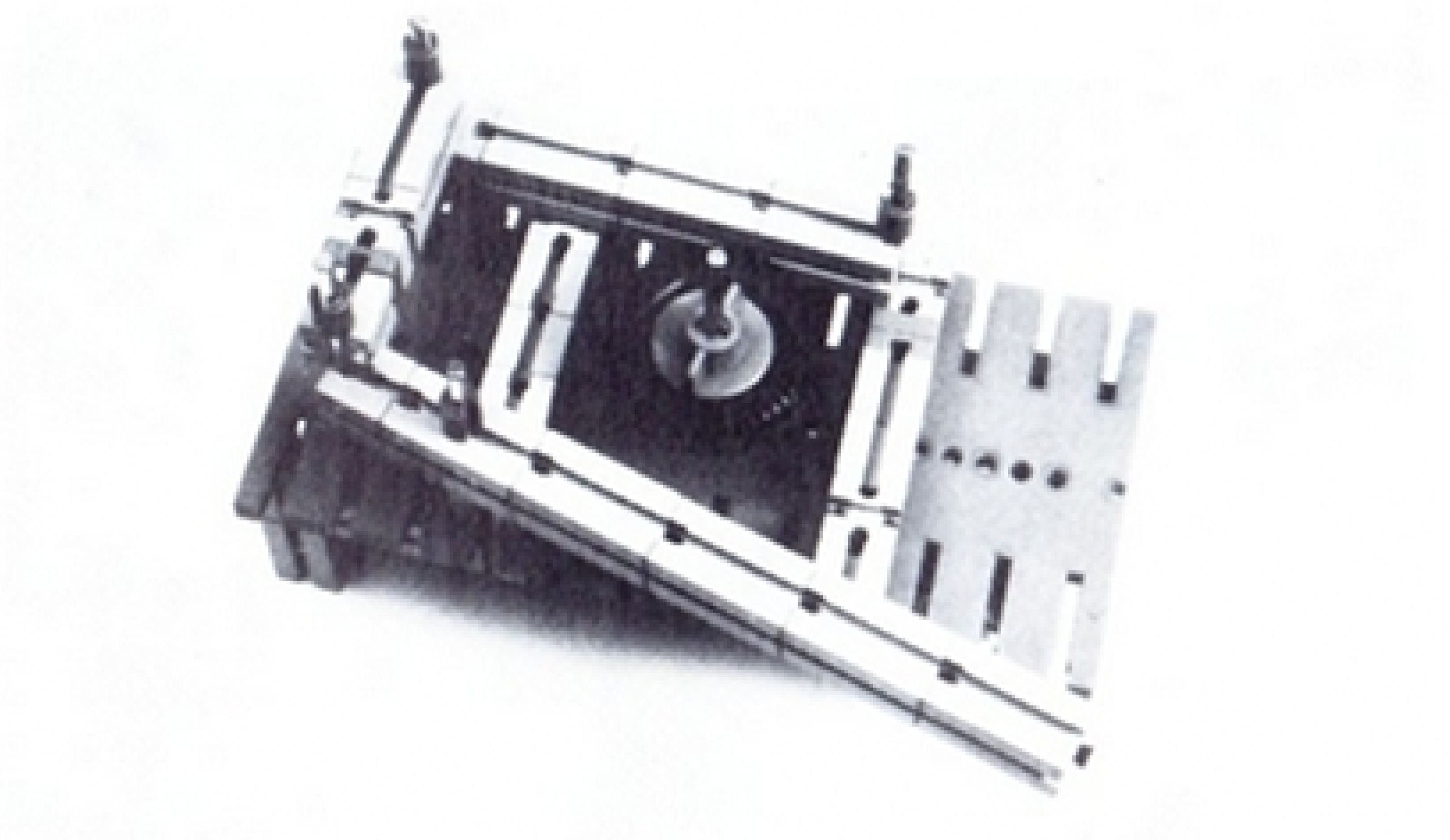


Abb. 6: Modell einer Doppelbackenbremse. Der Antriebsmotor des Rades sitzt unter der Grundplatte, die „Bremse" ist „offen". Der Vergleich mit der einfachen Backenbremse zeigt deutlich, daß die Radachse hier nicht auf Biegung beansprucht wird. Zum Betätigen der Bremse genügt eine viel kleinere Kraft.

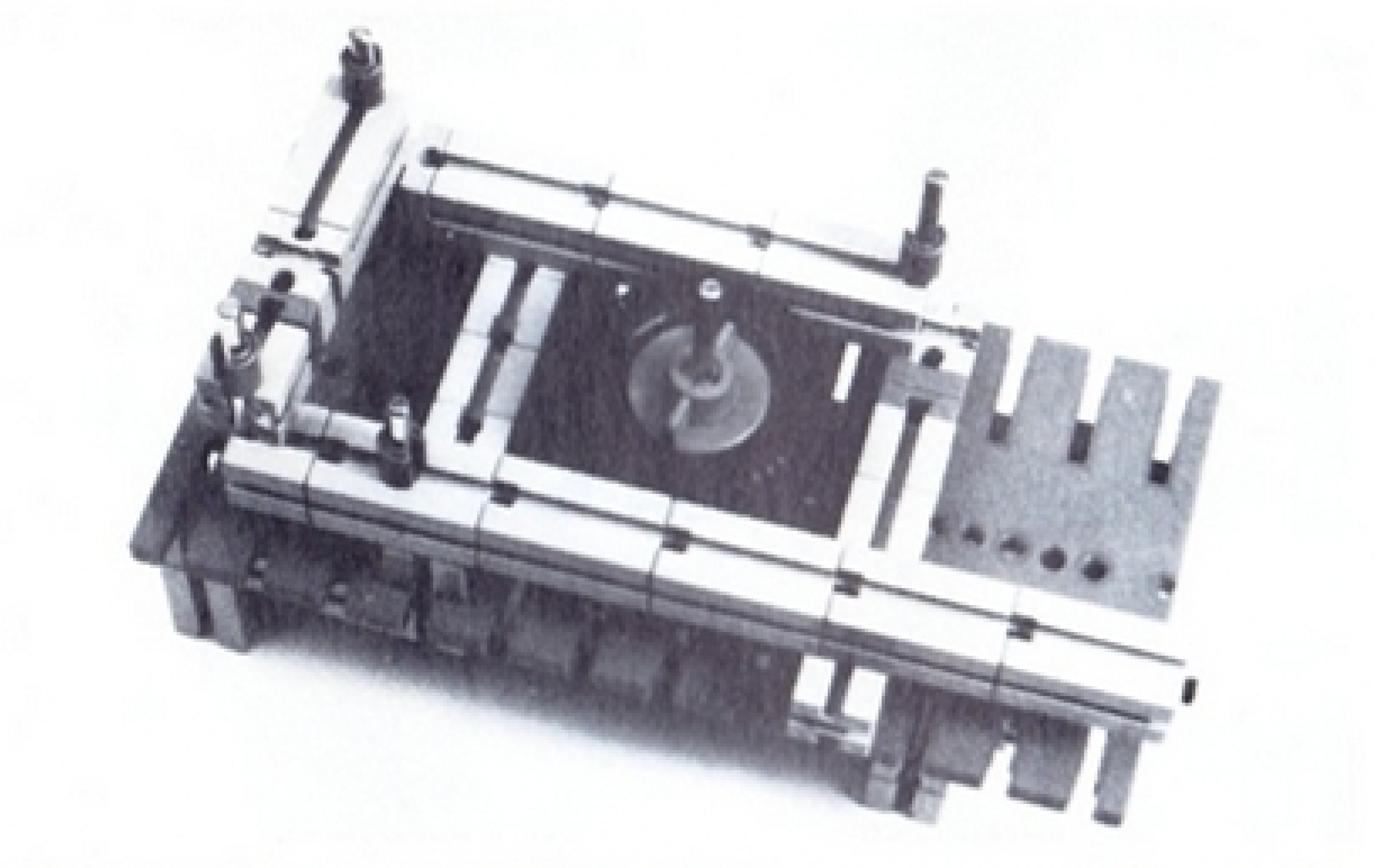


Abb. 7: Modell wie Abb. 6, Bremse „geschlossen".

Lehrplanthema
Hebel als Meßinstrument

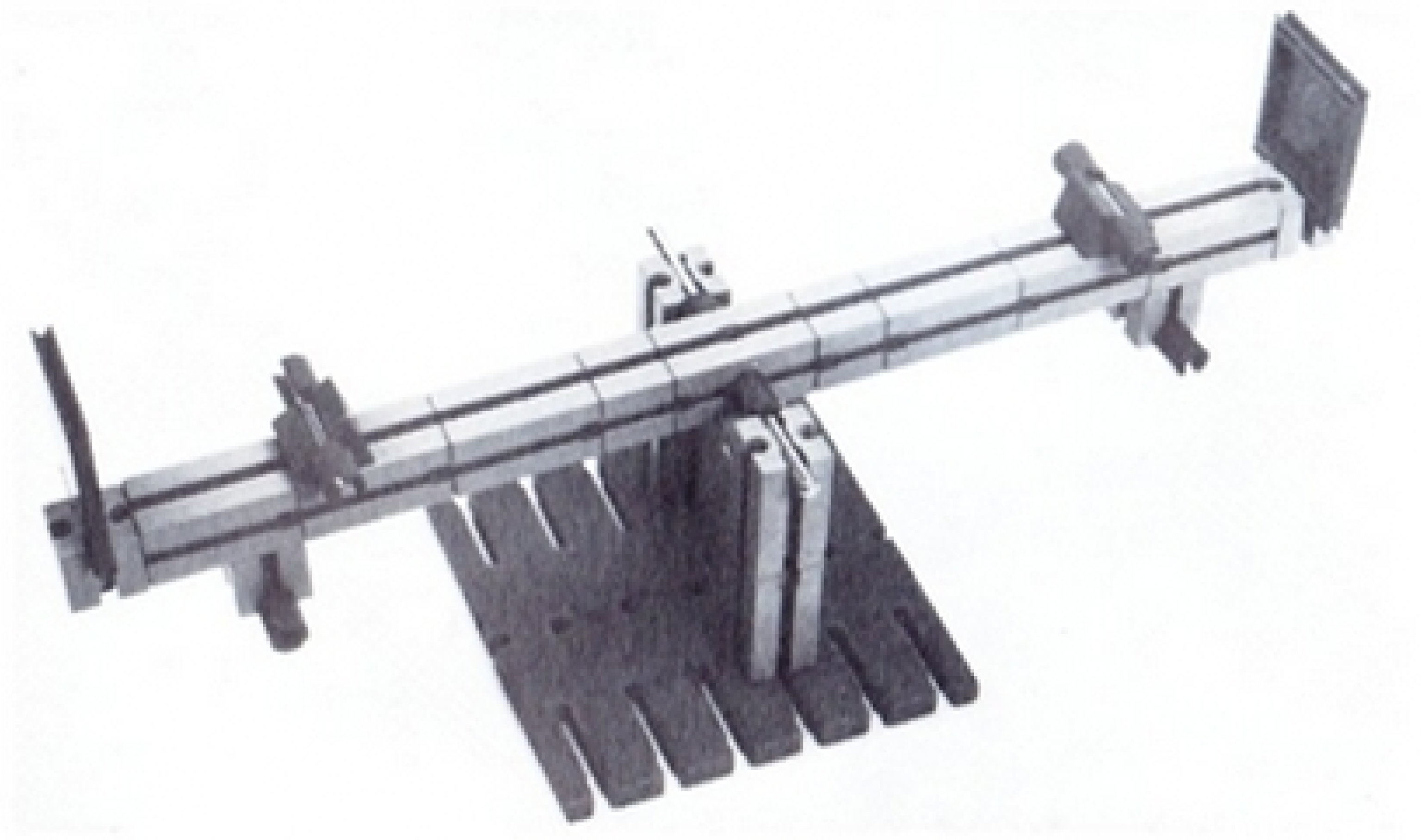


Abb. 8: Wippe als Beispiel für den Zusammenhang zwischen Kraft (hier Gewichtskraft) und Abstand (Hebelarm) beim zweiseitigen Hebel. (Gleichgewichtsbedingung: Die beiden Drehmomente müssen gleich groß, aber verschieden gerichtet sein.)

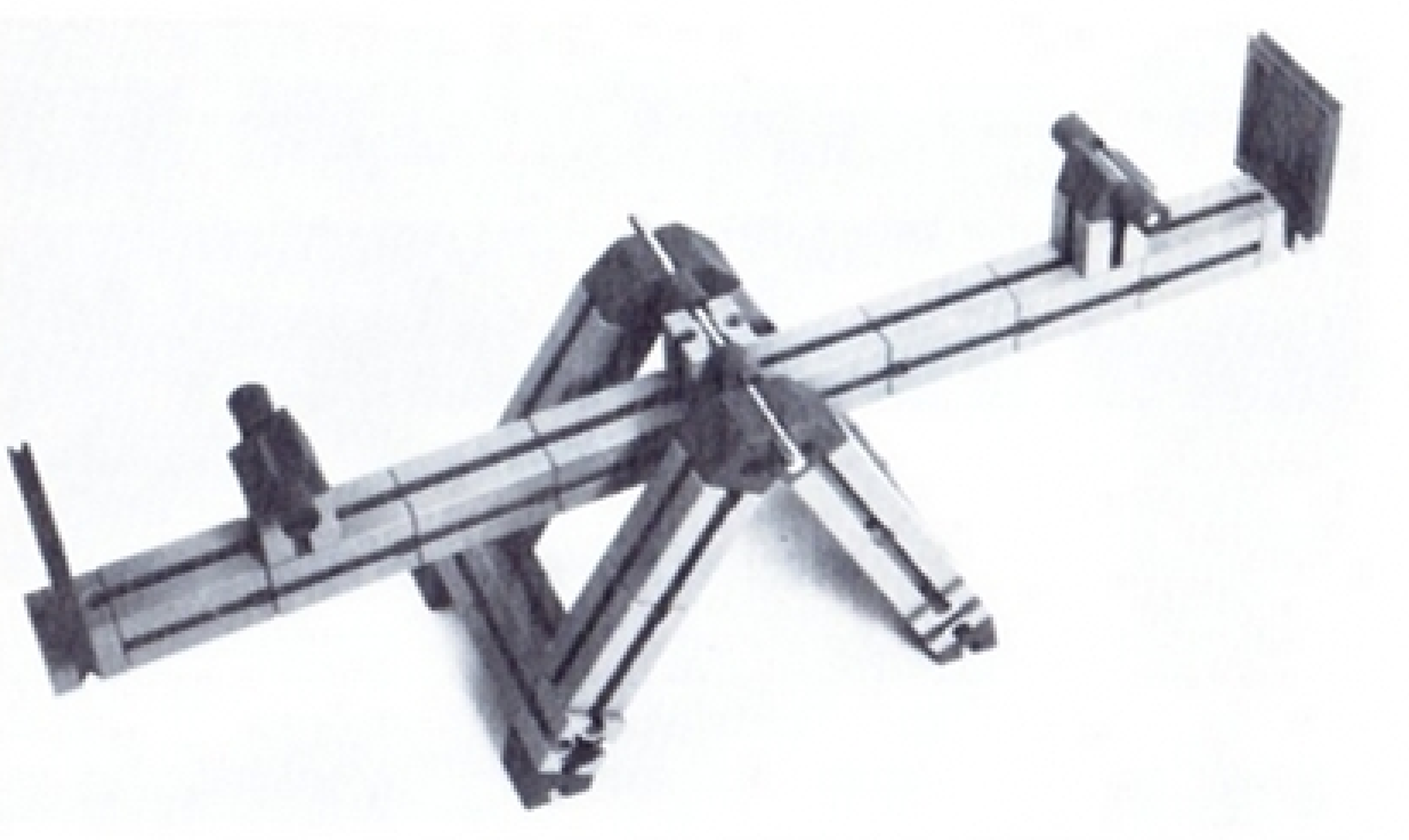


Abb. 9: Wippe mit anderer Konstruktion des Gestells.

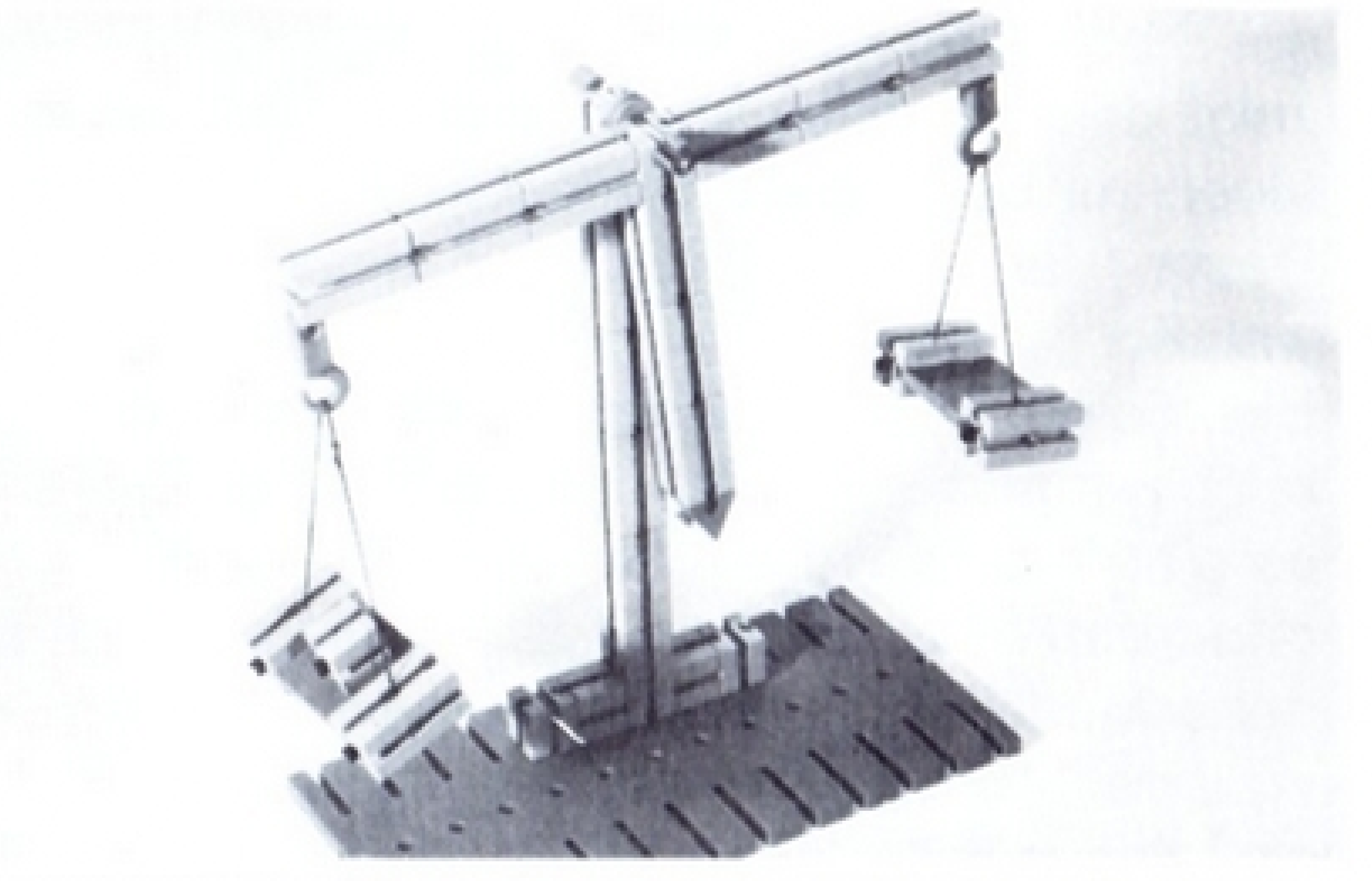


Abb. 10: Modell einer einfachen Waage. Die Haken, an denen die Waagschalen hängen, können stufenlos verstellt werden. So lassen sich mit diesem Modell Wägungen durchführen, die wegen gleicher Hebelarme unmittelbar den Vergleich der Massen ermöglichen. Es ist auch möglich, verschiedene Hebelarme zu wählen und dann die Drehmomente zu vergleichen. Dieses Modell läßt sich auch zu einer „römischen Schnellwaage" erweitern (einen Hebelarm verlängern und ihn mit einem verschiebbaren Wägestück versehen.)

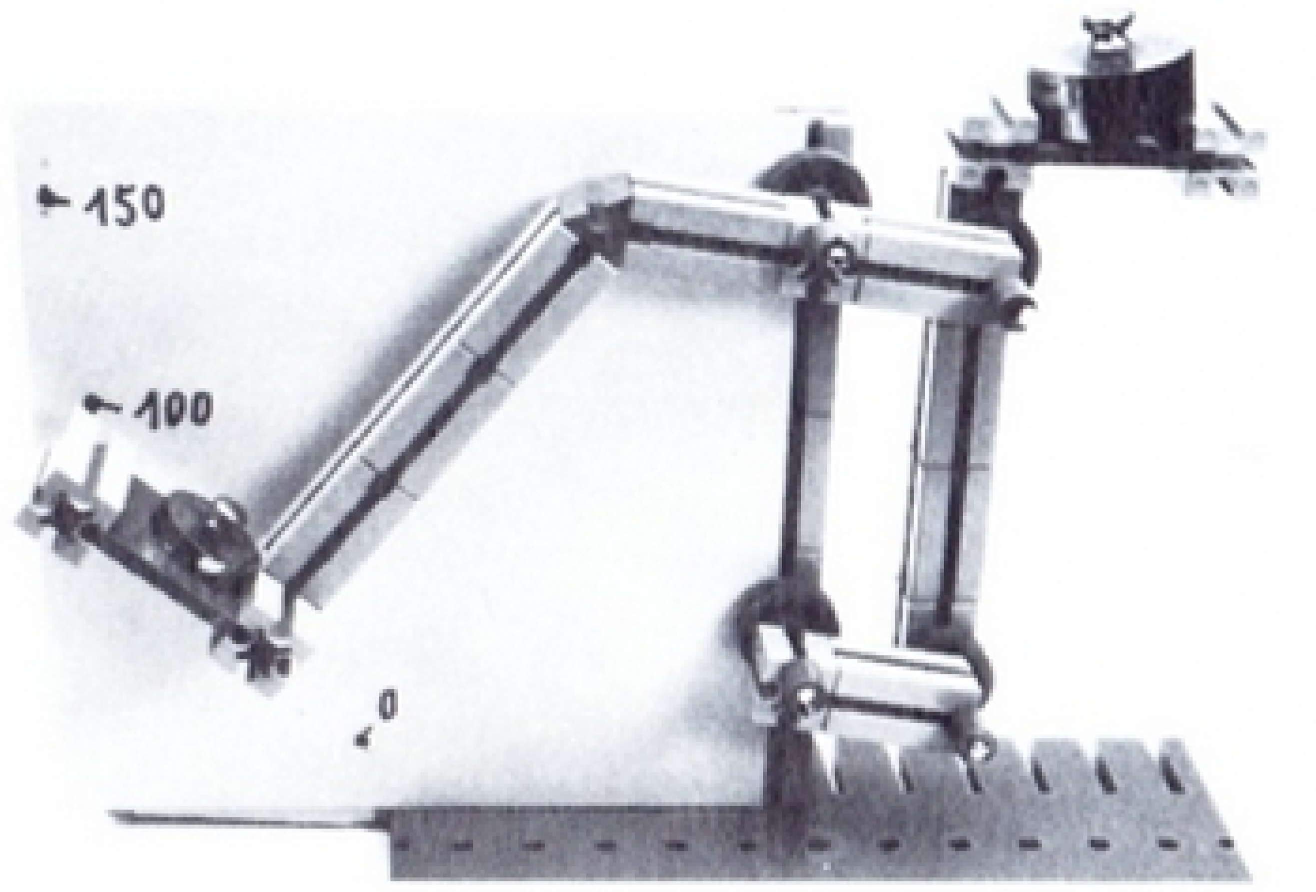


Abb. 11: Modell einer Briefwaage. Um die Skala anbringen zu können, wurde mit doppelseitigem Klebeband ein Stück Zeichenkarton an dem Gestell befestigt. Die Reibung in den Lagern ist allerdings so groß, daß die Meßwerte nur bedingt reproduzierbar sind.

Dokumentation zum Technik-Unterricht und Technischen Werken

Unter diesem Motto haben die fischer-werke im Herbst 1978 die Schulen aufgefordert, Fotos von Schülerarbeiten mit einer kurzen Beschreibung einzusenden. Die fischer-werke danken an dieser Stelle allen Einsendern. Die rege Beteiligung zeigt das Interesse von Schülern und Lehrern, Ideen zur Lösung technischer Probleme über die Dauer der Unterrichtseinheit hinaus zu bewahren.

Die vielen Fotos beweisen auch den Einfallsreichtum und die vielfältigen Möglichkeiten, die es gibt, technische Probleme zu lösen. So wurden oft zu einer einzigen Aufgabe viele verschiedene Modelle vorgestellt; in einem Fall wurden zu einer Aufgabe vierzehn verschiedene Konstruktionen fotografiert.

In diesem und im nächsten Heft werden die ausgewählten Arbeiten veröffentlicht. Aus Platzgründen ist es leider nicht möglich, jeweils alle Modelle zu einer Aufgabe vorzustellen. Es konnten jeweils nur ein bis zwei Modelle ausgewählt werden. Wir bitten um Verständnis.

Innerhalb der ausgewählten zwanzig Arbeiten wurde keine weitere Wertung vorgenommen. Bei der Veröffentlichung wurden ähnliche Themen zusammengestellt.

fischer-werke
Artur Fischer GmbH & Co. KG
7244 Tumlingen/Waldachtal 3

Diese und noch andere Aufnahmen stammen aus der Oberstufe für geistig Behinderte.

Der Auftrag hieß: „Spielplatzgeräte." Vorlagen waren Abbildungen von Spielplätzen in Katalogen. Die Übertragung von der Abbildung des tatsächlichen Gebrauchsgegenstandes auf Baukastenelemente ist für diese Schüler eine beachtliche Leistung.

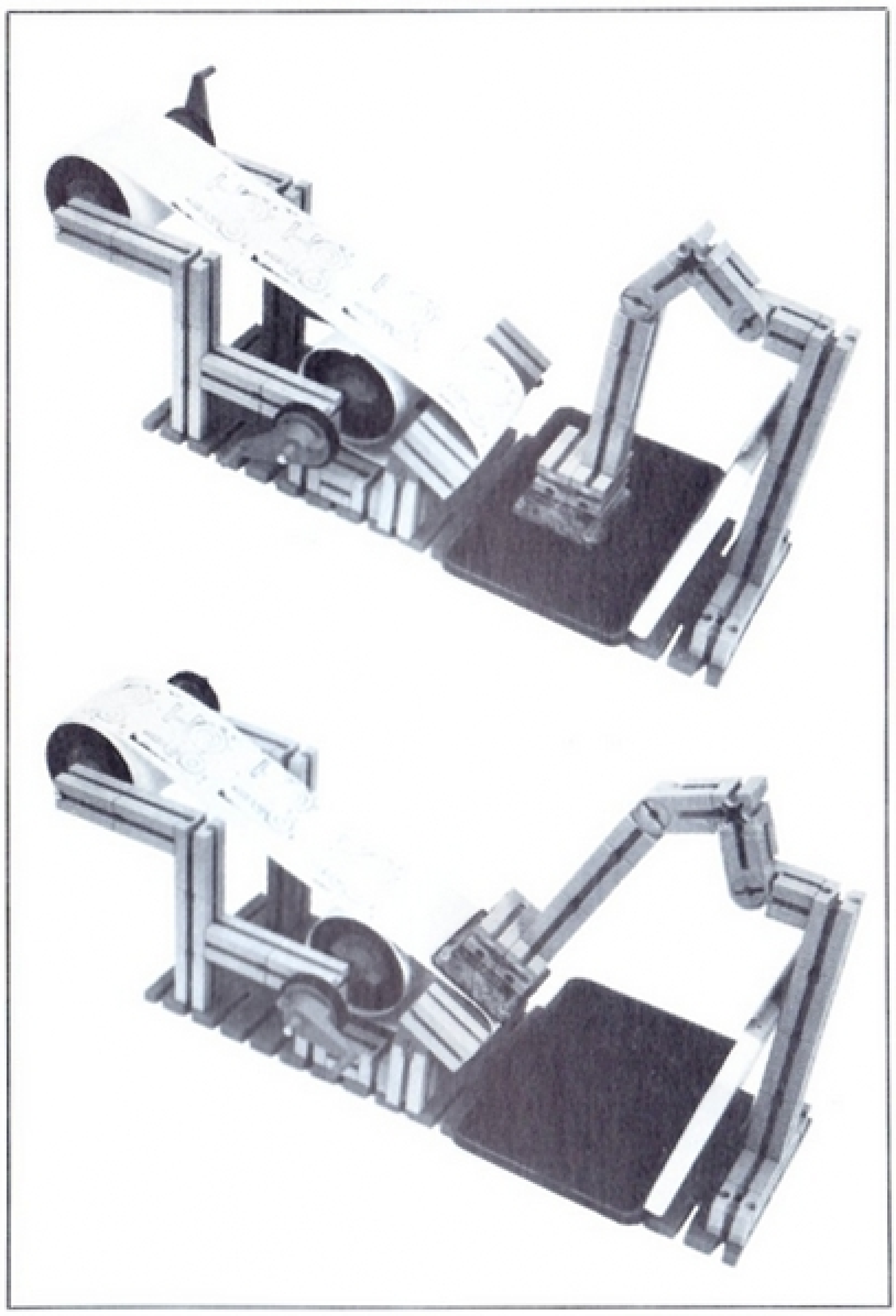
Schule: Wilhelm-Löhe-Schule, Heimsondervolksschule der Inneren Mission für Lernbehinderte und geistig Behinderte, 8225 Traunreut

Die Fotos wurden eingesandt von Frau Risse

Otto Flemisch/Franz Hofer und Ernst Poeverlein

Druckmaschine oder Stempelmaschine

Arbeit aus dem 4. Schuljahr



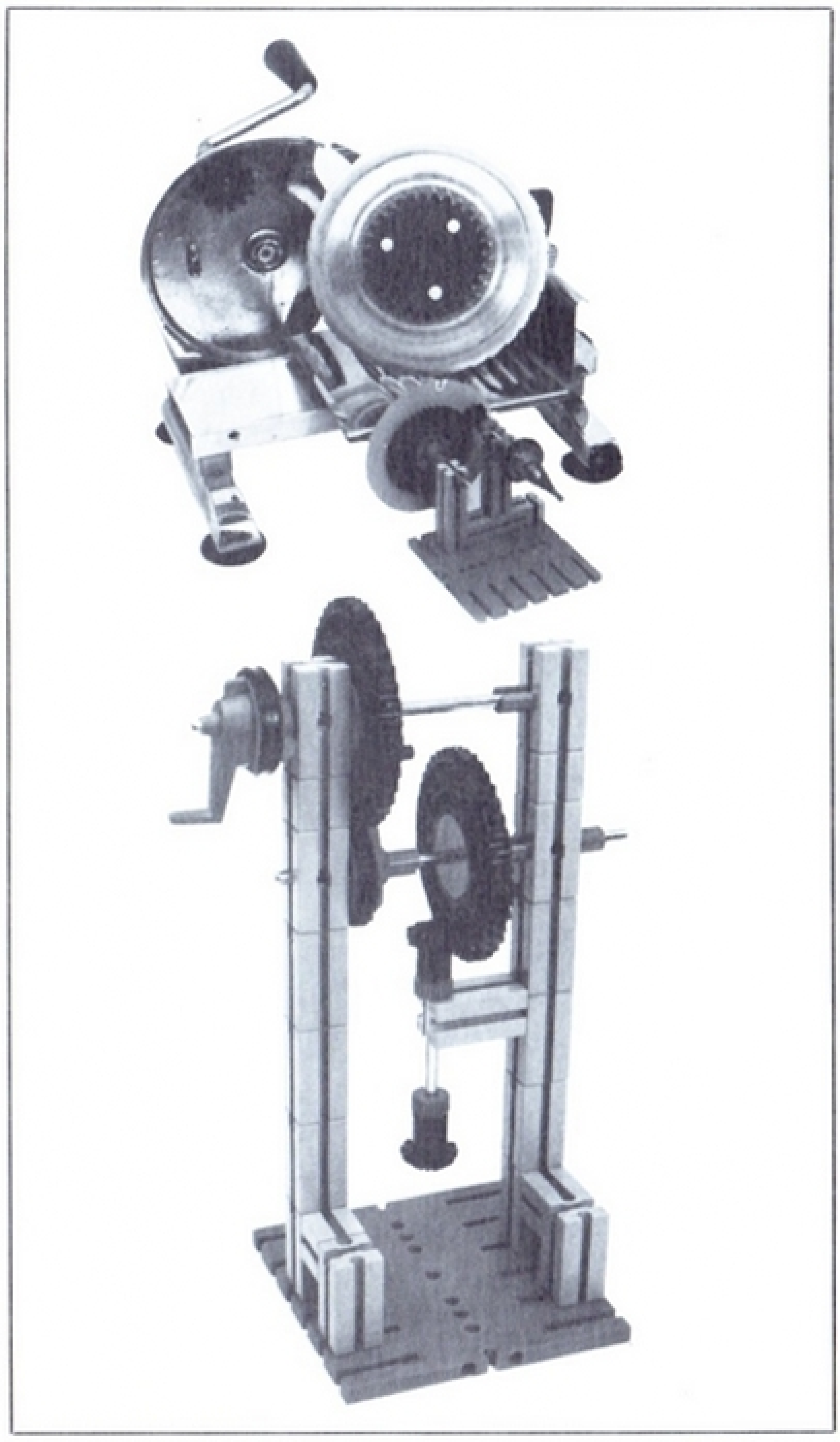
Hinweise zum Modell: Die Schüler hatten zuvor eine Druckerei besucht. Sie versuchten dann selbst, eine „Maschine zu bauen, die drucken oder stempeln kann“.
Zum Modell: Auf die eine Walze (etwa Mitte des Bildes) ist ein langer Papierstreifen aufgewickelt. Er wird über den Flachstein 60 (feste Unterlage zum Stempeln) geführt und dann auf der zweiten Walze (links) aufgewickelt. Der Arm, an dem der Stempel sitzt, enthält zwei Gelenksteine. Dadurch ist er sehr beweglich. Der Stempel wird von Hand in das Stempelkissen und dann gegen das Papier gedrückt. Der Stempel – aus einem Kinderspielzeug – wurde mit doppelseitigem Klebeband an den Bausteinen befestigt.

Schule: Grundschule,
8090 Wasserburg am Inn

Jörg Mackenbach/Bettina Prien – Brunhilde Bahlke, Marco Schirm – Dietmar Gritzan

Brotschneidemaschine mit Handkurbel – Handbohrmaschine mit 2-Gang-Getriebe

Arbeiten aus dem 4. Schuljahr



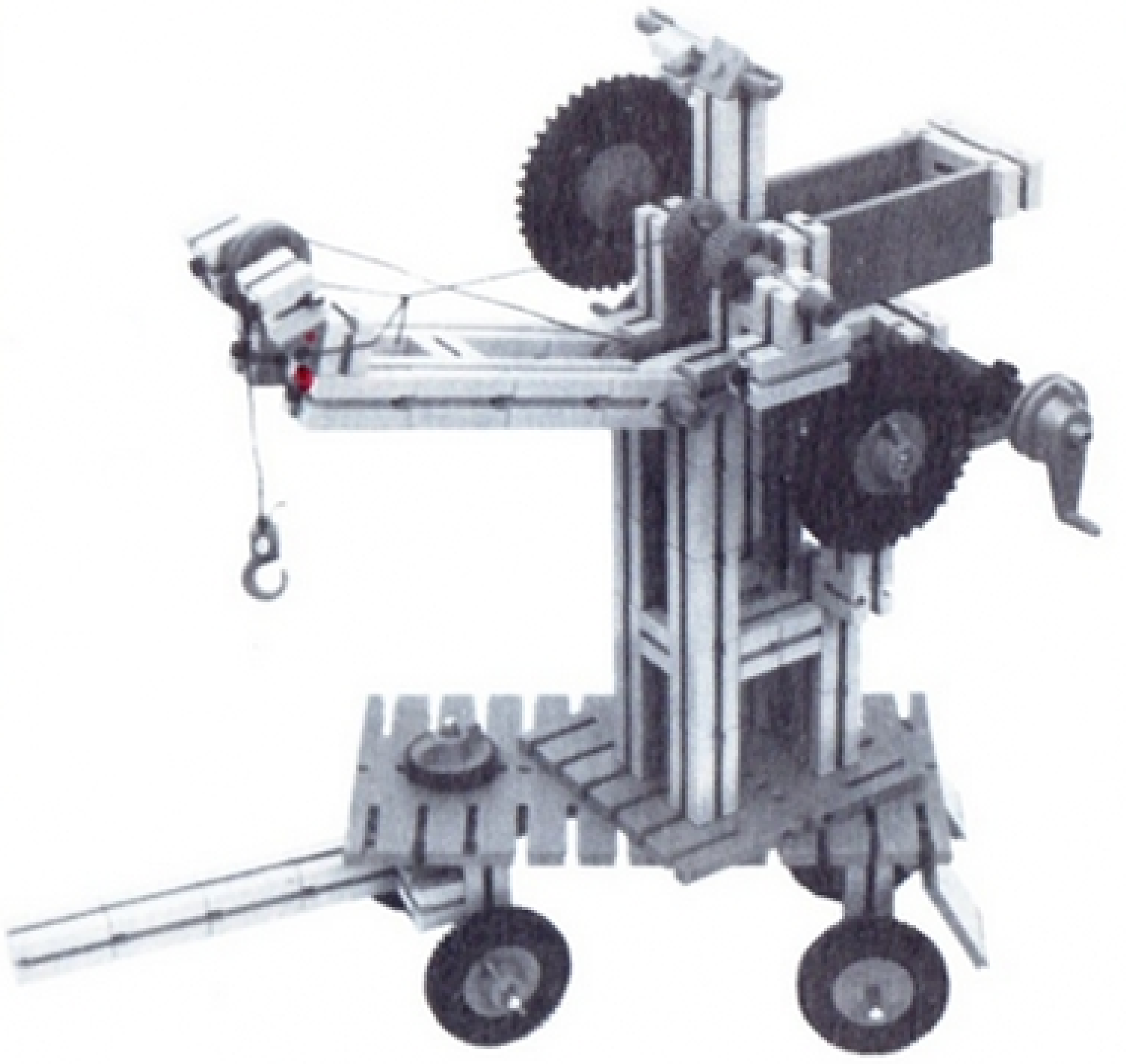
Hinweise zum Modell: Das Modell der *Brotschneidemaschine* entstand nach Beobachtung des Bewegungsablaufs und Demontage der Maschine. Das „Messer“ trägt eine Markierung, damit die Drehung leichter wahrgenommen werden kann.
Das Funktionsmodell der *Handbohrmaschine* enthält zwei Gänge. Wie beim Original kann die Kurbel jeweils links oder rechts aufgesteckt werden. Durch die verschiedenen Übersetzungen werden unterschiedliche Geschwindigkeiten erreicht.

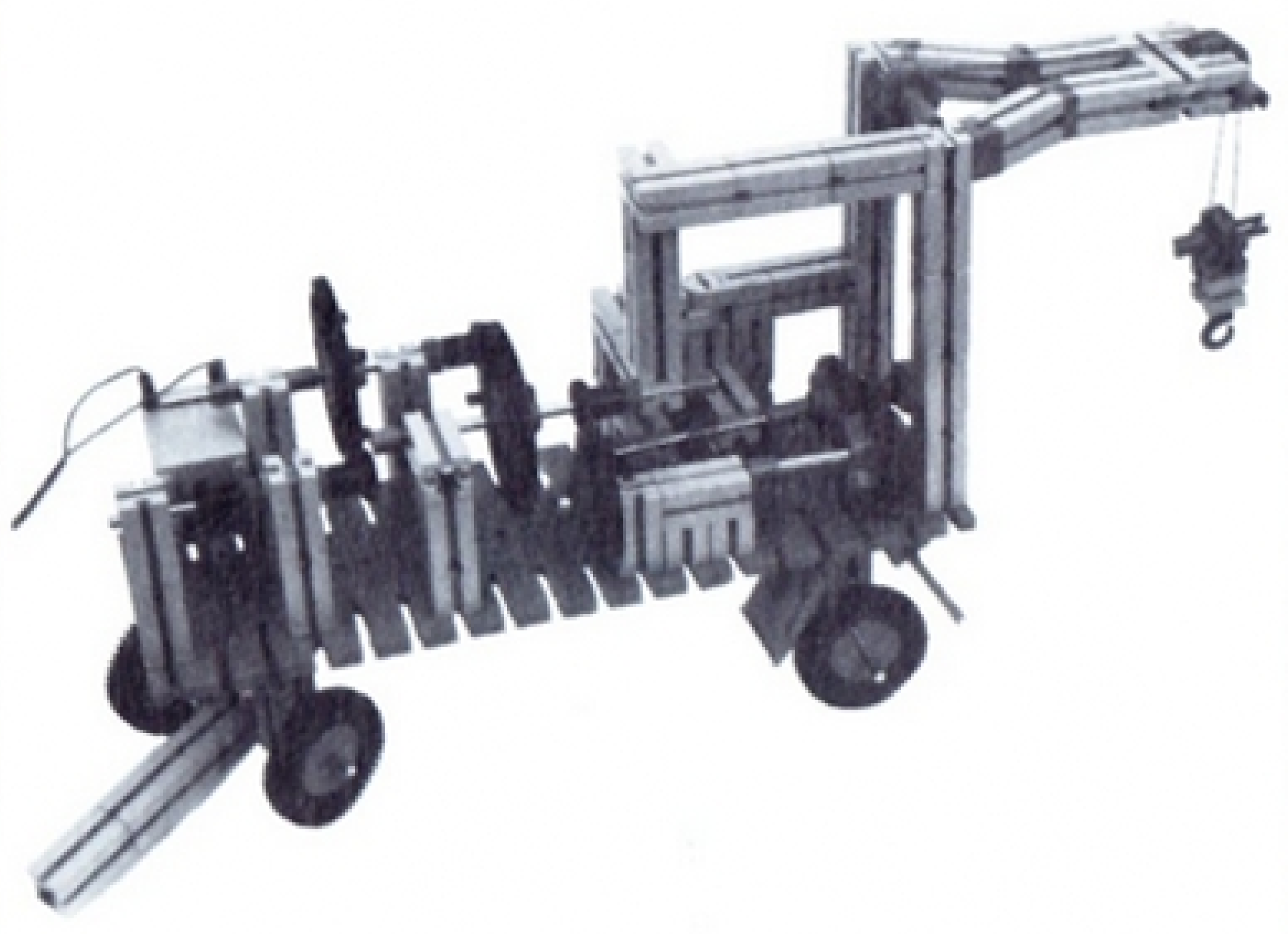
Schule: Gemeinschaftsgrundschule
Kaldenkirchen, 4054 Nettetal 2

Edgar Lukas/Peter Ruge

Fahrbarer Kran

Arbeiten aus dem 6. Schuljahr





Hinweise zum Modell: In dem oberen Modell sind die wesentlichen Funktionen verwirklicht. Der Kran ist fahrbar, der Turm drehbar und der Ausleger verstellbar.

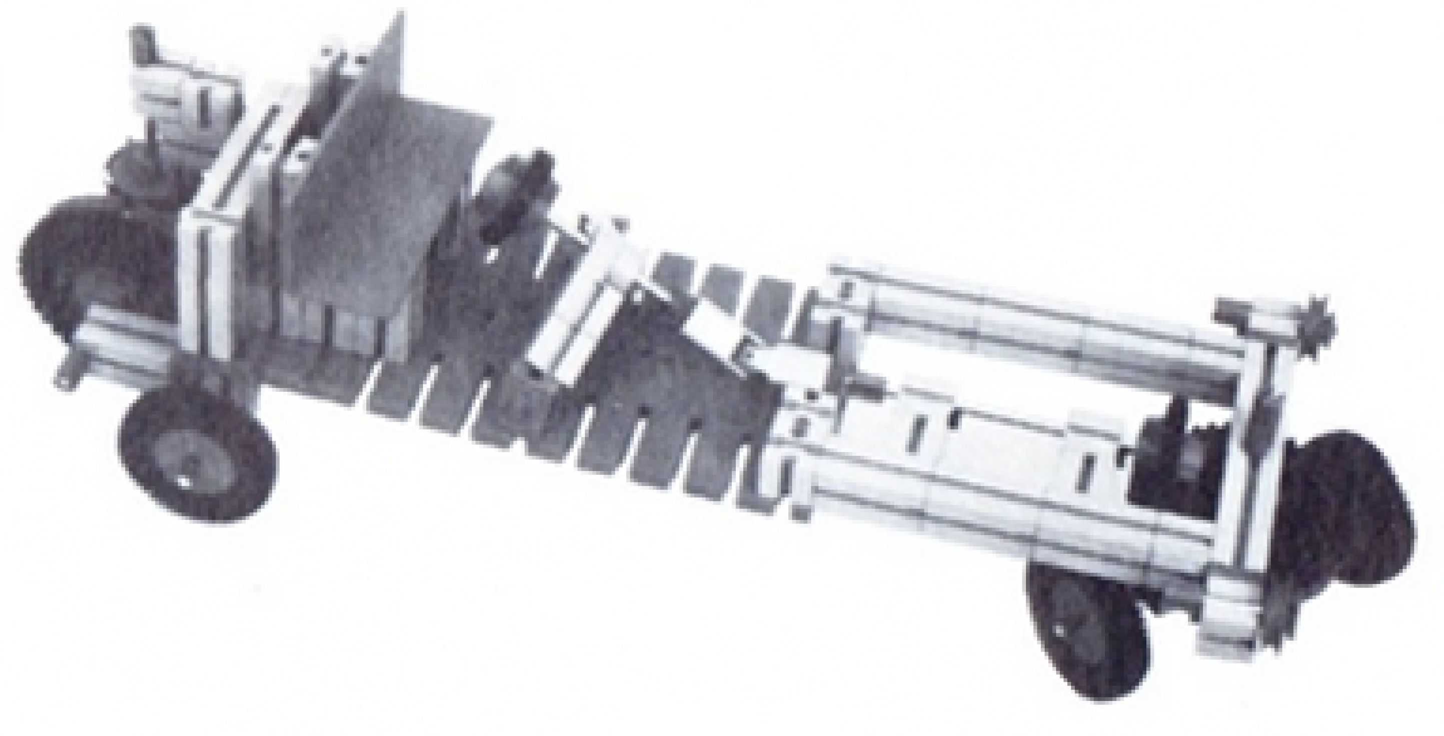
Nachdem Getriebe und Übersetzung behandelt waren, sollte ein Kran gebaut werden, in dem das Hubwerk durch einen Motor über ein Getriebe angetrieben wird (Abb. unten).

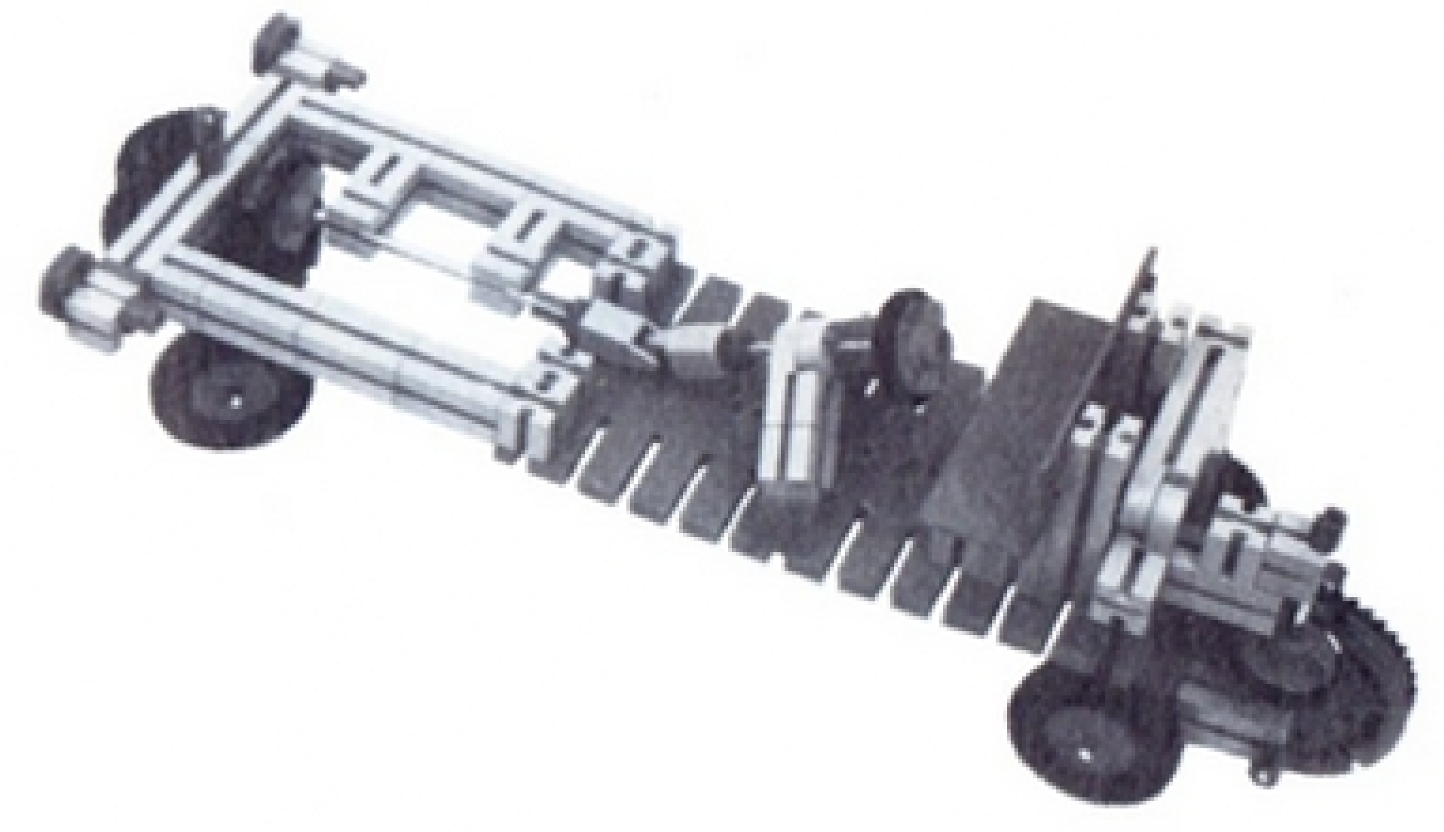
Schule:
Hauptschule,
7142 Marbach a. N.

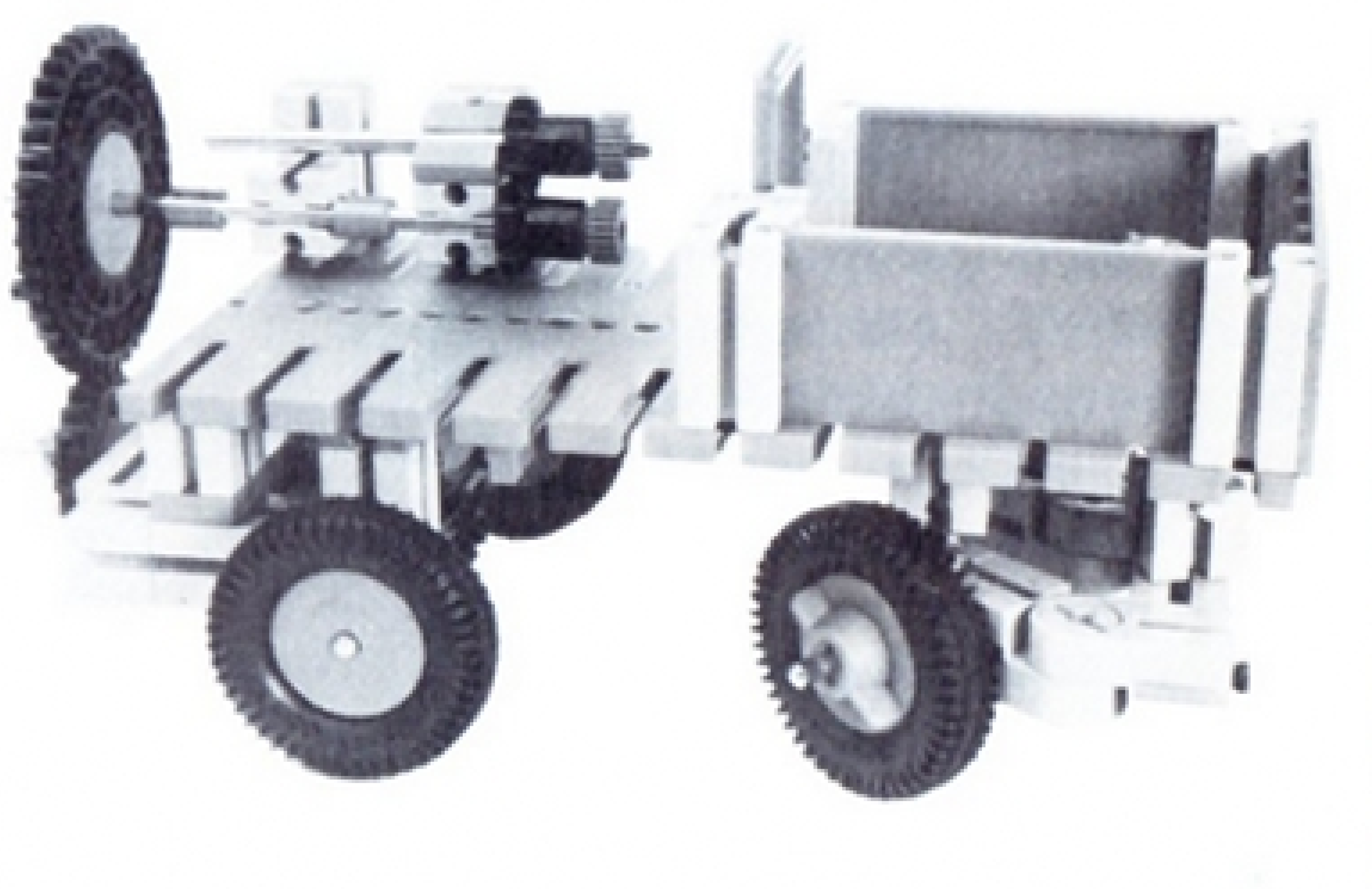
Andreas Stiegler/Roland Kern und
Günter Merklein

Spielfahrzeug mit Lenkung

Arbeiten aus dem 5. Schuljahr







Hinweise zum Modell: Es sollte ein Spielfahrzeug mit Lenkung, mit einem Getriebe mit Übersetzung ins Schnelle zur Kraftübertragung gebaut werden. Eine Bremse konnte angebracht werden, falls die Zeit reichte.

Schule:
Grundschule mit Orientierungsstufe,
7164 Obersontheim