

Forum technische Bildung

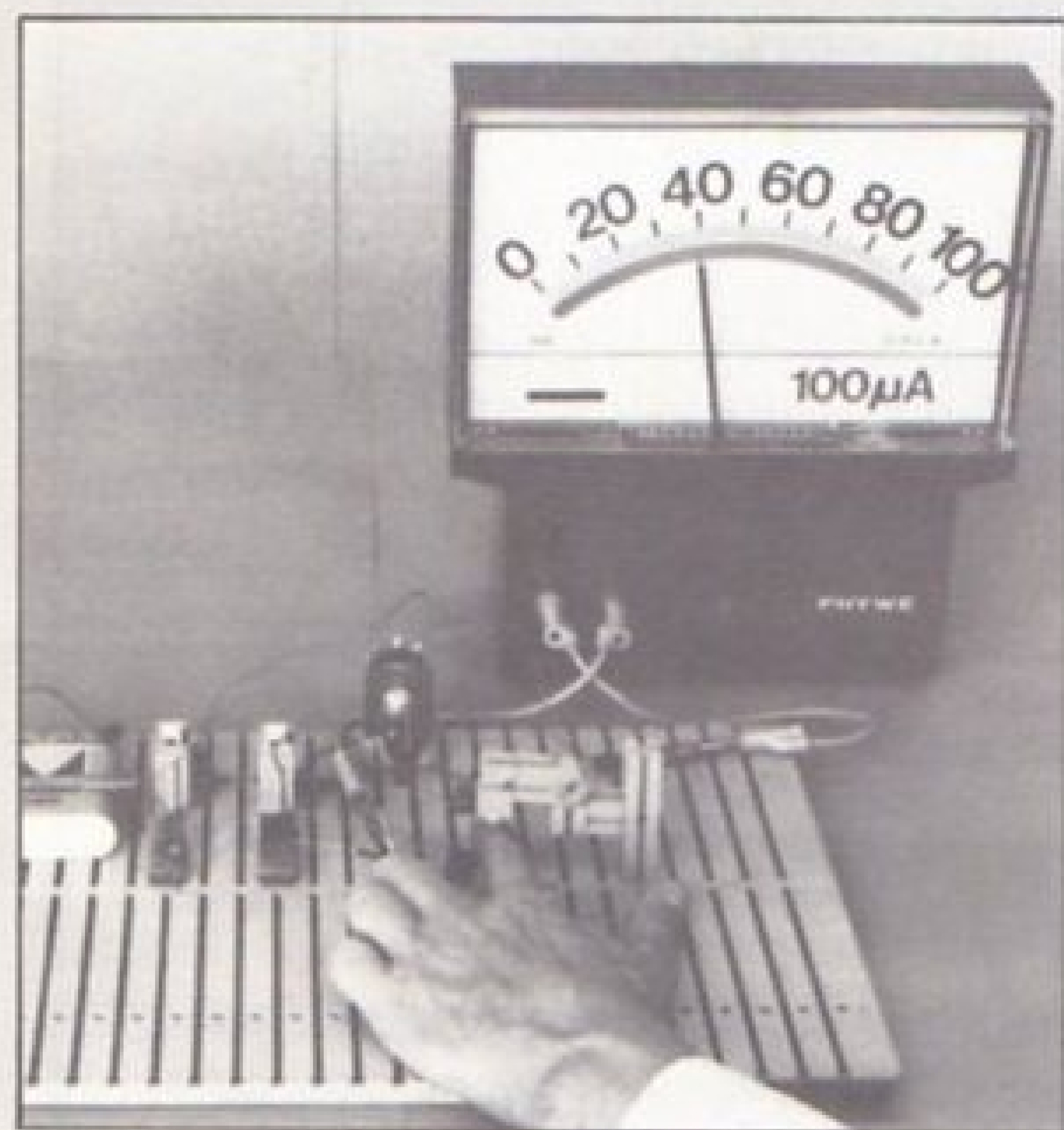
4-79

Beispiele für den
Technikunterricht

Prüfen und Messen II

Zu diesem Heft – Begriffliche Grundlagen

3



Helmut Ohletz

Messungen an einer Diode

Entwurf und Bau einer Personensuchanlage

6

Helmut Steffen

Der Mensch als Meßobjekt

Entwicklung eines Pulsmeßgerätes

11

Gregor Tyrchan

Spannungsoptische Prüfung

als Hilfsmittel konstruktiver Gestaltung

19

**Ausgabe
Sekundarstufe**

ISSN 0170-1487

Vieweg



Hendrik Radatz

Fehleranalysen im Mathematikunterricht

1979. VIII, 104 S. DIN C 5. Kart. 19,80 DM

Aus Erkenntnissen der Forschung und Praxis wird deutlich, daß den Fehlleistungen im Mathematikunterricht sehr oft systematische und individuelle Regeln bzw. Lösungsstrategien der Schüler zugrundeliegen. Schülerfehler spiegeln das Verständnis oder die Lernschwierigkeiten der Schüler wider. Insofern kommt der Fehleranalyse eine große Bedeutung zu.

Nach einer Einordnung des Themas in pädagogisch-didaktische Probleme des Mathematikunterrichts bietet das Buch einen Überblick über die Geschichte der Fehlerkunde, eine Unterscheidung in Fehler-techniken und Fehlerursachen, ein Modell der Gruppierung von Fehlerursachen sowie zahlreiche Anregungen für unterrichtspraktische Möglichkeiten der Fehleranalyse. Sehr viele Fälle und Problembeispiele werden diskutiert; darüber hinaus findet der Leser eine Zusammenstellung der häufigsten Fehlertechniken bei den arithmetischen Grundoperationen.

Alexander Wynands und Ursula Wynands

Elektronische Taschenrechner in der Schule

Ein Arbeits- und Aufgabenbuch für Lehrer und Schüler. 1978. VI, 125 Seiten. DIN C 5. Kart. 19,80 DM

Der erste Teil des Buches befaßt sich mit der Frage: Was leistet der Elektronische Taschenrechner bei der Erarbeitung von mathematischen Begriffen, Funktionen, Gesetzen, Regeln? Der zweite Teil zeigt, daß der Taschenrechner als ökonomisches Rechenhilfsmittel dem Schüler den Zugang erleichtert zum umweltbezogenen Sachrechnen, zum Erstellen und Interpretieren von Tabellen, Graphiken und Formeln und damit zur Mathematisierung und Lösung von Problemen seiner Umwelt.

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH · Braunschweig/Wiesbaden

Forum technische Bildung

Beispiele für den
Technikunterricht
Ausgabe Sekundarstufe
Heft 4-79

Herausgeber und Verlag:

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH,
Braunschweig · Wiesbaden

Schriftleitung:

Prof. Wolfgang Biester, Münster
Prof. Dr. Wolf Traebert, Neuss
Fachschnlrat Helmut Wiederrecht, Heidelberg

Redaktion:

Gereon Roeseling (verantwortlich), Ludwig Luber

Anschrift:

Redaktion „Forum technische Bildung“
Verlag Vieweg, Postfach 300620, 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.

Alle Rechte vorbehalten.

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GmbH, Braunschweig 1979

Autoren dieses Heftes:

Helmut Ohletz,
Königsberger Str. 98
4400 Münster

Helmut Steffen,
Winkelstraße
4405 Nottuln

Gregor Tyrchan,
Trierer Straße 5
5000 Köln 40

Wolf Traebert

Prüfen und Messen II

1. Zu diesem Heft

Nachdem im vorangehenden Heft einfache – vermutlich auch schülerseitig auf erhebliches Vorwissen treffende – Meßverfahren dargestellt wurden, sollen in dieser Ausgabe spezifischere Fragestellungen aufgegriffen werden. Das hat nicht nur Konsequenzen hinsichtlich der Schulalterszielgruppe – 8.–10. Schuljahr – sondern bedingt auch den Einsatz aufwendigerer Meßtechniken.

Helmut Ohletz bearbeitet in einem Beitrag aus dem 8. Schuljahr ein Problem der Dimensionierung elektronischer Bauelemente, Dimensionierung verstanden als Auswahl einer von den Betriebsdaten her geeigneten Diode für die Herstellung einer bestimmten Schaltung. Dimensionierungsprobleme sind von der mechanischen Seite her im Technikunterricht bekannt: hier handelt es sich zumeist um die Auswahl genügend tragfähiger Konstruktionsteile, wobei Probelastung und Rechnung Lösungshinweise liefern. Diese Verfahren sind – angesichts der Unanschaulichkeit elektronischer Bauteile – nicht ohne weiteres übertragbar; das Verhalten unter Prüfbedingungen ist nur durch Meßgeräte erkennbar. Parallel dazu können auch Rechenoperationen entsprechende Werte liefern. Da nicht bei allen Lesern handwerkliche Erfahrung in der Verarbeitung elektronischer Bauteile vorausgesetzt werden kann, werden auch einige Hinweise zur Löttechnik gegeben.

Helmut Steffen greift ein Thema auf, das in der Arbeitswissenschaft bzw. in der medizinischen Technik erhebliche Bedeutung hat: Die meßtechnische Untersuchung von Funktionen des menschlichen Körpers. Am (begründeten) Beispiel der Pulsmessung werden Methoden erläutert, körperliche (und psychische?) Belastungen meßtechnisch zu erfassen, insoweit sie meßbare Veränderungen der Kreislaufreaktionen zur Folge haben.

Technische Verfahren zur Überwachung von Körperfunktionen sind heute in jedem Krankenhaus, aber auch schon in kleineren Arztpraxen vorhanden; der sachgerechte Umgang damit setzt nicht nur medizinische Fachkompetenz voraus. So interpretiert, läßt sich die Thematik als exemplarisch für eine Vielzahl medizinisch- bzw. biologisch-techni-

scher und ergonomischer Meßverfahren deuten, vom EKG in der Arztpraxis bis zur Kreislaufüberwachung von Astronauten.

Ein völlig anderer meßtechnischer Aspekt wird in dem Beitrag von *Gregor Tyrchan* aufgegriffen: die Gestaltung komplizierterer Werkstücke und Werkzeuge allein aufgrund rechnerischer Überlegungen oder Prüfhandlung gibt nicht genügend genaue Hinweise auf den tatsächlichen Beanspruchungsverlauf innerhalb des Werkstoffes. Eine Reihe üblicher, vereinfachender Annahmen verschleiern dies; so etwa die Annahme linear nach außen zunehmender Spannungsverteilung in einem Biegebalken, äußerlich sichtbar durch Risse (Zugzone) oder Wölbung (Druckzone). Auch komplizierte Rechnungen bilden die realen Verhältnisse nur annähernd ab. Durch Ausnutzung der Tatsache, daß mechanische Spannungszustände die optischen Eigenschaften bestimmter Werkstoffe verändern, lassen sich Spannungsverteilungen sichtbar machen. Dies erklärt nicht nur das Verformungs- bzw. Bruchverhalten beliebig geformter Werkstücke, sondern vermag umgekehrt wertvolle Hinweise in bezug auf die konstruktive (abgestimmte) Gestaltung zu geben. Spannungsoptische Verfahren finden bei Modellversuchen und konstruktiven Problemen, aber auch bei theoretischen Fragestellungen (Festigkeits-theorie) vielfache Anwendung.

Die hier folgende und den Beiträgen vorangestellte kurze Abhandlung zur Begriffsklärung und Systematik des Einheitensystems schließlich soll die erforderlichen terminologischen Grundlagen liefern.

2. Begriffliche Grundlagen

2.1 Definitionen

Am bekanntesten dürfte wohl die begriffliche Bestimmung des Messens sein als „Vergleichen einer (physikalischen) Größe mit einer festgesetzten Einheit und die Bestimmung ihrer Maßzahl, d.h. des Zahlenwertes, der angibt, wie oft diese Einheit in der betreffenden Größe, der Meßgröße, enthalten ist“.¹ Ähnlich definiert DIN 1319 Messen als „experimentellen Vorgang, durch den ein spezieller Wert einer physikalischen Größe als Vielfaches einer Einheit oder eines Bezugswertes ermittelt wird“.²

Die zu messende Größe heißt *Meßgröße*, der Wert (= Zahlenwert \times Einheit) heißt *Meßwert*.²

Das *Meßergebnis* wird im Normalfall aus (mehre-

¹ Meyers Lexikon Technik und exakte Naturwissenschaft, Bd. 2, Mannheim 1970, S. 1124

² DIN 1319, Blatt 1, Nov. 1971, S. 1

ren) Meßwerten unter Angabe der Meßbedingungen und der Meßunsicherheit (Genauigkeit, Umwelteinflüsse, Beobachter)³ abgeleitet bzw. errechnet. Die benutzten Meßgeräte und deren Anordnung bilden die *Meßeinrichtung*.

Ein Meßverfahren kann *direkt* (unmittelbarer Vergleich mit der Bezugsgröße; z. B. Zollstock, Balkenwaage) oder *indirekt* sein (Überführen auf andersartige physikalische Größen, z. B. Zeit beim Echolotverfahren). *Analoge* Meßverfahren ordnen *jeder* Meßgröße (stetig) eine Ausgangsgröße (Anzeige) zu, *digitale* Verfahren ordnen (unstetig) *Abschnitten* der Meßgröße definierte Ausgangsgrößen zu.

Im Unterschied zum Messen ist mit dem *Prüfen* immer eine Entscheidung verbunden: prüfen bedeutet feststellen, ob der Prüfgegenstand eine oder mehrere, vereinbarte oder vorgeschriebene oder erwartete Bedingungen erfüllt, insbesondere, ob vorgegebene Fehlergrenzen und Toleranzen eingehalten werden.¹ Prüfen kann subjektiv durch Sinneswahrnehmung (Sichtprüfung, Hörprüfung, Tastprüfung) oder objektiv durch Meßgeräte erfolgen.

Unter *Eichen* versteht man die Aufeinanderbeziehung von Meßgröße und Anzeige (Skala) zur Feststellung der quantitativen Zuordnung (Maßstab), zumeist mit Hilfe definierter Fixpunkte. Dabei etwa erforderliches Korrigieren nennt man *justieren*.

Im fachlichen Sprachgebrauch ist mit Eichen vorwiegend das amtlich vorgeschriebene Eichen (Eichgesetz, Prüfstempel) gemeint. Die dort meist festgelegten Nacheichfristen beweisen, daß die Abbildung der Meßgröße auf die Meßskala nur über begrenzte Zeit als „richtig“ gilt.

³ DIN 1319, Blatt 2, Jan. 1972, S. 1

2.2 Ablauf

Der grundsätzliche Ablauf bei einer Messung bzw. Prüfung ist in Abb. 1¹ dargestellt. Der Einfachheit halber ist die Sinnesprüfung nicht mit einbezogen. Mit einem Fühler wird der Meßwert am Meßort aufgenommen und über einen Wandler in eine dem Menschen leichter zugängliche Form transformiert (z. B. Erwärmung → Ausdehnung eines Bimetallstreifens → Bewegung eines Zeigers). Dies ist das eigentliche Meßgerät. Eventuell (z. B. wenn eine Fernübertragung vorgesehen ist) muß der Meßwert verstärkt werden, d. h. ein „Übersetzungsverhältnis“ ist zwischen Meßwert und Anzeige vorgesehen. Über Anzeige (Beobachter) oder Speicher (Rechner) wird dann der Meßwert ausgegeben.

Wird nach der Meßwertausgabe eine Soll/Ist-Entscheidung vorgenommen, so geht das *Messen* in das *Prüfen* über. Lautet die getroffene Entscheidung „gut“ im Sinne der vorgegebenen Abweichungsgrenzen, so bedeutet dies „keine Korrekturhandlung“; produktionstechnisch ist dies gleichbedeutend mit der „Freigabe“ des Produzierten für die weitere Verwendung, z. B. für den Verkauf. Damit wird zugleich Verantwortung übernommen.

Lautet die Entscheidung „schlecht“, d. h. Überschreitung der vorgegebenen Grenzen, so folgt daraus entsprechende Korrekturhandlung, produktionstechnisch die Nichtannahme der Leistung, was Nacharbeit (Reparatur) oder Ausschuß bedeutet.

Im allgemeinen ist man bemüht, durch den Meßvorgang das Meßobjekt selbst nicht zu beeinflussen, um die zu messende Größe nicht zu fälschen. Mikrophysikalisch ist das bekanntlich prinzipiell unerfüllbar, aber auch im technischen Bereich erge-

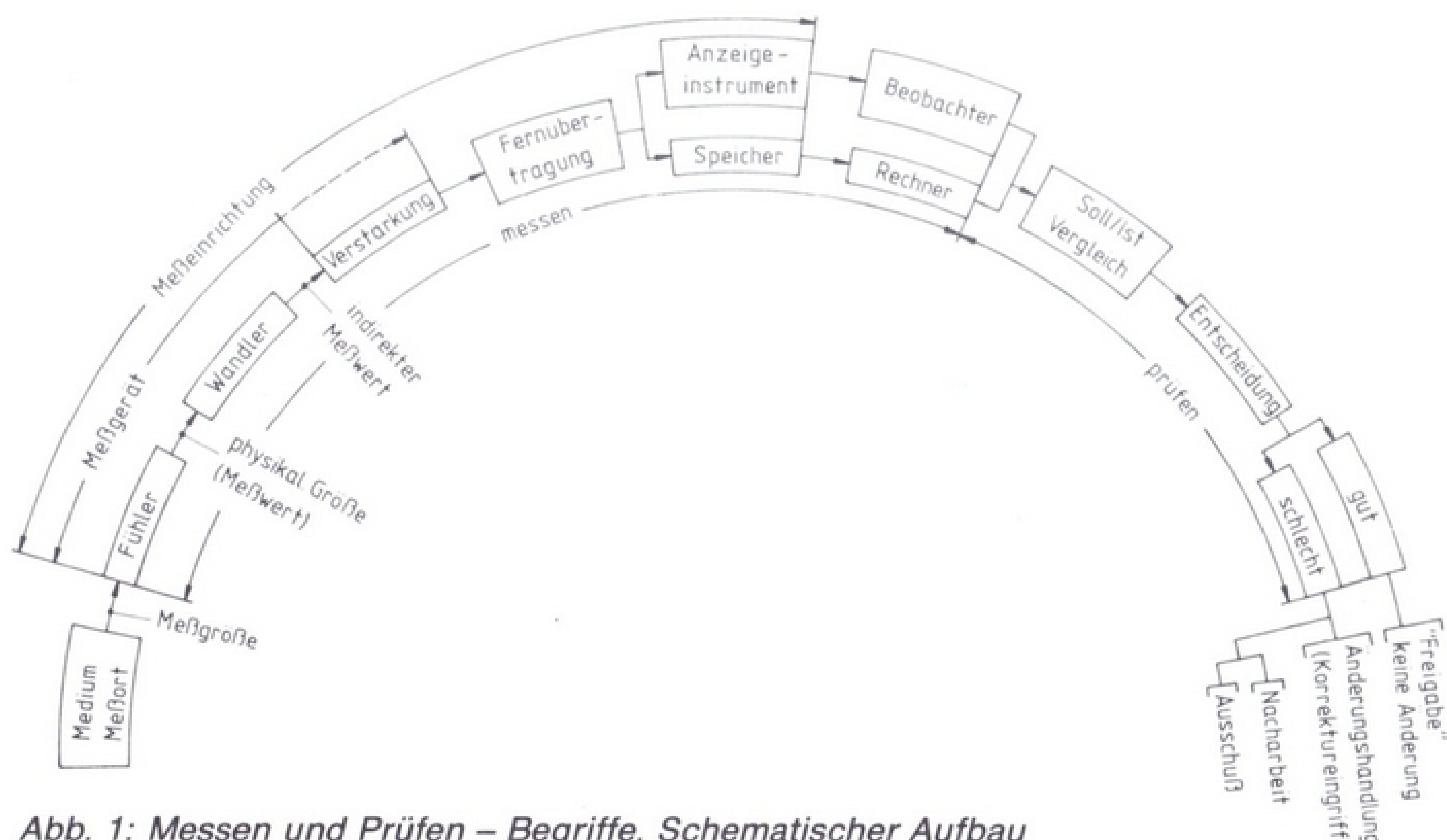


Abb. 1: Messen und Prüfen – Begriffe, Schematischer Aufbau

ben sich des öfteren Schwierigkeiten (Ermittlung der Maße von zusammendrückbaren Körpern, Spannungsmessung mit endlichem Innenwiderstand des Meßgerätes, Wärmeableitung durch Thermometer bzw. Thermoelement usw.), was nicht nur Meßfehler, sondern Rückwirkungen auf den zu untersuchenden Sachverhalt zur Folge hat.

2.3. Einheiten

Nach dem Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. 7. 1969 sind die Einheiten des Internationalen Einheitensystems (Système International d'Unités = SI-Einheiten) ab 1977 verbindlich. In Tabelle 1 sind die Basiseinheiten zusammengestellt.

Für die Darstellung von Vielfachen dieser Einheiten werden jeweils Vorsätze vor die gemessene Größenart gestellt (vgl. Tabelle 2). Dabei darf zur Darstellung eines Wertes nicht mehr als *ein* Vorsatz verwandt werden, also nicht k k W, sondern MW. Für die weiter bestehenden Winkel- und Zeitangaben (Sekunde, Stunde) dürfen keine Vorsätze verwendet werden.

Alle anderen Meßgrößen lassen sich durch Kombination der Basiseinheiten darstellen, so z.B. die Kraft 1 N (Newton) = 1 kgm/s² entsprechend der physikalischen Grundbeziehung zwischen Kraft,

Meßgröße	Bezeichnung	Formelzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Stromstärke	Ampère	A
Thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	Mol
Lichtstärke	candela	cd

Tabelle 1

Masse und Beschleunigung. Ist die Umrechnung der Einheiten ineinander mit dem Faktor 1 als Potenzprodukt möglich, so nennt man die Systeme kohärent. Die Potenzen sind ganzzahlig, also z. B. 10¹, 10⁵, 10⁻³.

Beispiel: $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ N} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10^3 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$ (kohärent)

$1 \text{ PS} = 75 \frac{\text{kp m}}{\text{s}} = 736 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 736 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$ (nicht kohärent)

Nicht kohärente Systeme dürfen seit 1. 1. 1977 nicht mehr verwendet werden. Beispiele zu den wichtigsten Einheiten und den ggf. erforderlichen Umrechnungsfaktoren enthält Tabelle 3.

Bezeichnung	Tera	Giga	Mega	Kilo	Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Piko
Formelzeichen	T	G	M	k	d	c	m	μ	n	p
Vielfaches	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²

Tabelle 2

Größe	Einheit		Umrechnung	Bemerkungen
	alt	neu (SI)		
Länge	m, mm, km	m	—	—
Ebener Winkel	° , ' , ''	rad (Radiant)	1 rad = 57,3°	Grad weiter zulässig
Masse	kg	kg	—	—
Kraft	kp, p	N (Newton)	1 kp = 9,81 N	—
Zeit	s	s	—	—
Frequenz	Hz	Hz	—	Hz = 1/s
Druck	kp/cm ² , at	Pa (Pascal) bar	1 kp/cm ² = 0,981 bar = 98100 Pa	1 bar = 10 ⁵ Pa 1 Pa = 1 N/m ²
Energie (Arbeit)	kpm	J (Joule)	1 kpm = 9,81 Joule	1 J = 1 Nm
Leistung	PS, W	W (Watt)	1 PS = 0,736 kW 1 kW = 1,36 PS	—
Temperatur	°C	K (Kelvin)	K = 273 + t (°C)	0°C = 273 K
Wärmemenge	cal	J	1 cal = 4,19 J	—
Elektr. Stromstärke	A	A	—	Elektrische Größen unverändert
Elektr. Spannung	V	V	—	

Tabelle 3

Helmut Ohletz

Messungen an einer Diode

Entwurf und Bau einer Personensuchanlage
Unterrichtsbeispiel 8. Schuljahr

1. Vorbemerkungen

1.1 Zur Themenwahl

Anliegen des skizzierten Unterrichts ist es, im Rahmen der erprobten Thematik [1, 2] „Elektrotechnische Lösung einer Personensuchanlage“ das Verständnis fachspezifischer Vorgehensweisen (Experimentieren) vorzubereiten [3, 4]. Solche „Experimente“ sind im Bereich der realen Technik überaus häufig: Jede Funktionsprüfung fertiger Erzeugnisse, nach ihrer Stellung in der betrieblichen Organisation auch „Warenausgangsprüfung“ genannt, ist im Grunde eine Komplexprüfung des hergestellten Produktes auf Funktionserfüllung. Prüfungen dieser Art werden sowohl als 100-Prozent-Prüfungen als auch als statistische Prüfungen (Stichprobe) durchgeführt: Im letzteren Fall schließt man aufgrund mathematischer Zusammenhänge von der geprüften Zahl auf die Eigenschaften der gesamten Serie.

Die Besonderheit bei der Prüfung elektronischer Bauelemente oder Schaltungen ist die „Unanschaulichkeit“: die Funktionserfüllung kann nicht direkt mit den Sinnen, sondern nur indirekt über bestimmte Wirkungen überprüft werden, die dann ihrerseits mit Meßgeräten oder als sinnlich erfäßbares Signal verarbeitet werden. Dies gilt sowohl für grundsätzliche Merkmale, wie etwa den Schaltzustand, als auch für Betriebswerte, d.h. das Verhalten bei einer ganz bestimmten Einsatzart. Das Schwergewicht im folgenden Beispiel liegt weniger in der grundsätzlichen *Funktionsprüfung*, als vielmehr in der Aufgabe der *Dimensionierung* aufgrund zielgerechter Probehandlungen, durch vergleichenden Einsatz verschiedener elektronischer Bauelemente und unter Zuhilfenahme einfacher rechnerischer Überlegungen. Ergebnis solcher Arbeit ist daher nicht so sehr die Aussage, ob ein bestimmtes Bauelement als „gut“ oder „schlecht“ einzustufen ist – dies wäre typisch etwa für die technische

Funktion „Qualitätsprüfung“ am Ende eines Produktionsprozesses – sondern ob dieses Bauelement für eine ganz bestimmte Einsatzart unter vorgegebenen Betriebsbedingungen „geeignet“ ist, also eine „Bemessung“. Produktionstechnisch – d.h. von der Aufgabenstellung in der technischen Realität her gesehen – gehört diese Aufgabe damit eher in die Sphäre der Produktentwicklung bzw. Konstruktion. Damit läßt sich ein relativ unbekannter Aussagewert einer technischen „Prüfung“ veranschaulichen: Zwischenergebnis bei der Entwicklung von *Neukonstruktionen*. In der technischen Praxis ist die Koppelung rechnerischer Verfahren mit konkreter Erprobung von Prototypen die Regel: Rechnerische Verfahren beschreiben die Realität häufig nur mit begrenzter Genauigkeit. Die dort auftretende Vielfalt von Einflußfaktoren, die insbesondere hinsichtlich ihrer wechselseitigen Überlagerung nur schwer oder gar nicht mathematisch abgebildet werden kann, erfordert den Einsatz zumindest ergänzender Tests. Insofern ist das Zusammenwirken von Test und Rechnung ein wichtiger Bestandteil von Technikunterricht, der sich auf Technik als Bestandteil außerschulischer Realität bezieht, zugleich aber auch Informationen über berufswahlrelevante Tatbestände liefern will.

1.2 Sachinformation [5, 6]

a) Diode

Die Diode gehört wie der mechanische Schalter zu den Elementen, die einen Stromkreis unterbrechen und schließen können. Während der mechanische

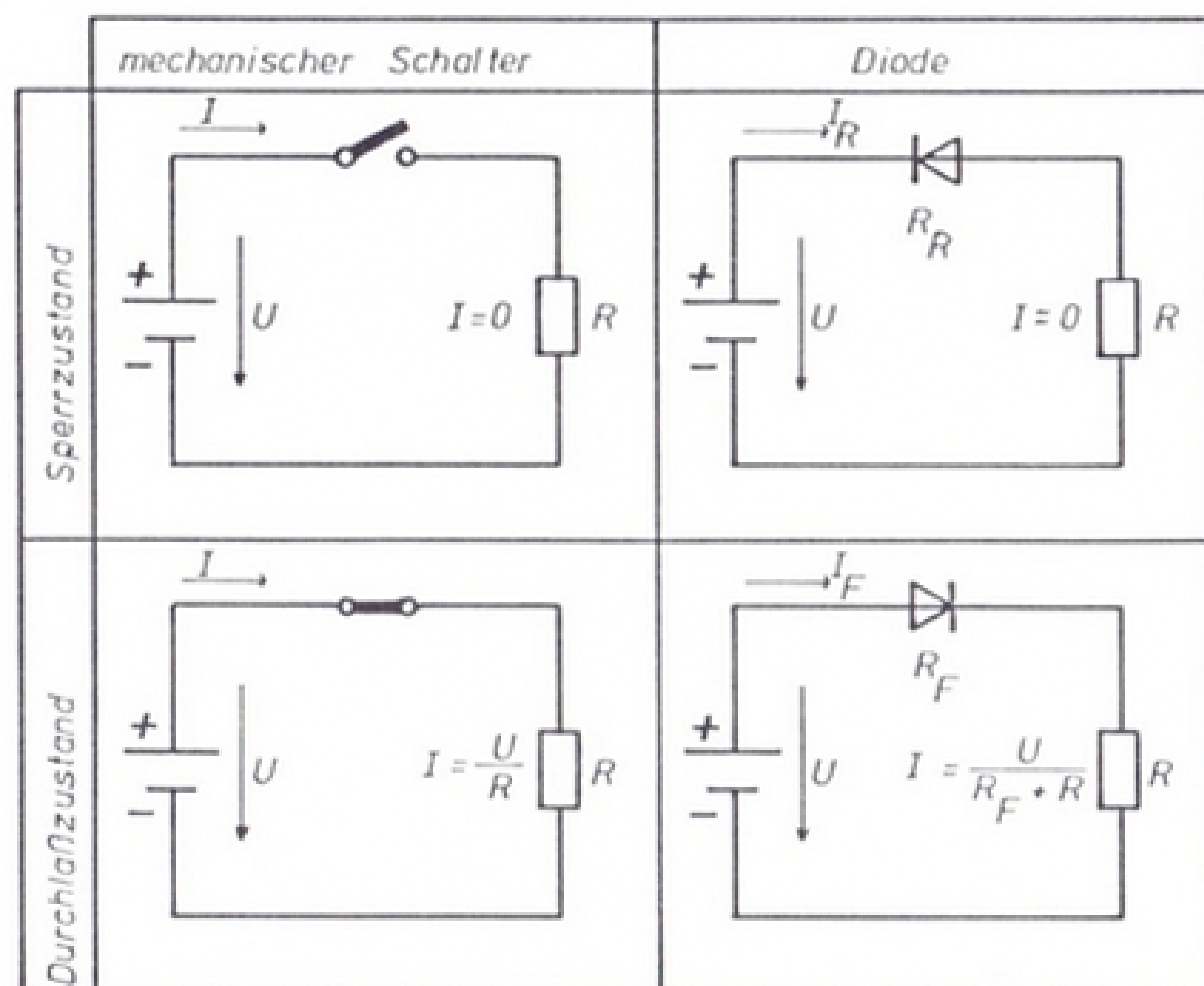


Abb. 1: Vergleich Mechanischer Schalter – Diode. Es bedeuten: U : Klemmenspannung der Batterie, I_R : Strom in Sperrichtung ($I_R \ll I_F$), I_F : Strom in Durchlaßrichtung, R_R : Sperrwiderstand ($R_R \gg R_F$), R_F : Durchlaßwiderstand.

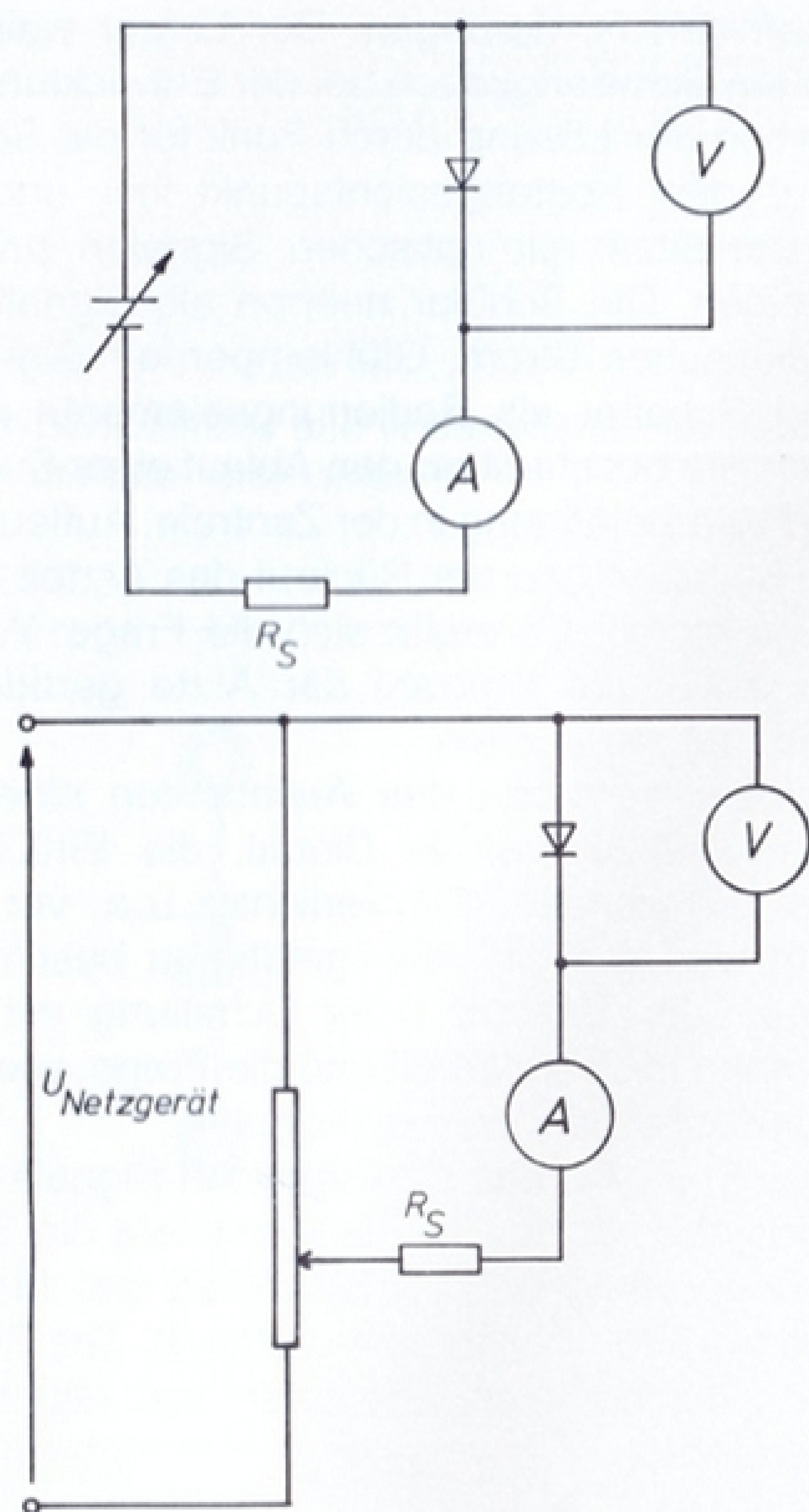


Abb. 2a: Prüfschaltung zur Bestimmung des Spannungsabfalls an der Diode (R_S : Schutzwiderstand)

Abb. 2b: Schiebewiderstand als Spannungsteiler

Schalter durch z. B. Kippen eines Hebels ein- bzw. ausgeschaltet wird, übernimmt diese Aufgabe bei der Diode die Betriebsspannung selbst, wenn sich bei Umkehrung der anliegenden Spannung (Wechselspannung) der Widerstand sprunghaft ändert. In Abb. 1 ist dieser Sachverhalt und die Bezeichnung der auftretenden Spannungen und Ströme dargestellt. Im Bereich der Hydraulik entspricht die Diode in ihrem Verhalten einem Rückschlagventil, in der Maschinentechnik einer Sperrklinke.

Eine ideale Diode sperrt den Strom vollständig in Sperrichtung – dagegen setzt sie ihm in Durchlaßrichtung keinen Widerstand entgegen. Das annähernd reale Verhalten ist durch einen Widerstand in Durchlaßrichtung gekennzeichnet, dessen Größe vom Diodentyp abhängt. Da die Diode dem Strom in Durchlaßrichtung einen Widerstand entgegensetzt, wird darin Verlustleistung P (Wärmeleistung) umgesetzt. Auch in Sperrichtung fließt ein sog. Sperrstrom I_R in der Größenordnung von 10^{-9} – 10^{-6} A, der hier jedoch vernachlässigt werden darf.

Damit die Diode nicht thermisch zerstört wird, darf die Verlustleistung einen Maximalwert nicht überschreiten. Aus diesem Grunde ist die Höhe von U_R (Sperrspannung) und I_F begrenzt.

Da die Diode wärmeempfindlich ist, muß sie rasch eingelötet werden. Die Wärme wird dabei zwischen Lötstelle und Diode mit einer Lötpinzette oder Zange abgeführt. Ihre Anschlußdrähte sollten nicht gekürzt werden. Werden sie abgebogen, so ist dies nicht näher als eine Zangenbreite zum Diodenkörper hin vorzunehmen, weil dieser leicht mechanisch beschädigt werden kann.

b) Prüfschaltung

Die Schaltung zur Bestimmung der Eignung ist in Abb. 2a dargestellt. Grundsätzlich sollte ein Schutzwiderstand eingesetzt werden. Unterschiedliche Werte der Stromstärke können mit einem Netzgerät über die Spannung eingestellt werden. Sind keine stellbaren Netzgeräte vorhanden, kann auch mit einem Schiebewiderstand (Spannungsteiler) gearbeitet werden (Abb. 2b).

Soll der Kathodenanschluß der Diode mit einem Widerstandsmeßgerät bestimmt werden, so muß beachtet werden, daß der Minuspol der Monozelle im Meßinstrument mit seiner Plusbuchse verbunden ist. Das heißt, daß die Kathode der Anschluß der Diode ist, der sich an der Plusbuchse des Meßinstrumentes befindet, wenn ein niedriger Widerstandswert angezeigt wird. Bei *defekter* Diode zeigt das Meßinstrument in beiden Richtungen Durchgang bzw. keinen Durchgang.

2. Unterricht

2.1. Lernziele

Die Schüler sollen

- Zeichnung und Wahrheitstabelle als Hilfe im Problemlösungsprozeß einsetzen;
- die Funktion (Ventil/Schalter) der Diode kennen und sie sachgerecht handhaben;
- Merkmale des elektronischen Bauelementes „Diode“ kennen: Abmessungen, Wärmeempfindlichkeit, Unanschaulichkeit, Widerstandsverhalten in Durchlaßrichtung;
- den realen Einsatz der Diode in einer Prüfschaltung simulieren und ihr Verhalten durch Versuche analysieren;
- Messen und Prüfen als Methode kennen, das Verhalten eines elektrischen Bauteiles zu bestimmen;
- mit Hilfe der durch Messung erhaltenen Informationen die passende Diode auswählen;
- die sachgerechte Schaltung nach Schaltskizze realisieren.

2.2 Material

Diode 1: AA 134 [5], maximale Verlustleistung $P = 135 \text{ mW}$, Nennstrom in Durchlaßrichtung $I_{\max} = 50 \text{ mA}$, zulässige Sperrspannung $U_R = 10 \text{ V}$; – Diode 2: AA 135 [5], $P = 100 \text{ mW}$, $I_{\max} = 150 \text{ mA}$, $U_R = 20 \text{ V}$ (in fischertechnik u-t 4); – Glühlampe 3,8 V, 0,07 A, E 10; – Glühlampenfassung E 10, Brückenfassung von oben; – Flachbatterie 4,5 V; – blanker Schaltaht, Kupfer verzinkt, 0,5 mm \varnothing ; – Schaltbrett (Preßspanplatte 5 mm); – LötKolben 15–30 W; – Löt Draht mit Flußmittelsee 2 mm \varnothing ; – Lötstützpunkte, z.B. Polsternägel; – Asbestplatte als Arbeitsunterlage, LötKolbenhalter; – Hammer, Löt Pinzette, Telefonzange, Kneifzange; – Vielfachmeßinstrument, z.B. Monacor MT 200 C; – Demonstrationsmeßgeräte für U-, I-, R-Messung, stellbares Netzgerät, Meßkabel, evtl. Schiebewiderstand. Die Dioden können im Elektronik-Großhandel bezogen werden.

Zur Erarbeitung von Zwischenlösungen werden folgende fischertechnik-Bauteile benötigt: Bauplatte, Leuchtstein, Kabel, Schalter.

2.3 Entwicklung des Problems und erste Lösungsansätze

Der Lehrer stellt den Begriff des Signals zur Diskussion, der bei der Entwicklung einer Ampelsteuerung bereits geklärt wurde. Die Schüler nennen Beispiele für die Bedeutung von Signalen und ordnen nach Wahrnehmungsmöglichkeiten, wie optische, akustische, haptische Signale . . . Nach dem Einsatz bestimmter Signale in konkreten Situationen gefragt, nennen sie Beispiele wie die Blindenschrift, optische Signale bei lauten Maschinen.

Problementwicklung

Ausgangssituation ist die Aufnahme eines Schwerverletzten in eine große Klinik mit 25 Ärzten. Ein bestimmter Arzt wird zur Soforthilfe benötigt. Wie kann er gesucht werden?

Die Schüler schlagen Lösungen vor wie: Rufen durch Funk, Miniaturempfänger mit „Piepton“, Ausrufen durch Lautsprecher, Blinklichter. Sie fordern eine zentrale Einrichtung zur Suche (Pforte, Büro) und die Möglichkeit, Rückfragen des gesuchten Arztes zu beantworten.

Die gesammelten Vorschläge werden daraufhin untersucht, ob sie den Anforderungen im Klinikbereich entsprechen. Einwände wie: „ . . . und wenn sich der gesuchte Arzt im Operationssaal befindet?“ werden aufgegriffen. Die Anforderungen an das Suchsystem werden entwickelt: geräuscharm, an jedem Ort sichtbar, eindeutig und zuverlässig. Die

Lösungsansätze auf optischer und Funkbasis entsprechen den Forderungen. Der Lehrer weist auf die großen Schwierigkeiten bei der Entwicklung und Realisation der Lösung durch Funk für die Schüler und auf den Kostengesichtspunkt hin und läßt Lösungsansätze mit optischen Signalen präziser beschreiben. Die Schüler nennen als Signalträger den elektrischen Strom, Glühlampen als Signalgeber und Schalter als Bedienungselemente in der Zentrale. Sie beschreiben den Ablauf einer Suchaktion: Schalterbetätigung in der Zentrale, Aufleuchten von Glühlampen und der Rückruf des Arztes durch das Haustelefon. Es ergibt sich die Frage: Warum fühlt sich bei der Vielzahl der Ärzte gerade der Gesuchte angesprochen?

Die Schüler schlagen das Aufleuchten einer bestimmten Glühlampe als Signal, die Einführung farbiger Glühlampen, Flackerlichter u.a. vor. Das Problem wird auf ein Anzeigetableau beschränkt. Es folgen der Entwurf einer Schaltung mit zwei Glühlampen in Einzelarbeit und die Frage, wie viele Ärzte damit gesucht werden könnten.

Die Lösung ergibt, daß drei sinnvolle Signale möglich sind (Abb. 3). An der Tafel entsteht die Schaltung mit den eingeführten Symbolen und die entsprechende Wahrheitstabelle (Abb. 3). Die Ziffer 1 wird für „Glühlampe an“, die Ziffer 0 für „Glühlampe aus“ vereinbart.

2.4 Präzisierung des Entwurfs

Die Schüler bauen die Schaltung (Abb. 3) mit Hilfe von Magnetelementen (Abb. 4) auf und prüfen ihre Funktion. Auf einer vom Lehrer vorbereiteten Folie für den Overhead-Projektor spielen sie die Bedienung einer umfangreichen Anlage durch. Es ergeben sich Schwierigkeiten bei der Bedienung. Schalter werden verwechselt, der umständliche Code wird als störend empfunden und die Forderung nach je einem Schalter für jeden Namen erhoben. In Einzelarbeit entwickeln die Schüler diese Forderung an einer Schaltung mit zwei Glühlampen in einer Schaltskizze. Die als funktionsfähig bezeichneten Schaltungen zeichnen sie an die Tafel und bauen die Schaltung mit Magnetelementen auf (Abb. 5a). Bei Überprüfung der Funktion erfahren die Schüler die Unvollkommenheit ihrer Entwürfe. Der Lehrer läßt Strompfeile einzeichnen (Abb. 5b) und den Stromzufluß bei unterschiedlichen Schalterstellungen erarbeiten: der Strom kann die Leitungen in beiden Richtungen passieren, die Lampen brennen daher auch nicht-programmgemäß.

Als Lösungen schlagen die Schüler zusätzliche Schalter, Sperren . . . vor. Auf Anregung des Lehrers durchdenken sie die Lösung des Problems mit

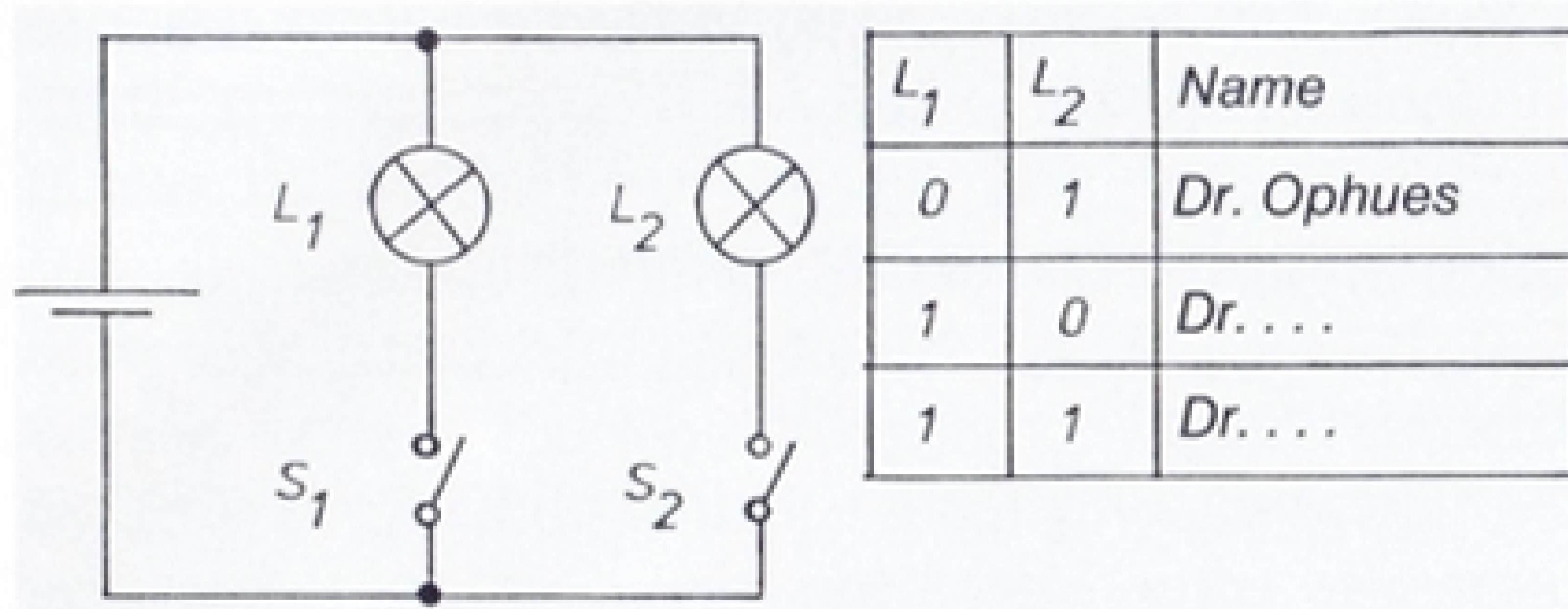


Abb. 3: Schaltskizze und Wahrheitstabelle einer Suchanlage mit zwei Glühlampen

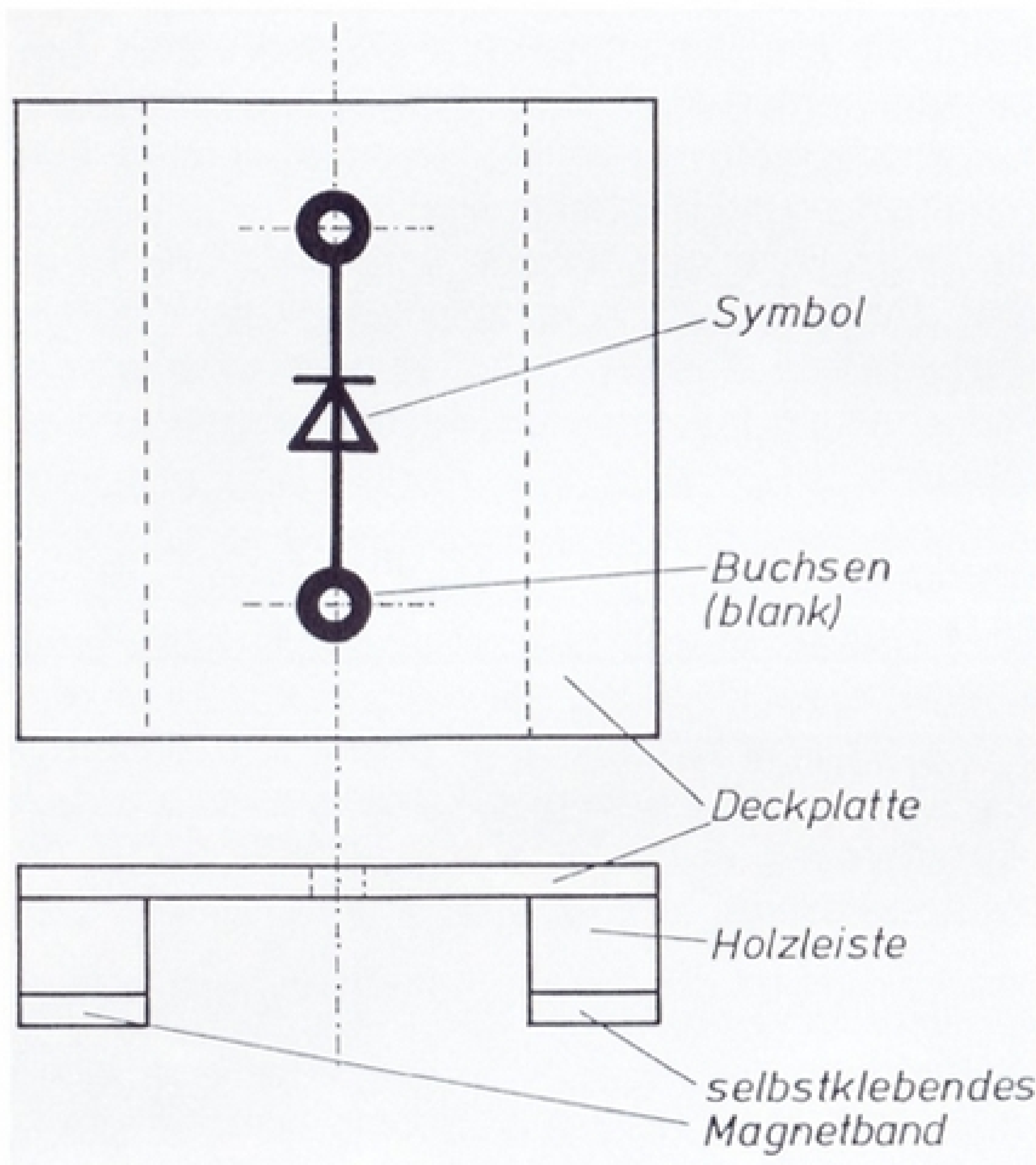


Abb. 4: Bauskizze zum Magnelement. Das Bauelement, z.B. die Diode, wird unter der Deckplatte zwischen den Buchsen verlötet. Als Deckplattenmaterial empfehlen sich Pertinax-Reste oder Sperrholz. Die Elemente wurden von Werkmeister P. Zurstraßen, Pädagog. Hochschule Münster, entwickelt.

Luft oder Wasser anstelle des Stroms. Hier würden sie mit einem Rückschlagventil oder einer Klappe arbeiten (Abb. 6). In Probehandlungen legen sie die Position eines Ventils fest.

Durch Gegenüberstellung mit einem mechanischen Schalter führt der Lehrer die Diode als „elektrisches Ventil“ ein und zeichnet das Symbol an die Tafel. Bei der Betrachtung einer Diode mit Glaskörper (z. B. AA 134) stellen die Schüler fest, daß hier (im Gegensatz zum mechanischen/elektromechanischen Schalter) die Abmessungen klein sind, die Diode offenbar keine beweglichen Teile besitzt und der Schaltzustand mit dem Auge nicht wahrgenommen werden kann. Um Sperr- und Durchlaßrichtung festzustellen, schlagen sie vor, einen Strom mit festgelegter Richtung durch die Diode zu schicken.

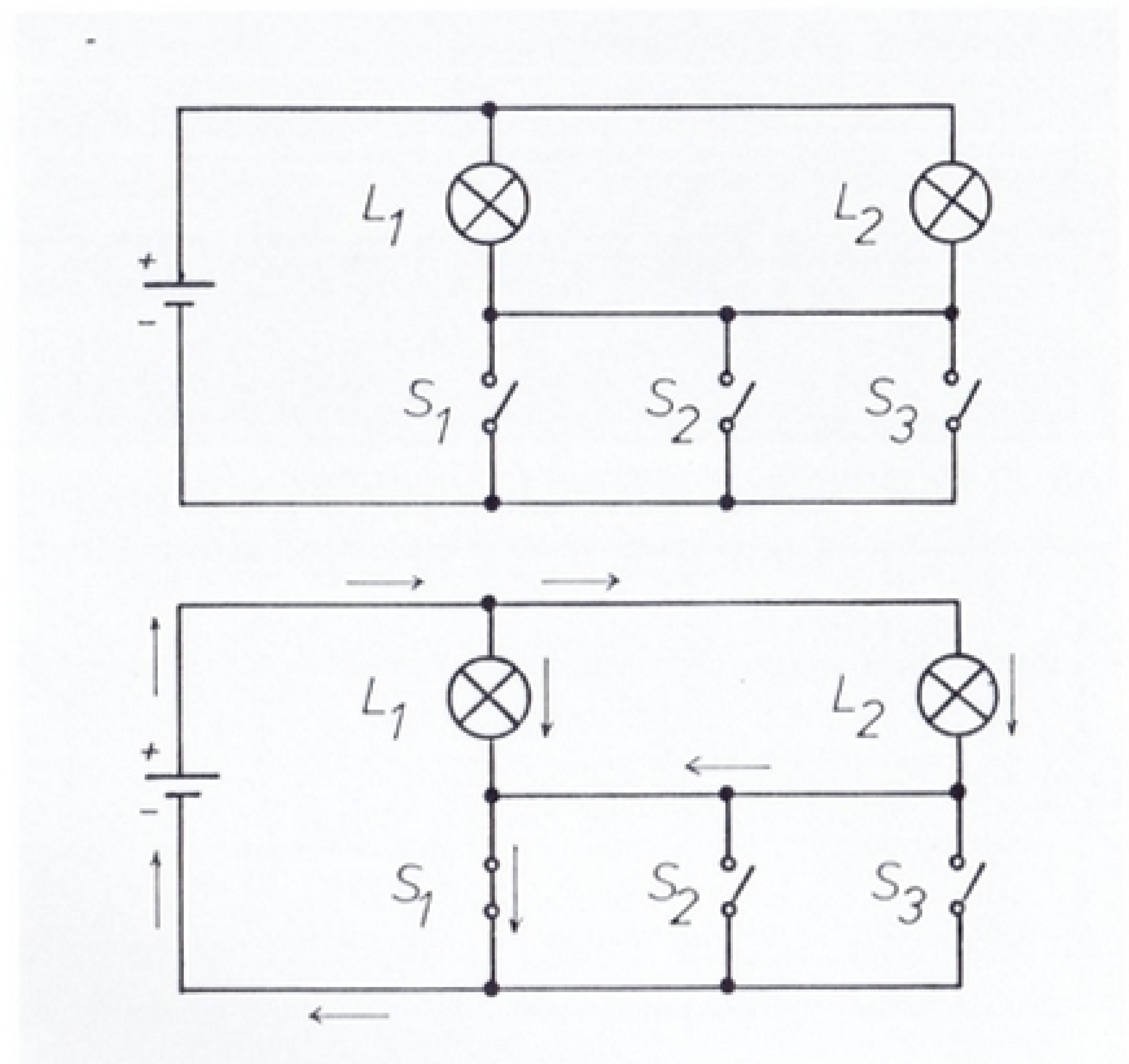


Abb. 5a: Schülerlösung

Abb. 5b: Einzeichnen der Strompfeile

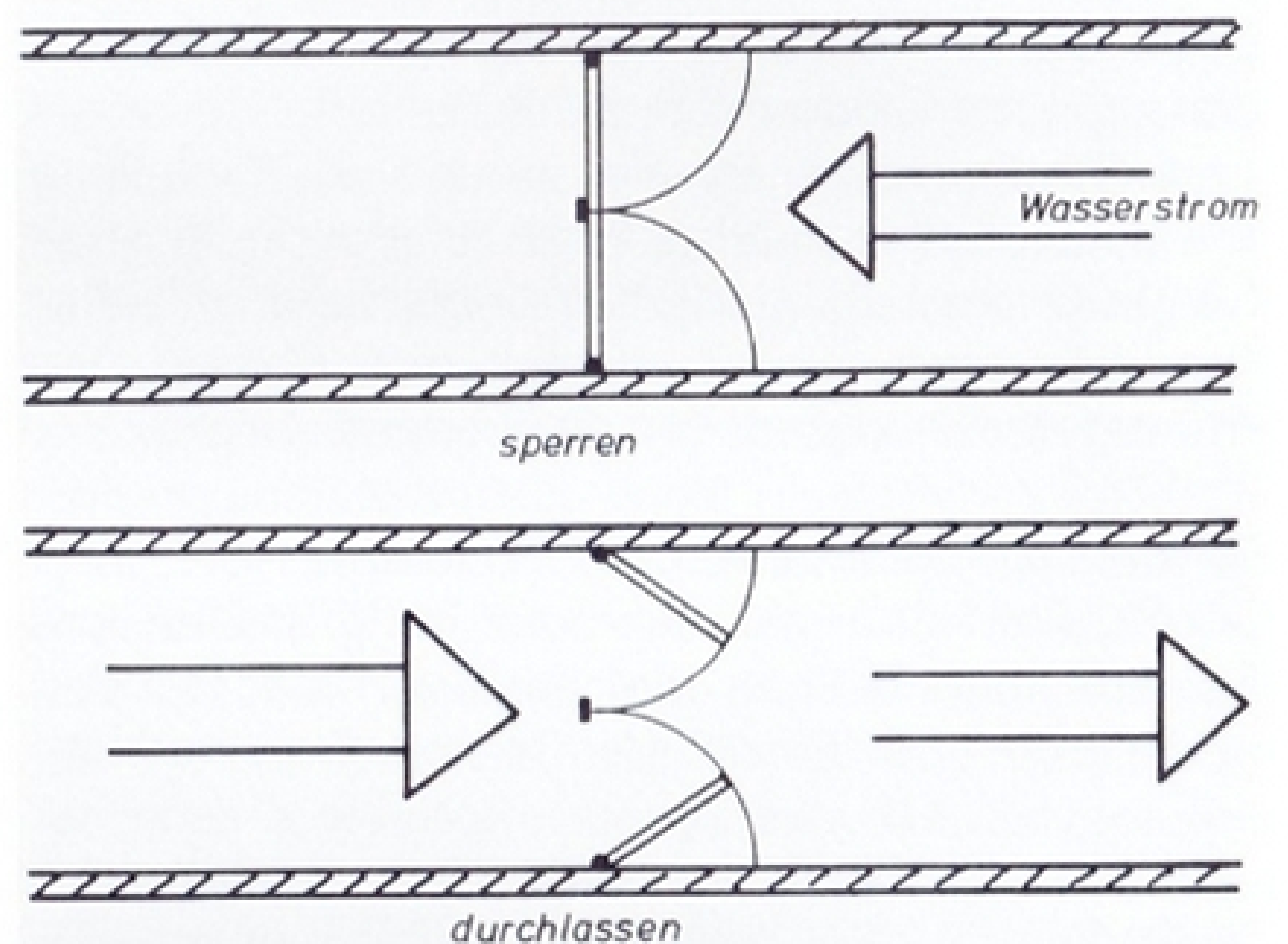


Abb. 6: Wassermodell der Diode

Sperr- und Durchlaßfunktionen werden in einer Demonstrationsschaltung untersucht. An der Anzeige des Strommeßgerätes erkennen die Schüler die Funktion und beschreiben, bei welcher Polung die Diode den Strom sperrt bzw. durchläßt. Nun können sie die Schaltung mit zwei Glühlampen (Abb. 7) entwickeln bzw. korrigieren. (Die Aufgabenstellung kann je nach dem Material, das zur Verfügung steht, bzw. je nach Klassengröße erweitert werden, z. B. 3 Glühlampen, 7 Schalter, 9 Dioden).

2.5 Planung und Fertigung

Der Schaltplan wird gemeinsam an der Tafel entwickelt; er bleibt als präzisiertes Entwurf während der Bauphase an der Tafel sichtbar (Abb. 7).

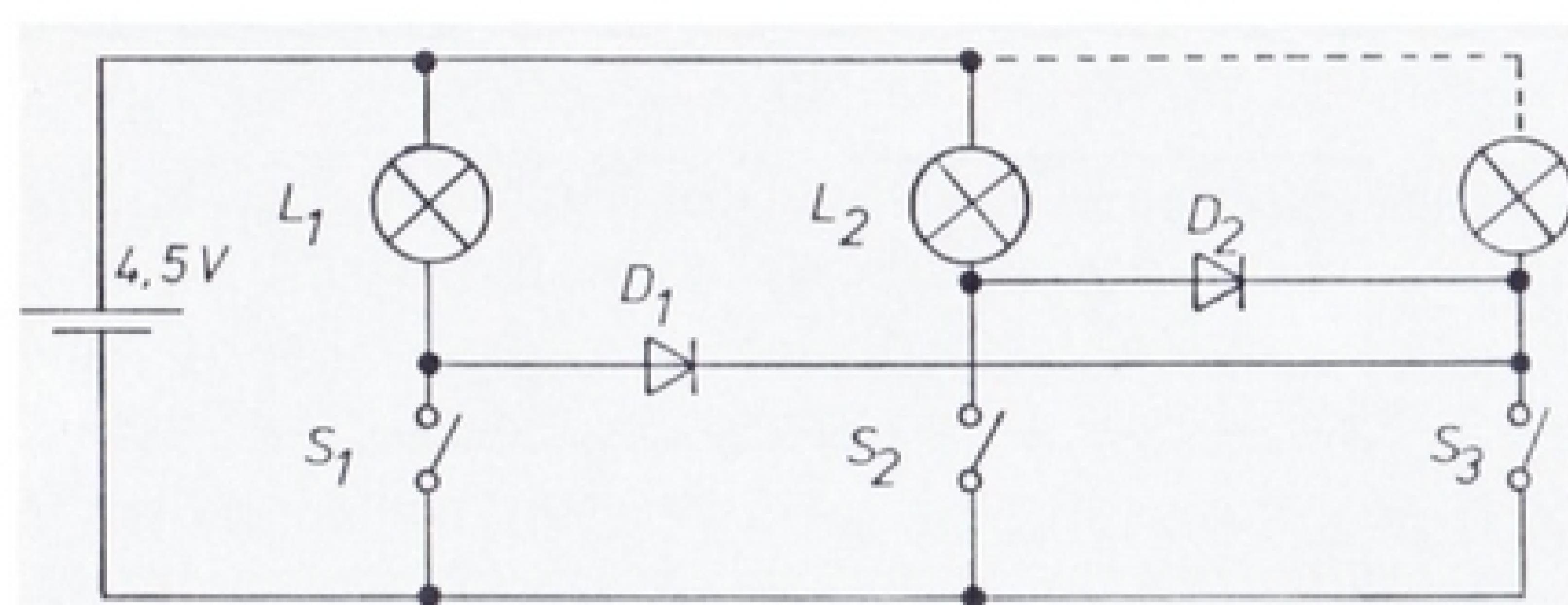


Abb. 7: Personensuchanlage (Schaltung)

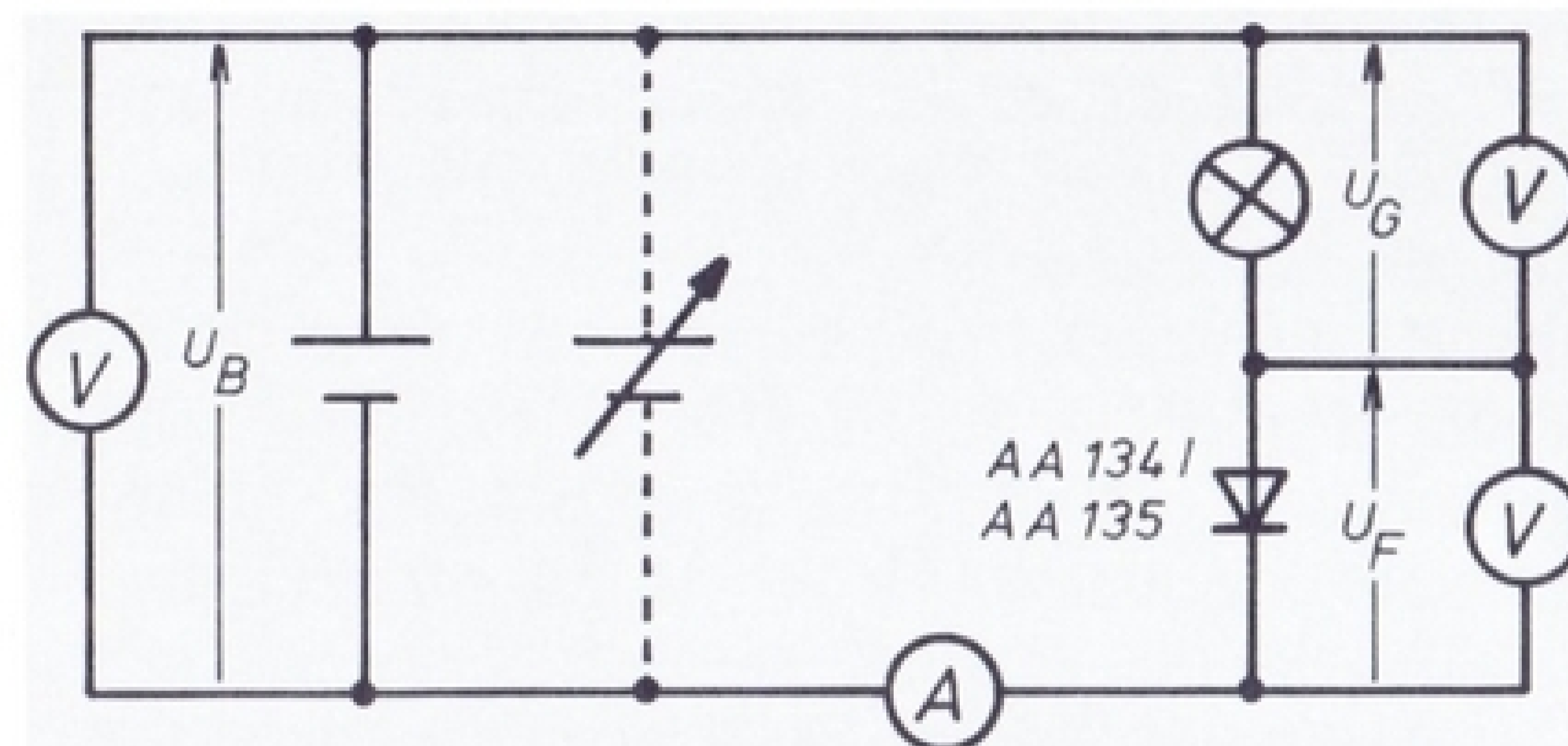


Abb. 8: Prüfschaltung für die Dioden

Fertigungsphase

Der Lehrer weist auf die Wärmeempfindlichkeit der Diode hin, demonstriert Lötvorgänge und die Zerstörung einer Diode mit anschließendem Nachweis durch Prüfung. Die Schüler planen die Einteilung des Schaltbrettes und beginnen mit der praktischen Tätigkeit. Der Lehrer hilft beim Abisolieren, Verzinnen, Festlegen der Diodendurchlaßrichtung und Prüfung der Diode auf ihre Funktionstüchtigkeit.

Beurteilung des Modells und Korrektur

Die Schüler stellen die Modelle fertig, prüfen ihre Funktion, beschreiben und bewerten sie. Bei den Modellen mit der Diode AA 134 leuchten die Glühlampen nur schwach, wenn Schalter 3 schließt (Abb. 7). Sie erfüllen damit den angestrebten Zweck, ein deutlich sichtbares Signal zu geben, nur unzureichend. Einige Schüler nennen alte, leere Batterien, ungeeignete Glühlampen . . . als Ursache. Andere meinen, daß die Glühlampen bei bestimmter Schalterstellung hell leuchten. Obwohl die Batterien gegen neue ausgetauscht werden, bleibt das Signal schwach. Die Glühlampen werden aus der Fassung herausgedreht, an eine neue Batterie angeschlossen, Lötstellen mechanisch und Schalter 3 in einer Prüfschaltung (s. Abb. 7, gestrichelte Linie) geprüft. Glühlampe 1 und 2 müssen dabei herausgeschraubt werden. Als Ursache der mangelhaften Funktionsweise bleibt nur die Diode übrig. Die Schüler vermuten: „sie sind vielleicht defekt“ – „lassen weniger Strom durch“ – „die Glühlampen werden so vielleicht nicht mit der richtigen Spannung betrieben . . .“

Die einzelnen Vermutungen der Schüler werden mit einem Meßgerät überprüft: Die Dioden leiten bzw.

sperrern. Die Vermutungen, daß die Diode AA 134 im Unterschied zur Diode AA 135 nicht genug Strom durchläßt, und daß an der Glühlampe zu wenig Spannung anliegt, werden aufgegriffen.

Arbeitsauftrag

Die Schüler entwickeln Prüfschaltungen, die es gestatten, das Verhalten der Dioden unter den gleichen Bedingungen wie im Modell auf die Vermutungen hin zu untersuchen. Sie stellen fest, daß der Strom durch die Dioden fließt und daß die Spannung, die an Glühlampen und Dioden abfällt, gemessen werden muß. Dazu sind Strom- und Spannungsmessgeräte notwendig. Der Lehrer zeigt ihre Schaltungs- und Handhabungsweise.

Die Prüfschaltungen werden vorgestellt und korrigiert (Abb. 8). Für die zu messenden Größen entsteht eine Tabelle. Arbeitsgruppen bauen die Prüfschaltung auf, messen die Größen und protokollieren:

Schaltung mit Diode	I mA	U_G V	U_F V	U_B V
AA 134				
AA 135				

2.6 Auswertung

Die Schüler stellen fest, daß die Glühlampe bei Verwendung der Diode AA 135 mit richtiger Spannung und Stromstärke betrieben wird. Bei der Schaltung mit der Diode AA 134 genügen Spannung und Stromstärke nicht den korrekten Betriebswerten der Glühlampe, da an der Diode etwa 2 V abfallen und sie dem Strom einen höheren Widerstand als die Diode AA 135 entgegenstellt.

Der Vorschlag, in der Schaltung nach Abb. 7 den Strom zu erhöhen, wird aufgegriffen. Mit Hilfe einer stellbaren Spannungsquelle wird die Spannung erhöht, bis 0,07 A fließen. Nun beträgt die Spannung 6 V. Die Schüler prüfen, ob an der Glühlampe 3,8 V und der Differenzbetrag zwischen 6 V und 3,8 V an der Diode abfallen. Sie stellen beim Vergleich mit der ersten Messung fest, daß sich der Spannungsabfall an der Diode mit der Stromstärke ändert. Nun macht der Lehrer darauf aufmerksam, daß nicht bei jedem Signal eine Diode im Stromkreis liegt. Die Schüler erkennen, daß die Glühlampe bei z.B. „Schalter 1 geschlossen“ mit 6 V statt mit 3,8 V betrieben würde und durchbrennen könnte.

Die Schüler verwerfen daher die Spannungserhöhung als Lösung und erkennen die Diode AA 134 als ein für diesen Problemzusammenhang ungeeignetes Bauelement. Sie legen den zulässigen Span-

nungsabfall bei Verwendung einer 4,5 V Flachbatterie rechnerisch fest:

$$\begin{aligned} U_B - U_G &= U_F \\ 4,5 \text{ V} - 3,8 \text{ V} &= 0,7 \text{ V} \end{aligned}$$

und vergleichen ihn mit der Messung Abb. 8. Dies wäre der gesuchte „Sollwert“ als Ergebnis einer rechnerischen „Dimensionierung“.

Abschließend wird der Ablauf der Entwicklung, Fertigstellung und Prüfung der Personensuchanlage diskutiert: Die Schüler beschreiben, wie das Problem angegangen wurde, fassen Tätigkeiten mit gemeinsamen Merkmalen zu Abschnitten zusammen (z.B. Aufgabenstellung, Fertigung, Prüfung) und ordnen sie zeitlich an. Die Auswahl der richtigen Diode, bzw. die Festlegung des zulässigen Spannungsabfalls, sollte vor der Fertigungsphase und nach der Entscheidung für die Lösung mit optischen Signalen auf elektrischer Basis geschehen.

Der Weg, die dazu notwendigen Informationen über das Verhalten von Dioden zu beschaffen, wird an der Gegenüberstellung von Diode und Sperrklinke (Ventil für den mechanischen Energiefluß) erarbeitet. Die Schüler erkennen, daß die Funktion der Sperrklinke (Abb. 9) mit den Sinnen wahrgenommen werden kann, bei der Diode dagegen Meßinstrumente notwendig sind, um Aussagen über ihr Verhalten zu machen: Meßgeräte sind „Ersatzorgane“ für die Ermittlung von Daten, die den menschlichen Sinnen nicht (unmittelbar) zugänglich sind.

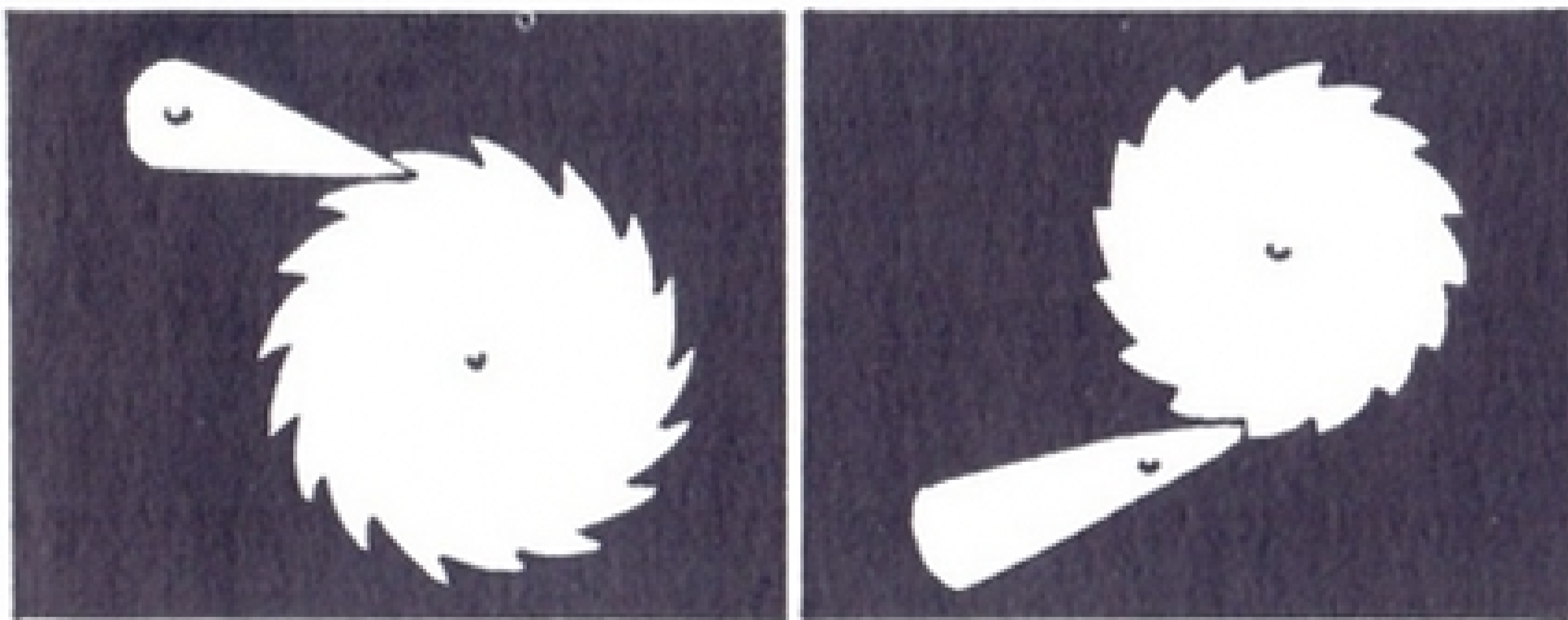


Abb. 9: Funktion der Sperrklinke (aus: *Werkaufgabe 231*, Paix, H. (Hrsg.), Kallmeyer Verlag, Wolfenbüttel)

Literatur:

- [1] Pflitsch, K.-J.: Optische Personensuchanlage, in: *twu 4/1973*, Seite 36–38
- [2] Paix, H.: *Werkaufgabe 185: Rufanlage mit optischen Zeichen*, Kallmeyer Verlag, Wolfenbüttel
- [3] Zur Problematik fachspezifischer Methoden siehe: Traebert, W.: Auswahlkriterien für Lehr- und Lerninhalte des Technikunterrichtes, in: *Traebert, W./Spiegel, H.-R. (Hrsg.): Technik als Schulfach*, Düsseldorf 1976, Seite 55–77
- [4] Zum Verlauf des technischen Problemlösungsprozesses siehe: *Wilkening, F.: Unterrichtsverfahren im Lernbereich Arbeit und Technik*, Ravensburg 1977
- [5] *Kristalldioden und Transistoren-Taschen-Tabelle*, München 1970/71
- [6] *Fontaine, G.: Dioden und Transistoren*, Hamburg 1970
- [7] *Biester, W., Pichol, K., Oberliesen, R., Steffen, H.: Technikunterricht im 9./10. Schuljahr, Sekundarstufe*, (Schülerbuch und Lehrerbegleitschrift), Bochum 1972

Helmut Steffen

Der Mensch als Meßobjekt

Entwicklung eines Pulsmeßgerätes
Unterrichtsbeispiel 9./10. Schuljahr

1. Sachanalyse

In unserer technisierten Welt, in der uns automatisierte Vorgänge in allen Lebensbereichen in immer stärkerem Umfange begegnen, gewinnen informationstechnische Systeme zunehmend an Bedeutung. Eine wichtige Voraussetzung für die Funktion solcher Systeme bildet der Vorgang des Messens. Dementsprechend wurden für die verschiedensten Anforderungen an Meßgrößen in bezug auf Genauigkeit, zeitlichen Verlauf, Umgebungseinflüsse usw. Meßmethoden und -verfahren entwickelt, die nahezu jedem gestellten Meßproblem gerecht werden. Die engen Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Technik machen es erforderlich, neben medizinischen auch technikbedingte Messungen am Menschen vorzunehmen. So können heute Industriezweige wie beispielsweise die der Maschinen-, Auto-, Möbel-, Bekleidungs- und Sportindustrie zur Herstellung ihrer an den Menschen angepaßten Produkte auf ein umfangreiches statistisches Datenmaterial, wie z.B. das der Körpermaße des Menschen, zurückgreifen, das zudem noch nach Alter, Geschlecht, Rasse und ihrer zeitlichen Änderung differenziert ist.

Schwieriger wird es, wenn Größen am Menschen zu bestimmen sind, die der Messung nicht direkt zugänglich sind: Durch den technischen Wandel ändern sich stetig die Lebens- und Arbeitsbedingungen. Während früher in der allgemein vertretenen Handwerksarbeit schwere und leichte Arbeit sowie notwendige Pausen vom Betroffenen selbst eingeteilt wurden und im ausgewogenen Wechsel standen, findet heute durch den hohen Spezialisierungsgrad Arbeit häufig unter extremen Bedingungen statt. Auf der einen Seite finden wir Arbeitsplätze mit starker physischer Belastung (Bergbau, Hochofen, Putzerei ...) auf der anderen Seite solche mit nahezu rein psychischer Belastung (Management, Konstruktion, Verwaltung ...). Diese einseitigen Belastungen beeinflussen Gesundheit

Methode	Arbeitsbeanspruchung					
	sehr leicht	leicht	mäßig	schwer	sehr schwer	extrem schwer
Pulsfrequenz 1/min	(<75)	75–100	100–125	125–150	150–175	> 175
Sauerstoffaufnahme l/min	<0,5	0,5–1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	> 2,5
Körpertemperatur °C		<37,5	37,5–38,0	38,0–38,5	38,5–39,0	> 39,0
Schweißabgabe ml/h		<200	200–400	400–600	600–800	> 800

Abb. 1: Klassifizierung der Arbeitsbeanspruchung bei dynamischer Muskelarbeit

und Wohlbefinden des Menschen und können auf Dauer zu Schäden führen.

Aufgrund der Unterschiede in Alter, Geschlecht und Konstitution beanspruchen gleiche äußerliche Belastungen den einzelnen Arbeitenden jedoch verschieden stark. Wie die nicht direkt zugängliche Größe der Beanspruchung des menschlichen Organismus objektiviert bzw. gemessen werden kann, soll hier am Beispiel der Pulsmessung gezeigt werden.

Physiologische Grundlagen zur Pulsmessung [1]

Vereinfacht dargestellt laufen zur Aufrechterhaltung der unwillkürlichen und willkürlichen Organfunktion im menschlichen Körper die Vorgänge des Stoffwechsels und die durch sie hervorgerufenen Sekundärerscheinungen so ab: Die in Form von Nahrungsmitteln aufgenommene chemische Energie wird in den Verdauungsorganen umgewandelt und in Nährstoffe, die in der Leber gespeichert werden, zerlegt. Diese Nährstoffe und den eingeatmeten Sauerstoff befördert das Blut zu den Muskeln, in denen sie durch Verbrennung unter Verrichtung mechanischer Arbeit zu Harnstoff und Kohlendioxid abgebaut werden. Die Abfallstoffe und die freiwerdende Wärme werden ebenfalls über das Blut an die Niere bzw. die Körperoberfläche abgeführt.

Einer verstärkten Muskeltätigkeit (physische Belastung) muß sich der gesamte Organismus anpassen. Dies geschieht durch folgende Maßnahmen:

1. Beschleunigung der Pulsfrequenz (Steigerung des An-, Abtransports der Nährstoffe und des Sauerstoffs bzw. der Abfallprodukte und der anfallenden Wärme);
2. Vertiefung und Beschleunigung der Atmung (Erhöhung der Sauerstoffzufuhr);
3. Erhöhung der Kerntemperatur (Einstellung der Kerntemperatur auf ein höheres Niveau, wegen der zusätzlich entstehenden Wärme);
4. Erhöhung der Schweißabgabe (zusätzlicher Wärmeabgabemechanismus).

Innerhalb des Belastungsbereiches zeigen diese Reaktionsgrößen eine nahezu lineare Abhängigkeit

zum Energieverbrauch und bieten sich damit zur Bestimmung der physischen Beanspruchung an. Die Abb. 1 weist die Abhängigkeit dieser Reaktionsgrößen von verschiedenen starken physischen Beanspruchungen bei dynamischer Muskelarbeit aus.

Für die Messung der physischen Beanspruchung bei der Arbeit oder beim Sport sind gewisse Anforderungen an das Meßverfahren zu stellen. Es sollte einfach durchführbar sein und den Probanden weder behindern noch seine Belastungssituation beeinflussen. Aus diesem Grund wählt man hierzu in der Regel die Methode der Pulsfrequenzmessung. Mit Beginn der Belastung steigt der Puls von seinem Ruhewert rasch auf einen der Belastung entsprechenden Gleichgewichtswert an, auf dem er verharrt (Abb. 2, waagerechter Kurvenverlauf). Nach Belastungsende fällt er in relativ kurzer Zeit wieder auf seinen Ausgangswert zurück. Kurven höherer Belastung, die unterhalb der sog. Dauerleistungsgrenze (DLG) liegen, haben eine entsprechende Form. Die Zeit, die vergeht, bis der Ruhepuls nach Belastungsende wieder erreicht ist, steigt mit zunehmender Belastung an. Liegt die Belastung oberhalb der Dauerleistungsgrenze, so stellt sich nach anfänglichem steilen Anstieg kein Gleichgewichtszustand mehr ein (Belastung > DLG). Mit Hilfe der Pulsmessung können also Aussagen über die Höhe der Beanspruchung und über die Dauerleistungsgrenze gemacht werden.

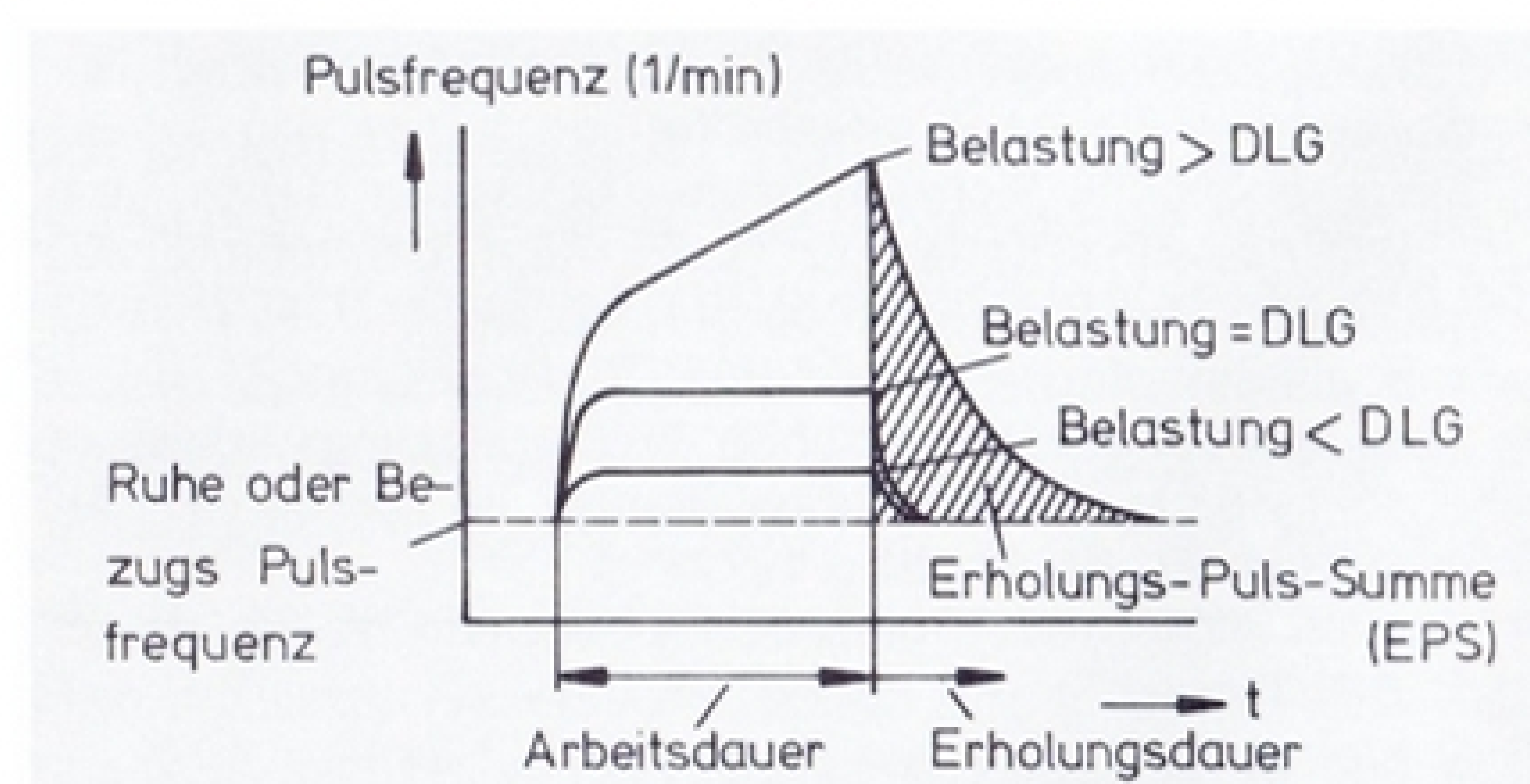


Abb. 2: Verlauf der Pulsfrequenz unterhalb und oberhalb der Dauerleistungsgrenze bei Muskelarbeit

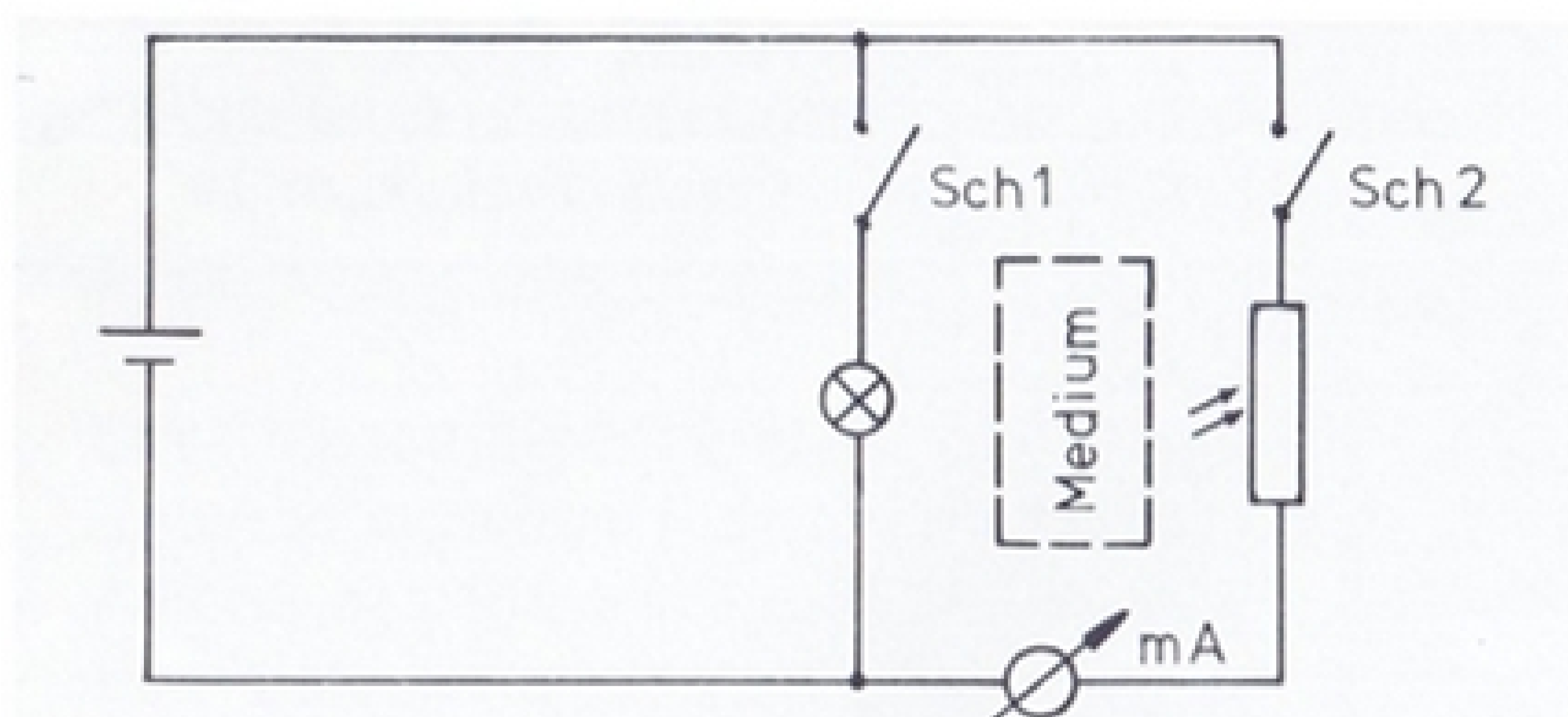


Abb. 3: Durchblutungsmessung mit Fotowiderstand

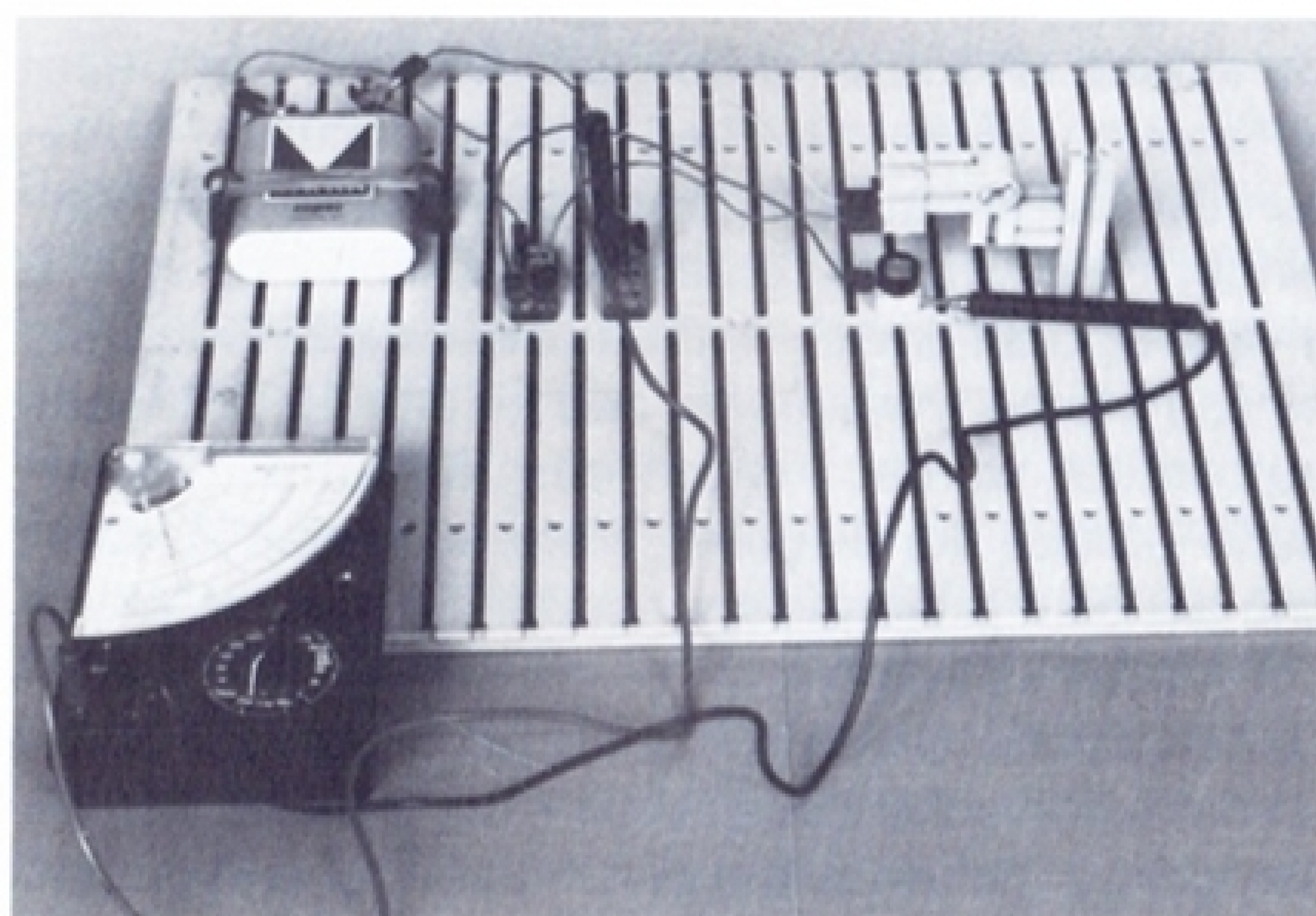


Abb. 4: Möglicher Aufbau entsprechend Abb. 3

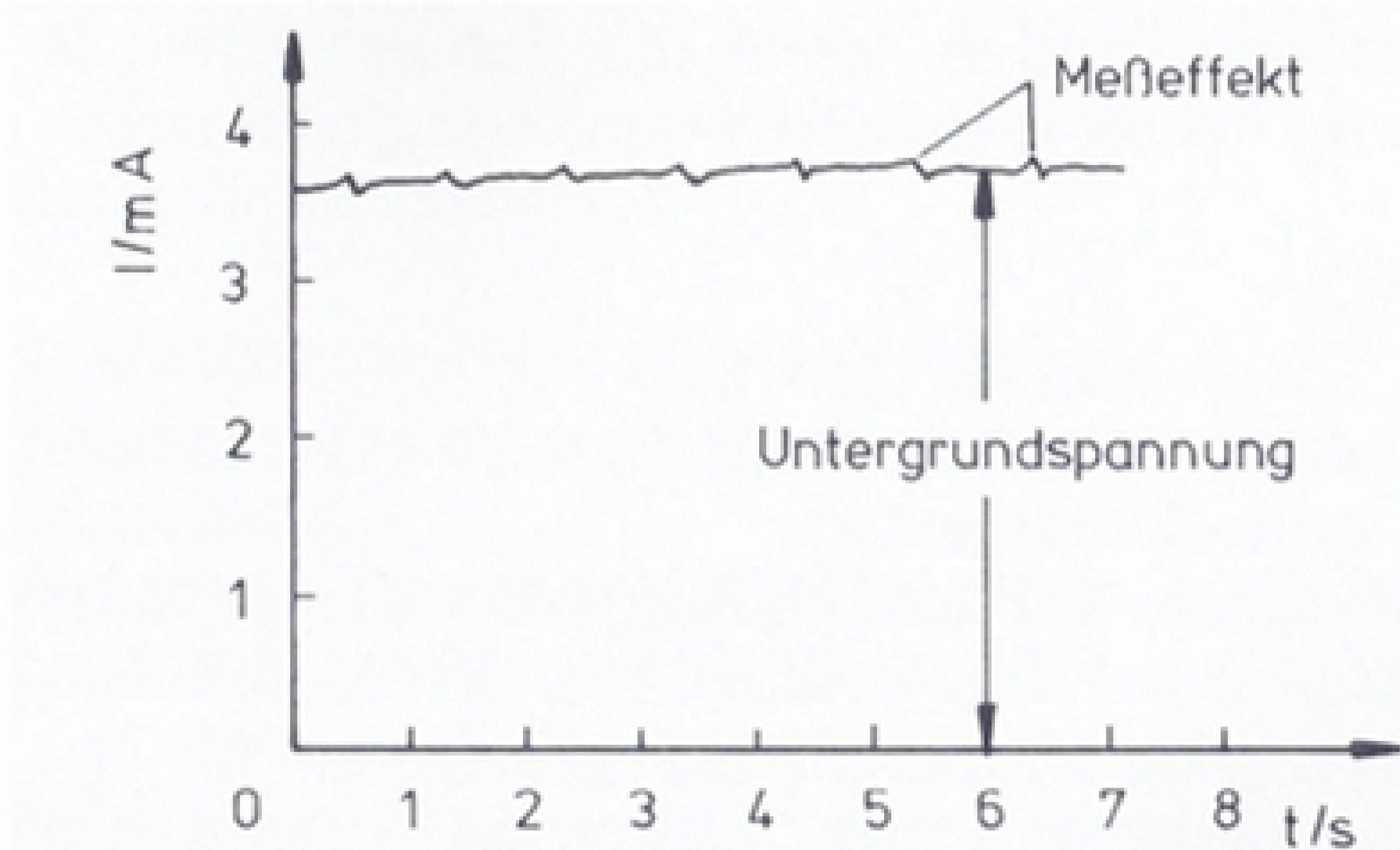


Abb. 5: Überlagerung der Untergrundspannung

Meßtechnische Grundlagen zur Pulsmessung

Die durch das schlagende Herz hervorgerufenen Blutdruckschwankungen pflanzen sich über die Adern bis zur Hautoberfläche fort. An Stellen, wo die Hauptschlagadern besonders dicht unter der Haut liegen, kann der Puls mit den Fingern direkt abgetastet werden (z. B. Handgelenke, Hals, Schläfen). Mit den Blutdruckschwankungen ändert sich in gleichem Maße auch die Durchblutung, was sich an den Fingern und Ohr läppchen durch Lichttransparenzänderungen nachweisen läßt. Hierzu wird das Signal (Puls) z. B. am Finger abgenommen und in ein elektrisches Signal umgewandelt, indem man das „Medium“ zwischen eine Lichtquelle und einen Fotowiderstand bringt (Abb. 3, 4). Das auf den Fotowiderstand auftreffende Licht bewirkt in diesem

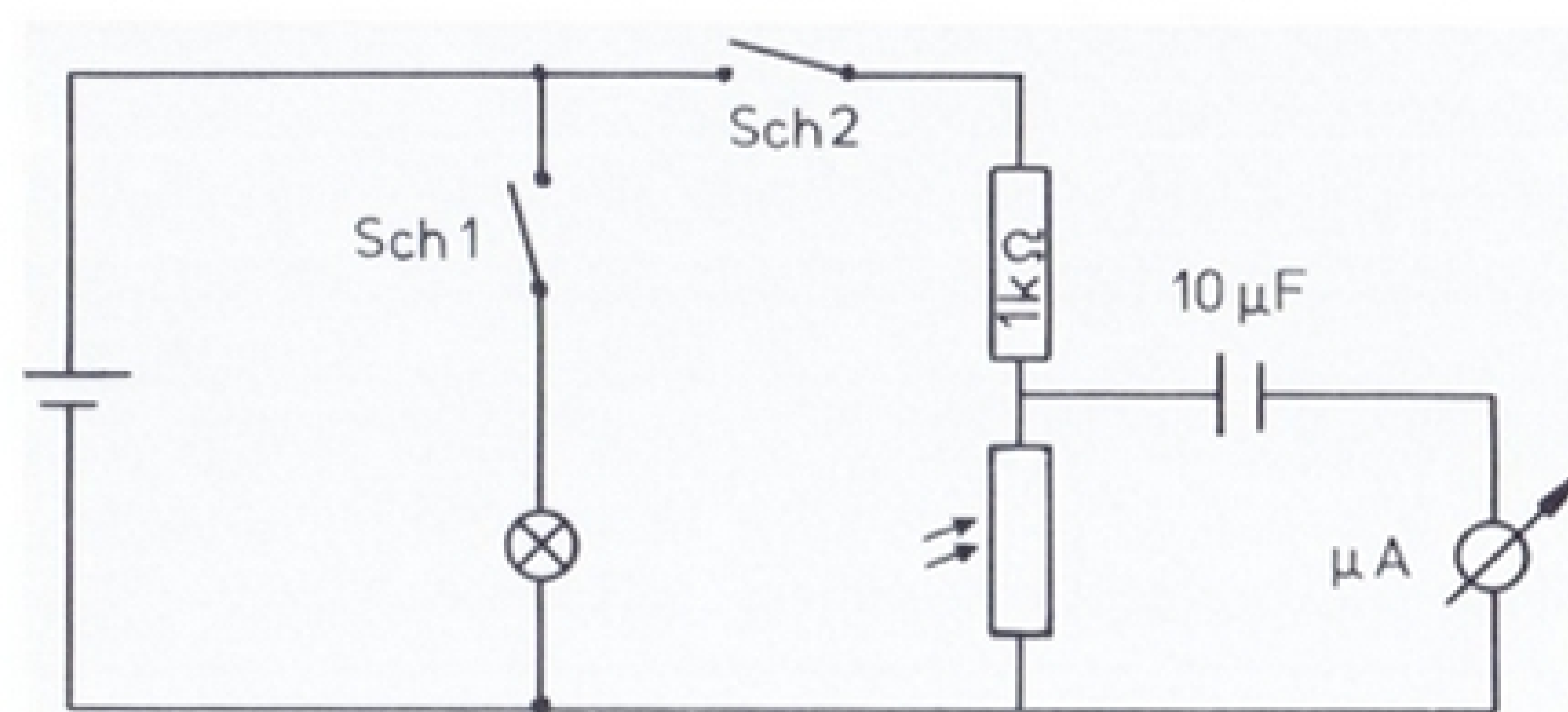


Abb. 6a: Trennung des Wechselstromsignals durch Kondensator

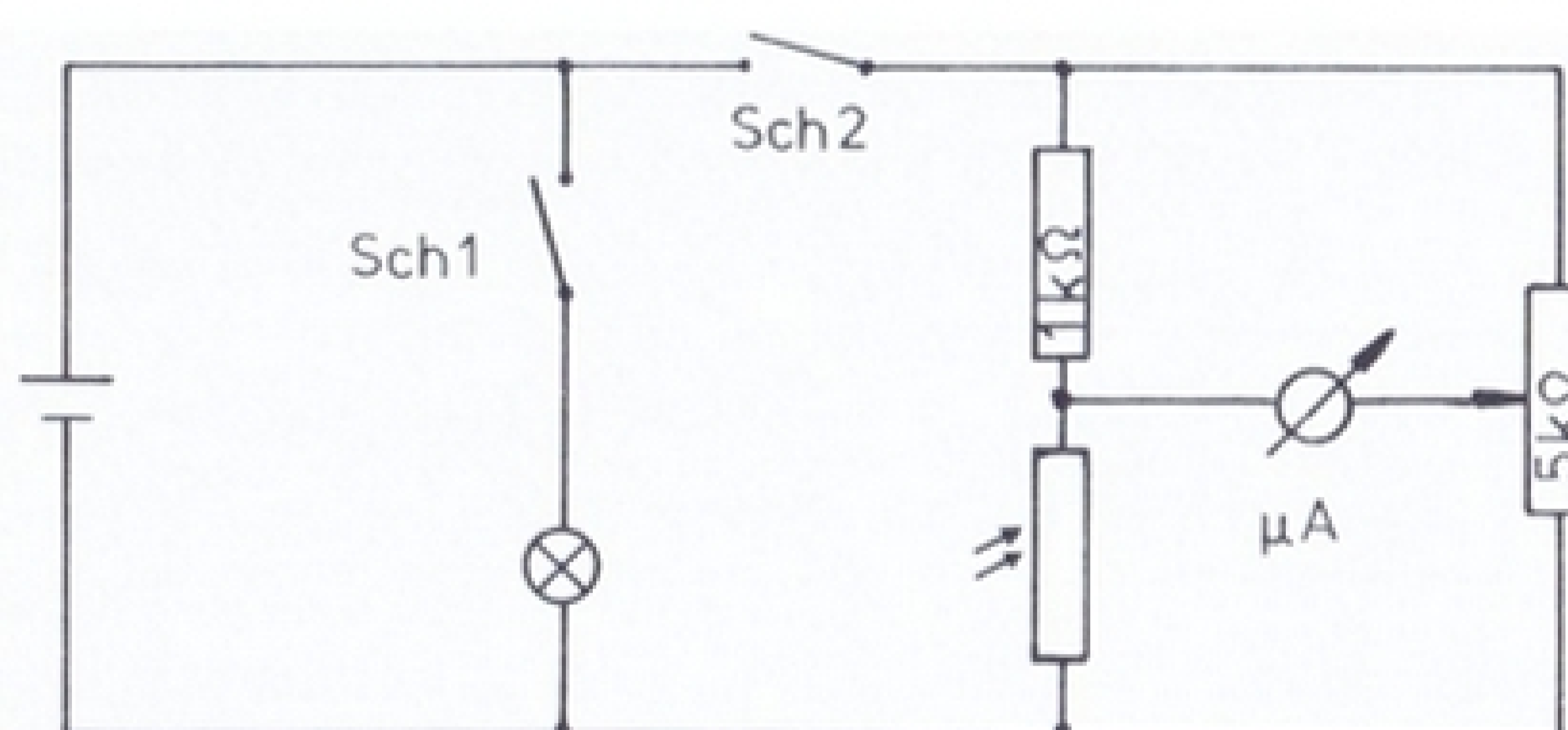


Abb. 6b: Kompensation der Untergrundspannung

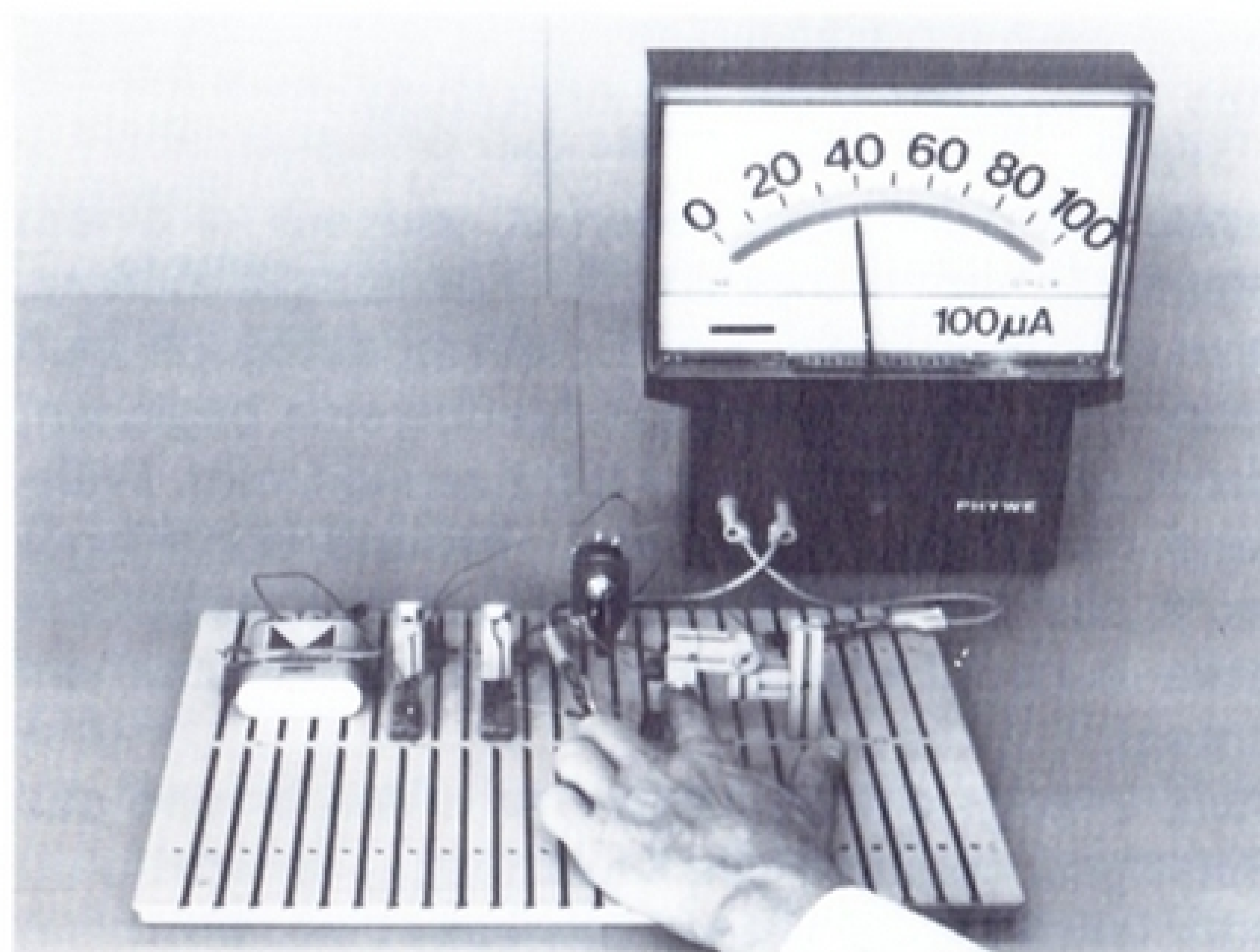


Abb. 7: Aufbau des Meßgerätes nach Abb. 6b

eine Widerstandsänderung im Rhythmus des Pulses. Legt man an diesen Widerstand eine konstante Gleichspannung an, so fließt nach dem Ohmschen Gesetz ein Strom $I = U/R$ (Untergrund), dem ein kleines Signal (Puls) von etwa 2% überlagert ist (Abb. 5). Zur weiteren Verarbeitung ist dieses Signal von seinem Untergrund zu trennen. Hierzu bieten sich zwei Möglichkeiten an:

1. Das Wechselstromsignal wird von seinem Untergrund mit einem Kondensator getrennt (Abb. 6a). Kondensatoren haben nämlich die Eigenschaft, für Gleichstrom einen unendlich großen Widerstand zu haben, während sie Wechselströme durchlassen.
2. Die Untergrundspannung kann kompensiert werden (Abb. 6b, 7). Hierzu schaltet man ihr eine gleich große Spannung entgegen, die am Potentiometer

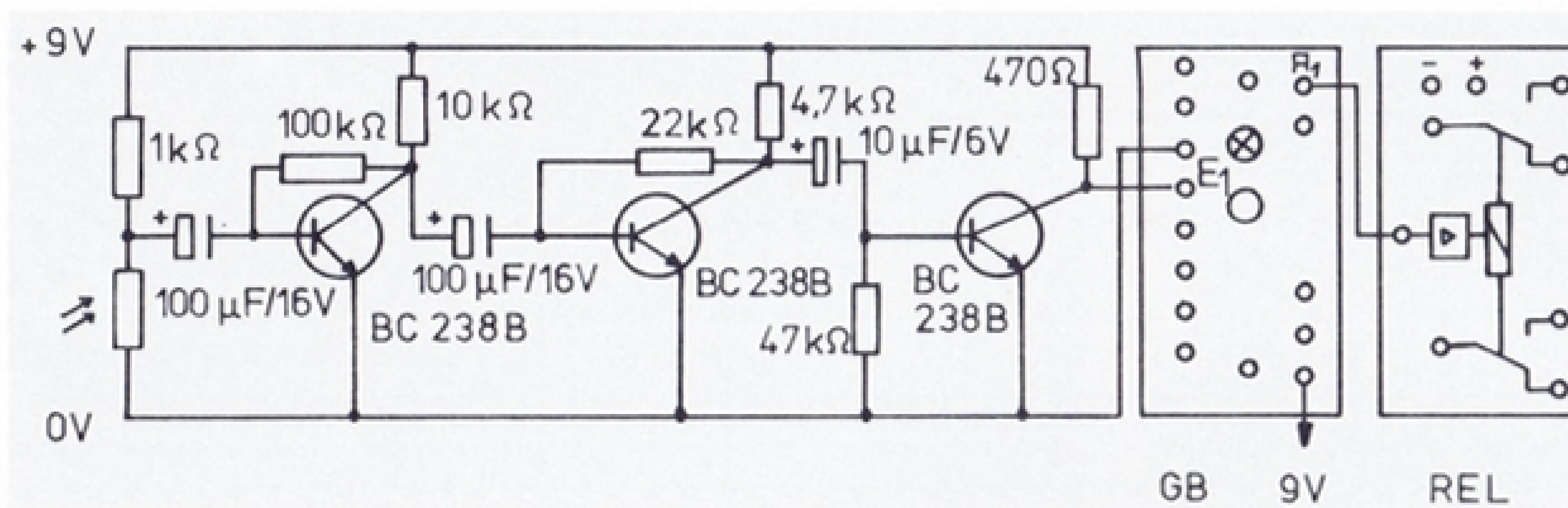


Abb. 8: Verstärker
(Aufbau z.B. mit „Elektronik Praktikum“)

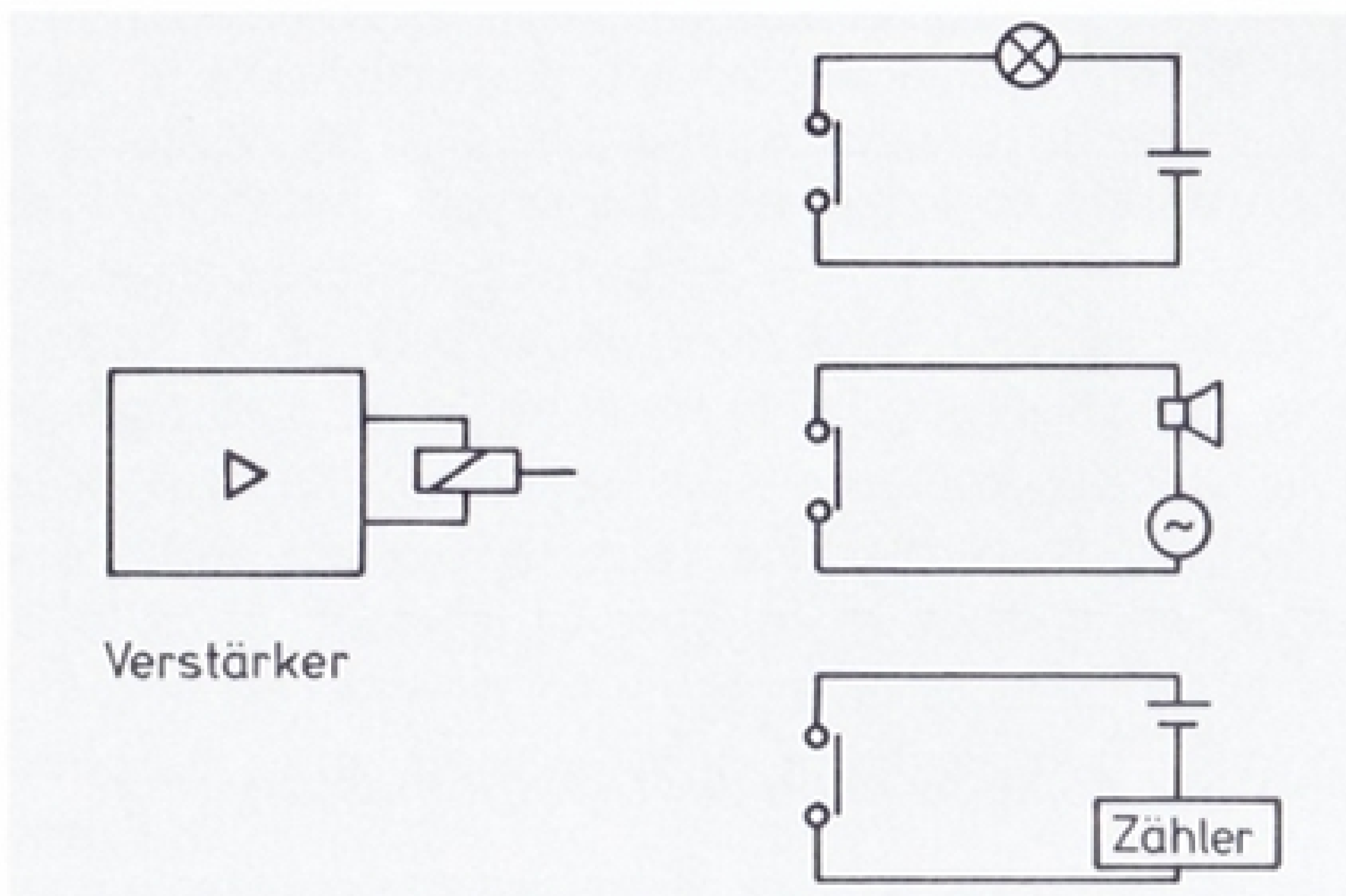


Abb. 9: Anordnung der Meßeinrichtung

einjustieren und abzugreifen ist, und mißt mit einem empfindlichen Meßgerät die Spannungsdifferenz, also das Pulssignal. Der Spannungsabgleich muß jedoch im unempfindlichen Meßbereich beginnen, damit das Meßinstrument nicht zerstört wird. Während der Messung darf der Proband den Finger nicht aus der Meßposition ziehen, da sonst eine etwa hundertfache Spannung am Meßinstrument anliegt.

Abb. 8 zeigt eine Schaltung, mit deren Hilfe das Pulssignal verstärkt und gezählt bzw. als optisches oder akustisches Signal dargestellt werden kann (Anordnung Abb. 9).

2. Didaktische Hinweise

2.1 Altersstufenbezug

Das Thema „Der Mensch als Meßobjekt“ eignet sich als Einstieg oder zur Vorbereitung des Rahmenthemas „Auswirkung der Technisierung auf Mensch und Arbeit“. Das Problem der Beanspruchung des Menschen durch Arbeit und ihrer Messung kann aus dem Schüleralltag beim Leistungssport erschlossen werden. Für alle Belastungen, gleichgültig ob sie durch physische oder psychische Arbeit oder durch deren Umgebungseinflüsse, wie Klima, Lärm, Schwingungen hervorgerufen werden,

gilt die gleiche Problemlösungskette: Feststellen der Belastung und ihrer Ursache – Messen der Beanspruchung – Beurteilen der Beanspruchung – Ermitteln der Dauerbelastungsgrenze – Abbau bzw. Verhindern von unzumutbarer Beanspruchung.

Im Mittelpunkt dieses Themas steht die Entwicklung eines Pulsmeßverfahrens, das für den 10. Jahrgang aufbereitet wurde. Wegen des fächerübergreifenden Aufbaus der Sequenz bietet sich eine Absprache mit dem Kollegen an, der den Biologieunterricht der Klasse betreut.

Der skizzierte Unterricht beschränkt sich auf einfache elektronische Schaltungen, die Schüler des 10. Jahrgangs sicher aufbauen und verstehen können. In kleinen Klassen können auch die Schaltungen der Abbildungen 8 und 9 in den Unterricht mit einbezogen werden, wenn die Schüler schon im Umgang mit elektronischen Bauteilen geübt sind.

Hinweise:

- Die Grundschaltungen sind mit 4,5-Volt-Flachbatterien zu betreiben, damit die 6-Volt-Glühlampen nicht zu heiß werden.
- Störsignale auf dem Oszillografen können durch Umpolen der Batterie oder des Oszillografeneingangs oder/und Erdung beseitigt werden.
- Bei einigen Schülern (hauptsächlich Mädchen) läßt sich der Puls mit der beschriebenen Meßmethode nicht nachweisen, da ihre Finger zu schwach durchblutet oder zu kalt sind.

2.2 Lernziele

- Das Meßproblem der Beanspruchung des Menschen durch physische und psychische Belastung;
- Physiologische Grundlagen über Stoffwechselfvorgänge im Organismus und seine Reaktion auf Belastungen;
- Prinzipielle Struktur einer Meßeinrichtung;
- Entwicklung eines Meßverfahrens für eine vorgegebene Meßgröße;
- Fortentwicklung eines Meßgerätes vom Laboraufbau zum „Seriengerät“;
- Entwurf einer Bedienungsanleitung zu einem selbst entwickelten Gerät;

- Umgang mit elektronischen Bauelementen, deren Schaltung und zeichnerischen Darstellung.

2.3 Gliederung des Stoffes

- Der Mensch als Meßobjekt
- Entwicklung einer Pulsmeßmethode
- Aufbau des Pulsmeßgerätes als Laborversuch
- Vom Laborversuch zum „Serienmeßgerät“

2.4 Materialliste

(z. T. aus der Physiksammlung)

Fieberthermometer; – Fotowiderstand; – Taschenlampe; – Widerstandsmeßgerät (Vielfachmeßgerät); – Demonstrationsmeßinstrument (1 mA); – Oszillograf (Physiksammlung).

Material je Arbeitsgruppe:

Fotowiderstand; – Leuchtstein mit Fassung und 6-V-Lampe; – 2 Schalter; – 1-k Ω -Potentiometer mit angelöteten Steckern bzw. 100- μ F-Kondensator mit Steckern; – 4,5-V-Flachbatterie; – Vielfachmeßinstrument; – Federgelenkbaustein und diverse Bausteine; – Grundbrett; – Kabel verschiedener Länge und 2 Krokodilklemmen.

3. Unterrichtsverlauf

1. Unterrichtseinheit: Der Mensch als Meßobjekt

Motivation:

Auf einem Sportfest laufen bei einem 5000-Meter-Lauf zwei Läufer gleichzeitig durch das Ziel. Während der eine Läufer einen Kollaps erleidet, läuft der andere anschließend noch eine Ehrenrunde. Beide Läufer unterlagen nahezu der gleichen körperlichen Belastung, deren Auswirkungen auf den Organismus waren jedoch offensichtlich unterschiedlich. Belastungen treten in allen Lebensbereichen in verschiedenen Formen auf. Beispiele . . . , ordnen nach vorwiegend physischer bzw. vorwiegend psychischer Belastung.

Problemstellung:

Wie kann die Beanspruchung eines Menschen, die durch körperliche Belastung bewirkt wird, meßbar gemacht werden?

Erarbeitung:

Im Lehrer-Schüler-Gespräch bilden sich zwei Fragenkomplexe heraus, die zu klären sind:

- Die Funktion des Stoffwechsels, wie er auf physische Belastung reagiert, durch welche am Körper

meßbare Größen sie sich äußert und welche davon für Messungen, z. B. bei der Arbeit, geeignet ist.

- Welche prinzipielle Struktur eine Meßeinrichtung hat, wie ein gestelltes Meßproblem systematisch zu erfassen ist, in welchen Schritten sich die technische Entwicklung vom gestellten Meßproblem zum ausgereiften Meßgerät vollzieht.

Nach eingehender Bearbeitung der beiden Fragenkomplexe formulieren die Schüler das Arbeitsziel für die nächsten Technikunterrichtsstunden:

Es ist ein Pulsmeßverfahren zu entwerfen und dafür ein Pulsmeßgerät zu entwickeln, mit dem auch am Unterricht nicht beteiligte Schüler Messungen der Beanspruchung von Schülern beim Sport durchführen können.

Ergebnissicherung:

Die Schüler planen, dieses Arbeitsziel in folgenden Schritten zu erreichen:

- Untersuchung des prinzipiellen Aufbaus (Struktur) einer Meßeinrichtung;
- Entwicklung einer Pulsmeßmethode;
- Aufbau eines Pulsmeßgerätes als Laborversuch;
- Testversuche an Schülern und Folgerungen;
- Fortentwicklung des Laboraufbaus zum „Seriengerät“;
- Abfassen einer Bedienungsanleitung;
- Messungen mit dem Pulsmeßgerät.

2. Unterrichtseinheit:

Entwicklung einer Pulsmeßmethode

Einstieg:

Die Schüler versuchen ihren eigenen bzw. den Puls des Mitschülers abzutasten. Einige Schüler können den Puls nicht finden . . . Diesen Vorgang des Pulsfühlers soll das Pulsmeßgerät übernehmen . . .

Problemstellung:

Das Meßgerät soll den Puls aufnehmen, verarbeiten und einem Beobachter zur Anzeige bringen. Eine Problemskizze (Abb. 10) verstärkt die Problemstellung.

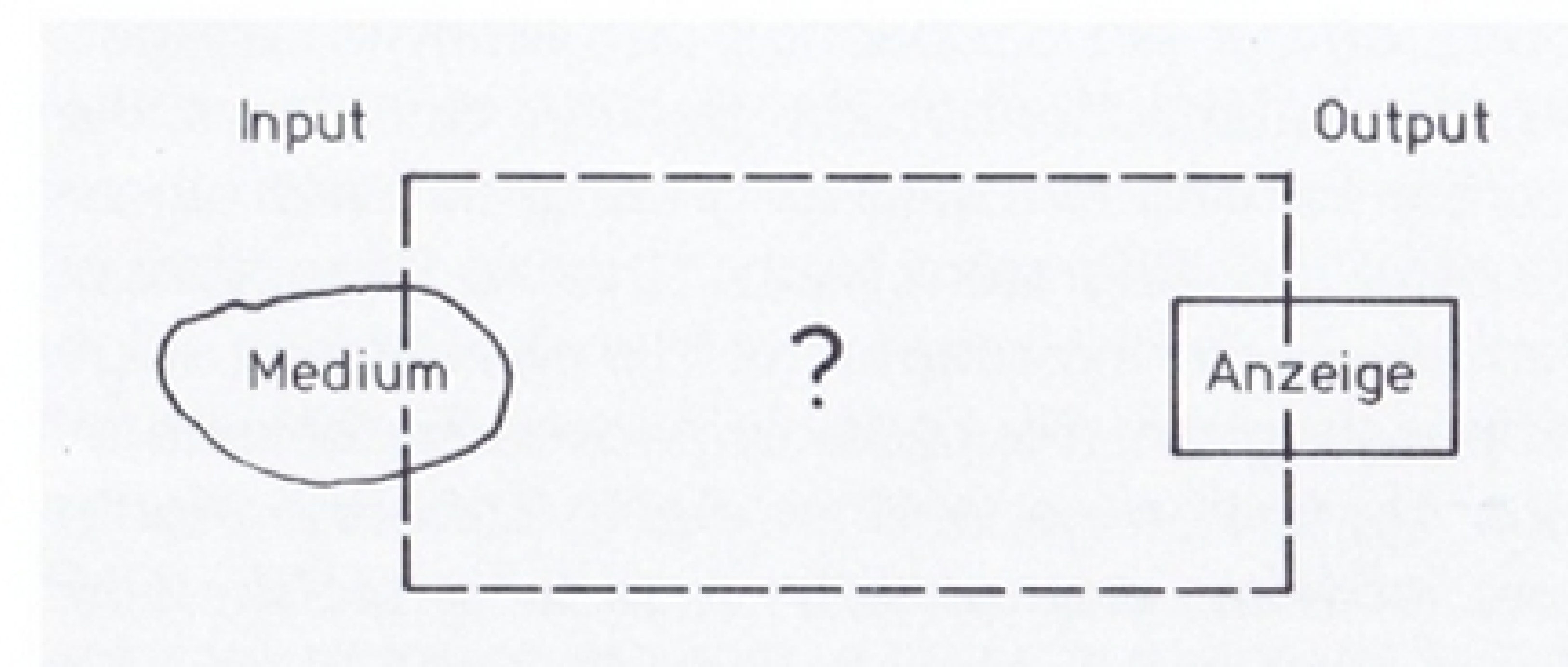


Abb. 10: Problemskizze

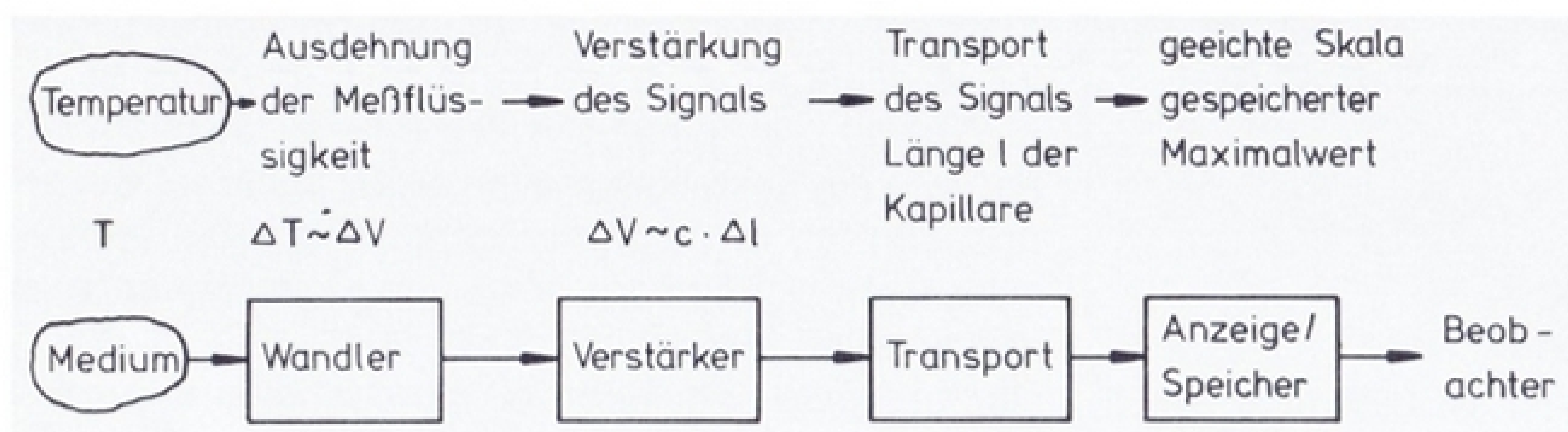


Abb. 11: Struktur einer Meßeinrichtung

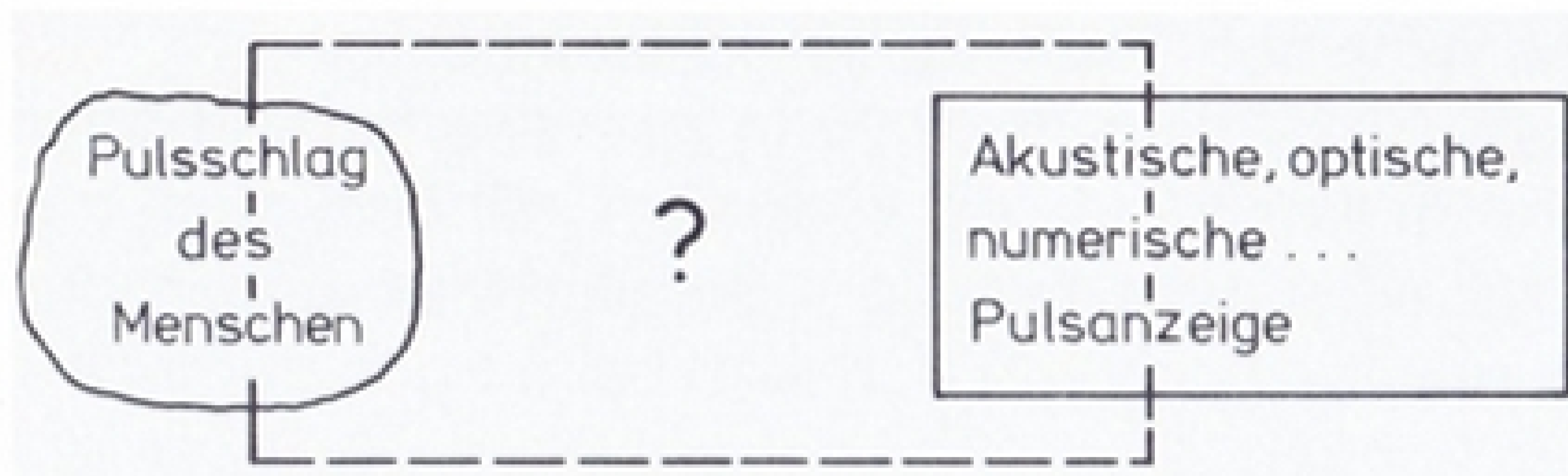


Abb. 12: Präzisierung der Problemskizze

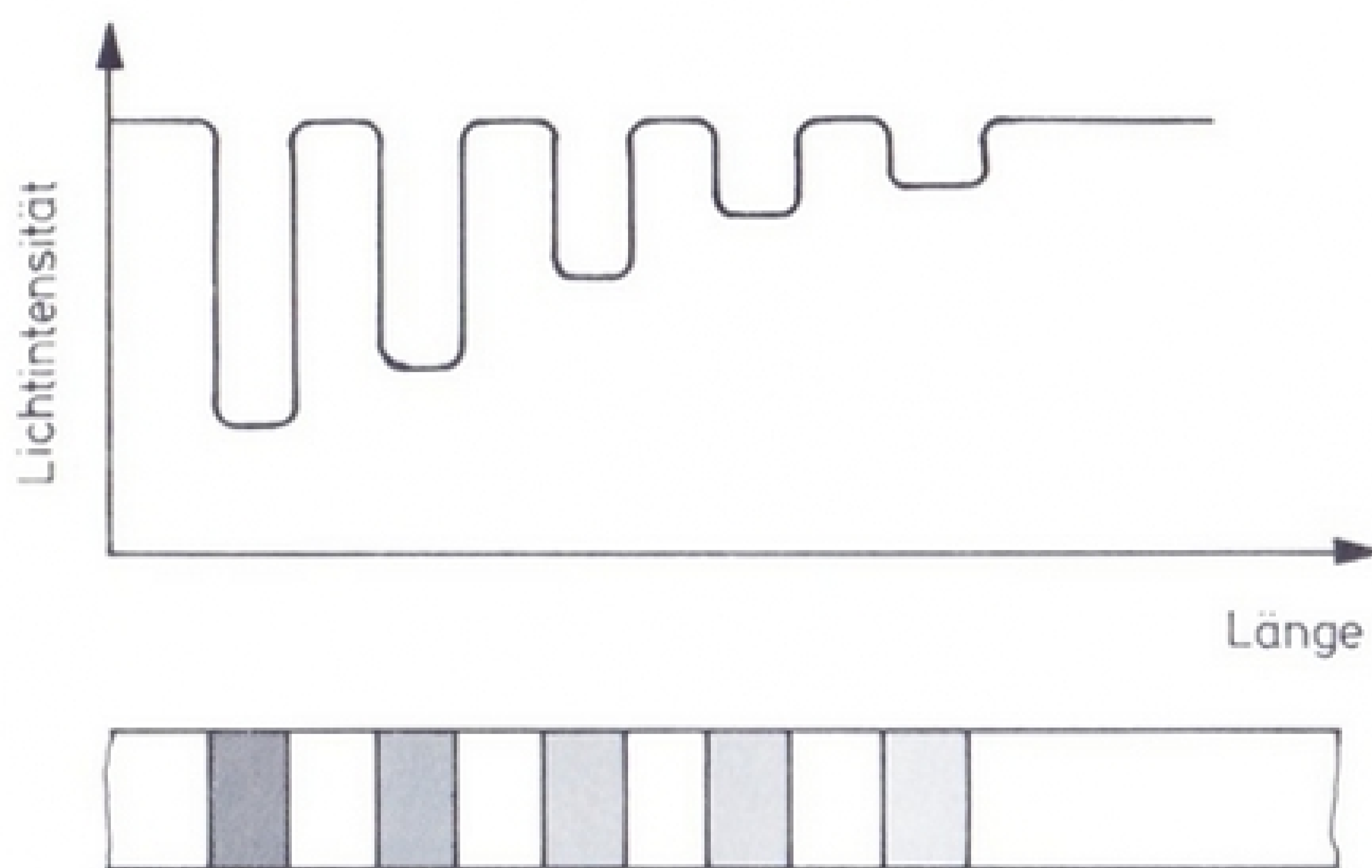


Abb. 13: Die durchstrahlte Lichtintensität hängt vom Grad der Schwärzung ab.

Erarbeitung:

Anhand der Skizze erarbeiten die Schüler an einem ihnen bekannten einfachen Meßinstrument, z. B. dem Fieberthermometer, die prinzipielle Struktur einer Meßeinrichtung (Abb. 11):

Die Temperatur soll gemessen werden . . . Wärme geht über die Kontaktfläche vom Medium zur Quecksilberkugel (Meßfühler) . . . das Quecksilber dehnt sich aus (Wandler) . . . durch Verengung des Ausdehnungsvolumens zu einer Kapillare wird eine kleine Volumenänderung in eine große Längenänderung umgesetzt (Verstärker) . . . der Quecksilberfaden leitet den Meßwert zu der Meßskala (Transport), an der ein Beobachter den Meßwert abliest. An der Tafel schreiben die Schüler diese verschiedenen Funktionen mit und verallgemeinern sie in einem Blockdiagramm (Abb. 11). Die Besonderheiten des Fieberthermometers, die es aufgrund seiner Anpassung an die physiologischen Eigenschaften des Menschen gegenüber einem Laborthermometer aufweist, werden herausgestellt (Meßbereich, Empfindlichkeit, Maximalwertanzeige) und begründet.

Nun läßt sich das Problem der Pulsmessung formulieren und als Skizze darstellen (Abb. 12):

An einer geeigneten Stelle des Körpers soll ein Meßfühler unblutig den Puls abnehmen. Das Signal soll dann gewandelt, fortgeleitet, verstärkt . . . und in der gewünschten Form einem Beobachter angezeigt werden.

Das Problem zerlegen wir in Teilprobleme:

1. Welche zur Beurteilung der Beanspruchung aussagefähige Größe ist darzustellen und in welcher Form (Output)?
2. Wie äußert sich der Puls am Menschen, wie kann er abgenommen werden (Input)?
3. Wie können die Funktionen zwischen Input und Output realisiert werden?

Erste Teillösung:

Aus dem zeitlichen Verhalten des Pulses bei physischer Belastung ergibt sich die Anzahl der Pulsschläge pro Minute, die Pulsfrequenz, als wichtige Meßgröße für die Beurteilung der individuellen Beanspruchung. Die Frage, wie die Pulsfrequenz zu ermitteln ist, führt zu den Vorschlägen, den Puls mittels einer Lampe sichtbar oder mit einem Lautsprecher hörbar zu machen, auch ein digitaler Zähler wird genannt. Mit einer Stoppuhr läßt sich dann die Anzahl der Signale pro Minute zählen.

Zweite Teillösung:

Der Puls bewirkt Blutdruckschwankungen, die man als Pulsschlag abtasten kann . . . Aber auch die Transparenz des Gewebes ändert sich mit jedem Pulsschlag. Die Transparenz läßt sich an den Fingern und Ohrläppchen leicht mit einer Taschenlampe nachweisen, ihre Schwankungen im Rhythmus des Pulses sind jedoch nur schwer zu erkennen. Um die Schüler zu einer Meßmethode hinzuführen, wird der folgende Versuch durchgeführt: Ein Papierstreifen mit verschiedenen stark geschwärzten Feldern wird über den Lichtstrahl einer Taschenlampe geführt. Die beobachteten Helligkeitsänderungen trägt ein Schüler qualitativ in einem Diagramm auf (Abb. 13). Die Frage, wie diese Lichtschwankungen in elektrische Signale umzuwandeln sind, kann nun

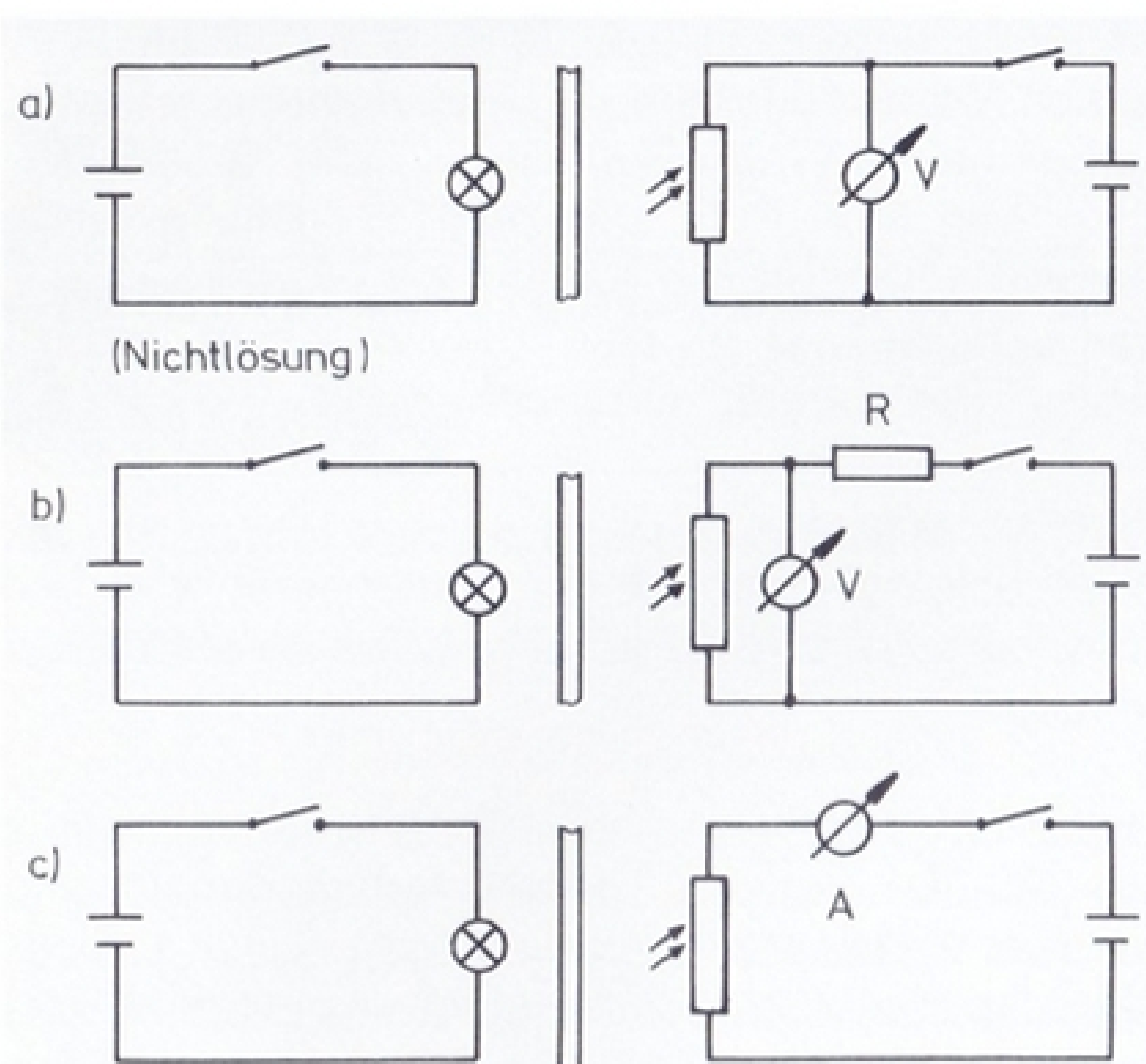


Abb. 14: Schülerlösungen

von den Schülern schnell beantwortet werden. Mögliche Schülerlösungen sind in der Abbildung 14 wiedergegeben.

Praktische Arbeit:

Die entworfenen Lösungen werden in Arbeitsgruppen ausgeführt und getestet. Die Schaltung 14a erweist sich als Fehllösung, da das Spannungsmessinstrument die konstante Batteriespannung anzeigt. Abb. 15 zeigt einen Aufbau entsprechend Abb. 14b.

3. Unterrichtseinheit:

Aufbau des Pulsmeßgerätes als Laborversuch

Einstieg:

Versuche an den aufgebauten Meßfühlern (Abb. 16) mit den Teststreifen zeigen je nach Schaltung Strom- bzw. Spannungsschwankungen auf einem festen Untergrund, die mit abnehmender Schwärzung des Papierstreifens kleiner werden . . . Bei Messungen des Pulses am Finger beobachten die Schüler nur sehr kleine Ausschläge auf hohem Untergrund. Es stellt sich die Frage, wie dieser Untergrund zu begründen ist, wie das Pulssignal vom Untergrund getrennt und verstärkt werden kann.

Erarbeitung:

Die Schüler vermuten, daß der Widerstand des Fotowiderstandes mit zunehmender Beleuchtungsstärke abnimmt . . . Ein Versuch soll diese Vermutung prüfen. Hierzu nähern wir langsam eine Lichtquelle (Taschenlampe) einem Fotowiderstand, der

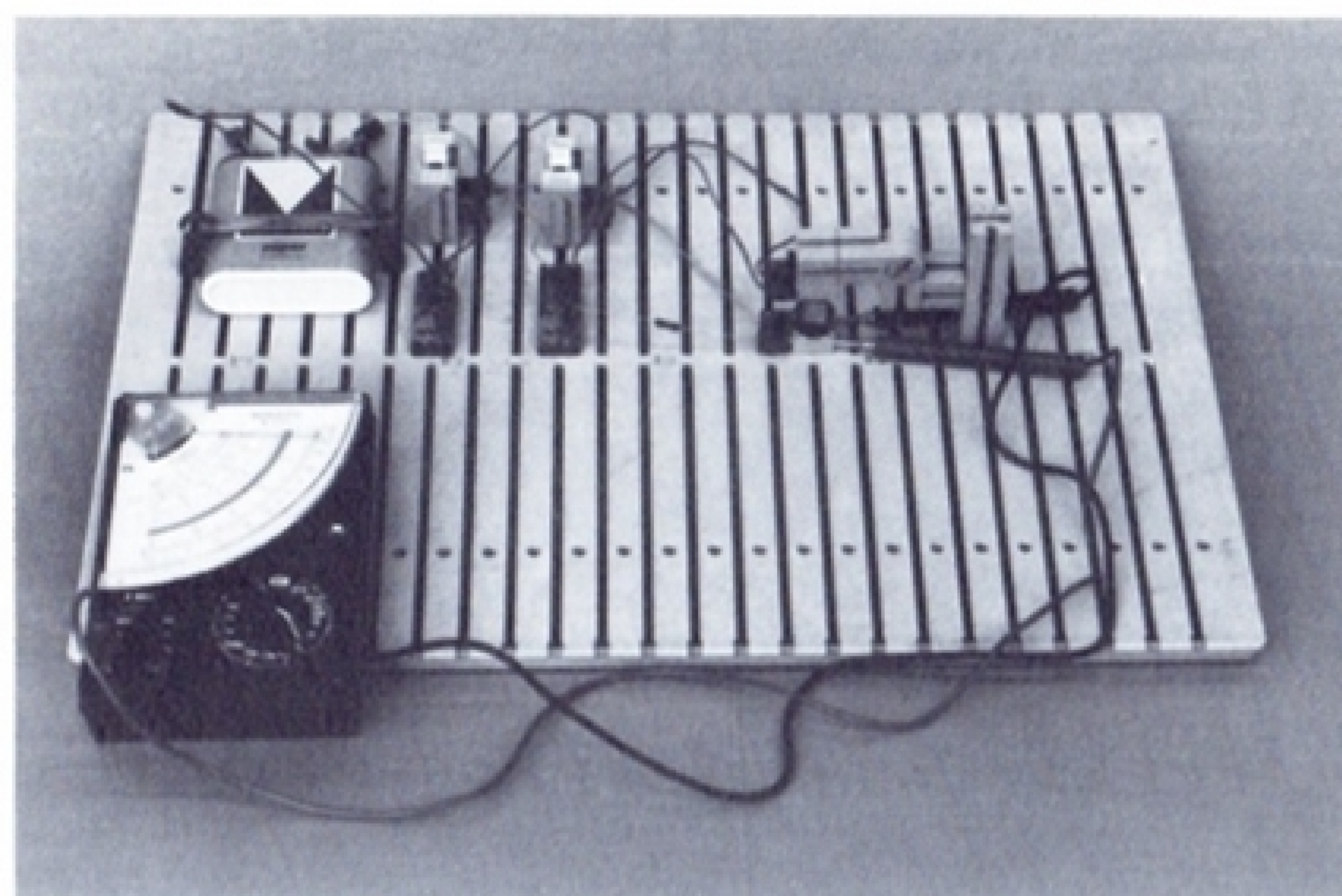


Abb. 15: Aufbau entsprechend Abb. 14b

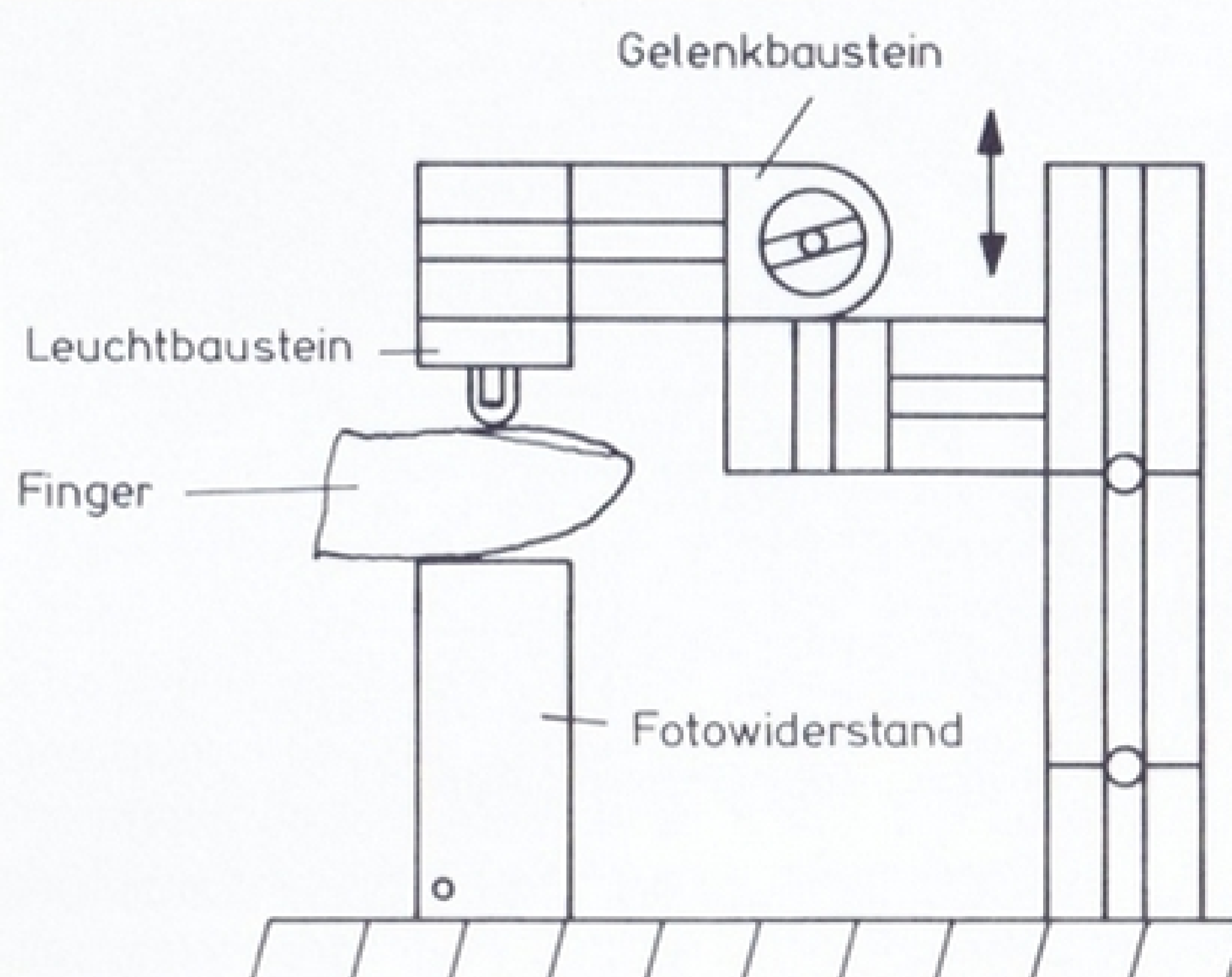


Abb. 16: Meßfühler für die Pulsmeßeinrichtung

an ein Widerstandsmeßgerät angeschlossen ist, und beobachten: Je stärker das auf den Widerstand einfallende Licht ist, umso kleiner ist sein Widerstand.

Die Schüler folgern, daß sich der Fotowiderstand bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke auf einen dementsprechenden Widerstand einstellt. Diesem Widerstandswert überlagert sich dann die durch den Puls hervorgerufene Widerstandsänderung, die sich je nach Schaltung in einer Spannungs- bzw. einer Stromänderung auf entsprechendem Untergrund äußert . . .

Dieser „Untergrund“ ist von dem Signal zu trennen.

Auf Grund ihrer unterschiedlichen Erfahrungen deuten die Schüler Lösungsansätze wie Kondensator, Oszillograph, Unterdrückung der Gleichspannung . . . an, die einzeln aufzugreifen sind:

Ein Kondensator (10 bis 100 μF) trennt das sich zeitlich ändernde Signal (Wechselspannung) von der Gleichspannung und dieses kann anschließend mit einem empfindlichen Wechselstrominstrument angezeigt oder verstärkt werden (Abb. 6a).

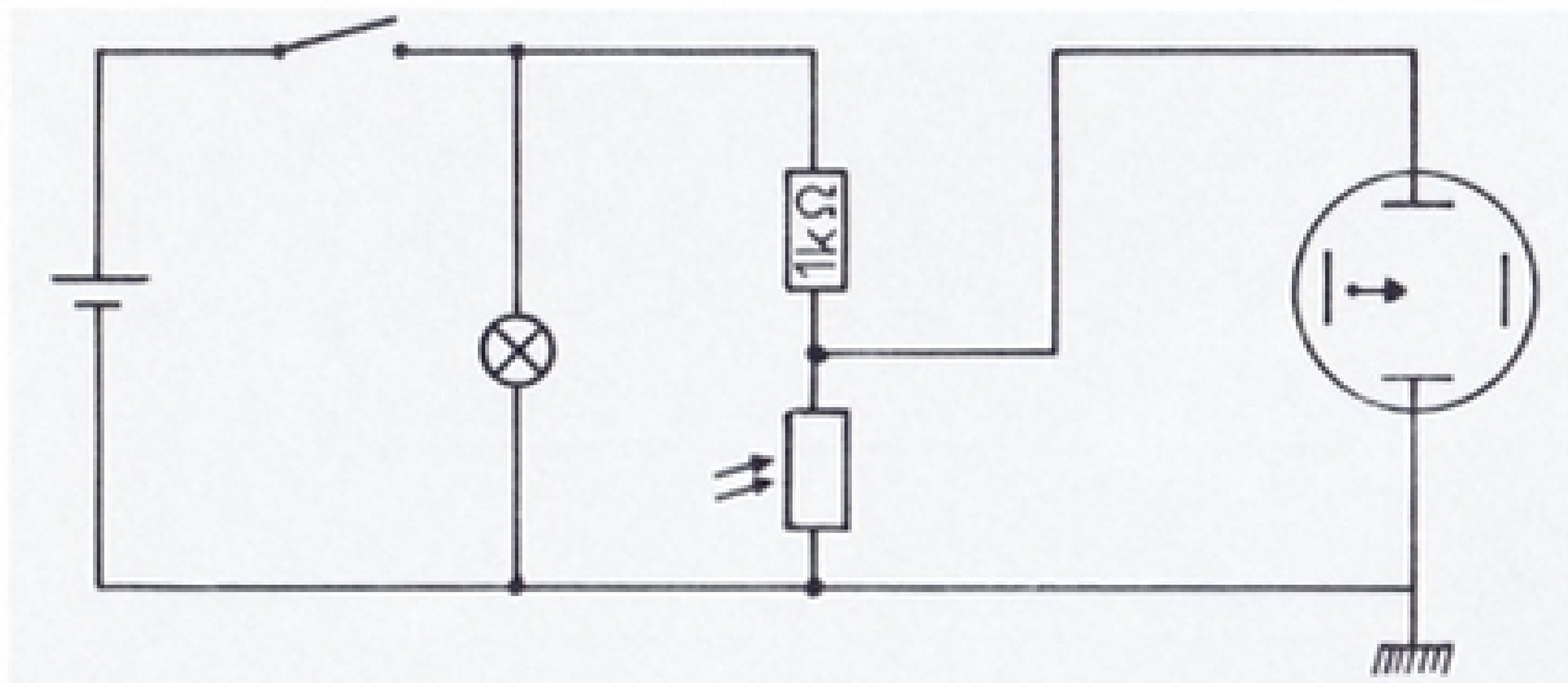


Abb. 17: Schaltung mit Oszillograph

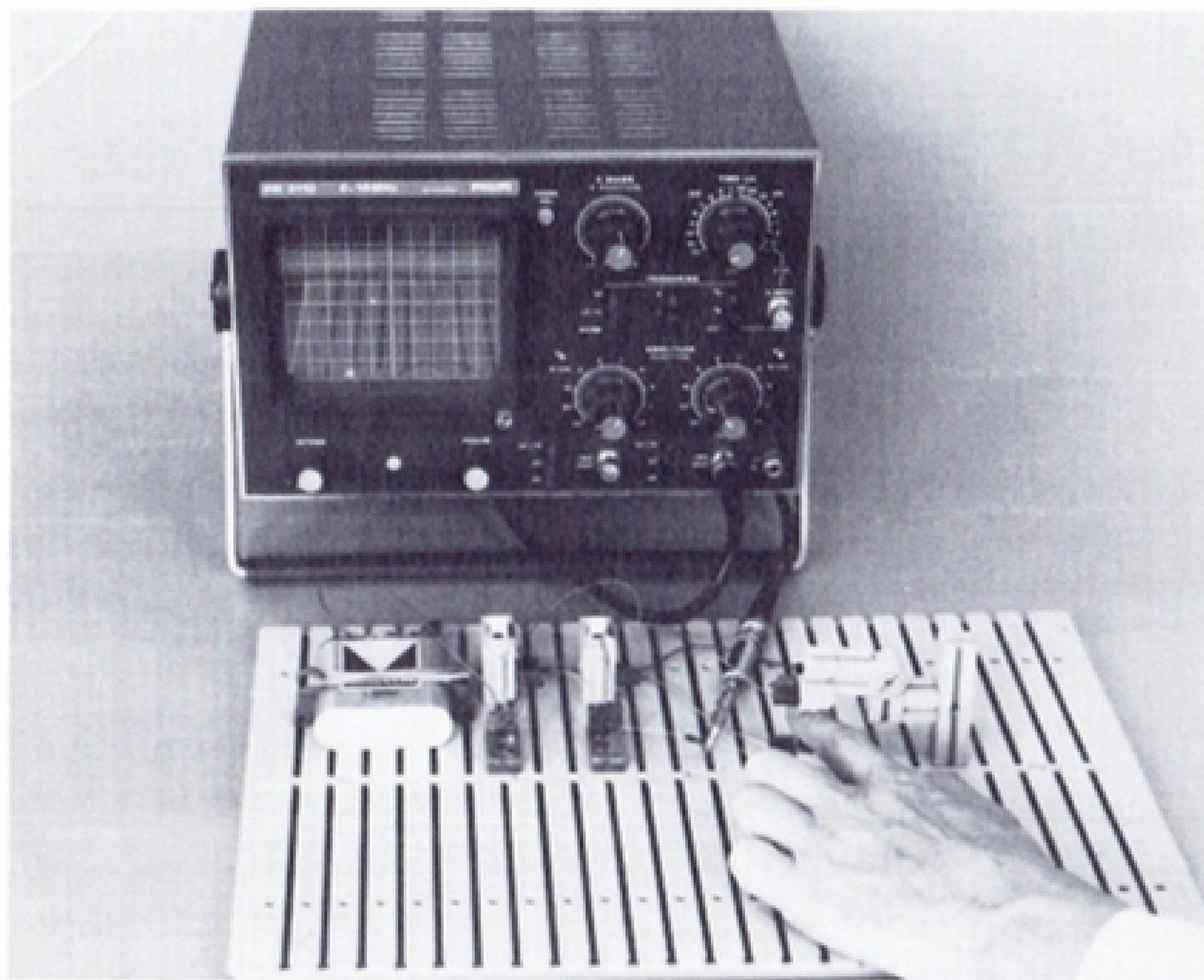


Abb. 18: Aufbau entsprechend Abb. 17

In einem Oszillographen sind Kondensator und Verstärker enthalten. Wählt man den Wechselstromeingang (AC) und stellt die Y-Ablenkung (Verstärkung) auf 50 mV/cm bzw. die Zeitablenkung auf den rechten oder den linken Anschlag, so zeigt der Elektronenstrahl den Puls an (Abb. 17, 18).

Der Gleichspannungsuntergrund kann mit einer gleich großen Gegenspannung kompensiert werden. Da die Höhe des Untergrundes jedoch von der Lichtquelle und der Fingerdicke abhängt, muß die Gegenspannung einstellbar sein. Hierzu kann ein Potentiometer benutzt werden (Abb. 6b, 7) . . . Das Meßinstrument kann nun auf einem empfindlichen Bereich den Pulsschlag „verstärkt“ anzeigen (größerer Zeigerausschlag).

Praktische Arbeit:

In Arbeitsgruppen werden die verschiedenen Lösungswege je nach dem Erfahrungsstand der Schüler unter Anleitung ausgeführt und getestet.

4. Unterrichtseinheit:

Vom Laborversuch zum „Serienmeßgerät“

Einstieg:

Während der Testversuche an den Mitschülern haben sich Mängel an den gebauten Pulsmeßgerä-

ten herausgestellt: Das heiße Birnchen ruft Schmerzen im Nagelbett hervor . . . Die aufgebauten Schaltungen haben Wackelkontakte . . . Bei einem Mädchen wird kein Puls angezeigt . . . Das gebaute Gerät ist unhandlich . . .

Der Laboraufbau ist also zu verbessern und zu einem „Seriengerät“ fortzuentwickeln.

Problemstellung:

Worin unterscheidet sich ein „Seriengerät“ von dem Laboraufbau und wie könnte dieser fortentwickelt werden?

Problemlösung:

Die Schüler nennen Unterschiedsmerkmale und machen Verbesserungsvorschläge:

Einen stellbaren Widerstand in Serie mit der Glühlampe schalten . . . übersichtlich angeordnete Bauteile und gelötete Verbindungen . . . Meßfühler von Meßgerät und Anzeige trennen, damit sie die Versuchsperson nicht beeinflussen . . . Hinweise, wie das Gerät zu bedienen ist . . . ein Programm aufstellen, mit dem das Gerät an einer Versuchsperson zu testen ist . . .

Arbeit in Gruppen:

Die Schülervorschläge werden aufgegriffen und ergänzt. Sie führen zu drei Arbeitsaufträgen, die die Schüler nach ihren Neigungen arbeitsteilig ausführen:

1. Verbesserung und Fortentwicklung des Pulsmeßgerätes;
2. Abfassung einer Bedienungsanleitung, welche die Gesichtspunkte Einsatzmöglichkeit, Meßanzeige, Meßprinzip, elektrische Schaltung, Gebrauchsanleitung, Hinweise . . . berücksichtigt;
3. Erarbeitung eines Testprogramms, in dem z.B. die Beanspruchung verschiedener Schüler durch eine Belastung von 10 Kniebeugen oder die eines Schülers durch unterschiedliche Belastungen (5, 10 und 20 Kniebeugen) gemessen wird.

Hinweise zum weiteren Unterrichtsverlauf:

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen werden schließlich vorgestellt und ausgewertet. Sie führen zu dem Entschluß, das Problem der Beanspruchung des Menschen durch physische Belastung und deren Messung mit einem Arzt, z.B. einem Betriebsarzt oder Sportarzt, zu diskutieren.

Literatur:

[1] Rohmert, W.: Physische Beanspruchung, in Schmidtke, H., Ergonomie, Carl Hanser Verlag, München (1973)

Gregor Tyrchan

Spannungsoptische Prüfung

als Hilfsmittel konstruktiver Gestaltung

1. Konstruieren im Technikunterricht

Nicht nur aus Gründen der Exemplarität und der Repräsentativität ist in der fachdidaktischen Literatur¹ auf die besondere Rolle des Konstruierens bei der Entwicklung des Problemlösungsverhaltens im Unterricht hingewiesen worden. Es kann dabei naturgemäß nicht darum gehen, wirklich „neuartige“ Konstruktionen etwa im Sinne der Patentgesetze oder für den allgemeinen Gebrauch zu entwerfen und auszuarbeiten. Es geht hier vielmehr darum, zu einem relativ eng begrenzten technischen Problem Funktionsanalysen anzugeben, zielgerichtete Lösungsalternativen zu finden, begründen, erproben und auszuarbeiten hinsichtlich Werkstoffauswahl, Formgebung, Bearbeitung usw. Je nach den Besonderheiten der Voraussetzungen und Randbedingungen werden sich aus der Mannigfaltigkeit der Vorschläge eine/mehrere günstigste Lösungen anbieten hinsichtlich des Material- oder Zeitaufwandes bei der Herstellung, des Aufwandes und der Bedienung beim Gebrauch, der wahrscheinlichen Materialdefekte usw.

Es liegt nahe, anfängliche Beispiele mit überschaubar vielen, einsichtigen und insbesondere gut abgrenzbaren Einflußgrößen zu wählen. Solche Beispiele wurden aus den Teilbereichen „Werkzeuge“ und „Vorrichtungen“ entwickelt und vorgelegt²; sie entstammen Lehrerausbildungs- und -fortbildungstudiengängen an der Pädagogischen Hochschule Rheinland, Abt. Neuss.

2. Begründung für experimentelle Prüfmethode in funktionsorientierten Konstruktionsaufgaben

Über die Bedeutung des Konstruierens als typischer technischer Arbeitsmethode ist bereits an anderer Stelle berichtet worden.¹ Hier genügt der Hinweis, daß der eigentliche, schöpferische Entwurfsprozeß „Konstruieren“ sich in der Technik in aller Regel am Zeichenbrett oder unter Zuhilfenahme modellähnli-

cher Vorrichtungen vollzieht, mit deren Hilfe die Vorstellungen des Konstrukteurs schrittweise in die Realität übertragen werden. Sowohl Zeichnung als auch Modell haben dabei im wesentlichen die Funktion, geistige Konzepte in vorläufige materielle Realität zu übersetzen, dabei jedoch Korrekturmöglichkeiten offenzuhalten, da die weitaus meisten (und nahezu alle „neuen“) technischen Konstruktionen erst nach einer Vielzahl von Änderungen das Stadium (vorläufiger) Produktionsreife erlangen. Nicht selten haben auch die hergestellten Modelle Testcharakter in dem Sinne, daß an ihnen die vorhersehbaren technischen Einsatzbedingungen simuliert werden können, so daß notwendige Änderungen in Konzeption und Ausführung daraus abgeleitet werden können. Dieses Verfahren ist typisch für weite Bereiche technischer Tätigkeit: die grundsätzliche Unsicherheit, auch bei vorhandener Erfahrung Zutreffendes und Endgültiges über das in der Realität und in der dort anzutreffenden Faktorenviefalt zu erwartende Verhalten einer Konstruktion auszusagen, bedingt dieses geradezu. Technische Betriebsbereiche wie „Versuchsfeld“, „Anwendungstechnische Abteilung“ oder „Entwicklungsabteilung“ haben zumeist genau diese Aufgabe; dort wird Produktentwicklung oft als „Schwachstellenforschung“ in dem Sinne betrieben, daß aus dem Prototyp (Modell) Meßwerte bzw. Orientierungsdaten für die endgültige Lösung gewonnen werden. Für den Bereich von Schule kann dies naturgemäß nur unter den einschränkenden Bedingungen der konkreten Realisierbarkeit „vor Ort“ exemplifiziert werden.

Hier sollen daher Ergebnisse zu zwei Aufgabenstellungen vorgestellt werden:

- Konstruktion und Herstellung eines Flaschenöffners für Kronenkorken aus Bandeisen;³
 - Konstruktion und Herstellung einer Arbeitshilfe für Arbeiten an der Kreissäge (Schiebestock).
- Da die grundsätzlichen Möglichkeiten bekannt waren (Abb. 1, 2), ging es hier um die Entwicklung alternativer, begründbar zweckmäßiger Lösungen. Neben Skizzen wurden Flachmodelle aus Pappe für

¹ Helling, K.: Konstruktion eines Werkzeuges, in: twu-Sonderheft 1975, S. 23 ff.

Helling, K.: Funktionsorientierte Didaktik (a.a.O.) S. 17–25
Drube, B.: Konstruieren im Technikunterricht der Primarstufe, in: tu 10 (1978) S. 5–11

² Kuschke, A.: Spannungsoptik im Bauwesen, Düsseldorf 1970.

Meuth, H. O.: Werkstoffprüfung, in: Bild der Wissenschaft Heft 1 (1973), S. 42–51. VDI-Bericht Nr. 197 (Spannungs- und Schwingungsanalyse), Düsseldorf 1974.

³ Für die Anregung zum Werkzeug „Flaschenöffner“ sei Herrn Prof. Dinter (Univers. Saarbrücken) herzlich gedankt.



Abb. 1: Konstruktionsmöglichkeiten Flaschenöffner



Abb. 2: Konstruktionsmöglichkeiten Schiebstock



Abb. 3: Papp-Modelle Flaschenöffner

erste „Erprobungen“ hinsichtlich Hand-Paßform, Wirkteil und Materialkalkulation erstellt (Abb. 3).

Für die weitere technische Planung des Gegenstandes sind nun Überlegungen und Untersuchungen notwendig, die einen zuverlässigen, sicheren und im erwarteten Sinne funktionierenden Einsatz gewährleisten sollen: man muß vermeiden, daß der Gegenstand sich schon bei den ersten Anwendungen merklich deformiert oder gar ausfällt. Die technische Aufgabenstellung ist – ähnlich wie in der Bautechnik oder in der klassischen Maschinentechnik – einigermaßen klar:

Der Gegenstand muß gemäß den erwarteten Belastungen im Realfall ausgelegt und dimensioniert werden. Der Vorschlag, entsprechende rechnerische Verfahren aus bekannten theoretischen (mathematischen) Ansätzen und mit den Tabellenwerten der Materialeigenschaften hierfür einzusetzen, verbietet sich gleich aus mehreren Gründen:

1. Die notwendigen mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sind i. a. nicht vorhanden; sie werden in aller Regel auch nicht vermittelt, weil Technikunterricht für allgemeinbildende Schulen *nicht* Vermittlung spezieller Lösungsalgorithmen ist, dies schon aus Zeitgründen.

2. Die vorhandenen Theorien sind entweder auf „Idealfälle“ abstrahiert – dann sind sie zwar formal i. a. noch beherrschbar, bilden jedoch die Realität nur idealtypisch ab – oder sie sind realitätsnahe formuliert – dann sind sie allerdings oft nur schwer handhabbar. Im ersten Fall haben rechnerische Ergebnisse hinsichtlich Dimensionierung usw. geringe bis keine Relevanz, weil der Fall künstlich „bereinigt“ ist z.B. hinsichtlich der Einflußgrößen und der Voraussetzungen. Im zweiten Fall ist die rechnerische Ermittlung in aller Regel sehr aufwendig und schwierig, wenn nicht gar unmöglich, z.B. für nichtstationäre Vorgänge. Um dies an einem sehr einfachen Beispiel zu erläutern: die Verteilung der Biegebelastung an einem einfachen Träger auf zwei Stützen gilt in der (bereinigten) Theorie als relativ trivial. Sie ist es in Wirklichkeit keineswegs: endliche Trägerdicke und ungleiches Werkstoffverhalten im Zug-/Druckbereich verbieten den einfachen Rückschluß von der Modellbetrachtung auf die Realausführung; die evtl. zeitlich veränderliche Belastung verkompliziert den Ansatz noch weiter.

3. Was keine Theorie fassen kann, ist z.B. die Inhomogenitätsverteilung und die Anisotropie des konkret vorliegenden Werkstückes. Zusammen mit der häufig nicht einfachen Formgebung und der Formfestigkeit führt sie viele theoretische Ansätze ad absurdum.

Die Konsequenzen hieraus sind klar: Rechnerische Methoden geben oft zu wenig Auskünfte für den praktischen Einsatz der entsprechenden Bauteile und Werkzeuge; modifiziert auf die wirklichen Verhältnisse erweisen sie sich aber vom rechnerischen Aufwand und damit von ihrer schulischen Durchführbarkeit her als meist zu schwierig.

Der Ausweg aus dieser Sackgasse sind *experimentelle Prüf- und Meßmethoden*, deren Begründung u.U. schon durch Analogiebetrachtungen, durch alltägliche Erfahrungen, plausibel gemacht werden können.

Es ist einleuchtend, daß Pappmodelle kaum einen

Hinweis darauf geben können, wie gut sich im Sinne der technischen Zweckfunktion die Konstruktion bewähren wird. Hierzu müßte man in der Erprobungsphase in das Material „hineinschauen“ können, Veränderungen des inneren Gefüges bei Belastungen beobachten können. Auch dies wird in der Technik praktiziert, so z. B. durch Röntgenuntersuchungen oder (indirekt) durch Anbringung von Dehnmeßstreifen an bestimmten Werkstückstellen, wobei man aus der dort gemessenen Verformung auf die jeweils wirkende Belastung schließt.

Dies suggeriert „durchsichtiges“ Material. Da des weiteren nicht zu erwarten ist, daß sich das Konstruktionsteil als ganzes einer einheitlichen Änderung unterwerfen wird, sondern daß die Auswirkungen der Belastung lokale Schwankungen zeigen werden, liegen für nähere Erprobungen „Ganzkörperbetrachtungen“ nahe. Man macht sich dabei die Erscheinung zunutze, daß Spannungszustände (= Belastung) in Körpern eine Änderung der optischen Eigenschaften zur Folge haben, wobei die Änderungen jeweils in Abhängigkeit von den Belastungen stehen und somit einen (qualitativen) Rückschluß erlauben: Spannungszustände werden sichtbar gemacht.

Ein weithin auch Schülern bekanntes Beispiel optischen Sichtbarmachens von Spannungszuständen ist die „fleckige“ Struktur von Autoscheiben, wenn sie mit sog. Polaroid-Sonnenbrillen betrachtet werden.

Zur Überprüfung wurden in der Erprobungsphase nach den Pappmodellen auch Flachmodelle aus gegossenen transparenten Polyestergießharzplatten (etwa 4 mm stark) gefertigt. Dazu wurde Gießharz verwendet, wie es in Hobbygeschäften zusammen mit passendem Härter (500 ml etwa 15 DM) angeboten wird. Diese wurden dann auf dem Overheadprojektor mit Hilfe spannungsoptischer Verfahren untersucht (s. u.), um so Hinweise für konstruktiv bestimmte Bruchstellen und somit auch für konstruktive Änderungen zu erhalten. Begleitende Vertiefung während der Konstruktion waren z. B. Betrachtungen über die auftretenden äußeren Kräfte bzw. Momente, die Formgebung des Wirkteils aufgrund der gewünschten bzw. zugelassenen Verformung der Kronenkorken und der Werkzeuge, unterschiedliche Ansatzpunkte der Kräfte und der Drehachsen usw. (vgl. Abb. 4).

Teilweise wurden die Polyestermodelle bis zum Bruch belastet. Hierbei zeigte sich eine Bestätigung der bei den optischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse.

Nach dieser Konstruktionsphase wurden die Werkzeuge/Vorrichtungen dann hergestellt und fanden im Realfall schließlich Verwendung.

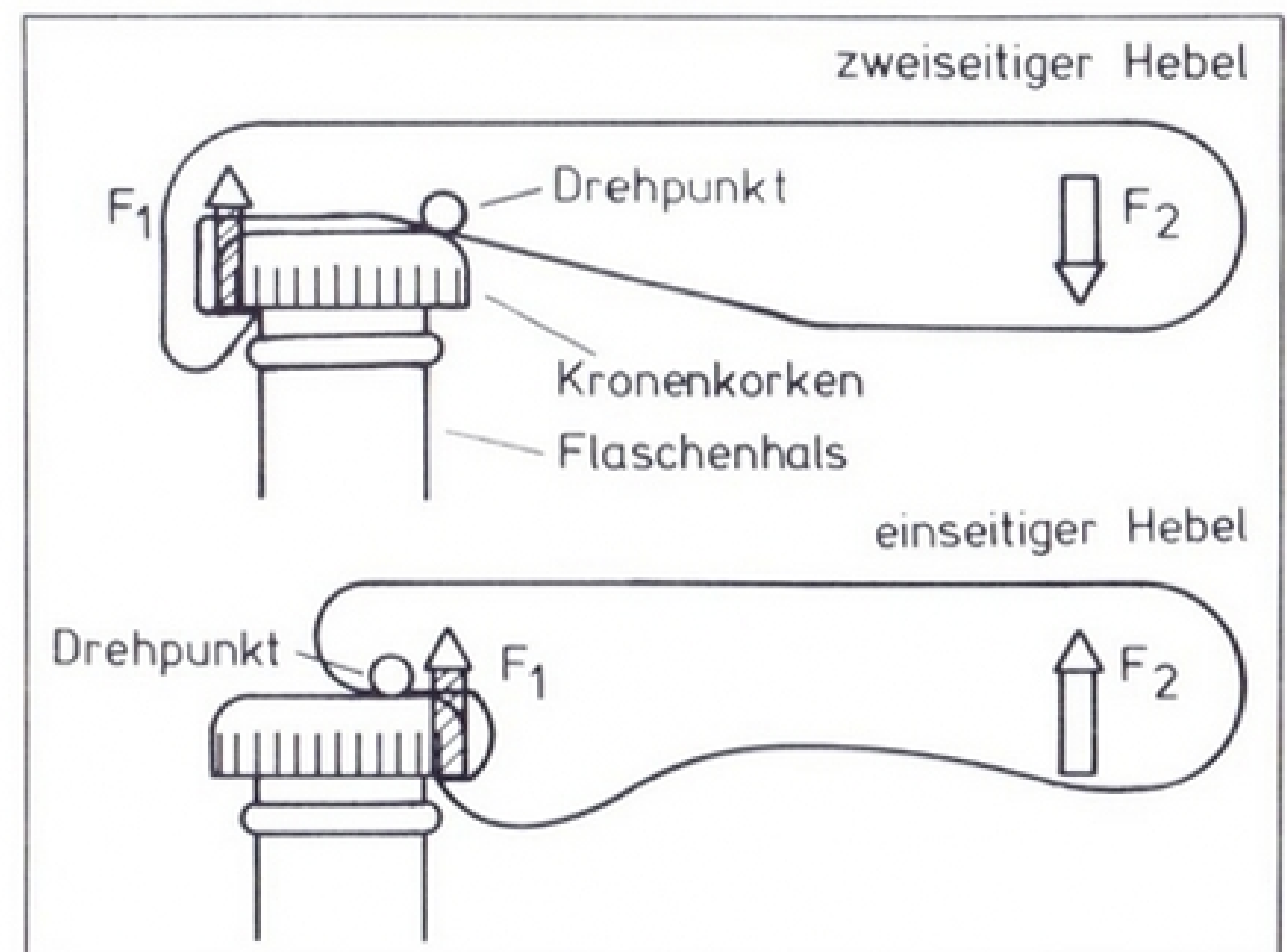


Abb. 4: Drehachsen der Flaschenöffner und Ansatzpunkte der Kräfte an den Kronenkorken

Bei der Aufgabe „Schiebestock“ spielten bei der Konstruktion stärker die individuelle Griff und die Körpergröße der „Konstruktoren“ eine Rolle. Während bei den entworfenen Flaschenöffnern jede Type von jedem Benutzer eingesetzt werden kann (Benutzer-neutral), ist beim Schiebestock eine gewisse ergonomische Adaption, eine individuelle Anpassung von Arbeitsvorgang, Werkzeug und Benutzer angebracht, sinnvoll und erwünscht. Dies ist auch bei den hergestellten Schiebestöcken (Abb. 2) deutlich zu sehen.

3. Spannungsoptik in der Modelltechnik

Als ein hilfreiches Mittel im Vollzug des Erprobens hat sich neben der Zeichnung der Bau von Prototypen und Modellen gezeigt. Hieran können wahlweise z. B. Montage bzw. Produktion oder auch Belastungsarten simuliert werden. Gerade dieser letzte Punkt ist im Hinblick auf technische Zuverlässigkeit auf Formgebung, Dimensionierung und Werkstoffauswahl von entscheidender Bedeutung.

Wie schon an anderen Stellen in der ingenieurwissenschaftlichen Fachliteratur² und auch in der fachdidaktischen Literatur⁴ dargelegt wurde, bietet sich für die experimentelle Behandlung der Auswirkung von Lasten bei Bauteilen, Werkzeugen u. ä. die Spannungsoptik an, die einen Überblick qualitativer Art über den Spannungszustand bei Belastung gibt. Unter *Spannungsoptik* versteht man die Erscheinung, daß manche transparente Körper unter dem Einfluß äußerer mechanischer oder thermischer Belastung doppelbrechend werden und dann bei

⁴ Tyrchan, G.: Spannungsoptik – Ein experimentelles Verfahren für den Technikunterricht, in: tu 6 (1977) S. 30–36.

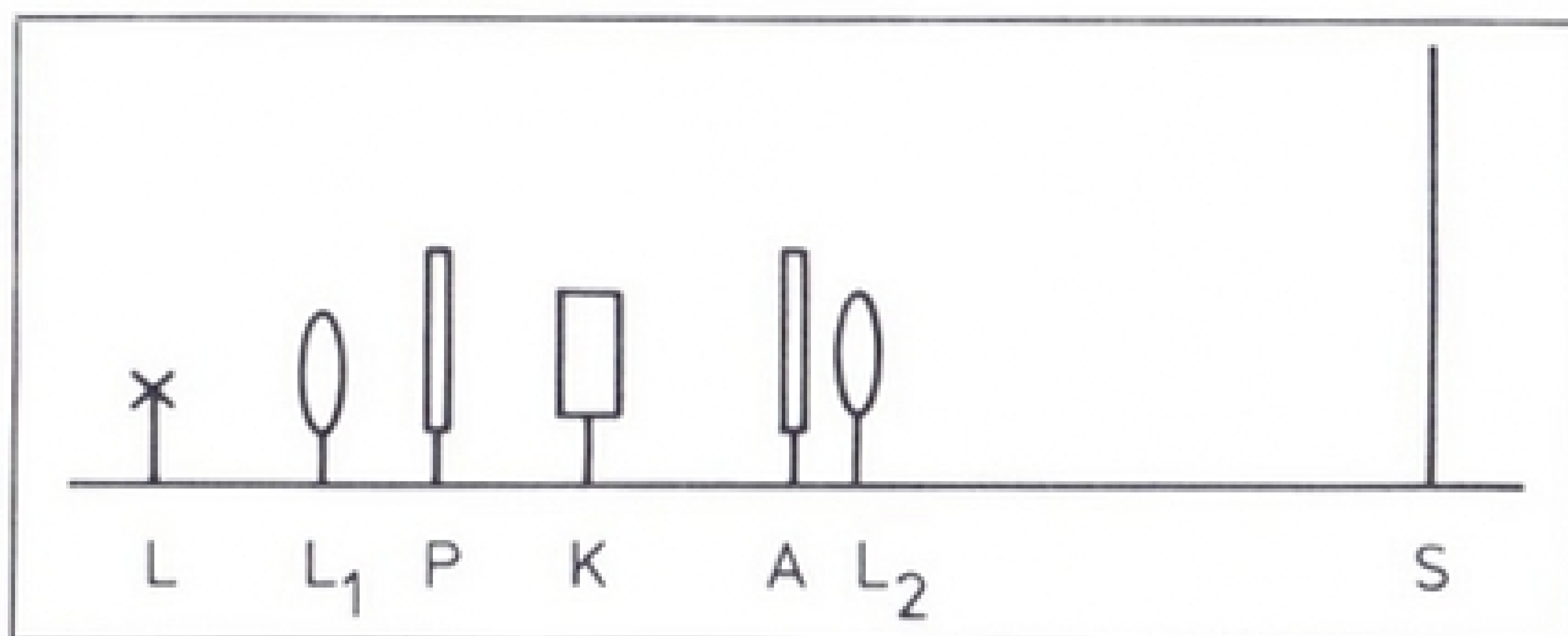


Abb. 5: Prinzipielle Versuchsanordnung zur Spannungsoptik

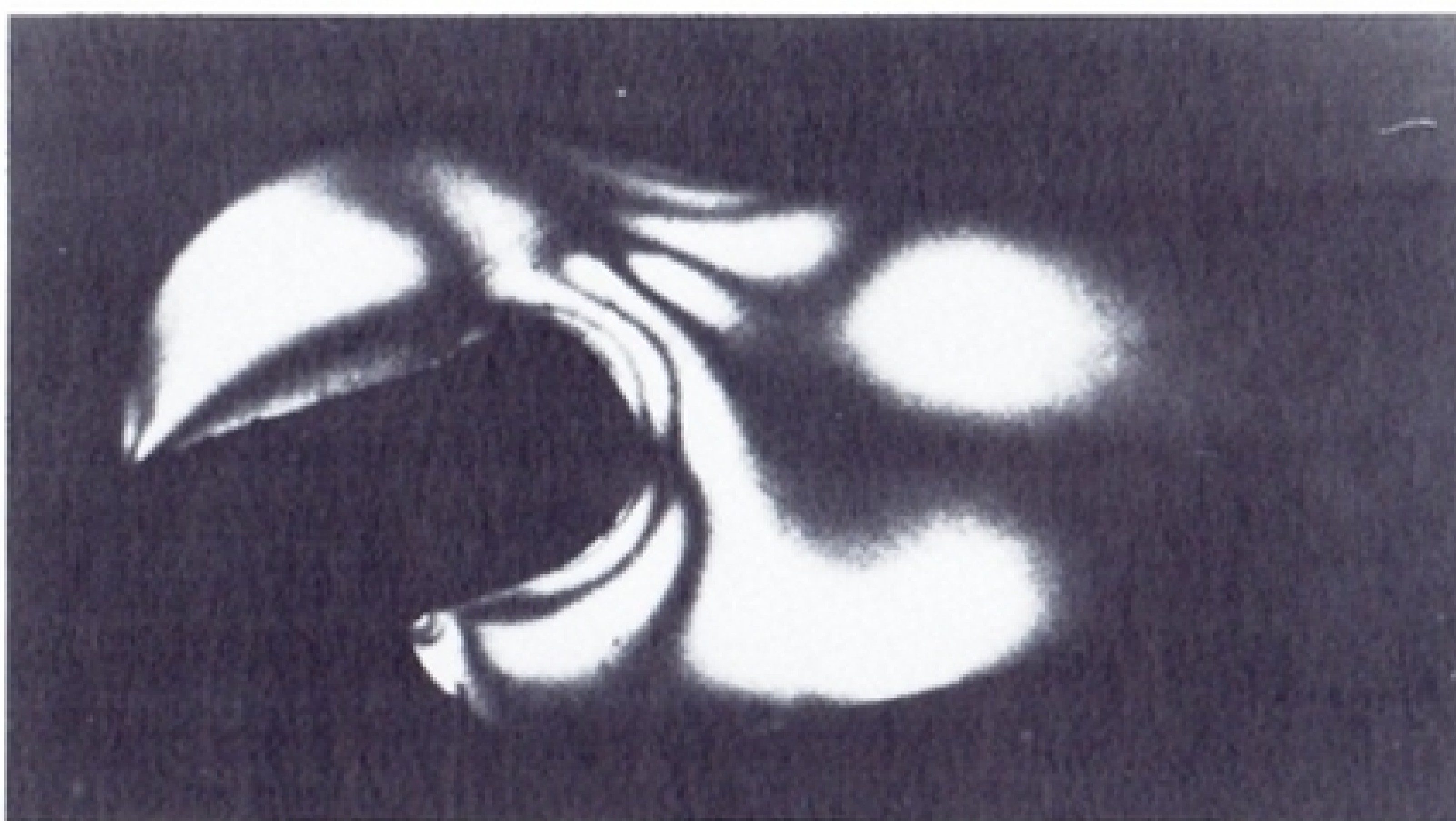


Abb. 6: Spannungsoptische Aufnahme (Flaschenöffner) mit monochromatischem Na-Licht; Versuchsaufbau auf sog. kleiner optischer Bank

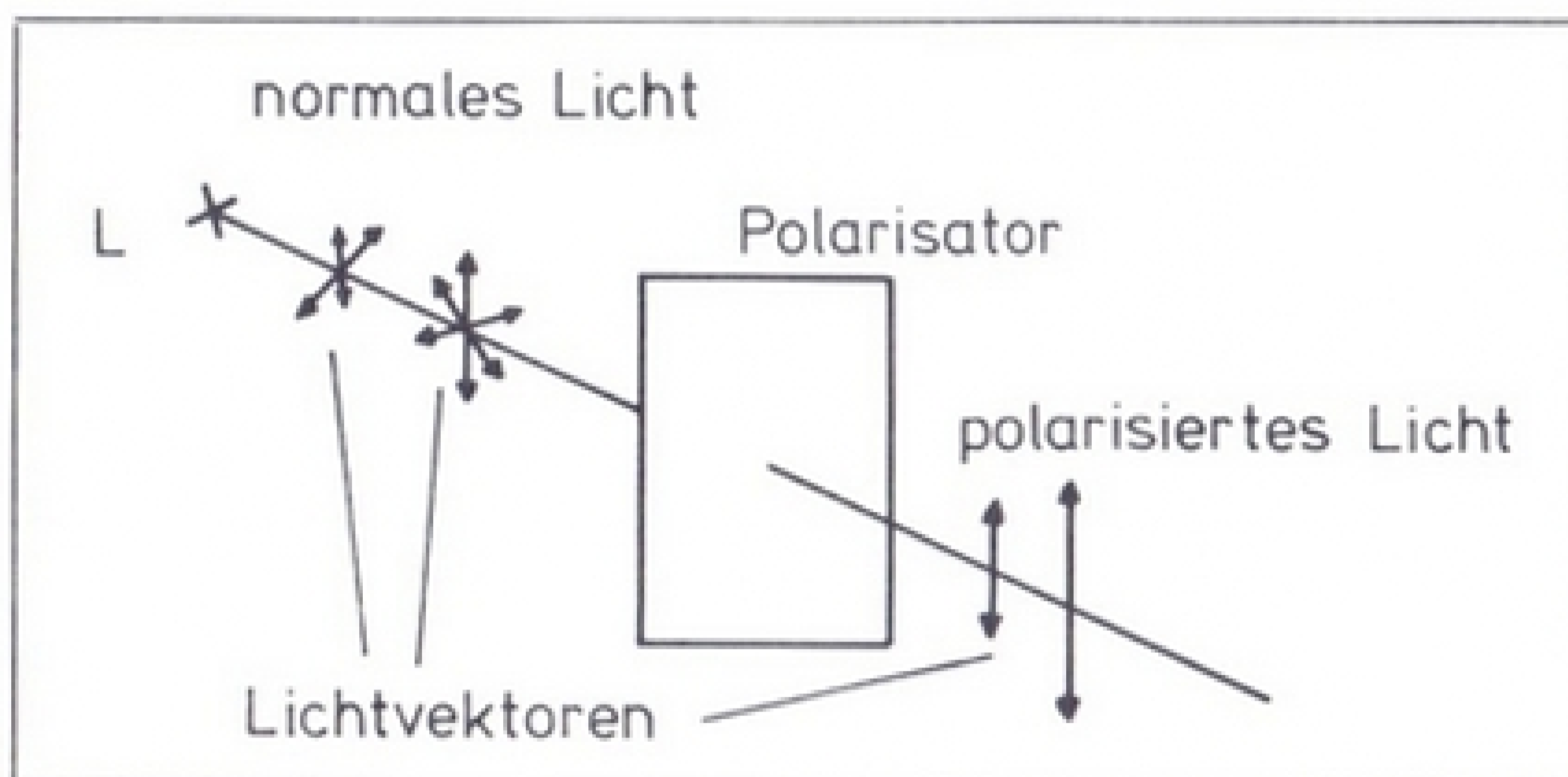


Abb. 7: Lichtvektoren bei normalem und bei polarisiertem Licht

Durchleuchtung mit polarisiertem Licht auf dem Bildschirm ein Muster von farbigen oder Hell-Dunkel-Streifen hinterlassen, das ein Abbild der Belastungsverteilung im durchstrahlten Körper ist.

Hierzu wird ein Versuchsaufbau vorgeschlagen, dessen Prinzip in Abb. 5 dargestellt ist. Dabei sind die Leuchte L und die Linsen L_1 , L_2 das optische Abbildungssystem. L_2 bildet den Modellkörper auf S ab. Polarisator P und Analysator A sind das spannungsoptische Zusatzsystem. Auf dem Bildschirm entstehen Bilder mit Streifenmuster (Abb. 6).

Ohne hier näher auf theoretische Grundlagen und Interpretationen eingehen zu wollen, sollen jedoch die verwendeten Begriffe kurz erläutert werden.

Ein Körper heißt *doppelbrechend*, wenn Licht sich in ihm nicht in allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit

ausbreitet. Das hat u. a. zur Folge, daß es keinen einheitlichen Brechungsindex für diesen Körper gibt (daher der Name), und daß es zwischen verschiedenen Lichtstrahlen zu Laufzeitverschiebungen bzw. zu Phasenverschiebungen oder Gangunterschieden kommen kann.

Während beim normalen Licht die Lichtvektoren in allen Richtungen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung schwingen können (Abb. 7), schwingen die Lichtvektoren beim *polarisierten Licht* aufgrund der „Aussonderung“ des Polarisators nur in einer Richtung. Der Analysator seinerseits läßt auch nur Licht durch, das in Vorzugsrichtung des Analysators schwingt. Wenn also die Vorzugsrichtungen von Polarisator und Analysator im Versuchsaufbau senkrecht zueinander stehen (gekreuzt), dann herrscht ohne Modellkörper auf dem Bildschirm Dunkelheit. Wird nun ein transparenter Modellkörper mit potentieller Doppelbrechung in den Strahlengang einer gekreuzten Polarisationsoptik gebracht und belastet, so kommt es durch die Belastung zur Ausbildung von unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten, d. h. zur Ausbildung von Gangunterschieden der einzelnen Strahlenkomponenten und zur Drehung der Schwingungsrichtungen der Lichtvektoren. Der Analysator kann also wieder – je nach Ausmaß der Drehung – partiell Licht durchlassen.

Diese Erklärung ist physikalisch verkürzt, dürfte aber für erste Arbeiten und Erfahrungen mit der Spannungsoptik im Technikunterricht ausreichen.⁵

Die bei Verwendung von weißem Licht zu beobachtenden farbigen Streifen rühren daher, daß die Drehung frequenzabhängig, also farbabhängig ist. Gibt es im Modellkörper lokale Konzentrationen von Belastungsänderungen, so werden sich diese in einer Anreicherung von Hell-Dunkel-Streifen bzw. von farbigen Streifen zeigen. Daher ergibt sich auch, daß das spannungsoptische Bild ein Abbild der inneren Belastungszustände sei.

Dieser Sachverhalt kann im Technikunterricht plausibel gemacht werden, indem ein einfaches Gebilde solchen Belastungen ausgesetzt wird, deren Auswirkungen entweder bereits bekannt sind, oder die leicht einsichtig gemacht werden können. Hierfür eignet sich z. B. der auf Biegung belastete eingespannte Balken: Das Auftreten von Druckbelastungen an der Unterseite und das Auftreten von Zugbelastungen an der Oberseite kann in bekannter Manier an Papp-, noch besser an Tonmodellen demonstriert werden. Ein vergleichbares Modell aus Polyesterharz zeigt ebenfalls ein übertragbares Streifenmuster, das zusätzlich eine Konzentration von Belastungslinien in der Umgebung der Einspan-

⁵ Für weitergehende Erklärungen sei verwiesen auf die technische Fachliteratur der Fußnote 2) sowie auf Darstellungen in Physik-Büchern wie *Bergmann-Schäfer: Experimental-Physik*, Bd. III, 3. Aufl. Berlin 1962 S. 390 ff.

nung zeigt. Einführend würde hier eine Demonstration im Frei-Hand-Versuch durchaus genügen. Um spannungsoptische Untersuchungen ohne größeren Aufwand wie z. B. gute Verdunkelung der Unterrichtsräume, optische Bänke mit Aufbauoptik auf Reitern und dergl. durchführen zu können, wurde vom Verfasser eine Vorrichtung für den Einsatz auf dem Overheadprojektor bei Tageslicht entwickelt⁴ (Abb. 8). Dabei wird das optische System mit dem großen Experimentier- und Gesichtsfeld des Overheadprojektor ausgenutzt. Neu hinzugekommen sind die Polarisationsfolie auf der Fresnel-Linse sowie der Analysatorvorsatz am Umlenkensystem.

In Fortführung früherer Arbeiten⁴ wurden mit einer leicht abgeänderten Vorrichtung (sie erlaubt die zeitliche Fixierung der Belastung) spannungsoptische Untersuchungen an doppelbrechenden Erprobungsmodellen „Flaschenöffner“ durchgeführt. Wie Abb. 9 zeigt, ist das Ausmaß an Liniendichte und Linienschärfe in Anbetracht des unkomplizierten Aufbaus und Einsatzes durchaus als befriedigend und informativ zu bezeichnen.

4. Auswertung

Spannungsoptische Untersuchungen mit selbsthergestellten Polyesterharzflachmodellen geben eindrucksvoll Auskunft über Sinnfälligkeit und Zweckmäßigkeit von Konstruktionen, über den Zusammenhang von Formgebung und Funktion, über Lage und Verteilung von Belastungszuständen in Konstruktionsteilen. Sie sind insofern (qualitative) Meßverfahren an komplizierteren Bauteilen, die Werkstückdiagnose hinsichtlich lokaler Spannungsverteilung zulassen. Zugleich – da verwendungsbezogen – sind sie Prüfverfahren auf zweckmäßige Formgebung am Modell.

Den Linien- und Streifenmustern kann entnommen werden, warum bei Werkzeugen und Vorrichtungen Wirkteil, Griff, Auskröpfungen, Verstärkungen in bestimmter Weise gestaltet sein müssen. Spannungsoptische Untersuchungen ebnen nicht nur den Weg zum systematischen Arbeiten, zum zielgerechten, funktional-determinierten Konstruieren, sondern darüber hinaus zum begründbaren Abwägen von technischen Alternativen und Varianten und können somit wegberaubend für ein allgemeines Problemlösungsverhalten sein. Sie sind – „rückwärts“ interpretiert – zugleich Erklärung für in der Realität vorkommende Lösungen, deren Zweckmäßigkeit damit (ex post) beweisbar wird.

Für die praktische Hilfe sei dem Techniker des Lehrstuhls, Herrn Heyer, sowie der studentischen Hilfskraft, Herrn Steffens, gedankt.

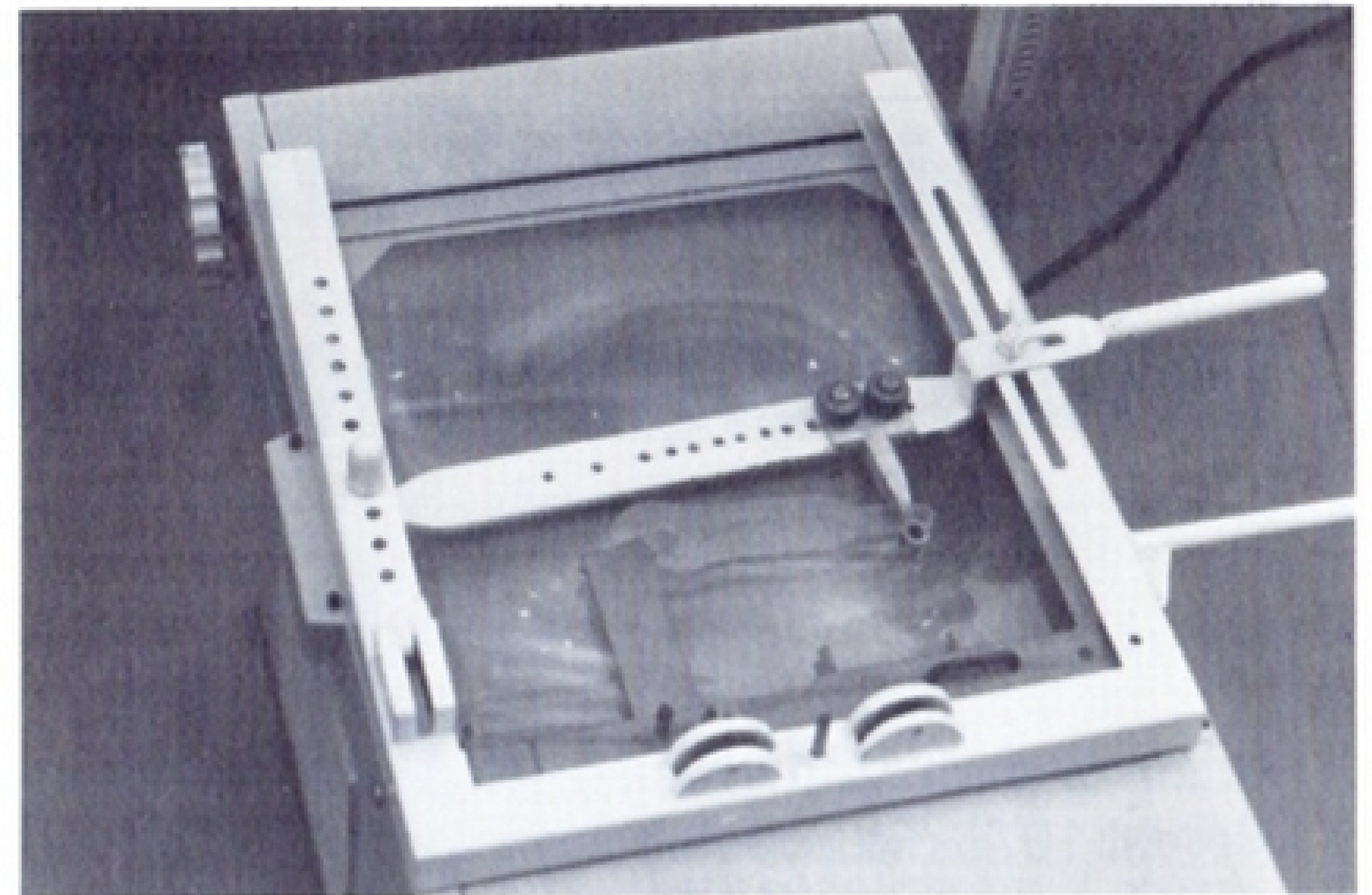


Abb. 8a: Vorrichtung auf dem Overhead-Projektor

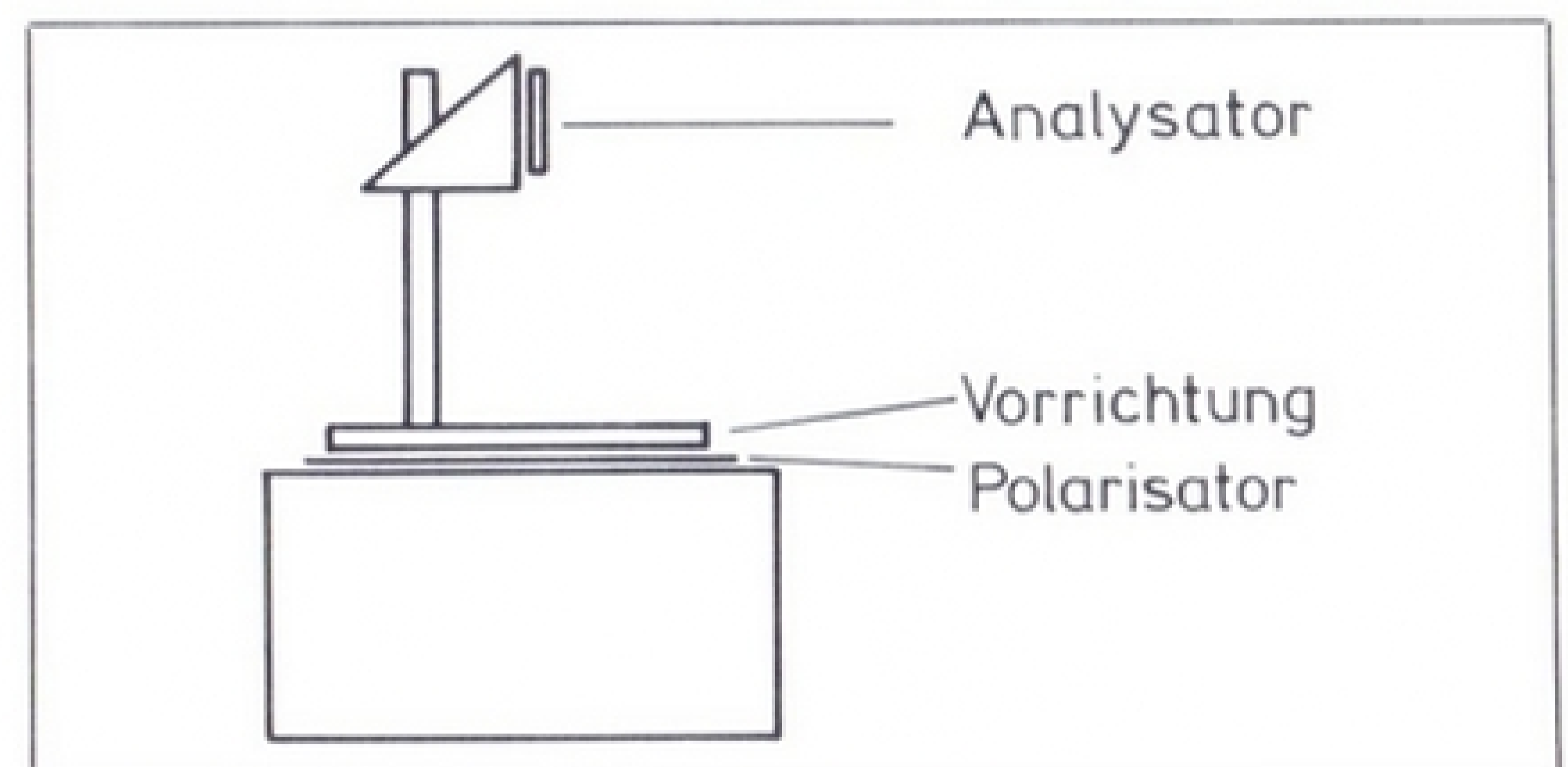


Abb. 8b: Prinzipskizze der Versuchsanordnung

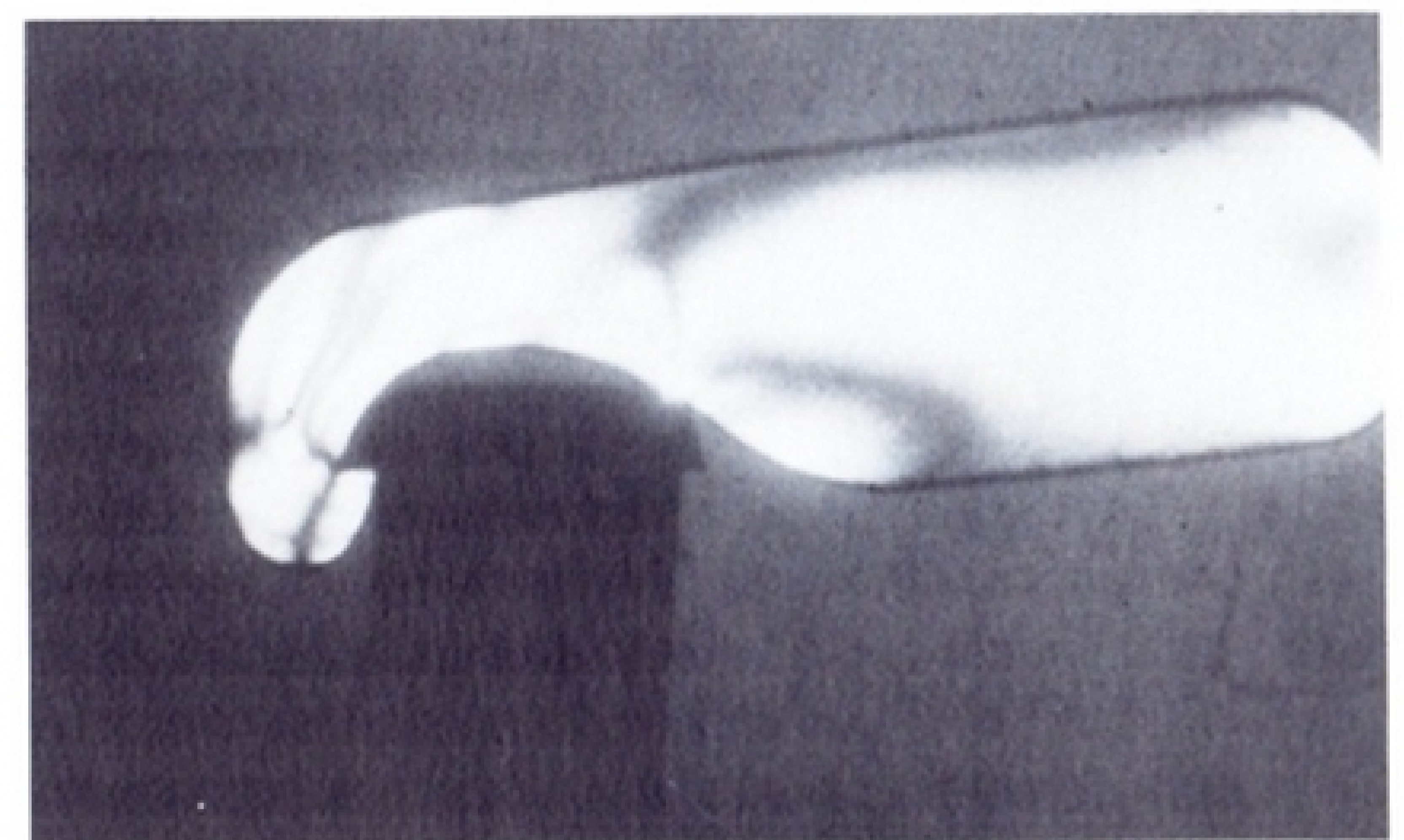


Abb. 9a: Spannungsoptische Aufnahme einer Flaschenöffnerkonstruktion

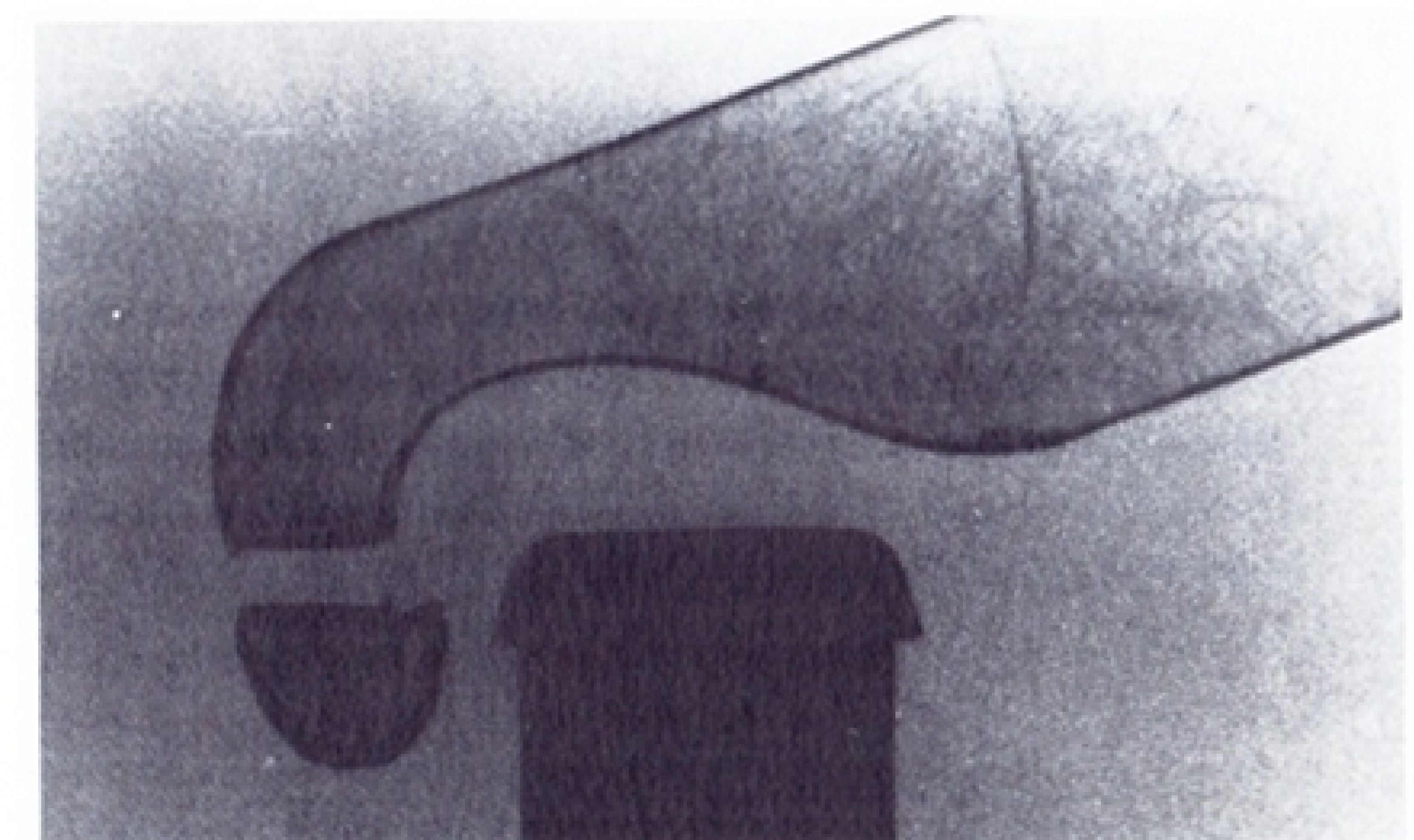


Abb. 9b: Ergebnis eines Bruchversuchs

Dokumentation zum Technik-Unterricht und Technischen Werken

Fortsetzung der im Heft S 3-79
begonnenen Veröffentlichung

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.

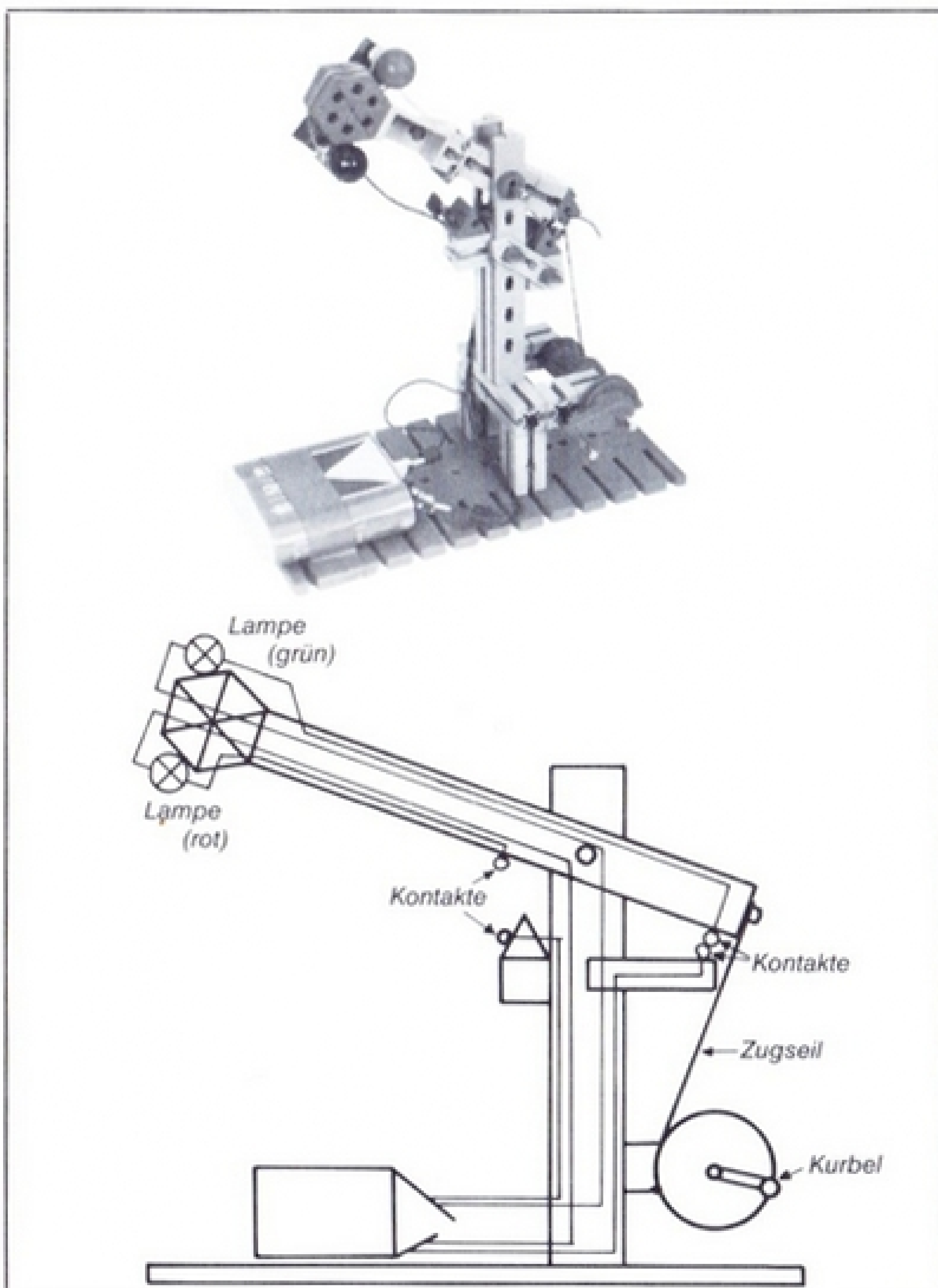
Die vielen Fotos beweisen auch den Einfallsreichtum und die vielfältigen Möglichkeiten, die es gibt, technische Probleme zu lösen. So wurden oft zu einer einzigen Aufgabe viele verschiedene Modelle vorgestellt; in einem Fall wurden zu einer Aufgabe vierzehn verschiedene Konstruktionen fotografiert.

Im Heft S 3-79 und hier werden die ausgewählten Arbeiten veröffentlicht. Aus Platzgründen ist es leider nicht möglich, jeweils alle Modelle zu einer Aufgabe vorzustellen. Es konnten jeweils nur wenige 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



Ulrich Grothe/Klaus Bäumer Mechanisches Signal

Arbeit aus dem 4. Schuljahr

Hinweise zum Modell: Aufgabe war die Erstellung eines mechanisch betätigten Signals aus Werkmaterial.

Während der Bauphase kam der Einwand einer Schülergruppe, daß man das Signal nachts nicht sehen könne. Es müsse Signallampen haben. Der Schüler erklärte sich bereit, eine Lösung zu versuchen. Mit dem Lernbaukasten u-t 1 und seinem eigenen Material baute er das Modell und elektrifizierte dieses Signal so, daß es in der Stellung „Halt“ „rot“ und in der Stellung „Freie Fahrt“ „grün“ mittels Glühlampen anzeigte.

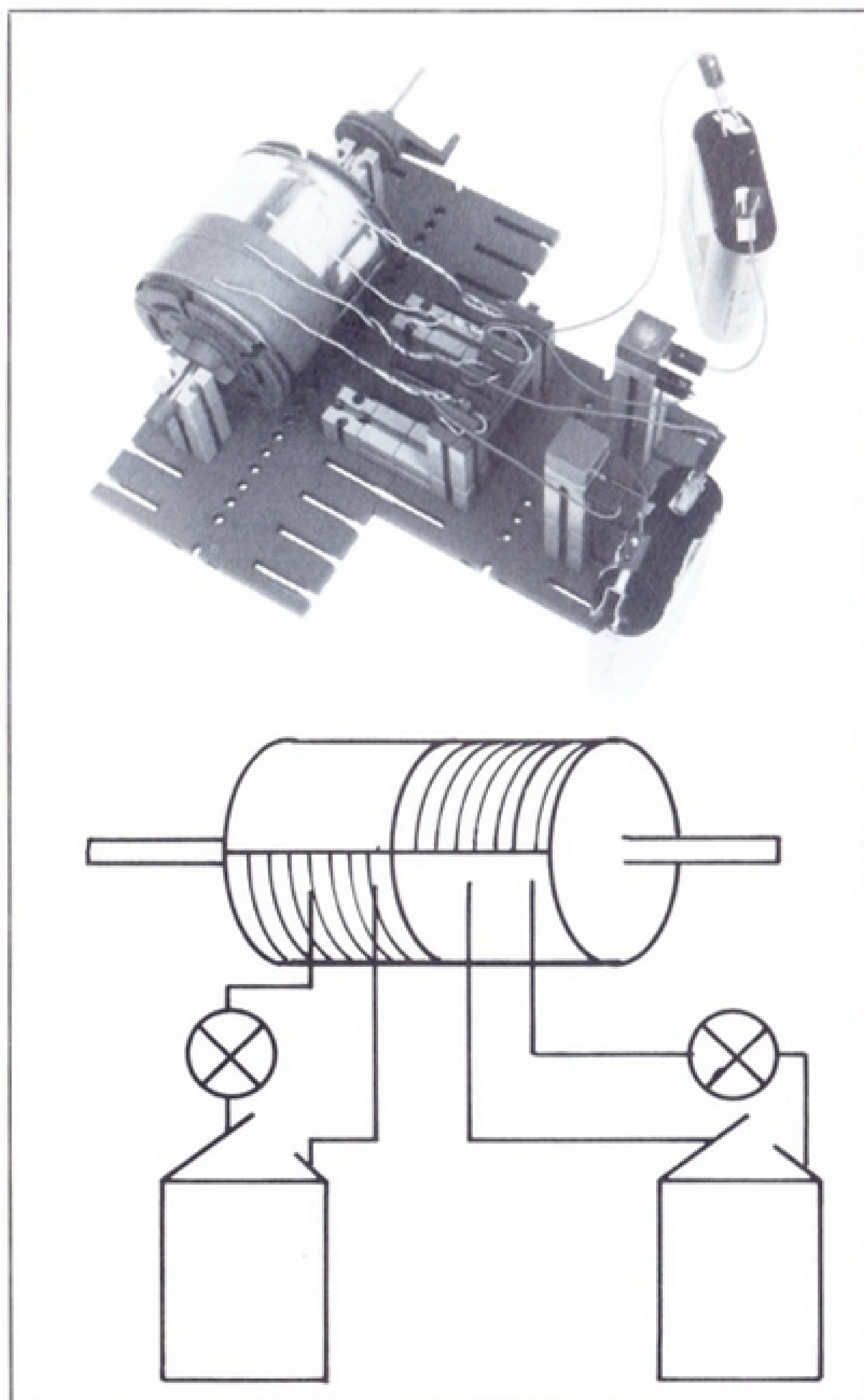
Die Skizze verdeutlicht insbesondere die Lage der jeweiligen Kontakte.

Schule: Bruder-Klaus-Schule
Brochterbeck, 4542 Tecklenburg 2

Horst Hoppe/Jan Albrecht und
Andreas Kluschke

Zwei-Phasen-Ampel

Arbeit aus dem 4. Schuljahr



Hinweise zum Modell: Aufgabe war, eine Schaltung zu entwickeln, die die Signale „rot“ und „grün“ nacheinander schaltet.

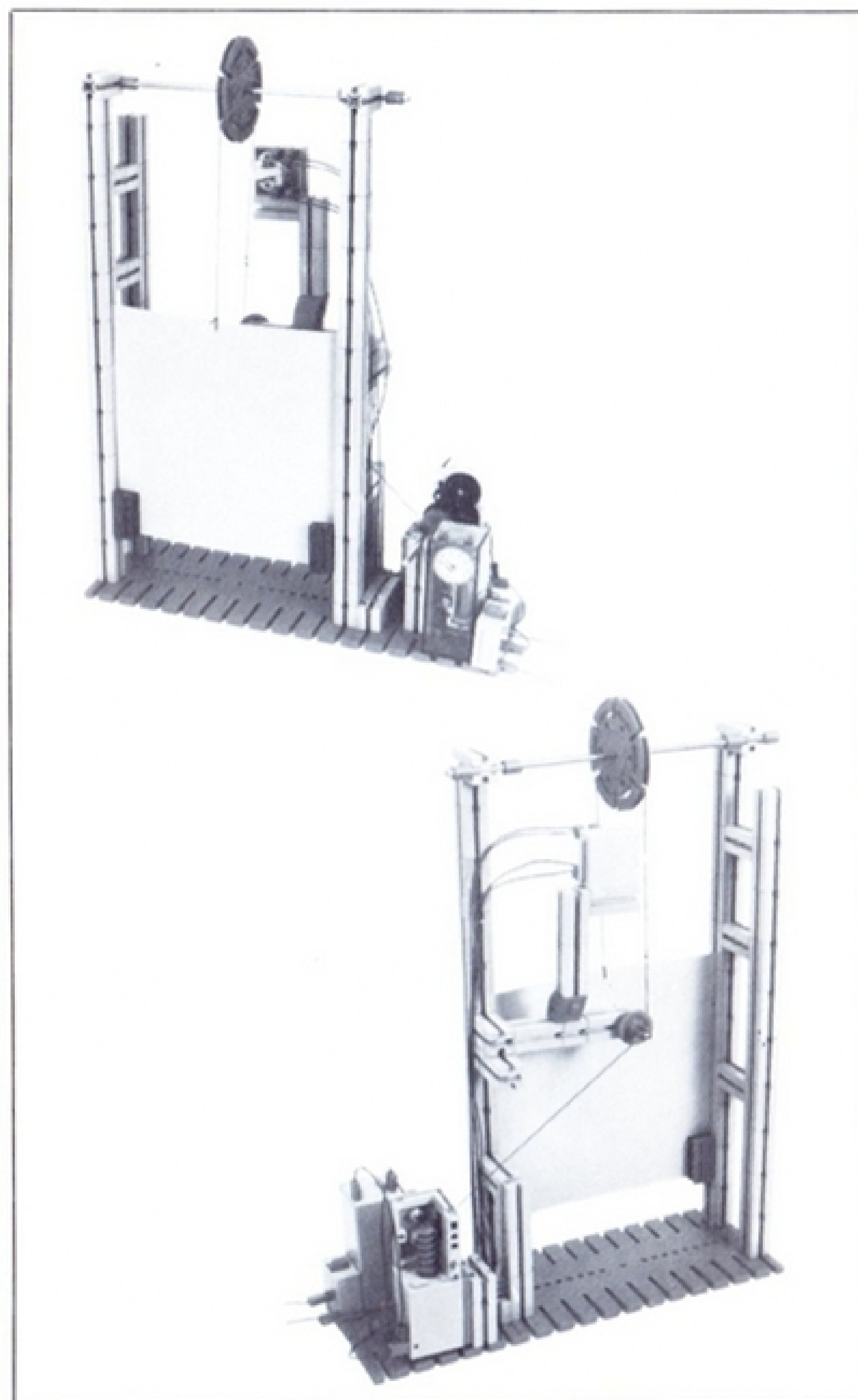
Als Schalter diente eine Kondensmilchdose aus leitendem Material. Sie wird den Leuchtphasen entsprechend mit Klebeband abgedeckt. Als Fühler dienen Drähte. An die Batterien angeschlossen sind je ein rotes und grünes Lämpchen.

Schule: Grundschule Hardeggen,
3414 Hardeggen

Hartwig Giebel/Olaf Bachmann

Durch einen Motor angetriebenes Garagenhubtor

Arbeit aus dem 9. Schuljahr



Hinweise zum Modell: Die Aufgabe lautete: Es ist ein durch einen Motor angetriebenes Garagenhubtor mit einfacher Polwendeschaltung, jedoch ohne Endabschaltung zu bauen.

Der Schüler verwendet nur *ein* Seil, das gleichzeitig als Tragseil für das Tor und als Schaltseil für die Polwendeschaltung diente. Das Modell zeichnete sich durch gutes Funktionieren aus. In einem Ausstellungskasten, in dem das Modell durch einen außen angebrachten Klingelknopf und eine Zeitschaltung in Tätigkeit gesetzt werden konnte, wurden innerhalb einer Woche 3600 Schaltungen einwandfrei ausgeführt.

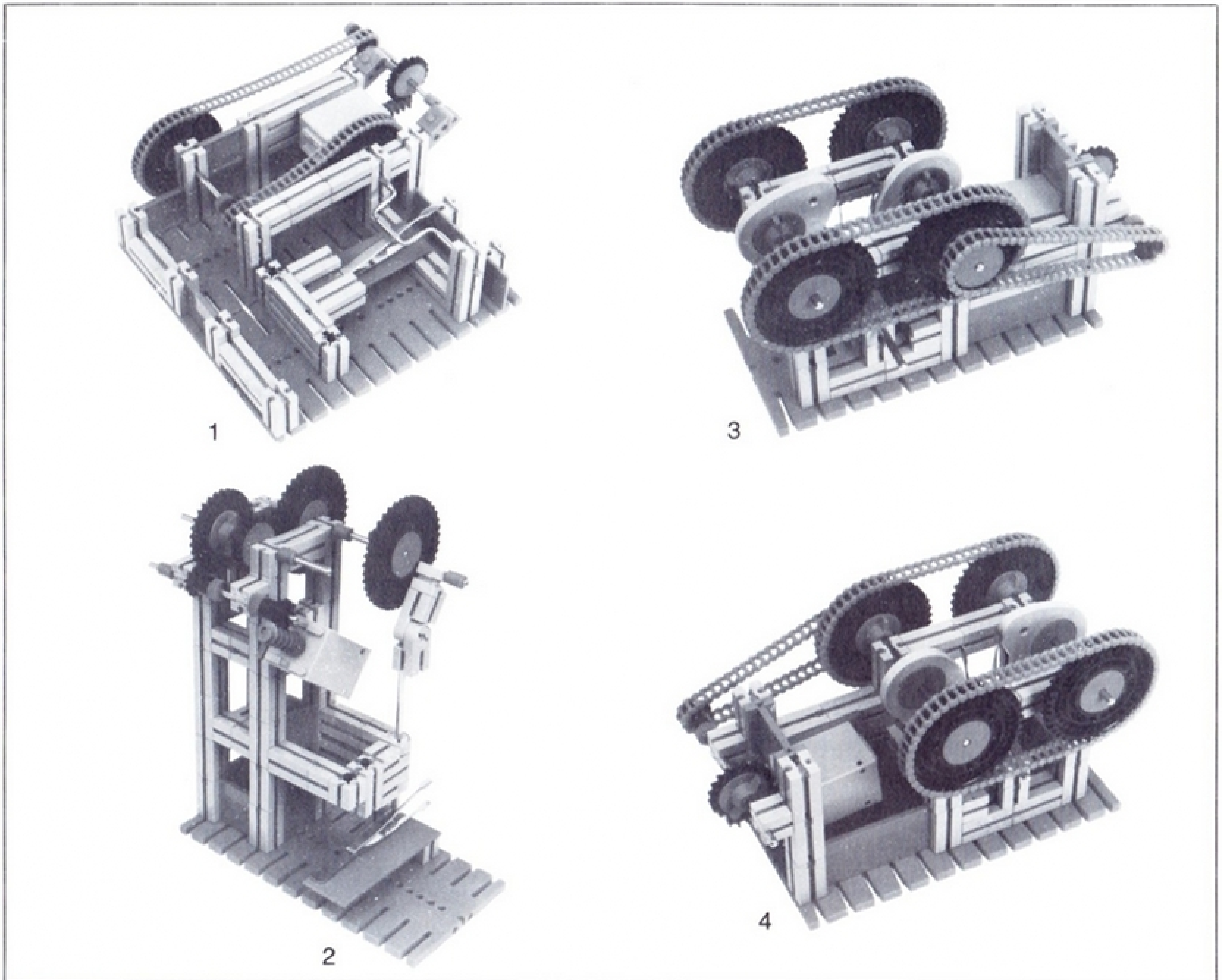
Die zweite Abbildung zeigt die Rückseite des Modells.

Schule: Hauptschule Friedland,
Ortsteil Groß Schneen

Willi Merker/Jürgen Schäfer, Dieter Rothermel,
Rudolf Schmenger, Bernd Hauck, Peter Wirtz

Testgerät für einfache Greifwerkzeuge

Arbeiten aus dem 8. und 9. Schuljahr



Hinweise zu den Modellen: Im Werkunterricht wurde im Rahmen einer Serienproduktion eine „Säurezange“ in größerer Stückzahl angefertigt. Es handelte sich dabei um ein „Greifwerkzeug“ aus Rotbuchenholz.

In den Fotos sind statt dieser „Säurezange“ Pinzetten eingesetzt, da die originale Vorrichtung nicht zur Verfügung stand.

Diese Zangen sollten mit den Testgeräten geprüft werden. Es mußte herausgefunden werden, wie lange die Klebestellen bzw. das Material selbst in simulierten Dauertests halten, da die Zangen auch „zum Verkauf angeboten werden“ sollten.

Die Zange sollte im Bereich zwischen 80 und 100 mm von vorn auf Druck getestet werden.

Abb. 1: Hier wird die „Zange“ durch die Kurbelwelle bei jeder Umdrehung zusammengedrückt.

Abb. 2: Am äußeren Zahnrad 40 Z ist exzentrisch ein Gelenk mit einer Druckstange angesetzt. Diese Stange wird durch zwei Gelenksteine geführt. Sobald der Motor läuft, bewegt sich diese Stange auf und ab und testet die „Zange“ auf Druck.

Abb. 3: Die beiden Kurvenscheiben drücken bei jeder Umdrehung die „Zange“ zusammen.

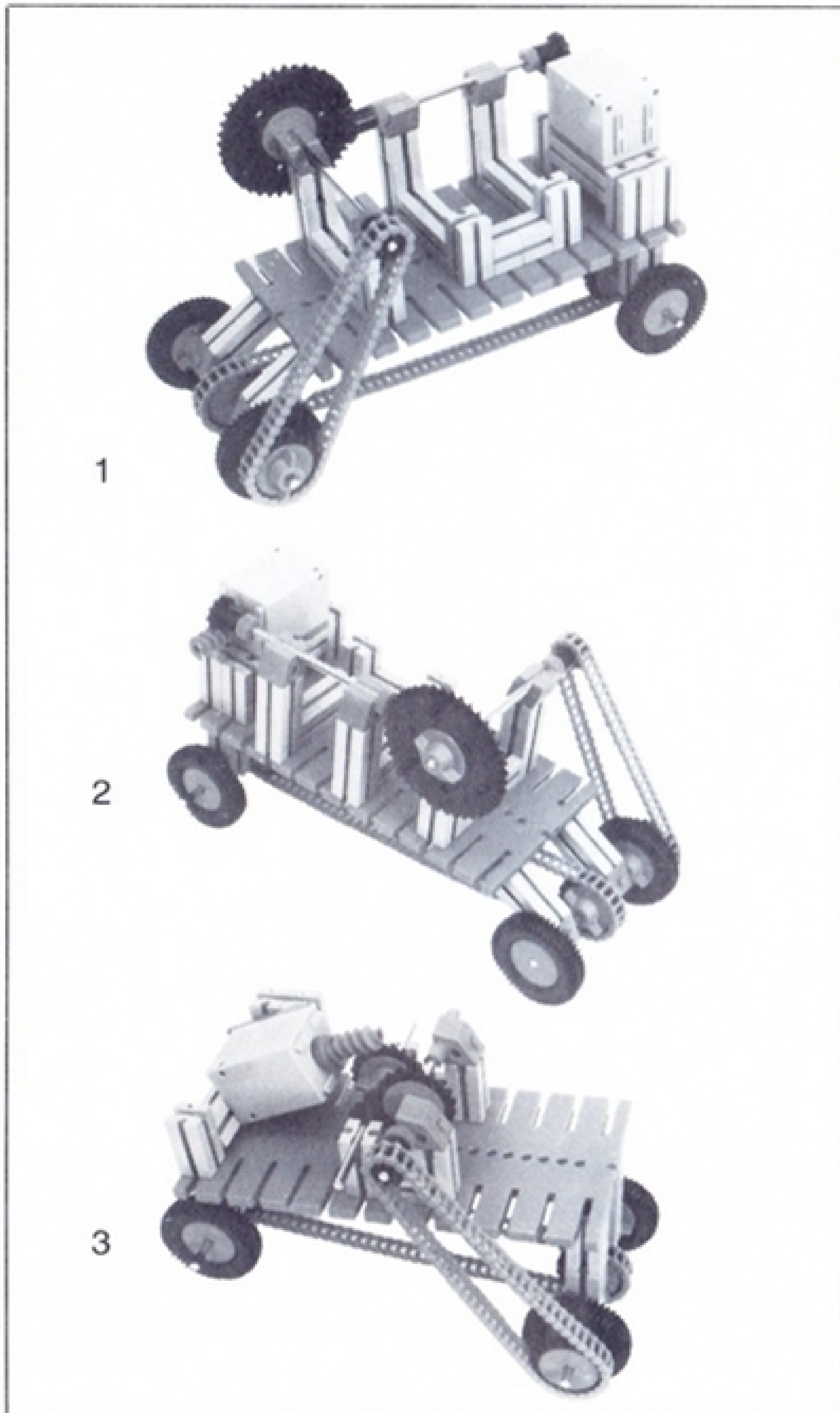
Abb. 4: Modell aus Abb. 3 aus anderer Sicht.

Schule: Johannes-Gutenberg-Schule,
6084 Gernsheim

Willi Merker/Jochen Liederbach und
Holger Herbert

Fahrzeuge für extreme Steigungen

Arbeiten aus dem 8. Schuljahr



Hinweise zu den Modellen: Die Aufgabe lautete: Baue ein Fahrzeug, das bei einem Minimum an Materialaufwand ein Maximum an Steigfähigkeit bringt. Das Fahrzeug muß mindestens vier Räder haben und darf höchstens auf sechs Rädern fahren. Zur Übertragung der Bewegung dürfen zwei oder drei Wellen verwendet werden.

Als Teststrecke diente ein mit 80er Schmirgelpapier belegtes Brett.

Das Fahrzeug aus Abb. 1 schaffte eine Steigung von 40%, das Fahrzeug aus Abb. 2 und 3 konnte noch eine Steigung von 52% hinauffahren.

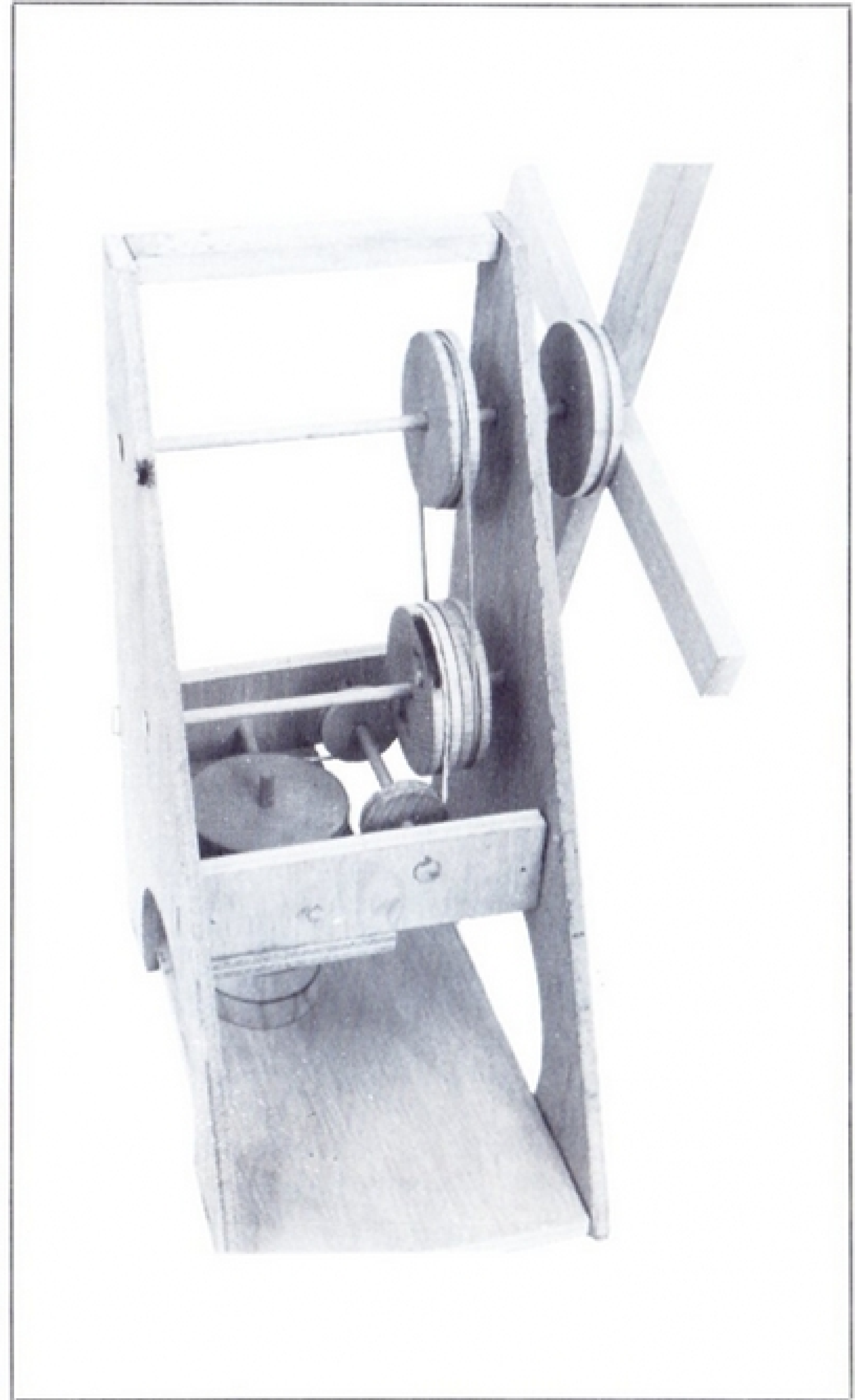
Schule: Johannes-Gutenberg-Schule,
6084 Gernsheim

Uwe Müller/Stefan Weber

Getriebe mit rechtwinklig zueinander stehenden Wellen

Mahlwerk mit Antrieb durch Wasser oder Wind

Arbeit aus dem 6. Schuljahr



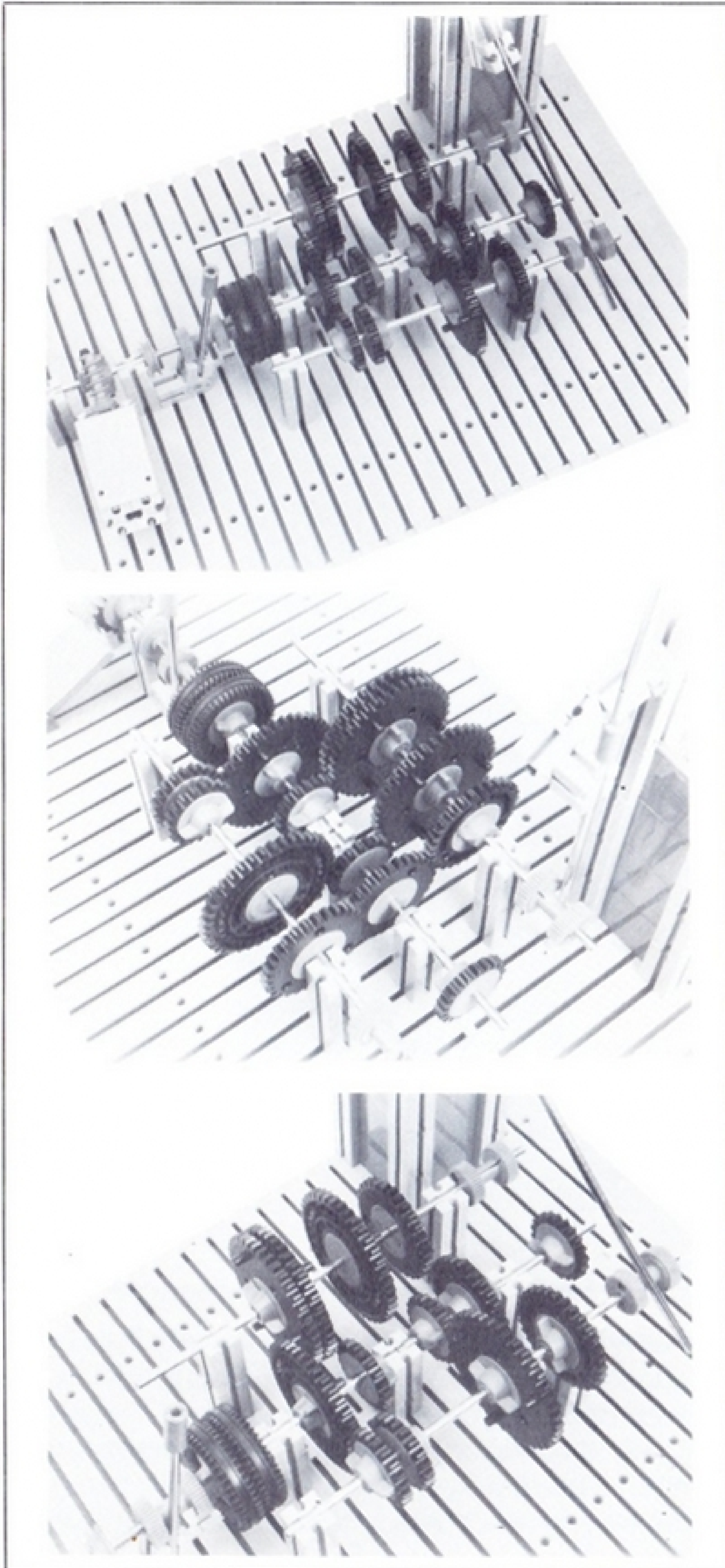
Hinweise zum Modell: Funktionsmodell eines Zugmittelgetriebes mit Umlenkrollen. Das Modell wurde aus Holzfertigrädern, Sperrholz und Rundhölzern (für die Wellen) gefertigt. Das Übersetzungsverhältnis beträgt 1 : 1. Als „Mahlwerk“ dienen zwei Holzscheiben: die obere wird gedreht, die untere ist fest.

Bei der Konstruktionsaufgabe wurde auf Zugmittelgetriebe eingegrenzt, da keine Zahnräder zur Verfügung standen und eigene Fertigung zu aufwendig ist.

Schule: Hammerwegschule,
8480 Weiden i.d.Opf.

Robert Hoffner/Eberhard Schnebel, Klaus Haas
Schaltbares Getriebe

Arbeit aus dem 9. Schuljahr

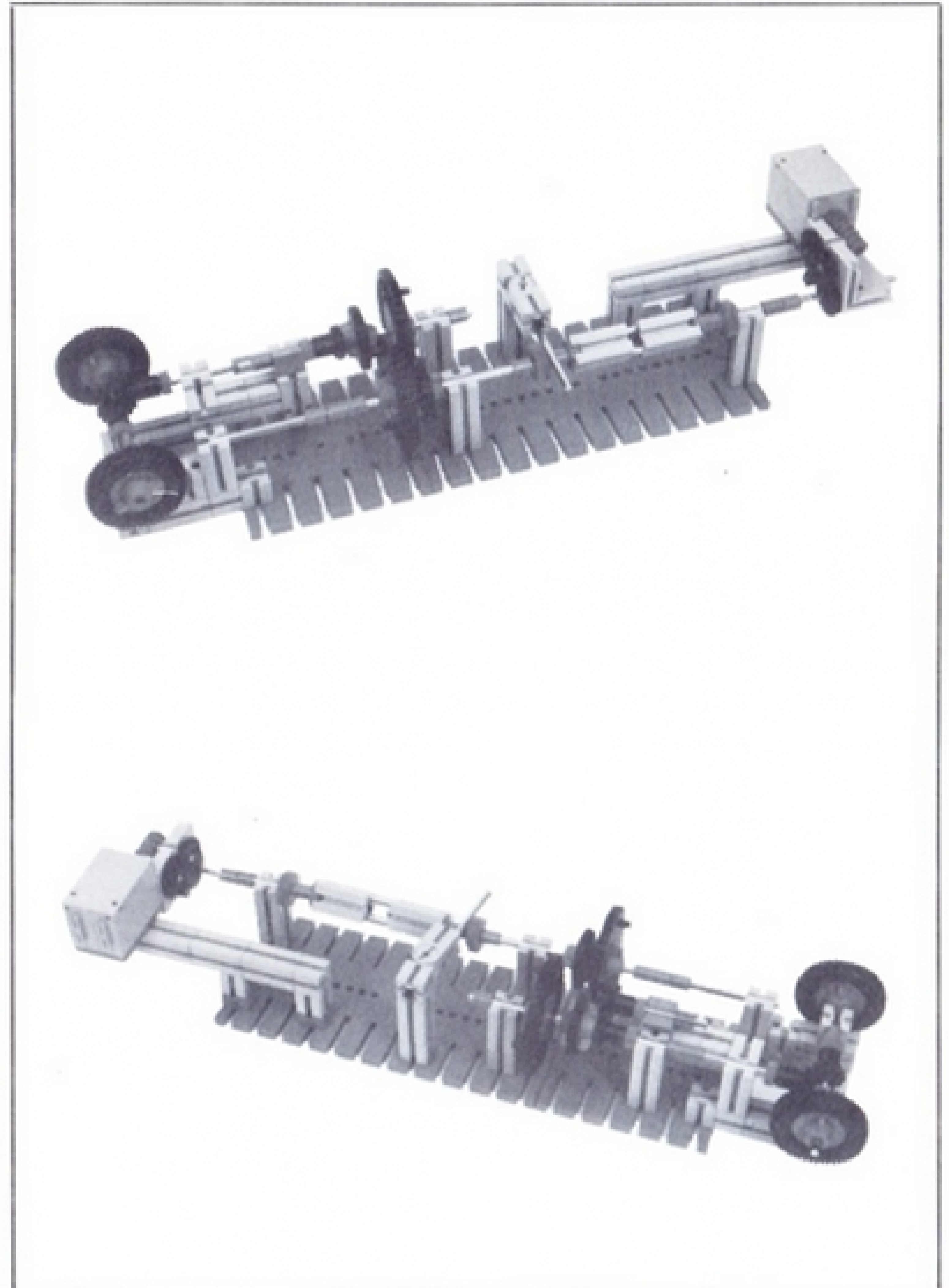


Hinweise zum Modell: Es entstand ein Vierganggetriebe mit H-Schaltung. Zwischen Motor und Getriebe ist zusätzlich eine Kupplung (bestehend aus zwei Reifen) eingebaut.

Schule: Erwin-Baur-Realschule Ichenheim,
7607 Neuried

Konrad Mauderer/Karlheinz Böckl
Wechselgetriebe

Arbeit aus dem 8. Schuljahr



Hinweise zum Modell: Die Abbildungen zeigen das Funktionsmodell eines Dreigang-Wechselgetriebes mit zwei Vorwärtsgängen, einem Rückwärtsgang und dem Leerlauf.

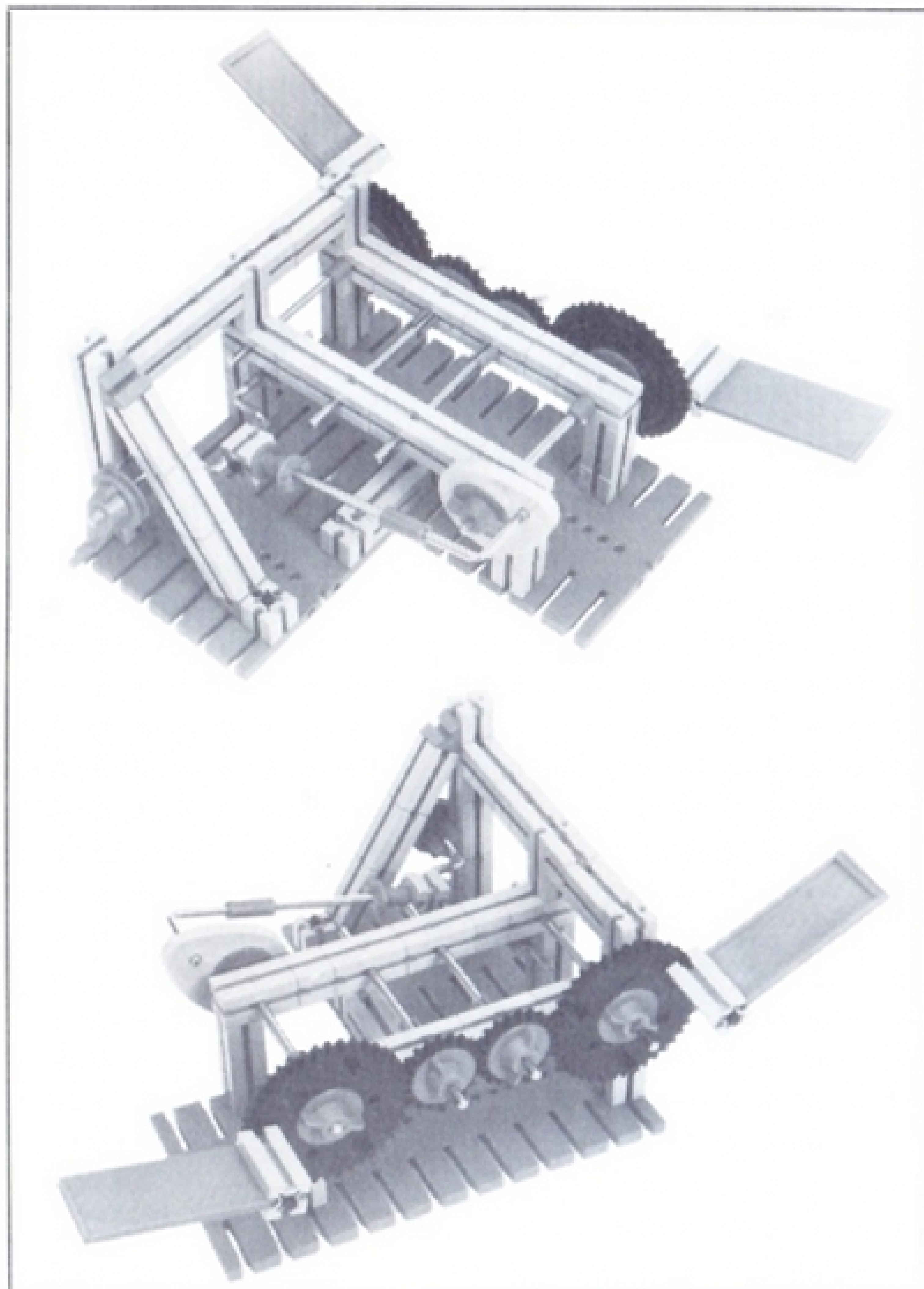
Die Hinterachse mit den beiden angetriebenen Rädern steht quer zur Antriebswelle (Antrieb über Kegelhäznräder). Da beim Bewegen der Zahnräder beim Schalten der Motor und die Räder nicht verschoben werden dürfen, baute der Schüler ein Ausgleichsstück: Zwei Bausteine 30 wurden durch zwei Achsen 60 und über zwei Seiltrommeln wieder mit den Wellen verbunden. In eine Seiltrommel greift auch der Schalthebel, der in einem Gelenkstein gelagert ist.

Schule: Hauptschule,
8472 Schwarzenfeld

Claus Gröger/Helmut Lange

Kurbelschwinge

Arbeit aus der Fachhochschule, Fachrichtung Pädagogik



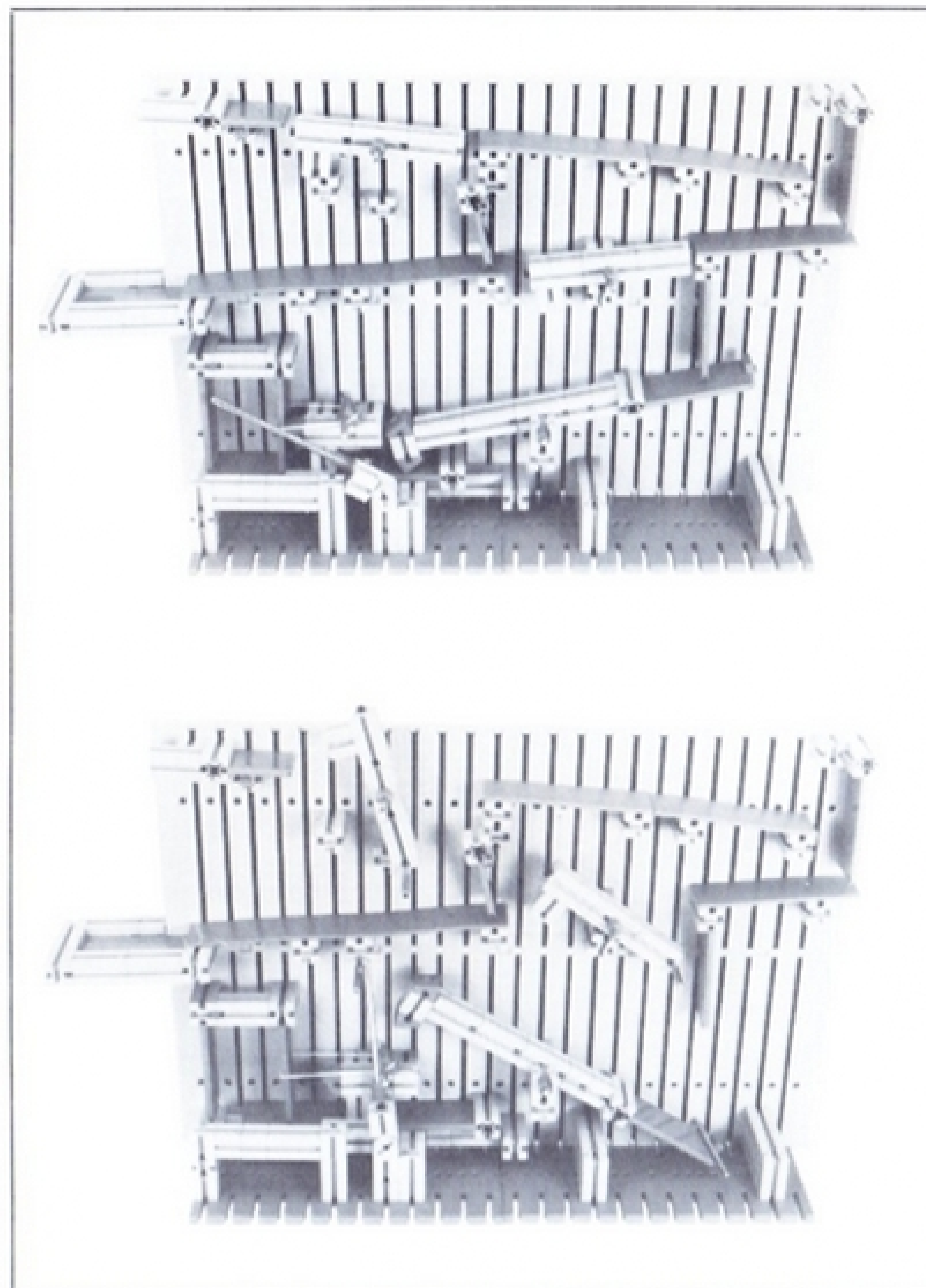
Hinweise zum Modell: Die Abbildungen zeigen eine Kurbelschwinge, dargestellt am Beispiel eines gegenläufigen Scheibenwischers. Es sollte gezeigt werden, daß Kurbelgetriebe Maschinenelemente zum Umformen oder Übertragen von Bewegungen und Energien sind.

Schule: Fachhochschule des Landes Rheinland-Pfalz, Abteilung Koblenz, Fachrichtung Pädagogik in Rengsdorf (wurde zum 1. 9. 78 aufgelöst)

H.-Jürgen Weinert/Roland Herbst – Heinz-Jörg Hückling und Christian Schröder – Ingo Frigge

Warenautomat

Arbeit aus dem 8. Schuljahr



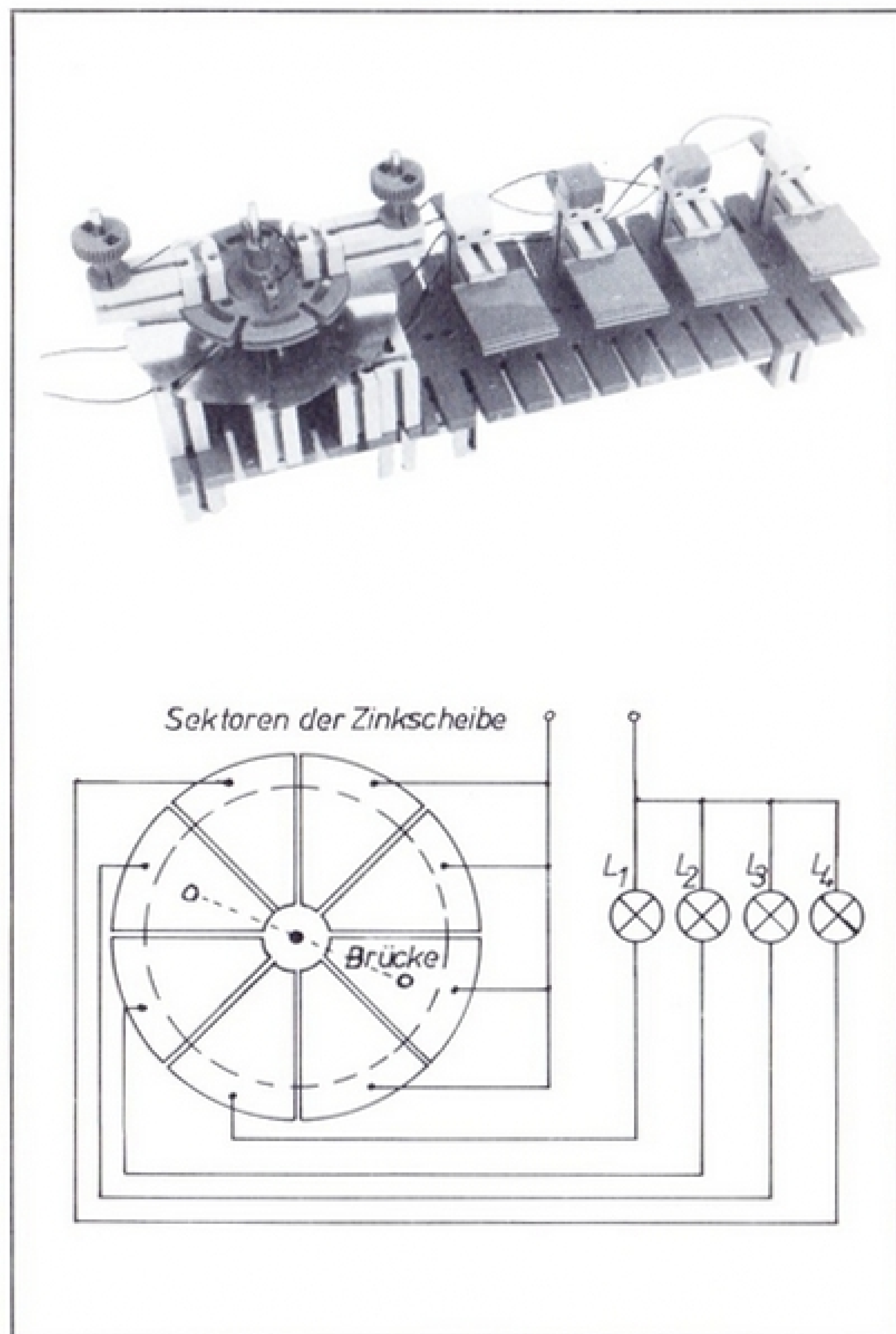
Hinweise zum Modell: An Stelle von Münzen werden Glas-, Holz- und/oder Metallkugeln verwendet. Die beiden Wippen (Waagen) werden auf die richtige – „echte“ – Kugel justiert. Zu schwere Kugeln werden von der ersten, „echte“ Kugeln werden von der zweiten Wippe aussortiert, sie fallen nach unten auf die Sperrklinke. Zu leichte Kugeln rollen über beide Wippen zur Münzrückgabe (linke Seite, Mitte des Bildes). Die herunterfallende „echte“ Kugel hebt die Sperre an, die das Warenfach (links unten) verriegelt. Über den Hebel kann jetzt die Klappe, die das Warenfach unten verschließt, zurückgeschoben werden, die Ware fällt herunter. Ein Gummiband zieht den Boden des Warenfachs wieder zurück und verschließt den Automaten wieder. Unten sind die beiden Wippen mit Achsen beschwert, damit sie zum Fotografieren in der schrägen Stellung bleiben. Das Warenfach (links unten) ist offen.

Schule: Hauptschule I, 5870 Hemer

Hans Josef Berghoff/Frank Lamberty und
Uwe Krabbenhöft

Glücksspielautomat „Pik-As“

Arbeit aus dem 7. Schuljahr



Hinweise zum Modell: Das Foto zeigt das Funktionsmodell des Glücksspiels „Pik-As“. Im Modell wurden die vier Kartensymbole Kreuz, Pik, Herz und Karo durch vier Lämpchen mit unterschiedlicher Farbe ersetzt (rechte Hälfte des Bildes, auf den Flachsteinen davor wird der Einsatz deponiert).

Aufbau des Modells: Acht Sektoren einer Zinkscheibe sind mit doppelseitigem Klebeband auf eine Drehscheibe aufgeklebt. Darunter sitzen acht Federkontakte. Über die Zinkscheibe schleift das Glücksrad, das mit zwei gegenüberliegenden Kontakten versehen ist. Über diese Brücke wird der Stromkreis zu der einen oder andern Lampe geschlossen.

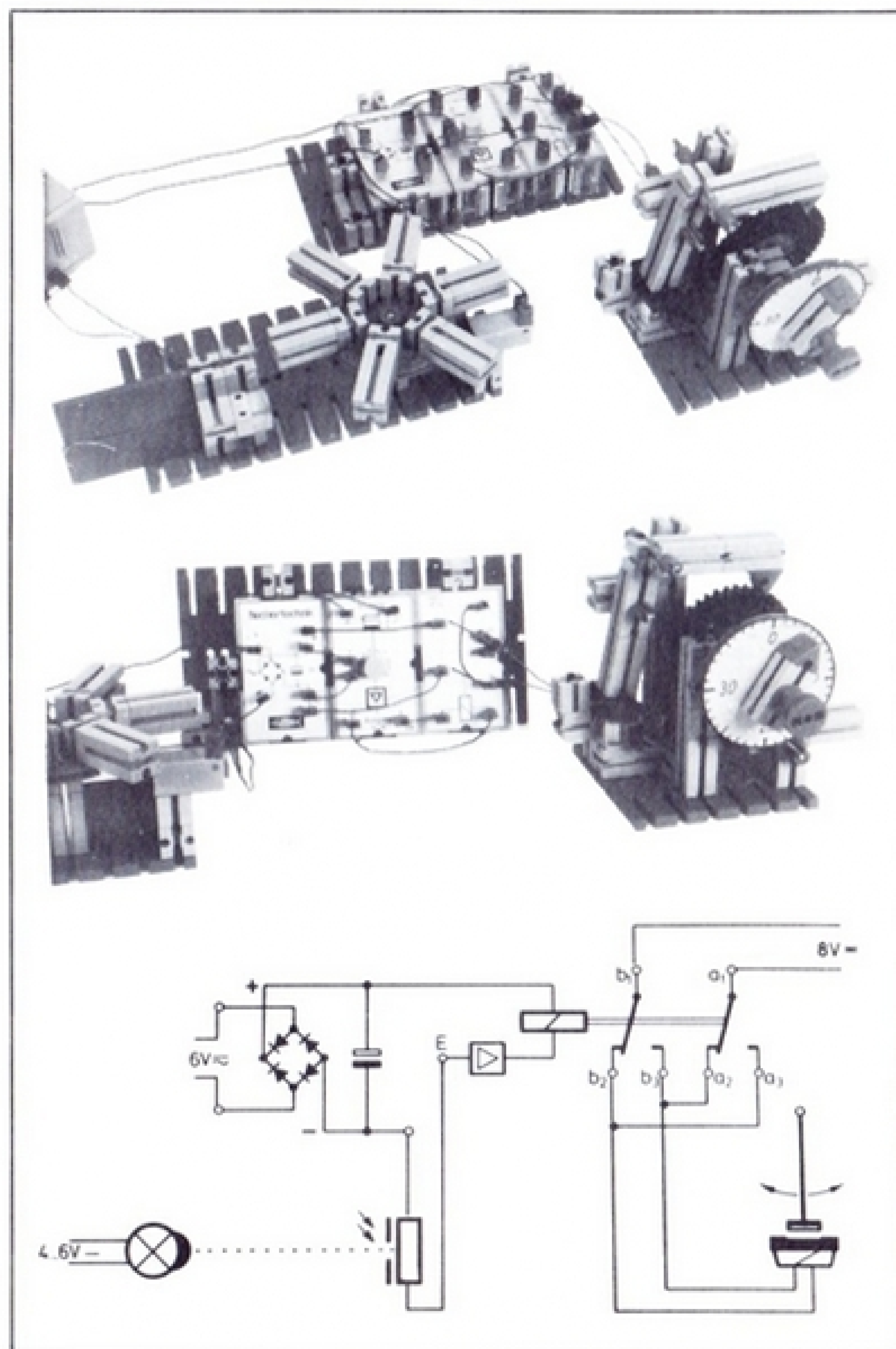
Die Zeichnung zeigt die Schaltskizze des Glücksspielautomaten. So, wie das Glücksrad mit der Brücke in der Zeichnung steht, würde die Lampe L_3 leuchten.

Schule: Hauptschule Mühlenberg,
5760 Arnsberg

Jürgen Kaletsch

Personenzähler

Arbeit aus dem 8. Schuljahr



Hinweise zum Modell: Das Thema lautete: Steuerung durch Licht. In einem nahegelegenen Einkaufszentrum hatten die Schüler beobachtet, wie die Türen mit Hilfe einer Lichtschranke geöffnet werden. Die Schüler kamen nun auf die Idee, eine Anlage zu bauen, mit der man feststellen kann, wie viele Personen den Laden betreten haben.

Über die Lichtschranke wird das Relais gesteuert und der Elektromagnet eingeschaltet. Der Schalter betätigt die Schaltklinke, sie dreht das Zahnrad um einen Zahn weiter. Auf der gleichen Welle sitzt der Zeiger. Die Skala steht fest.

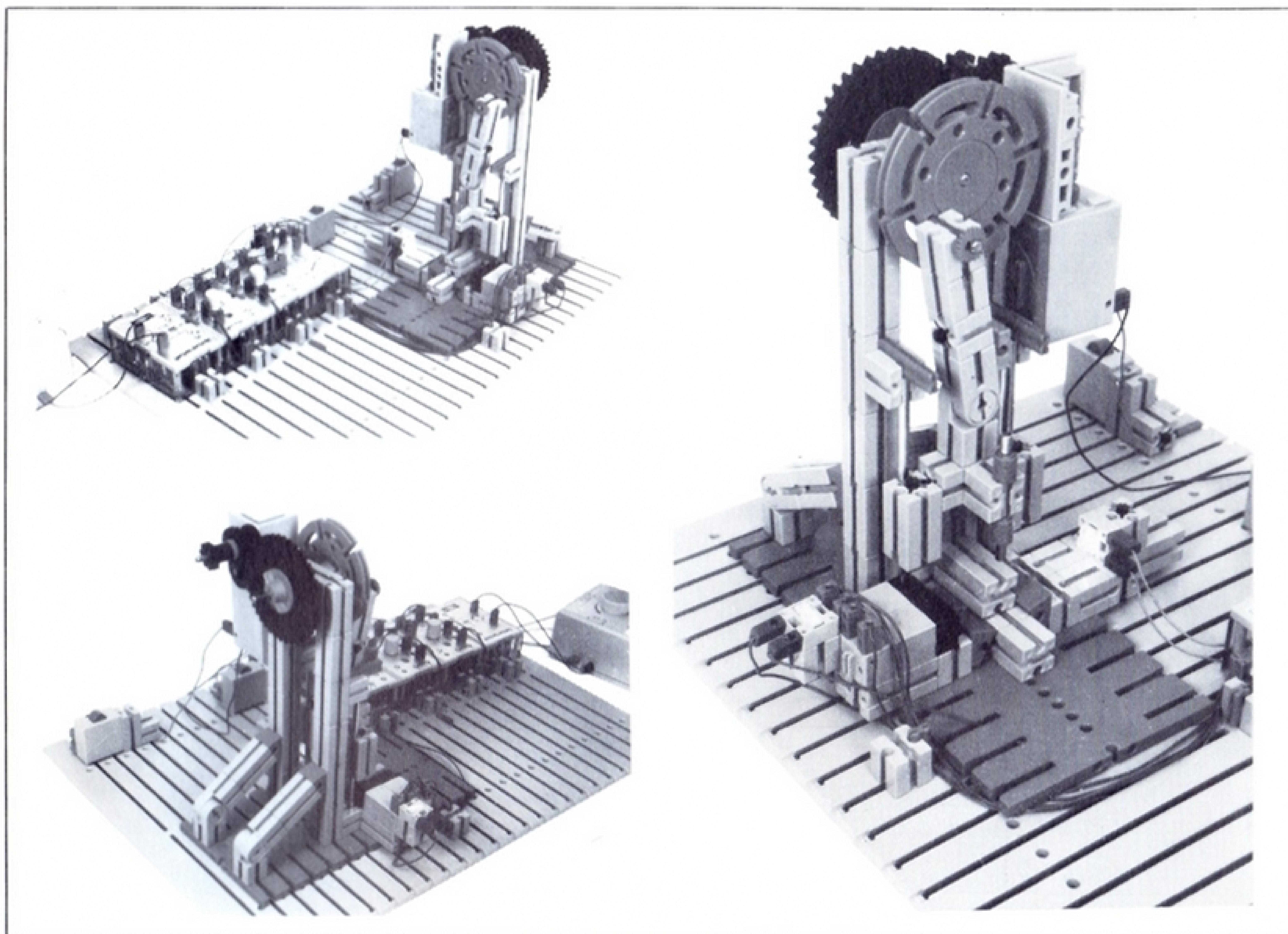
Das Drehkreuz verhindert, daß mehrere Personen gleichzeitig die Lichtschranke durchschreiten.

Schule: AFCENT International School
– Deutsche Abteilung –
NL 6445-EE Brunssum

Meinolf Lammers/Burkhard Wessel

Positionierkontrolle bei einer Werkzeugmaschine

Arbeit aus dem 12. Schuljahr



Hinweise zum Modell: Ein „Werkstück“ (z.B. fischertechnik-Kreuzlochstein) wird in die Bearbeitungsposition eingelegt. Die Lagekontrolle erfolgt über zwei Lichtschranken. Liegt das „Werkstück“ richtig, und sind zusätzlich beide Taster betätigt („Zweihandeinrückung“ aus Sicherheitsgründen), wird über den Verstärker der Motor eingeschaltet und das „Werkstück“ bearbeitet (z.B. Stanzen eines Loches).

In Freistunden wurde das Modell weiterentwickelt: Zu dem Vorhandenen wurden eine *Vorschubein-*

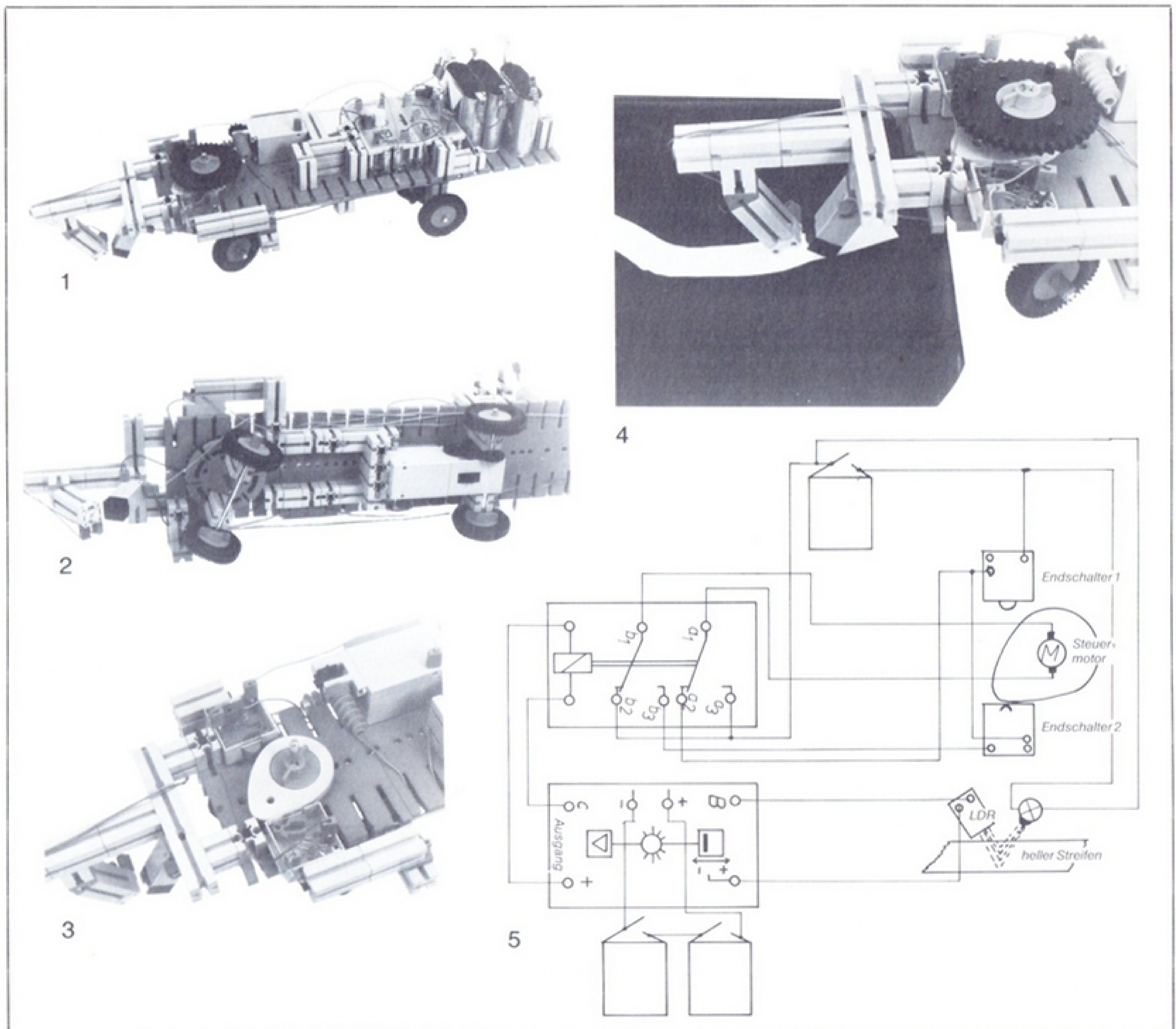
richtung und die *Steuerung* für beide Funktionen gebaut: Das „Werkstück“ wird durch eine Schubstange, die von einem Elektromotor (Vorschubmotor) angetrieben wird, in die Bearbeitungsposition eingefahren. Liegt es richtig, wird der Vorschubmotor ausgeschaltet und der andere Motor eingeschaltet, das Werkstück bearbeitet. Nach Beendigung der Bearbeitung erfolgt Einschalten des Vorschubmotors, das „Werkstück“ wird ausgestoßen, die Schubstange bewegt sich in die Ausgangslage zurück.

Schule: Friedensschule (Gesamtschule),
4400 Münster

Ludwig Meinersen

Modell eines durch Licht gelenkten Fahrzeugs

Arbeit aus 8./9. Schuljahr (Wahlpflichtkurs)



Hinweise zum Modell: Das Fahrzeug wird durch einen weißen Streifen, der auf einem dunklen Untergrund liegt, geführt (Abb. 4). Das Fahrzeug soll demnächst in einem ausgearbeiteten Unterrichtsbeispiel im „Forum technische Bildung“ noch genauer vorgestellt werden.

Abb. 1: Gesamtansicht des Fahrzeugs.

Abb. 2: Das Fahrzeug von unten.

Abb. 3: Die Position der beiden Endschalter, die den Lenkeinschlag des Fahrzeugs nach links und rechts begrenzen. Das Zahnrad 40 Z ist abgenommen, damit die darunter sitzende Nockenscheibe sichtbar wird.

Abb. 4: Das Fahrzeug wird durch einen weißen Streifen, der auf einem dunklen Untergrund liegt, geführt.

Abb. 5: Verdrahtungsplan des Fahrzeugs; der Antriebsmotor und die Stromversorgung dieses Motors sind darin nicht enthalten.

Schule: Gesamtschule Bremen-Ost,
2800 Bremen 44