

# Forum technische Bildung

Beispiele für den  
Technikunterricht

## Automatisierung

Zu diesem Heft

3

---

Helmut Wiederrecht

### Entwickeln und Konstruieren von Alarmanlagen

Unterrichtsbeispiel 8. Schuljahr

4

---

Gerhard Ruckwied

### Von der Mechanisierung zum Bearbeitungsautomaten

Arbeitsmittel zur Veranschaulichung der technologischen Probleme

19

---

Gregor Tyrchan

### Leistungselektronik

Der Beitrag der Leistungselektronik zur Automatisierung

28



## Neues aus unserem Mathematik-Programm

Uwe-Peter Tietze, Manfred Klika und Hans Wolpers

### Didaktik des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe II

1981. Ca. 280 S. DIN C 5. Kart. ca. 32,- DM

Inhalt: Fachdidaktische Grundlagen des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe II – Analysis – Analytische Geometrie und lineare Algebra – Stochastik.

Jeder Lehrer ist mit dem Problem vertraut, daß es eine Fülle von Kriterien fachwissenschaftlicher, psychologischer und pädagogischer Art gibt, nach denen Lehrstoff ausgewählt und Unterricht durchgeführt werden kann. In dem vorliegenden Buch werden solche Kriterien in einem Begründungs- und Zielzusammenhang gebracht und damit Hilfen für die Planung und Durchführung von Unterricht gegeben. Die für diese Entscheidungen nötigen allgemeinen fachdidaktischen Grundlagen werden im ersten Teil entwickelt. Vor dem Hintergrund dieser Darlegungen erfolgt dann die fachdidaktische Diskussion der einzelnen Gebiete.

Christoph Bandelow

### Einführung in die Cubologie

Mit zahlr. Abb., 22 Cartoons von Alexander Maga und 16 Farbfotos. 1981. VII, 136 S. DIN A 5. Kart. 19,80 DM

Das Hauptziel des Buches: Den Würfel verstehen lernen! Ohne vom Leser irgendwelche mathematischen Vorkenntnisse zu verlangen, wird die „Mathematik hinter dem Würfel“ mit kompromiloser Strenge entwickelt. So können viele wichtige Grundbegriffe und Sätze der Gruppentheorie (auch einige der Geometrie) mit dem Würfel auf natürliche und schöne Weise veranschaulicht werden.

### Forum technische Bildung

Beispiele für den  
Technikunterricht  
Ausgabe Sekundarstufe  
Heft 3/4-81

*Herausgeber und Verlag:*

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH,  
Braunschweig · Wiesbaden

*Schriftleitung:*

Prof. Wolfgang Biester, Münster  
Prof. Dr. Wolf Traebert, Neuss  
Studienrat a. e. H. Helmut Wiederrecht, Heidelberg

*Redaktion:*

Gereon Roeseling (verantwortlich),  
Peter Winternitz

*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: Rheindruck GmbH, Düsseldorf.

Alle Rechte vorbehalten.

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GmbH, Braunschweig 1981

*Autoren dieses Heftes:*

Gerhard Ruckwied  
Lindenweg 5  
6908 Wiesloch-Baiertal

Gregor Tyrchan  
Trierer Straße 5  
5000 Köln 40

Helmut Wiederrecht  
Torgartenstrae 34  
6921 Lobbach-Lobenfeld

---

Wolf Traebert

# Automatisierung

Zu diesem Heft

---

Es ist jedermann bewußt, daß der Begriff „Automatisierung“ heute vielfältigen Mißverständnissen ausgesetzt ist; versteht man darunter doch meist einen vom Menschen unbeeinflussten, selbsttätig ablaufenden Vorgang, dessen scheinbare Eigengesetzlichkeit die Negierung humaner Wert- und Zielsetzung suggeriert. Im engeren Bereich von Technik und deren sozialer Implikationen wird zumeist nicht der Tatbestand an sich, sondern eine seiner möglichen Konsequenzen, die Freisetzung menschlicher Arbeitskraft gesehen („job killer“). Weniger oft findet man positive Aspekte der Automation: die Entlastung des Menschen von repetitiver, monotoner Arbeit, seine mögliche Fernhaltung von gefährlichen oder belastenden Arbeitssituationen sowie die technische Möglichkeit, qualitativ hochwertige Arbeitsabläufe zeit- und belastungsunabhängig auf beliebige Dauer zu garantieren, die den Menschen aufgrund der beschränkten (Dauer-)Leistungsfähigkeit seiner Sinne überfordert hätten. Sowenig einerseits übersehen werden kann, daß der Ersatz menschlicher Arbeitskraft durch automatisierte Produktionsmittel die Abhängigkeit der Produktion vom Faktor Arbeit vermindert und damit auch die Machtverhältnisse im Bereich industrieller Produktion verschiebt, so wenig sollte dies andererseits verabsolutiert werden.

In unserem Zusammenhang soll unter Automatisierung lediglich die Einrichtung oder Überwachung eines Vorganges oder Zustandes mit technischen Mitteln derart verstanden werden, daß der Mensch weder ständig noch in einem erzwungenem Rhythmus tätig werden muß. Die Tätigkeit des Menschen beschränkt sich damit zumeist auf Überwachung des störungsfreien Ablaufs, die dazu notwendigen gelegentlichen Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie – soweit noch nötig – Materialan- und -abtransport. Da damit die insgesamt zu leistende menschliche Arbeit zumeist erheblich abnimmt, ist oft ein Abbau von Arbeitsplätzen sowie eine Veränderung der erforderlichen Qualifikationen für den Restbestand die Folge. Hinsichtlich dieser Qualifikationsveränderungen gibt es verschiedene (konträre) Voraussagen: einerseits wird vermutet, daß

die Anforderungen an den Menschen durch die kompliziertere (und daher empfindlichere) Technik erheblich steigen: Höherqualifizierung wäre die Konsequenz. Andererseits wird eingewandt, daß die verbleibenden „Restarbeiten“ nur niedrig qualifizierte Arbeitsleistungen nachfragen. Beide Positionen lassen sich begründen, sie sollen in dem hier verfügbaren Raum nicht weiter diskutiert werden.

Aus dem Problembereich Automatisierung wurden ohne Anspruch auf Repräsentativität drei Themenbereiche herausgegriffen.

Helmut Wiederrecht beschreibt die (automatische) Überwachung eines zu sichernden Raumes durch eine Alarmanlage.

Gerhard Ruckwied behandelt ein in der fertigungstechnischen Praxis häufiges Problem: den Bearbeitungsautomaten. Dabei werden die erforderlichen Arbeitsgänge, aber auch die dazu notwendige Positionierung angesprochen.

Die Automatisierung wurde vor allem durch die starke Entwicklung der Elektronik ermöglicht. Da „Automatik“ im Normalfall selbsttätiges Reagieren auf Zeitvorgaben (Programme) oder Informationen (Meßwerte) bedeutet, lag es nahe, Automatisierung als Anwendung (elektronischer) Informationstechnik zu begreifen. Dadurch zog ein zweiter Teilbereich der Elektronik, die Leistungselektronik, weniger (didaktisches) Interesse auf sich, obwohl er für die Automatisierung gewiß ebenso wichtig ist: eröffnet er doch durch die Verwandtschaft der Technologie die Möglichkeit, auch die eingesetzten Energien in Produktionsprozessen elektronisch (und automatisch) den Anforderungen anzupassen.

Gregor Tyrchan beschreibt dieses Sachgebiet in einem allgemeiner gehaltenen Beitrag, der die vielfältigen Möglichkeiten aufzeigt, elektrische Energie in fast beliebiger Größenordnung verlustarm und zweckangepaßt zu variieren. Dies ist auch in Ansehung notwendiger rationeller Verwendung von Energie von besonderem Interesse.

*Schriftleitung und Redaktion verabschieden sich mit diesem Heft von den Lesern.*

*Gut vier Jahre lang konnten die beiden Ausgaben des „Forum technische Bildung“ dank der großzügigen Unterstützung durch die fischer-werke, insbesondere auch von Herrn Dr. h.c. Artur Fischer, bei Vieweg erscheinen. Bedingt durch die neue Vertriebs-Kooperation der fischer-werke (s. Information auf S. 36) ergeben sich auch für das „Forum technische Bildung“ neue Überlegungen, die bei Redaktionsschluß noch nicht beendet waren. Wenn das „Forum technische Bildung“ unter neuer „Regie“ wieder erscheint, werden Sie, verehrte Leser, rechtzeitig informiert.*

Helmut Wiederrecht

# Entwickeln und Konstruieren von Alarmanlagen

Unterrichtsbeispiel 8. Schuljahr

## 1. Einleitung und Begründung der Themenwahl

Lehrpläne des Faches Technik oder Technisches Werken nennen die Thematik „Alarmanlage“ an verschiedenen Stellen. In Bayern nennt z. B. der Curriculare Lehrplan Technisches Werken für die 8. Jahrgangsstufe der Hauptschule (KMBL So.-Nr. 8/1977, Seite 335) das Lernziel: „Fähigkeit, eine Alarmanlage mit Hilfe eines Relais aufzubauen.“

Abgesehen von dieser formalen Begründung durch die Lehrpläne läßt sich die Thematik auch inhaltlich begründen. Das Thema und die Lösungsmöglichkeiten faszinieren Schüler in hohem Maße. Diese Faszination konnte der Autor wiederholt beobachten. Schüler stellten beim Entwickeln und beim Bauen immer weitergehende Anforderungen an solche Anlagen und versuchten, sie dann auch mit großer Ausdauer so weiterzuentwickeln, daß sie auch diesen erhöhten Anforderungen noch gerecht wurden. Weiter war festzustellen, daß Schüler die im Unterricht erworbenen Kenntnisse im häuslichen Bereich verwerteten. Ein Schüler berichtete, daß er die Tür zu seinem Zimmer so gesichert habe, daß eine Lampe aufleuchtet, sobald sich jemand der Tür nähert. Eigentlich wollte er eine Sirene einbauen, damit der Eindringling erschrickt und gleich wieder verschwindet. Aber, so erklärte er, die Sirene sei ihm zu teuer. Ein anderer erzählte, er habe die Anlage (vgl. Abb. 9) daheim nochmals gebaut und sie so am Kellerfenster befestigt, daß es klingelt, wenn das Kellerfenster geöffnet wird. Ein weiterer Schüler berichtete, daß er seine Anlage im Garten (Anlage mit Stolperdraht) wieder abbauen mußte, weil Katzen und Hunde häufig den Alarm ausgelöst hätten.

Die Transfermöglichkeiten der hier eingesetzten Teile und Schaltungen sind so vielfältig, daß sie hier unmöglich aufgezählt werden können. Schaltungen mit mechanischen oder elektronischen Fühlern finden sich vor allem im Bereich der Steuerung und der Regelung. So lassen sich z. B. Abfüllanlagen

(vgl. Forum S 3/4–80) mit Taster und Fotowiderstand als Fühler mit Relais ohne zusätzliche Verstärkung aufbauen, wenn die Ansprüche an die Empfindlichkeit nicht zu hoch angesetzt werden. In solchen Schaltungen können die Schüler die Stromkreise verfolgen, das Öffnen und Schließen beobachten, die einzelnen Vorgänge nach Ursache und Wirkung unmittelbar, ganz konkret am Modell zeigen und beschreiben. Wenn in späteren Schuljahren (Klasse 9 oder 10) höhere Ansprüche an die Empfindlichkeit, an die Größe der durch die Lichtschranke abgetasteten Strecke u. a. m. gestellt werden, so können die Schüler sich auf das Problem der Verstärkung mit einem Transistor konzentrieren. Die übrigen Teile der Schaltung bleiben erhalten.

Alle Alarmanlagen sind in ihren notwendigen Teilen überschaubar und durchschaubar. Deutlich unterscheidbar sind die Elemente:

*Auslöseteil:* Stolperdraht, Permanentmagnet und Reedkontakt, Fotowiderstand durch eine Glühlampe beleuchtet (Lichtschranke).

*Meldeelement:* Glühlampe, Klingel, Summer, Signalhupe, Sirene.

*Relais,* das das Eingangssignal in der gewollten Weise mit dem Meldeelement verknüpft.

*Energieteil:* Stromversorgung mit Batterie, Akku oder Netzgerät.

So wiederholen sich hier auf einer anderen Ebene Teile und ihr Wirkungszusammenhang, wie sie in grundlegenden Arbeiten mit mechanischen Alarmanlagen bereits in der Grundschule erarbeitet werden können (vgl. Forum Heft P 2–81).

## 2. Das Vorwissen der Schüler

Die Schüler hatten Erfahrung im Umgang mit dem Lernbaukasten u-t 1. Sie hatten auch bereits einfache Schaltungen mit Teilen aus dem Lernbaukasten u-t 3/1 durchgeführt. Das Relais in seiner Funktion als elektromagnetischer Schalter war erarbeitet und einmal in einer Schaltung eingesetzt gewesen. Dabei waren besonders die zwei getrennten Stromkreise (Steuerstromkreis und Arbeitsstromkreis) herausgestellt worden. Der Fotowiderstand war als lichtempfindliches Schaltelement verwendet worden (vgl. Abb. 1, 2). Diese Kenntnisse wurden in einer Unterrichtsstunde vor der eigentlichen Aufgabenstellung mit einigen Schülerversuchen wiederholt.

## 3. Das Arbeitsmaterial

Je Arbeitsplatz für je zwei Schüler standen bereit: ein Lernbaukasten u-t 1, ein Lernbaukasten u-t 3/1,

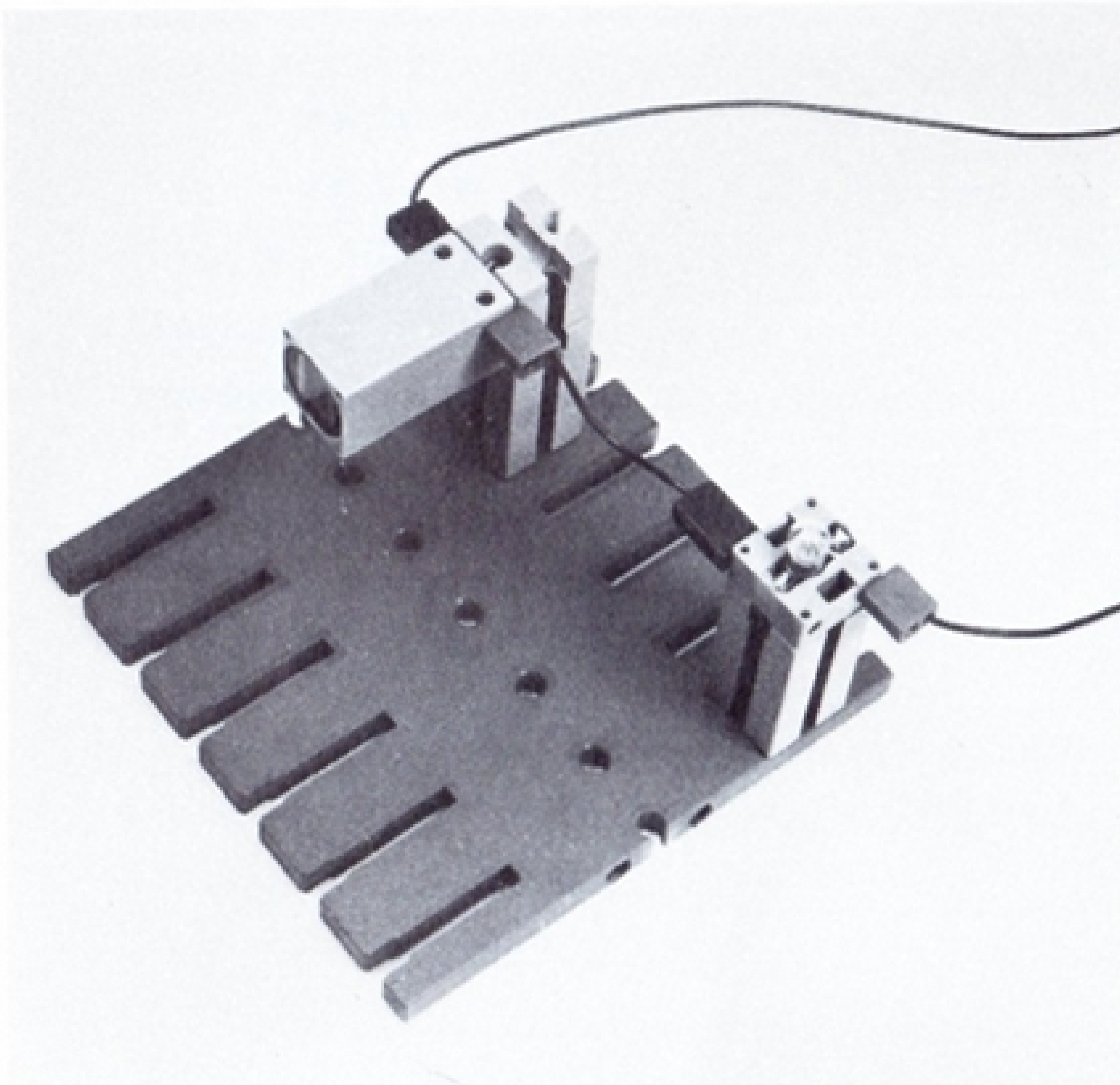


Abb. 1: Der Fotowiderstand als lichtempfindliches Schaltelement. Beleuchtet man den Fotowiderstand in dieser Versuchsanordnung mit einer Taschenlampe, mit einer Glühlampe oder mit Tageslicht, so leuchtet die Glühlampe.

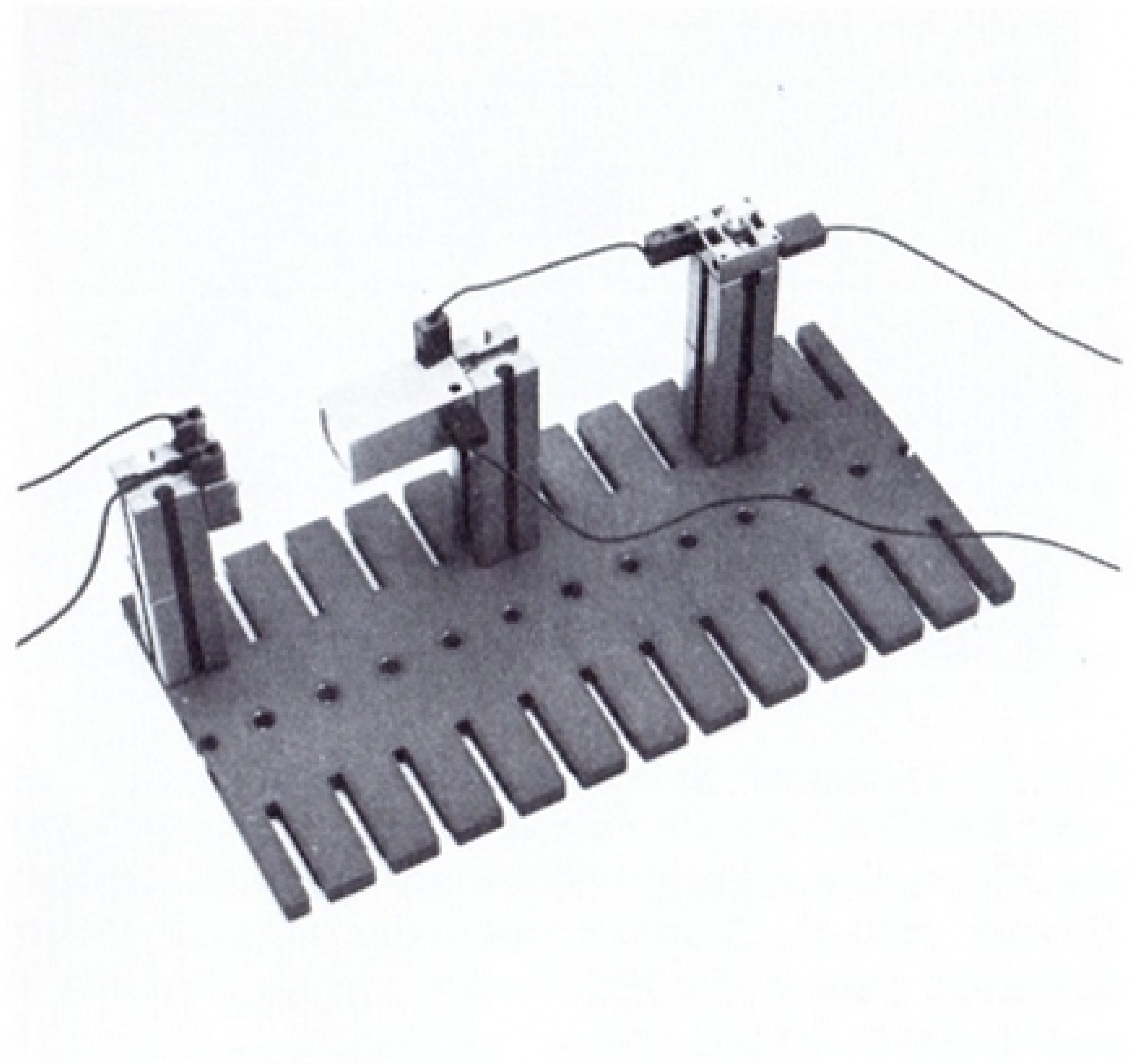


Abb. 2: Einfache Lichtschranke. Ist der Fotowiderstand wie in der Abbildung beleuchtet, so leuchtet die Glühlampe. Wird er durch ein Blatt Papier oder einen Finger abgedeckt, so erlischt die Glühlampe (die Lichtschranke ist unterbrochen).

ein Netzgerät, Batterien oder ein Akku (pro Arbeitsplatz also zwei Stromversorgungen); dünner Kupferdraht ( $\varnothing$  0,2 mm).

Klingel und Summer konnten nach Bedarf benutzt werden, einige Kabel (2-mm-Stecker, 4-mm-Stecker). Hier genügen einige wenige, da die Anlagen zunächst mit einer Glühlampe als Meldeelement entwickelt werden können. Zur Erprobung kann dann eine Klingel oder ein Summer parallel an die Glühlampe angeschlossen werden. Dies hat auch den Vorteil, daß während der Bauphase nicht zuviel Lärm durch Klingeln oder Summer erzeugt wird.

#### 4. Der Unterrichtsverlauf

##### 4.1 Entwicklung der Aufgabe (Anfangssituation)

Die Schüler werden informiert, daß das Thema der nächsten Stunden „Bau von Alarmanlagen“ lautet. Man wolle sich zunächst unterhalten über Aufgabe, Sinn und Zweck, dann über Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten. Anschließend sollen solche Anlagen gebaut und erprobt werden. Die Leitfragen für dieses erste Gespräch lauteten: Was wißt Ihr von Alarmanlagen? Wo gibt es welche? Wozu werden sie gebraucht? Die Schüler berichteten: „In Tankstellen, Geschäften, Kaufhäusern sind viele wertvolle Waren vorhanden. Nachts oder an

Wochenenden ist meist niemand da. Die Erfahrung zeigt, daß es notwendig ist, solche Gebäude zu schützen, weil immer wieder Einbrecher versuchen einzudringen und Waren zu stehlen. In den Schaufensterscheiben sind oft winzige Drähte. Wenn die Scheibe eingeschlagen wird, reißt der Draht, und der Alarm wird ausgelöst.“

„Viele Leute z. B. in einsam gelegenen Häusern haben Angst vor Dieben und Überfällen. Sie lassen sich in ihre Häuser oder Wohnungen Alarmanlagen einbauen, um sich und ihr Eigentum zu schützen.“

„Banken und Sparkassen haben oft ganz raffinierte Anlagen. Manchmal sind sie direkt mit der Polizei verbunden, so daß bei einem Einbruch sofort die Polizei alarmiert wird.“

„An der Grenze zur DDR sind ganz gefährliche Anlagen eingebaut. Die haben Stolperdrähte gespannt. Wenn man die reißt, werden Schüsse ausgelöst, Lichter eingeschaltet und Posten alarmiert.“

Um das Gespräch nicht ausufern zu lassen, wurde die Erörterung über die Alarmanlagen in der Umwelt abgebrochen. Die Schüler wurden aufgefordert zu überlegen, welche Anforderungen an Alarmanlagen zu stellen sind, die Wohnungen oder Geschäfte vor Einbrechern schützen sollen. (Leitfrage: Was wird von einer solchen Anlage erwartet?) Als Ergebnis der Diskussion wurden die Anforderungen an die Anlage schriftlich formuliert (vgl. Abb. 5 oben).

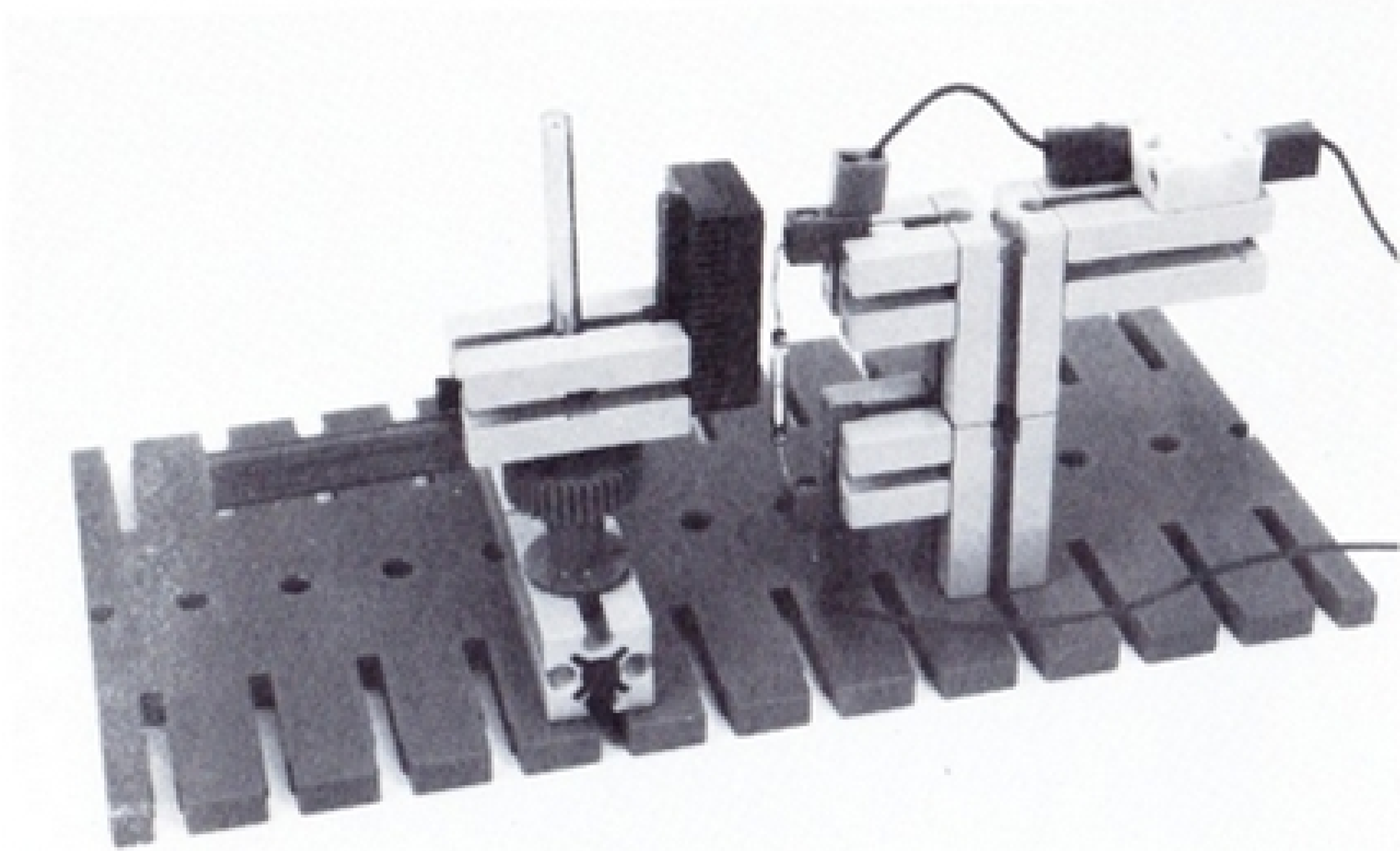


Abb. 3: Einfacher Stromkreis mit Reedkontakt als Schaltelement und Glühlampe. Der Dauermagnet kann um die senkrecht stehende Achse gedreht werden. Befindet sich ein Dauermagnet in der Nähe des Reedkontaktes (wie in der Abb.), dann ist der Stromkreis geschlossen, die Glühlampe leuchtet.

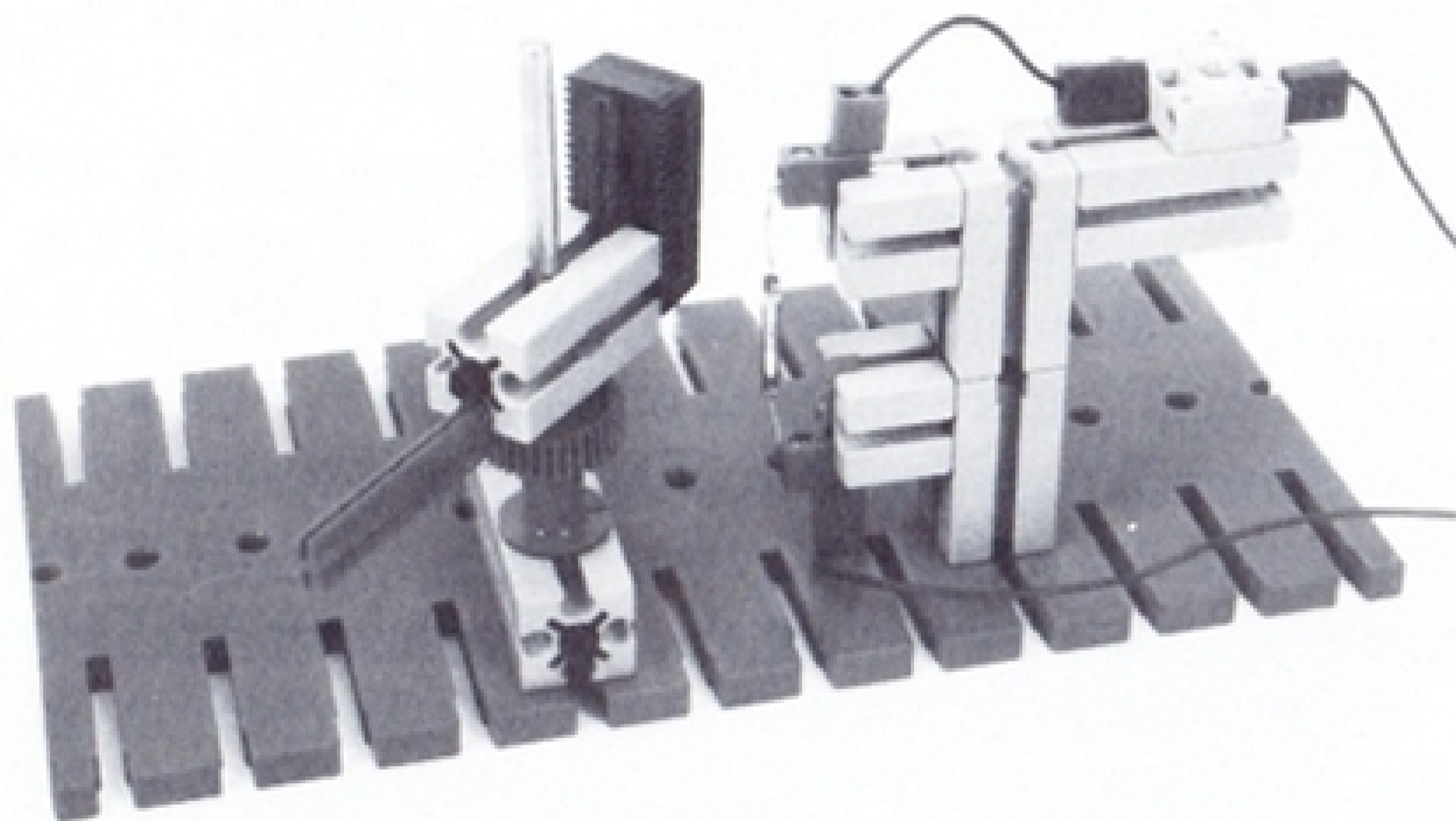


Abb. 4: Der Dauermagnet ist weggedreht, der Stromkreis ist unterbrochen. Die Glühlampe leuchtet nicht.

#### 4.2 Planen der Anlage

**Leitfragen:** Welche Teile benötigt die Anlage? Was braucht man zum Bauen einer Einbruchssicherung? Die Schüler wußten sofort: Man braucht eine Sirene, eine Klingel oder ein Blinklicht. Man braucht etwas, was meldet, daß jemand in das Haus einsteigt.

Man spannt einen Draht. Wenn der gerissen wird, soll die Sirene heulen. Man kann auch eine Lichtschranke möglichst verdeckt anbringen. Wenn sie durchschritten wird, soll es klingeln.

Da die Schüler dann keine weiteren Ideen mehr für das Auslöseteil hatten, zeigte der Lehrer eine einfache Schaltung mit dem Reedkontakt vor, der durch einen Permanentmagneten betätigt wird (Abb. 3, 4). Da die Schüler bei dieser Demonstration die Einsatzmöglichkeiten dieses Bauteils in einer Alarmanlage nicht sahen, erläuterte der Lehrer: Stellt euch vor, man befestigt den Magneten an einer Tür oder

#### Bau von Alarmanlagen

##### Anforderungen an die Anlagen:

Wenn eine Person unbefugt in das Haus (die Wohnung oder das Geschäft) eindringt, soll automatisch Alarm gegeben werden.

Dies soll zuverlässig, schnell und unmißverständlich geschehen.

##### Welche Teile benötigt die Anlage?

###### 1) Womit kann man den Einbrecher melden?

Meldeelemente: Sirene, Klingel, Summer, Blinklicht

###### 2) Womit kann man den Einbrecher feststellen? Auslöseteil:

- Stolperdraht: Wenn der Draht gerissen wird, ...

- Lichtschranke (Lampe und Fotowiderstand): Wenn die Lichtschranke durchschritten wird, ...

- Reed-Kontakt und Magnet: Wenn der Magnet wegbewegt wird, ...

###### 3) Stromquelle (Netzgerät, Batterie oder Akku) zum Betreiben der Anlage

4) Relais als Verknüpfungsglied zwischen Auslöseteil und Meldeelement

Abb. 5: Tafelbild aus der Anfangssituation

einem Fenster. Wenn dann das Fenster geöffnet wird, kann der Alarm ausgelöst werden. Die Schüler bemerkten jedoch auch, daß die in Abb. 3 vorgestellte Anlage nicht den Anforderungen genügt. Ein Schüler äußerte spontan: „So wie hier kann es ja nicht gehen. Dann würde es den ganzen Tag klingeln und nur aufhören, wenn ein Einbrecher einsteigt.“

An der Tafel wurden die wichtigen Fragen und Lösungsmöglichkeiten festgehalten (vgl. Abb. 5). Daß eine Stromquelle benötigt wird, war für die Schüler so selbstverständlich, daß sie es nicht für erwähnenswert hielten.

Zunächst kamen die Schüler nicht auf den Gedanken, daß auch ein Relais benötigt wird. Ohne auf Details in der Schaltung einzugehen (z. B. Stromlaufplan) wurden folgende Modelle vorgestellt (Abb. 2, 3, 6; 8–11). Bei dieser Demonstration wurde festgestellt:

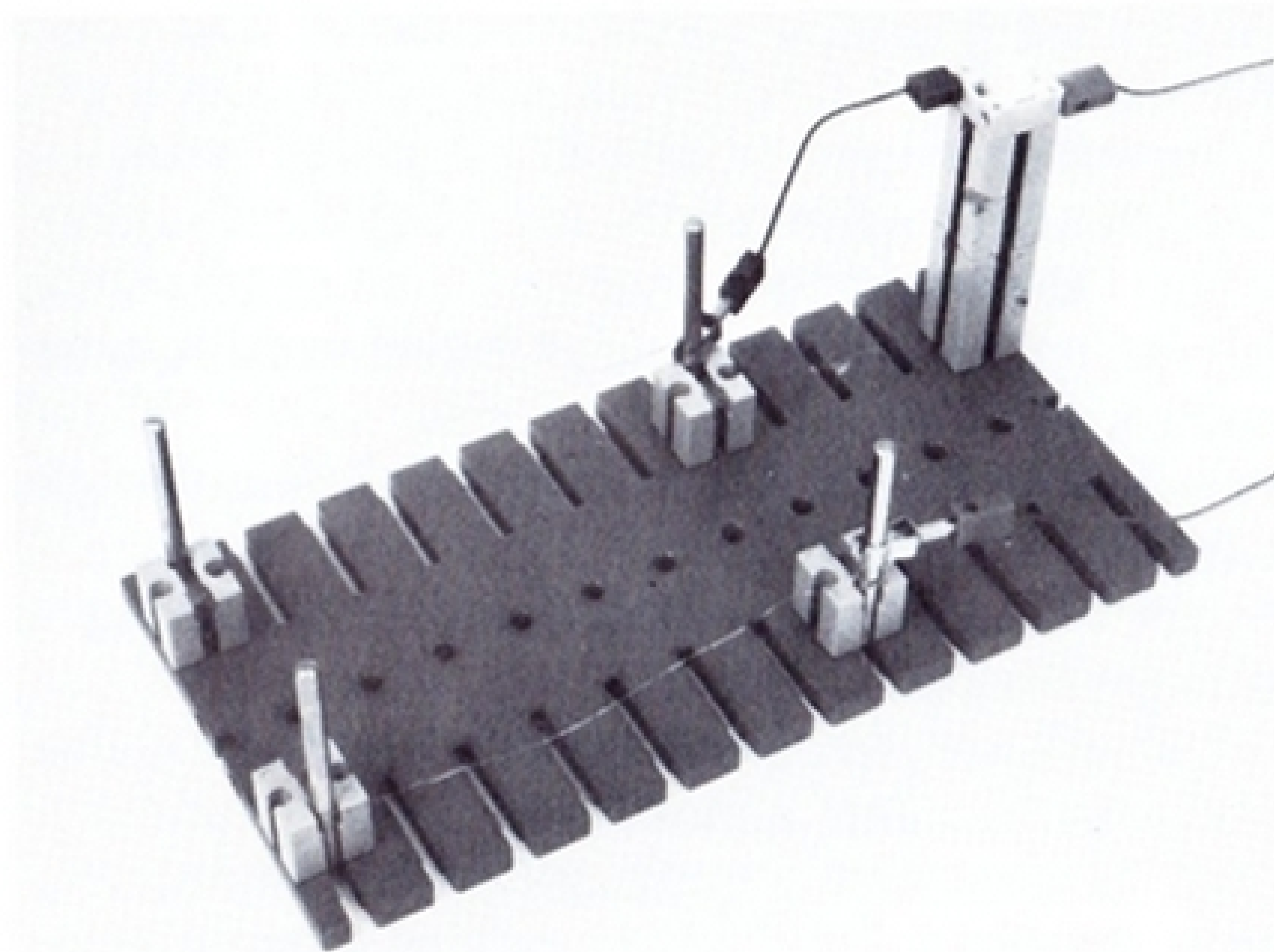


Abb. 6: „Stolperdraht“ und Glühlampe in einem Stromkreis. Die Glühlampe leuchtet, wenn der Stolperdraht gespannt ist.

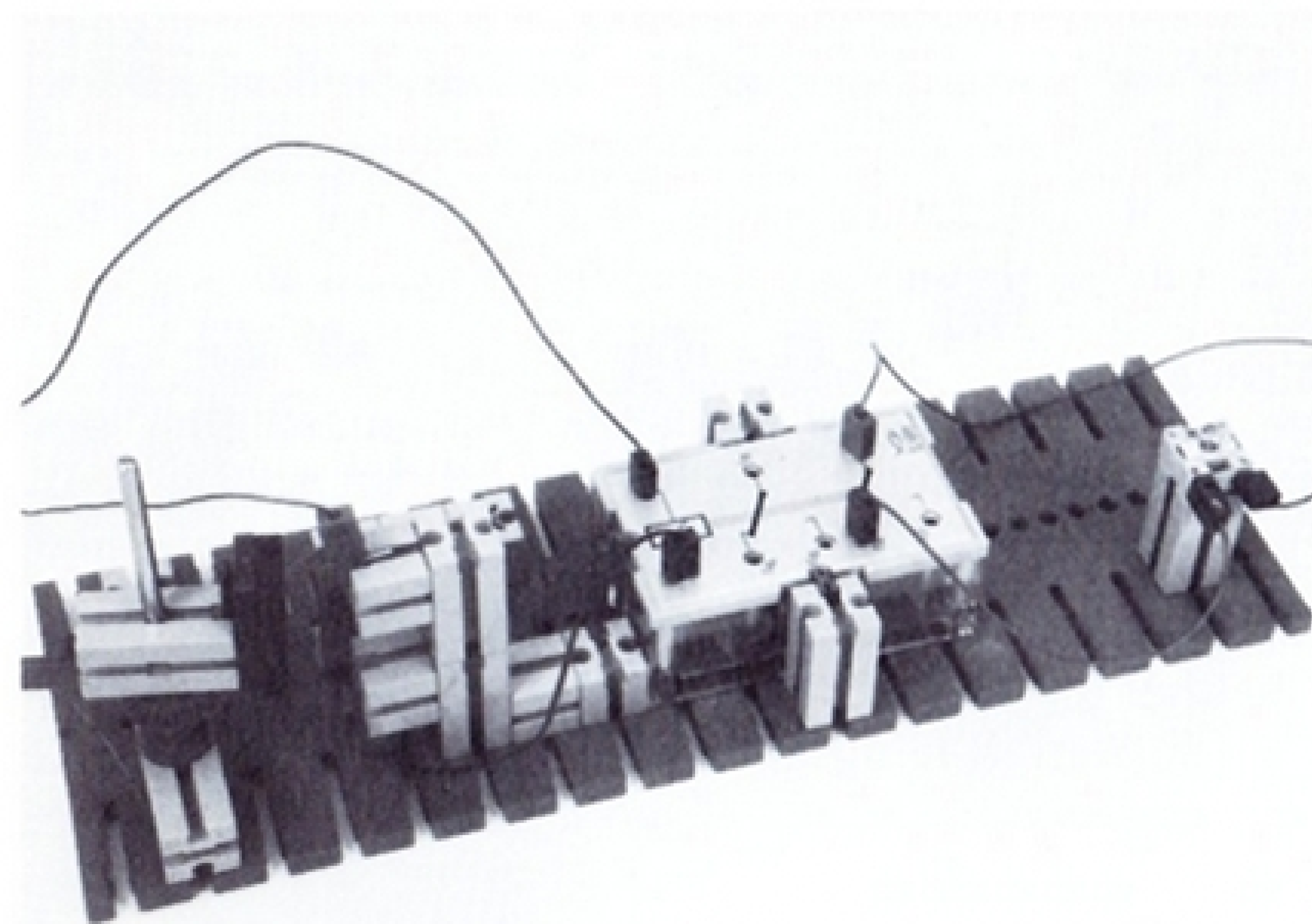


Abb. 9: Alarmanlage mit Reedkontakt als Auslöseteil und Relais

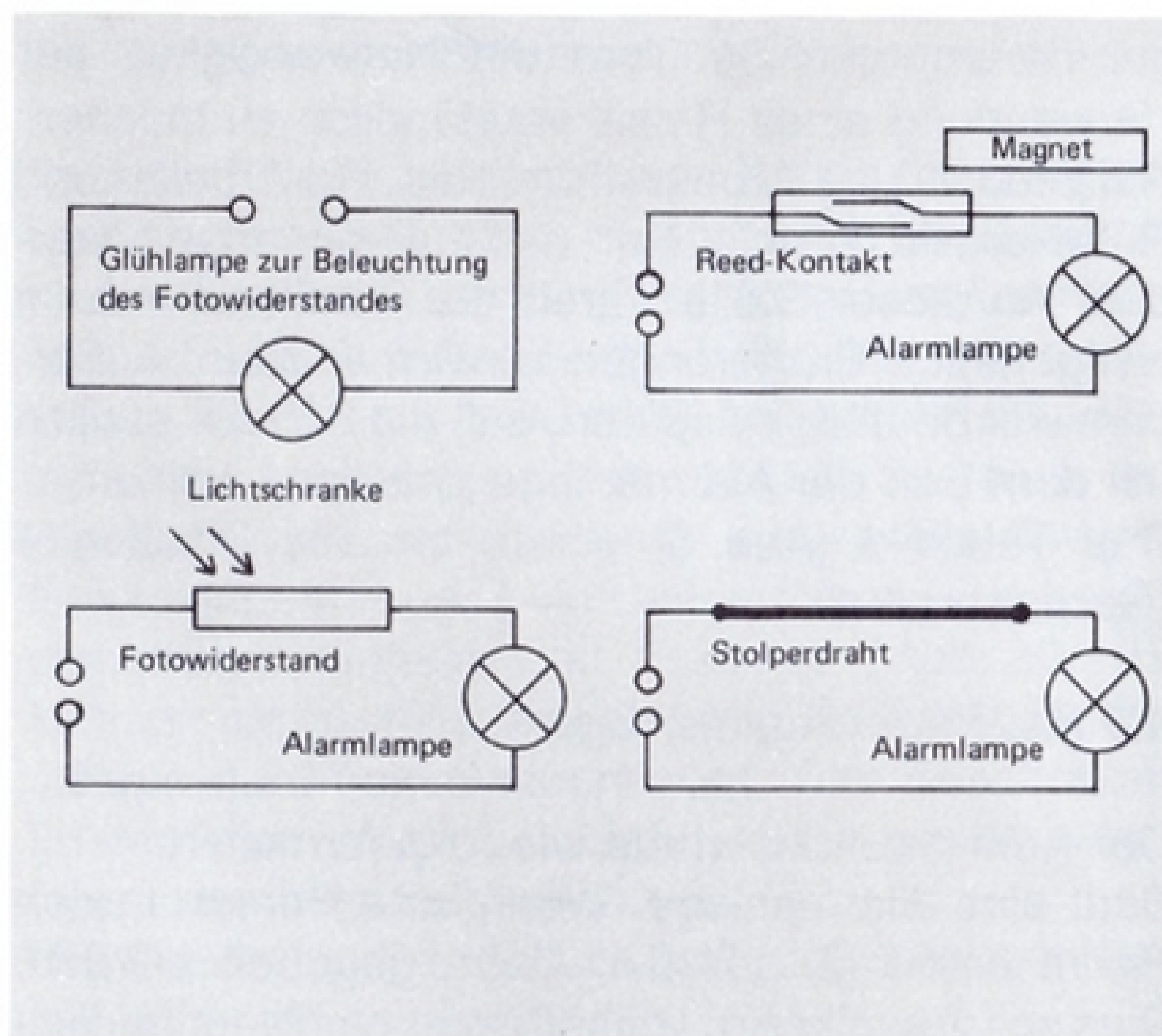


Abb. 7: Schaltskizze zu Abb. 2, 3 und 6

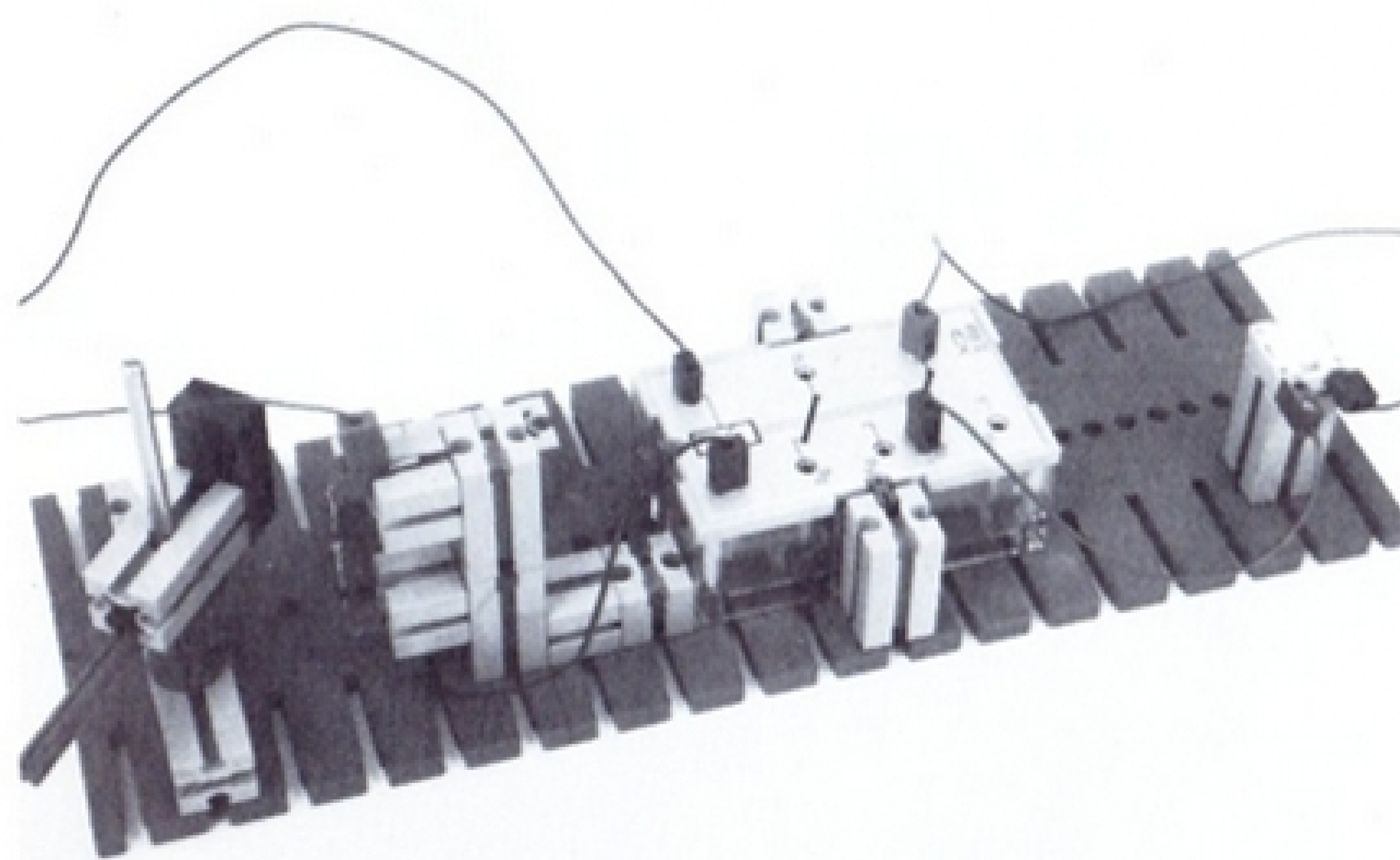


Abb. 10: Der Magnet ist weggedreht, der Alarm ist ausgelöst (die Alarmlampe leuchtet).

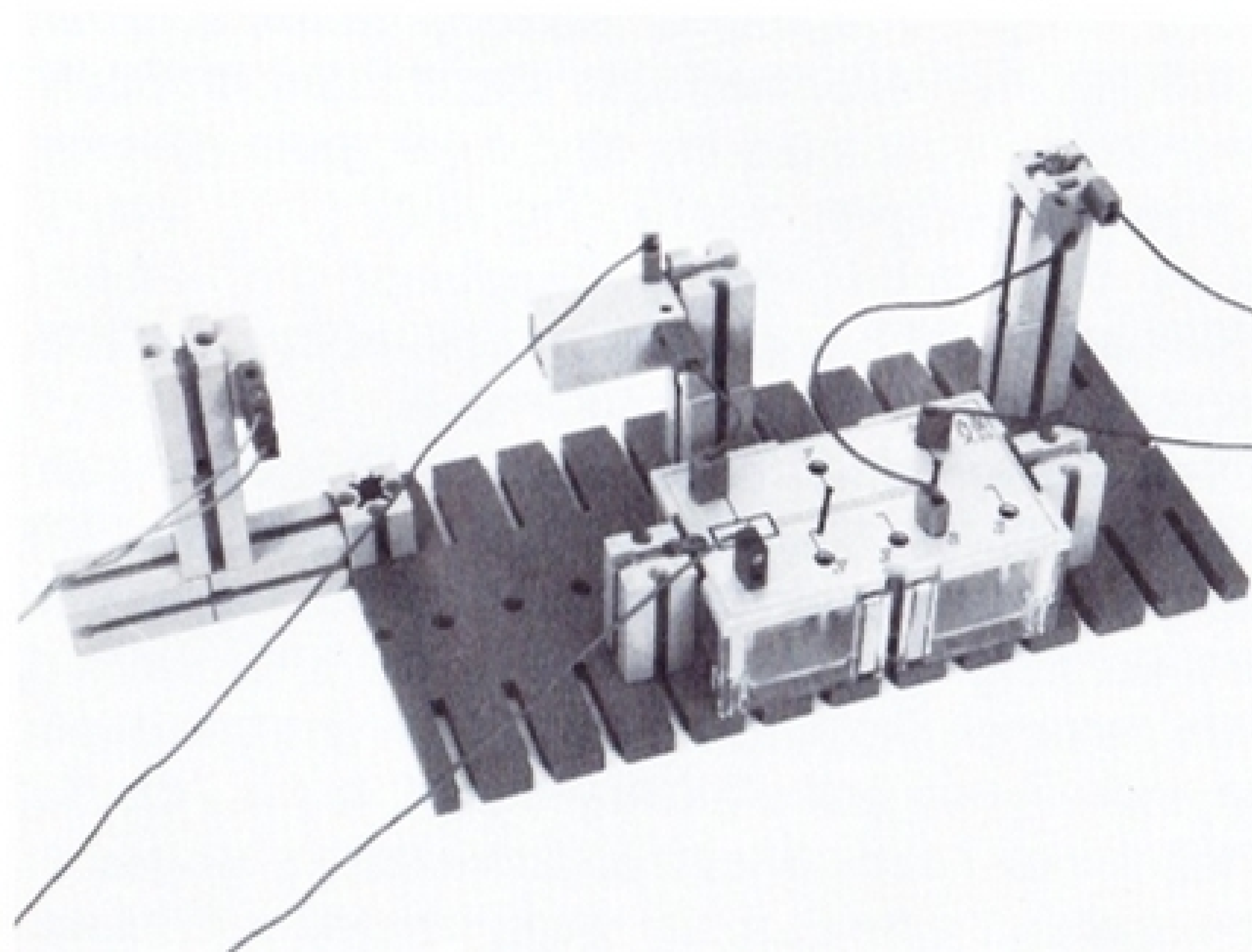


Abb. 8: Alarmanlage mit Fotowiderstand als Auslöseteil und Relais als Verknüpfungselement

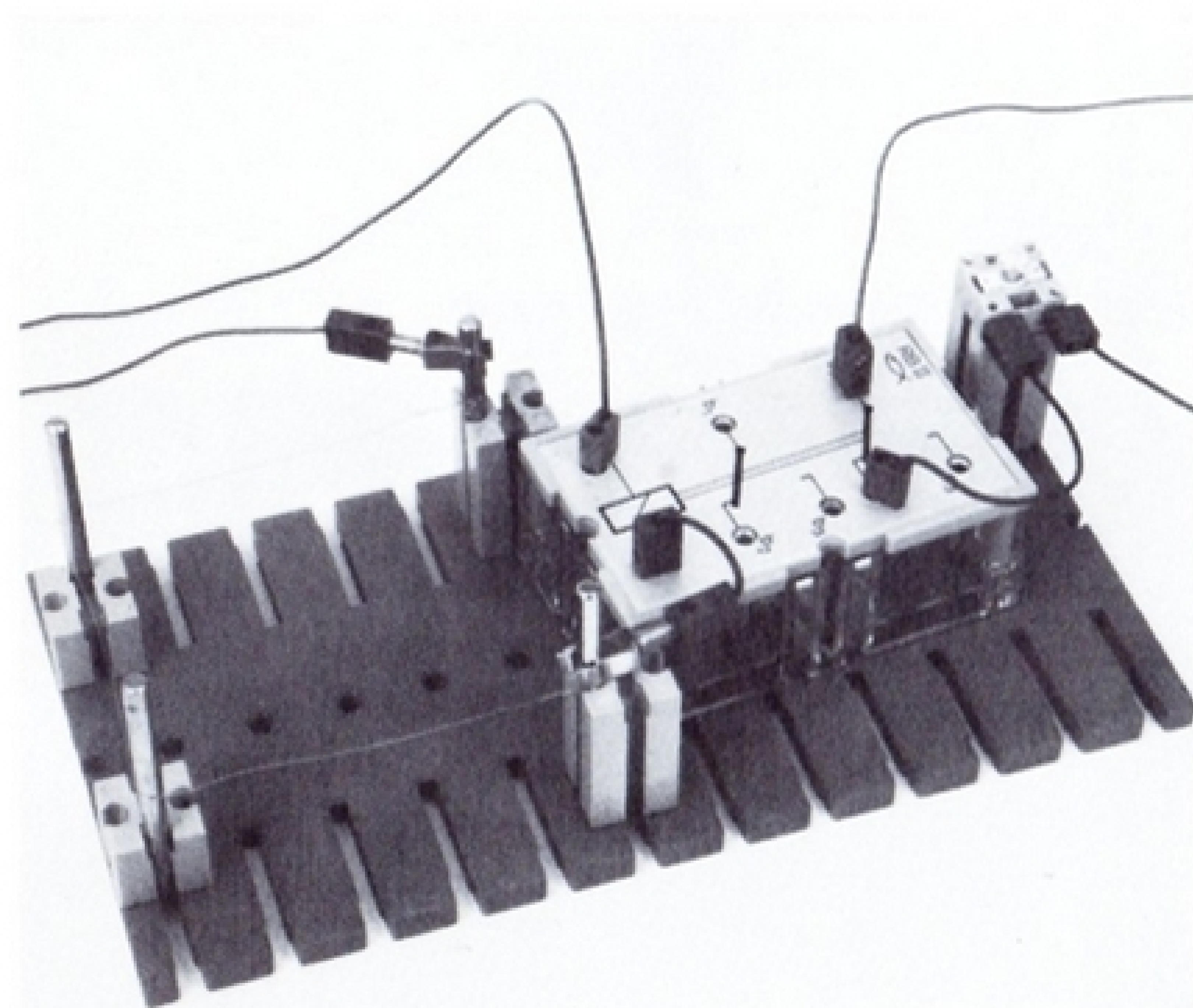


Abb. 11: Alarmanlage mit Stolperdraht

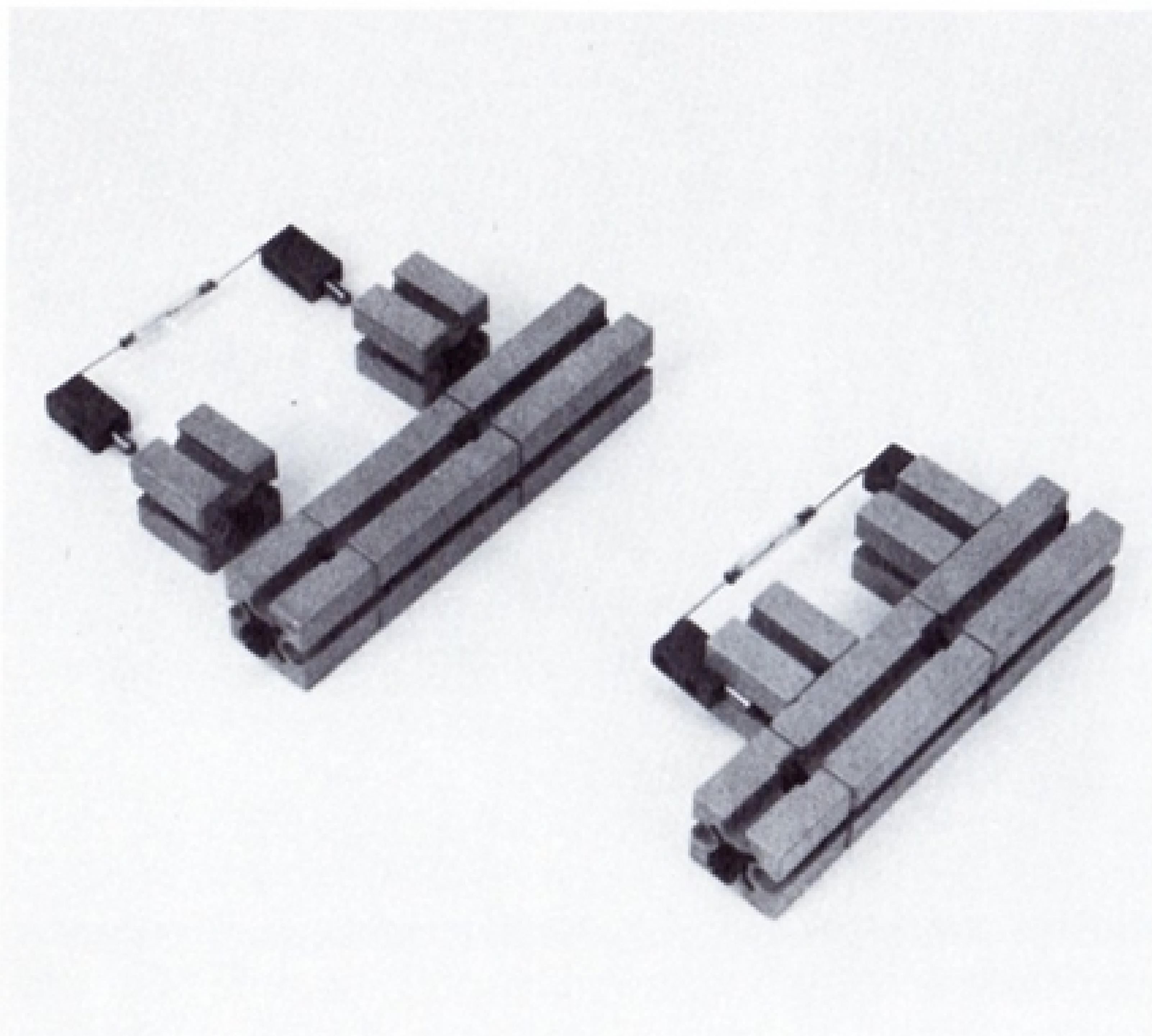


Abb. 12: Detailmodell zur Befestigung des Reedkontaktes

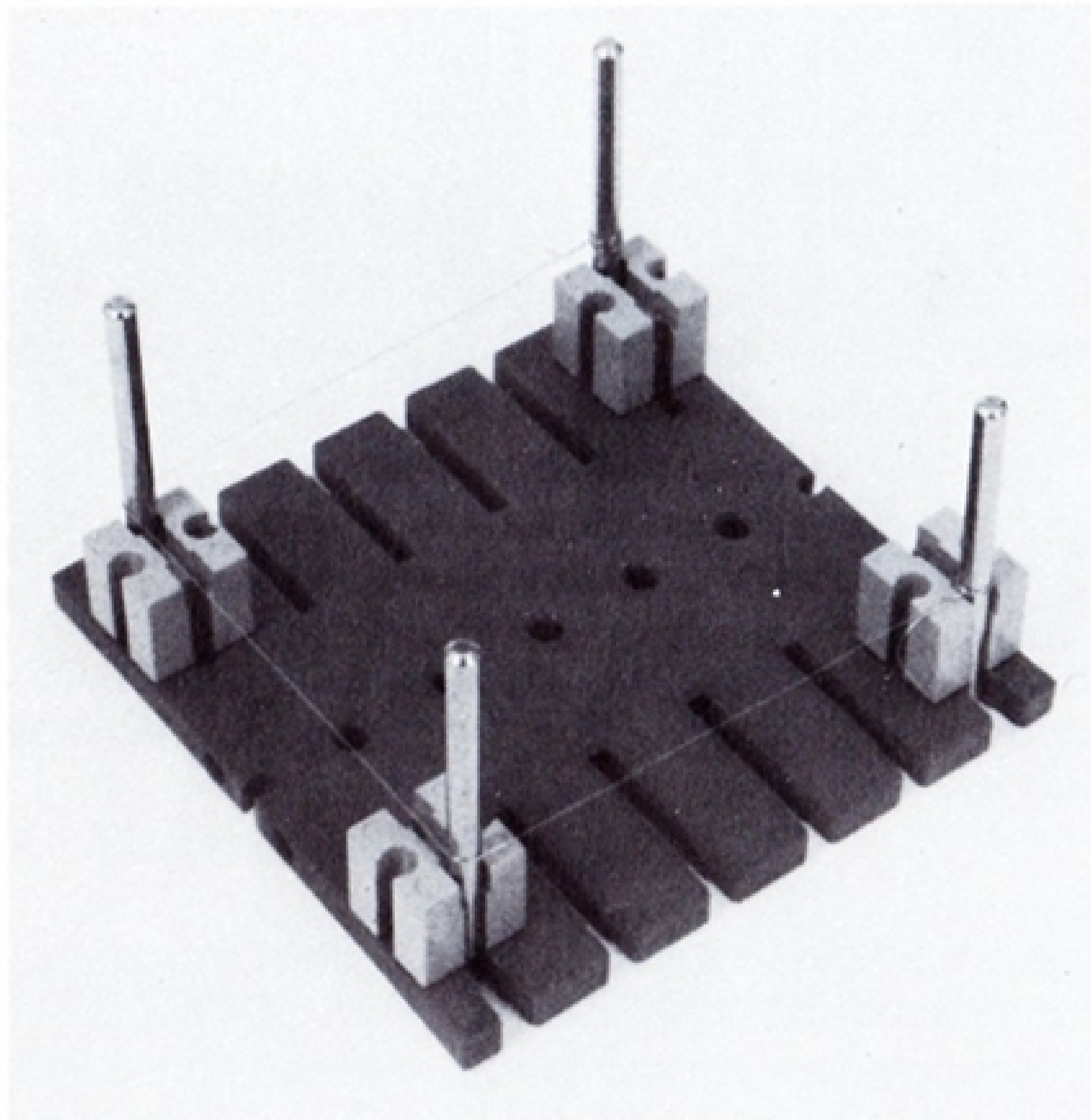


Abb. 13: Detailmodell Stolperdraht

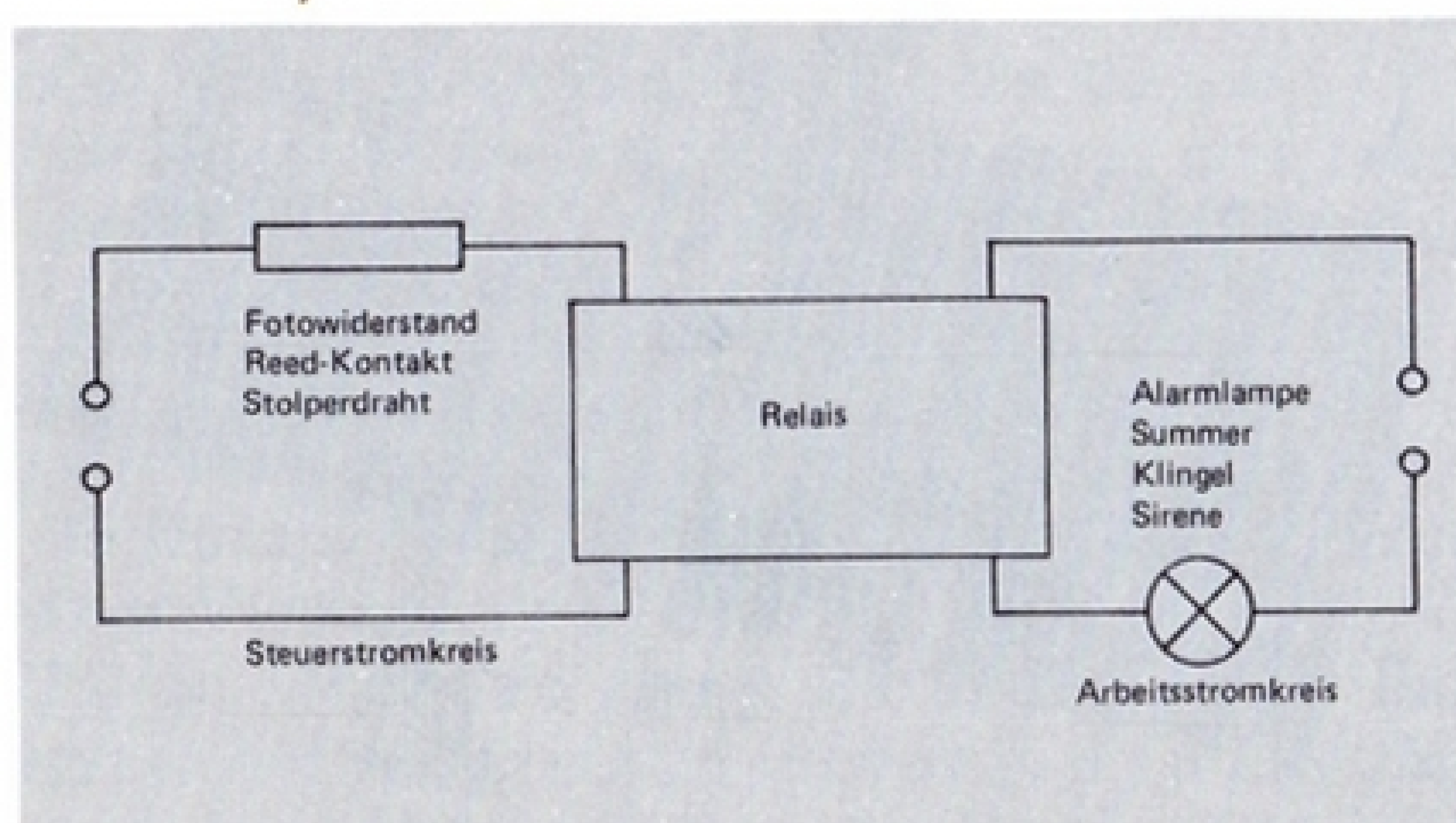


Abb. 14: Tafelskizze zur Entwicklung der Schaltung

In den Anlagen *ohne Relais* leuchtet die Alarmlampe, wenn

- der Magnet vor dem Reedkontakt ist;
- der Fotowiderstand beleuchtet ist;
- der Stolperdraht gespannt ist.

So kann die Alarmanlage nicht zweckmäßig funktionieren.

In den Anlagen *mit Relais* leuchtet die Alarmlampe, wenn

- der Fotowiderstand abgedunkelt ist (die Lichtschranke unterbrochen ist);
- der Magnet von dem Reedkontakt entfernt wurde;
- der Stolperdraht gerissen ist.

Dies ist eine Abfolge, wie sie in der Alarmanlage benötigt wird.

Weil diese Abfolge nur mit Relais möglich ist, wird zum Bau der Alarmanlage ein Relais benötigt. Die Abb. 7 zeigt die Schaltskizze zu den Modellen in Abb. 2, 3 und 6. Bei dieser Demonstration ging es nur darum, den Schülern die Notwendigkeit der Verwendung eines Relais verständlich zu machen. Auf Steuer- und Arbeitsstromkreis, auf Arbeits- und Ruhekontakt konnte hier nicht eingegangen werden. An dieser Stelle wären die Schüler durch so weitgehende Erörterungen verwirrt worden. Außerdem war deutlich zu spüren, daß die Schüler endlich mit dem Bau der Alarmanlage anfangen wollten.

Das Tafelbild (Abb. 5) wurde um die Position 4 (Relais) ergänzt.

#### 4.3 Bauen der Alarmanlage

Der Arbeitsauftrag wurde wie folgt formuliert: Baut eine Alarmanlage. Wenn eine Person in den Raum eindringt, soll der Alarm gegeben werden. Dies soll zuverlässig, schnell und unmißverständlich geschehen. Benutzt als Meldeelement zunächst eine Glühlampe. Später könnt ihr sie dann durch eine Klingel oder einen Summer ersetzen. Baut Anlagen mit verschiedenen Auslöseteilen. Später werden wir ausprobieren, ob die Anlagen den Anforderungen entsprechen.

#### Beobachtungen und notwendige Hilfen während des Bauens

Die Schüler hatten zunächst Schwierigkeiten, den Reedkontakt in Bausteinen zu befestigen. Als Hilfe zeigte der Lehrer ein Detailmodell (Abb. 12), das die Befestigung zeigt. Andere hatten keine Vorstellung, wie sie einen Stolperdraht anbringen und befestigen können. Ihnen half ein Detailmodell wie in Abb. 13. Neben den oben genannten Schwierigkeiten war es nicht einfach, die Bauteile entsprechend der Zwecksetzung in einer Schaltung miteinander zu verknüpfen. Die Schüler probierten, zum Teil planlos, ein-



fach verschiedene Kombinationsmöglichkeiten aus und waren zufrieden, wenn die Lampe überhaupt leuchtete. Solche Schüler wurden aufgefordert, zunächst eine Schaltskizze anzufertigen und dabei die Schaltung zu überlegen. Als Hilfe wurde der Umriss des Relais an die Tafel gezeichnet und dazu die Begriffe Steuerstromkreis und Arbeitsstromkreis eingefügt. Die Schüler fanden dann schnell, die Glühlampe (die Klingel, der Summer) soll arbeiten, nämlich die Einbrecher melden. Die Glühlampe muß also auf die rechte Seite. Gesteuert werden soll die Glühlampe durch den Fotowiderstand, den Stolperdraht oder den Reedkontakt. Diese Teile müssen also nach links. Diese Überlegungen führten zu einer Schaltskizze (Abb. 14). In den Arbeitsgruppen vervollständigten die Schüler die Skizze und versuchten dann die Schaltungen entsprechend aufzubauen.

#### 4.4 Erproben und Beurteilen der Anlagen

Nachdem die Schüler mit dem Bauen fertig waren, wurden sie aufgefordert, sich mit ihren Modellen um drei zusammengestellte Tische zu versammeln. Hier erhielten sie Gelegenheit, ihre Modelle vorzustellen, die Funktionsweise zu zeigen und zu erläutern. Die Abbildungen (Abb. 15–19) zeigen je ein Beispiel für die verschiedenen Typen. Alle Anlagen funktionierten in der geforderten Weise. Die bereitstehenden Klingeln und Summer (Abb. 20, 21) konnten angeschlossen werden. Das Geräusch bestätigte die Funktionstüchtigkeit. Das Beschreiben (in der Form „Wenn . . . , dann . . .“) bereitete ebenfalls keine Schwierigkeiten.

Die Schüler stellten jedoch fest, daß sich die Anlagen erheblich unterscheiden:

- Anlagen in der Art Abb. 16 und 17 (Stolperdraht) funktionieren gut. Man muß die Anlage jedoch nach jedem Alarm erst wieder herrichten (den Stolperdraht erneut ausspannen), damit die Anlage wieder betriebsbereit ist.

Vorteil: Man kann den Draht (fast) beliebig lang machen und so auch ein großes Gebiet (z. B. einen Garten) überwachen. Man kann den Draht auch mehrmals in unterschiedlichen Höhen oder in unterschiedlichen Abständen hin- und herführen. Dann kann der Eindringling nicht einfach darunter durchkriechen oder darübersteigen.

- Anlagen nach der Art Abb. 15 (Fotowiderstand, Lichtschranke) geben immer nur so lange Alarm, wie die Lichtschranke unterbrochen ist. Geht man schnell hindurch, so gibt die Anlage nur eine ganz kurze Zeitspanne Alarm.

- Anlagen nach der Art Abb. 18 (Reedkontakt) geben so lange Alarm, wie der Magnet weggedreht

ist (die Tür oder das Fenster offen ist). Schließt der Einbrecher das Fenster wieder, so hört der Alarm auf.

Vorteil: In das Fenster oder die bewegliche Tür braucht keine elektrische Leitung verlegt zu werden. Es genügt, ein kleines Stückchen Holz in der Größe des Magneten aus dem Türblatt oder dem Fensterflügel auszufräsen. Den Rest der Anlage, einschließlich der elektrischen Leitungen, kann man in der Mauer verstecken. Die Klingel kann an einer Stelle angebracht werden, wo sie nicht sichtbar ist.

- Bei allen Modellen fehlt eine Möglichkeit, die Anlage auszuschalten, wenn sie nicht benötigt wird. Man müßte noch einen Schalter einbauen, mit dem dieses Ausschalten möglich ist. Sofort kam jedoch der Einwand, daß man diesen Schalter gut verstecken muß, sonst könnte der Einbrecher die Alarmanlage abstellen.

- Bei allen Anlagen kann man nicht unmittelbar

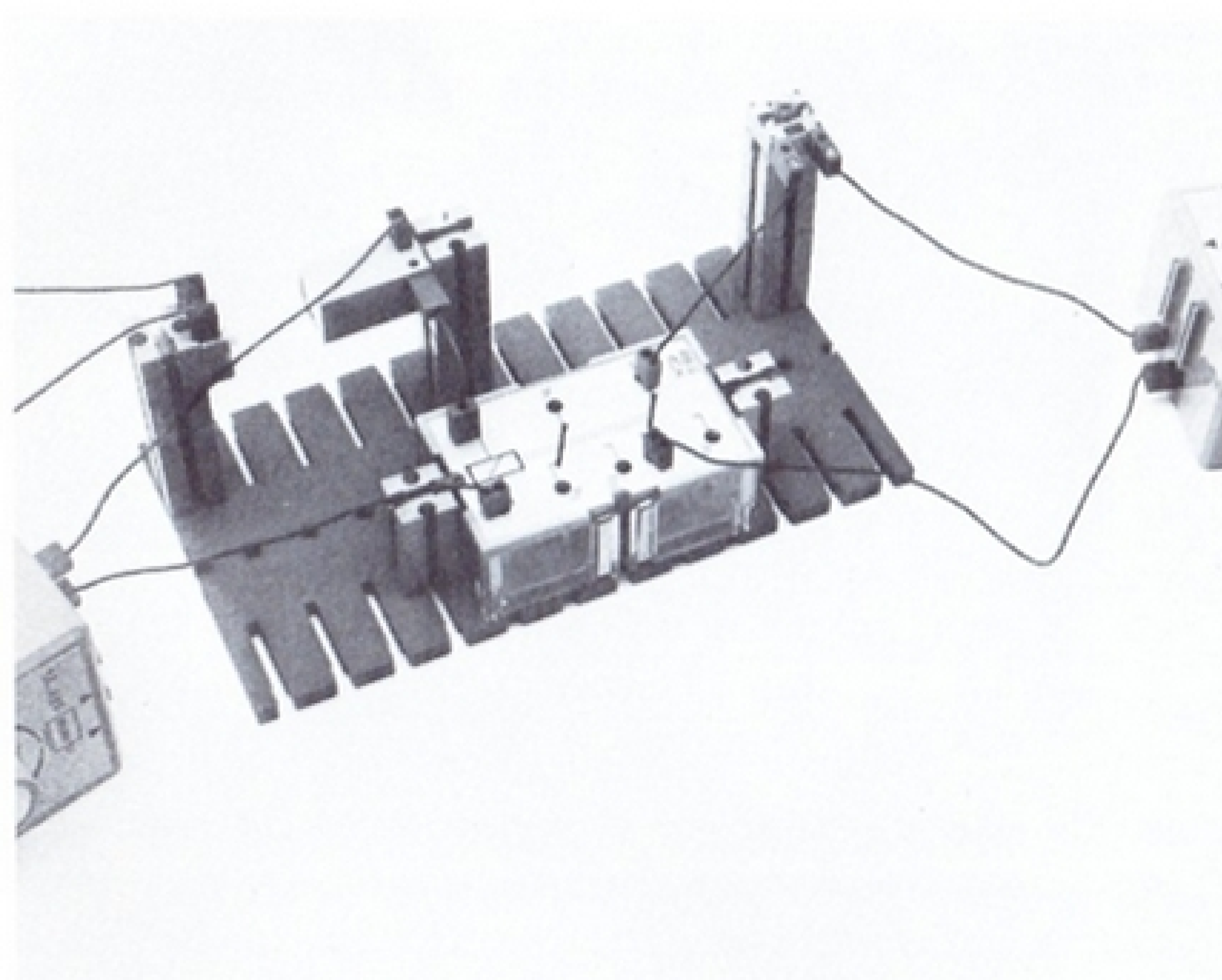


Abb. 15: Alarmanlage mit Lichtschranke als Auslöseteil

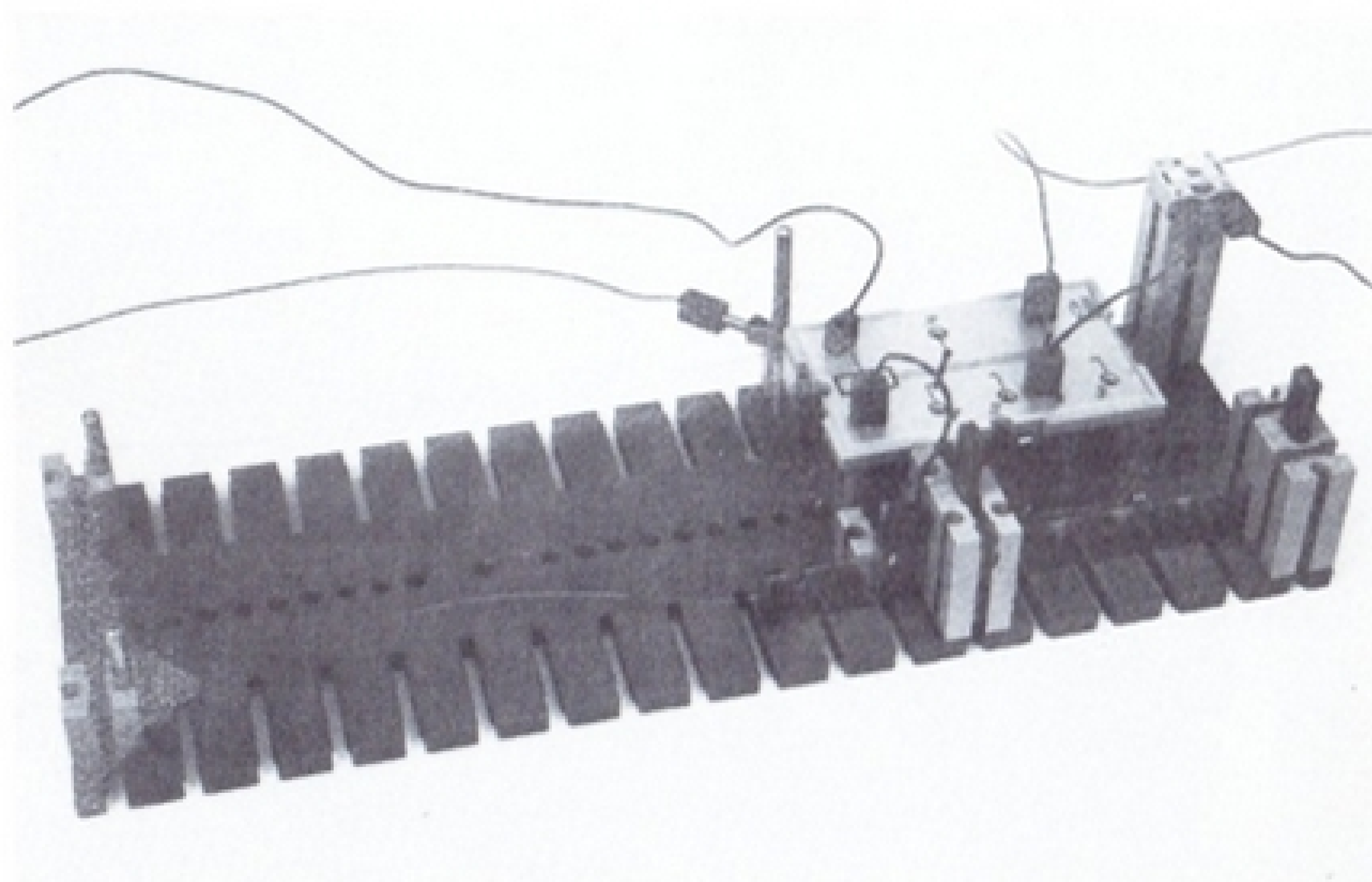


Abb. 16: Alarmanlage mit Stolperdraht. Der Schüler hat eine besonders zweckmäßige Befestigung des Stolperdrahtes gefunden: Er hat ihn zwischen zwei Blattfedern eingeklemmt. Bei geringstem Zug löst er sich.

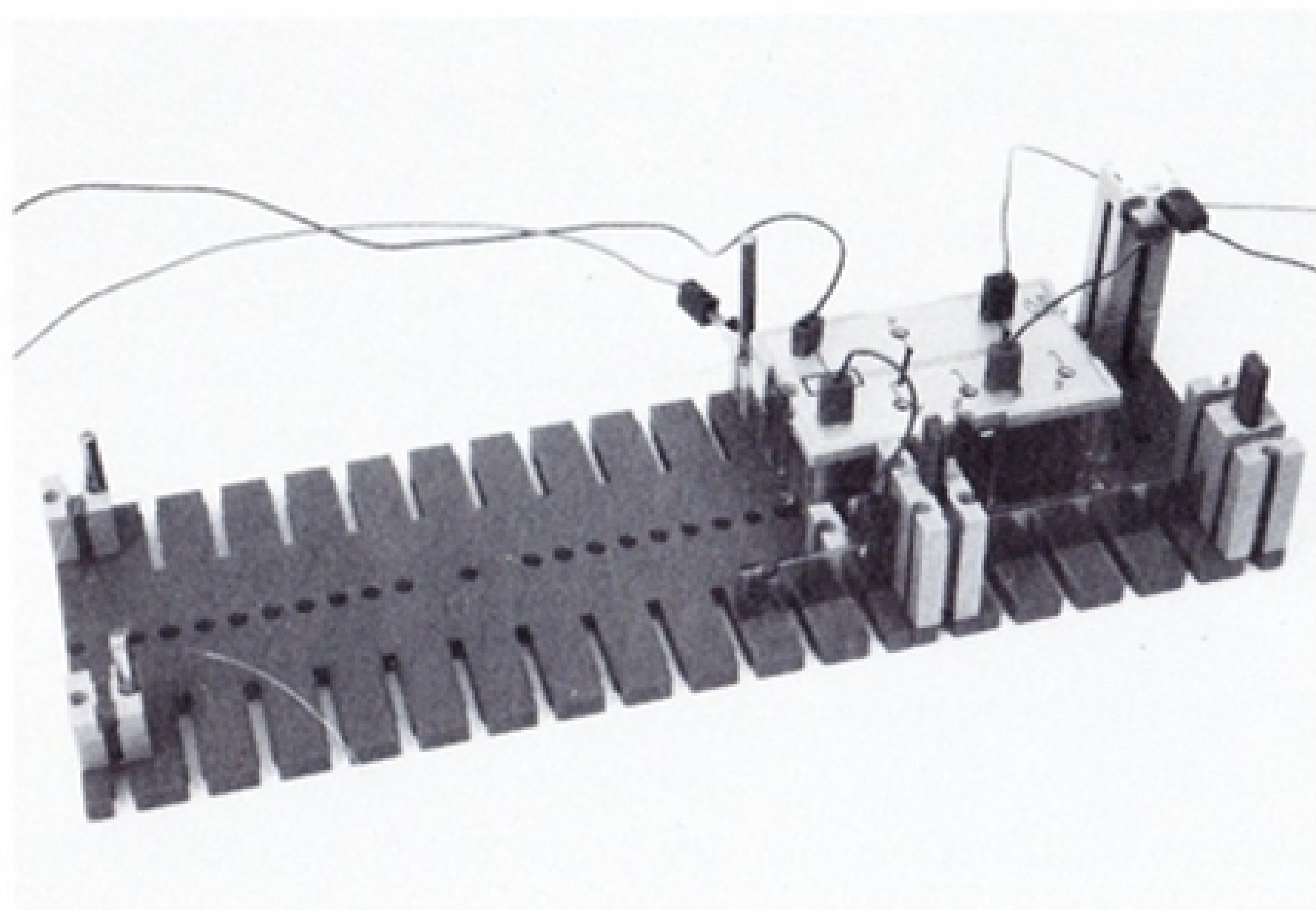


Abb. 17: Der Draht ist aus der Halterung gerissen, der Alarm ist ausgelöst.

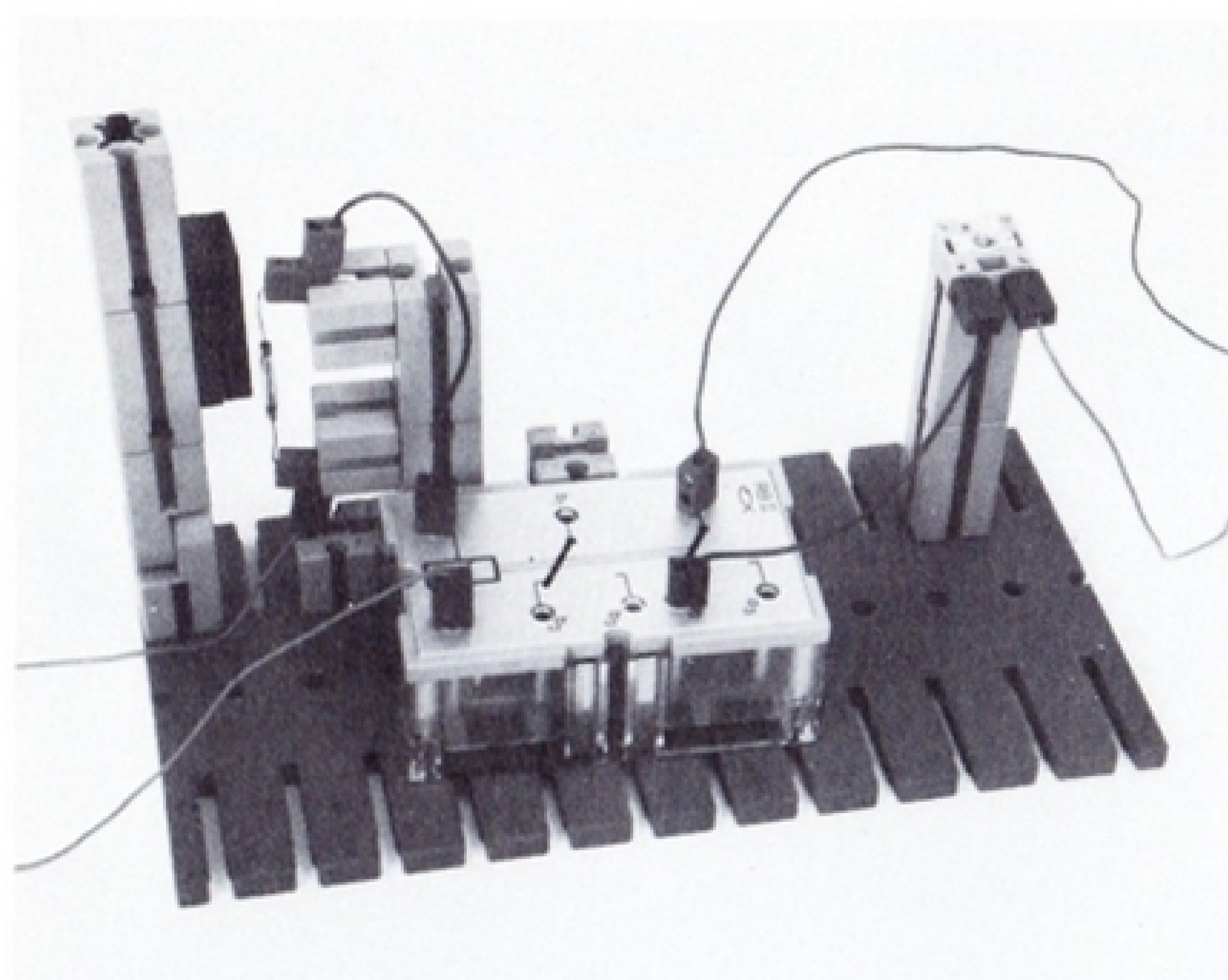


Abb. 18: Alarmanlage mit Reedkontakt: Mit Hilfe des Gelenksteinnes kann der Dauermagnet nach vorn oder hinten geschwenkt werden. Der Schüler wollte damit modellhaft das Kippen eines Fensterflügels darstellen.

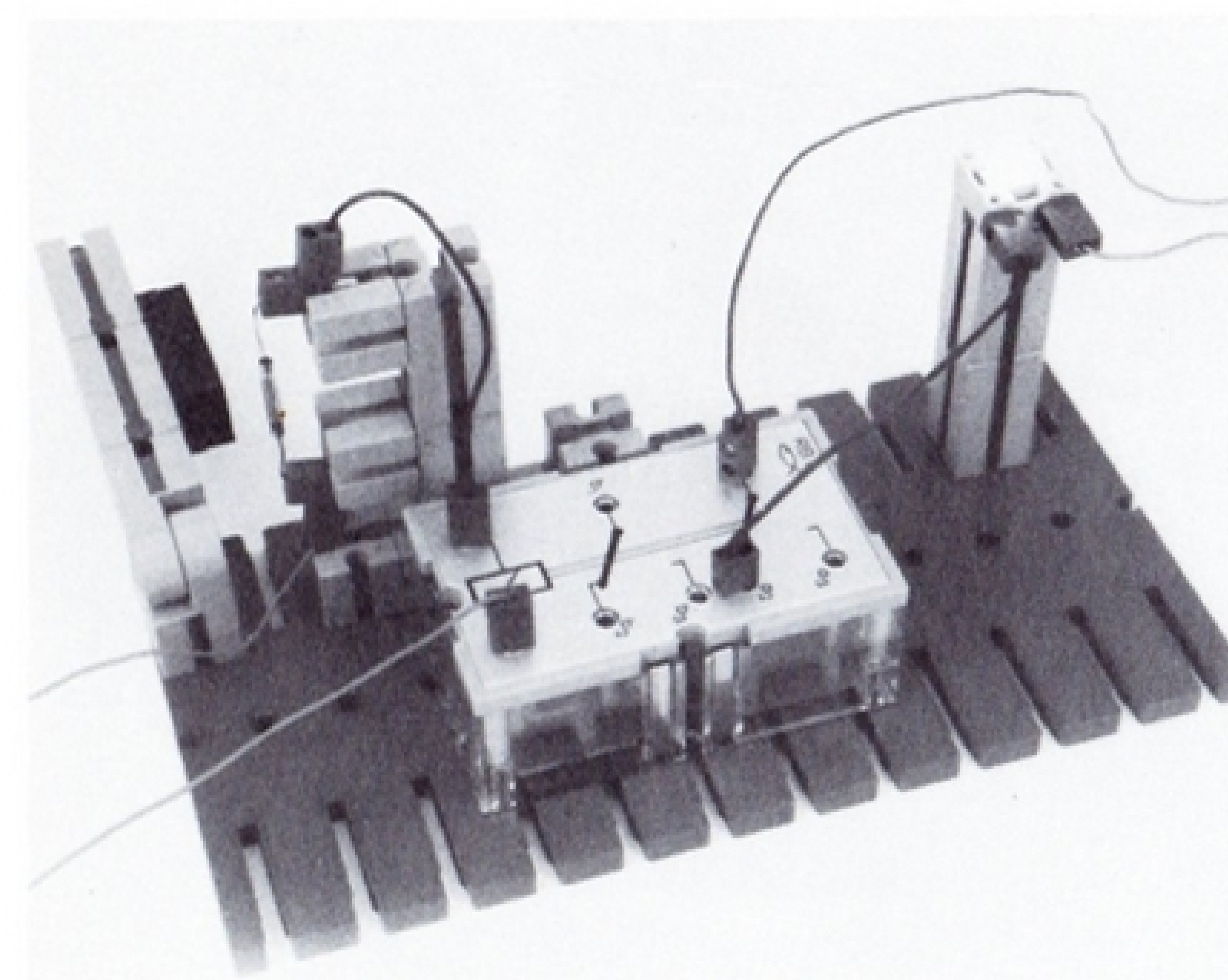


Abb. 19: „Der Einbrecher hat das Fenster geöffnet.“ Der Alarm ist ausgelöst.

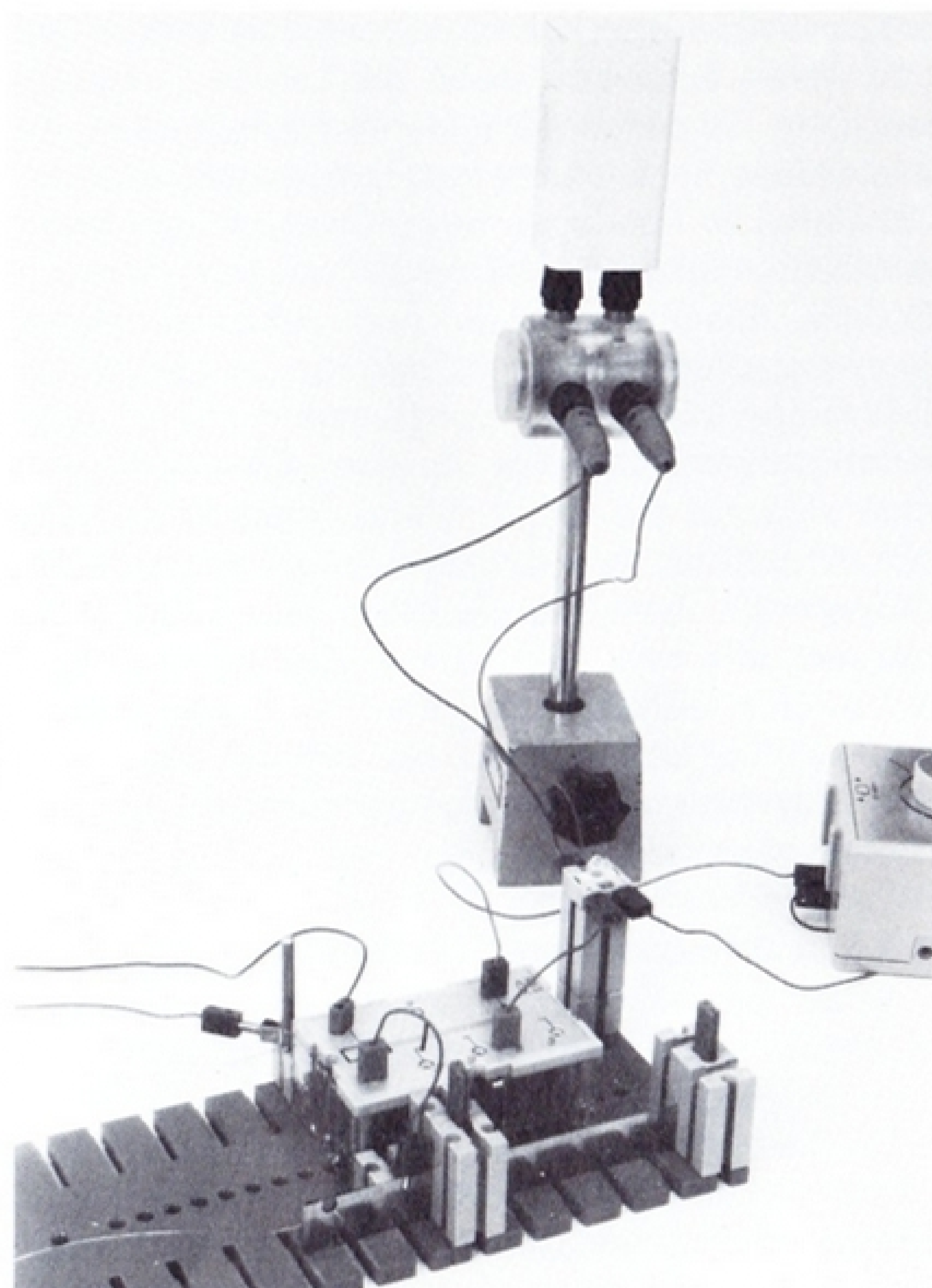


Abb. 20: Alarmanlage mit zusätzlich angeschlossenem Summer. Er liegt parallel zur Alarmlampe.

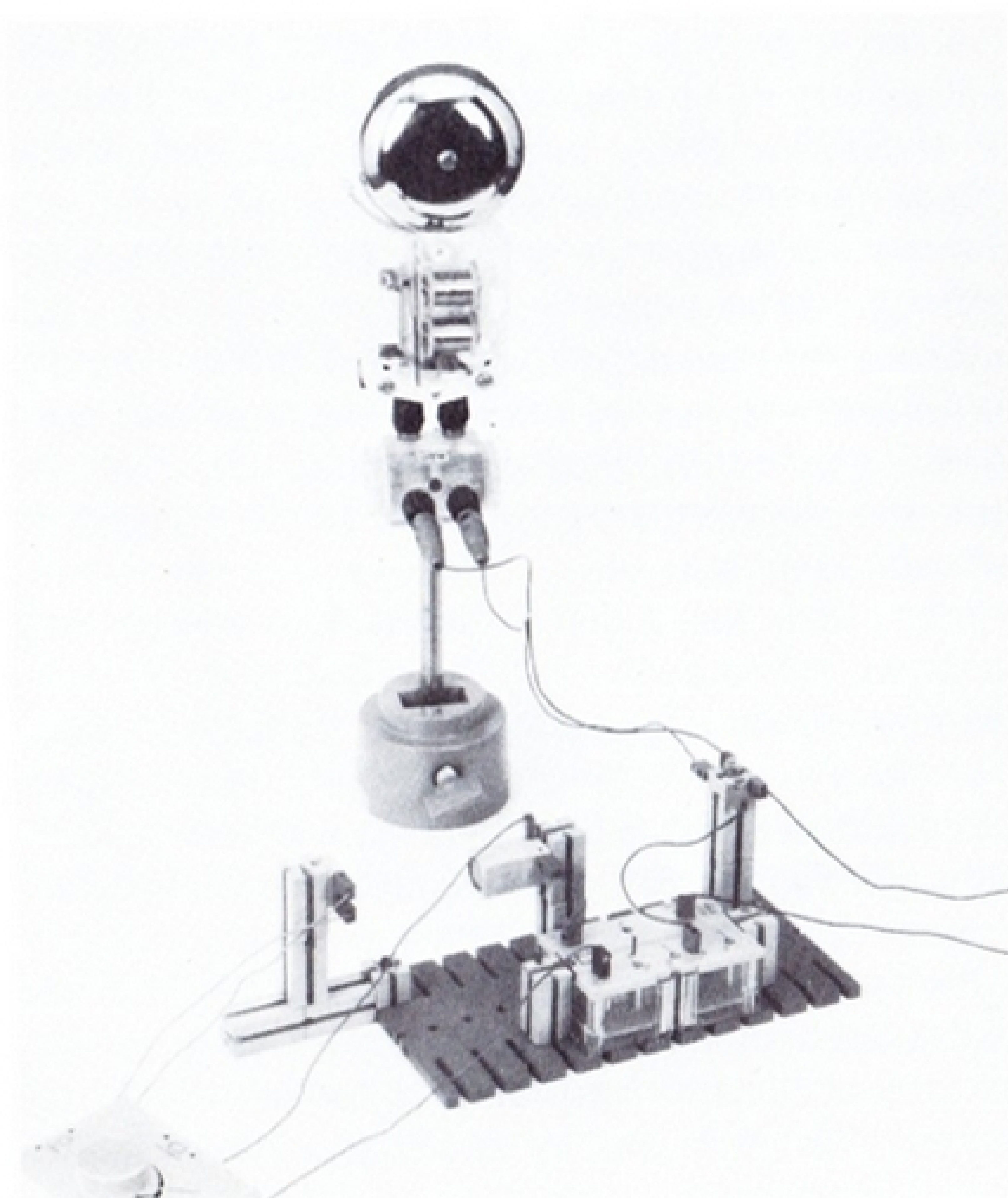


Abb. 21: Modell einer Alarmanlage mit Lichtschranke, Alarmlampe und Klingel

feststellen, ob die Anlage eingeschaltet und betriebsbereit ist. Man braucht eine Kontrolllampe, die die Betriebsbereitschaft anzeigt. Sonst vergißt man, sie nach dem Ausschalten wieder einzuschalten.

– Eine Stromversorgung mit Batterie oder Akku ist günstiger als eine Stromversorgung über das Netzgerät. Die Anlage funktioniert auch dann, wenn der „Strom ausfällt“. Dies ist allerdings teurer, weil man oft neue Batterien kaufen muß. Auch den Akku muß man immer wieder neu laden und nach einigen Jahren durch einen neuen ersetzen.

– Wenn die Anlage eingeschaltet ist, fließt im Steuerstromkreis ein kleiner Strom. Für die Stromquelle ist das eine zwar geringe, aber eine ständige Belastung. Wegen der notwendigen Umkehrung (wenn der *Steuerstromkreis unterbrochen* wird, soll der *Arbeitsstromkreis geschlossen* werden) ist diese Belastung der Stromquelle unvermeidbar.

Zur Klärung der in den Modellen enthaltenen Schaltung wurde nun auch die Schaltskizze an der Tafel vervollständigt (Abb. 22). Dabei wurden besonders die beiden getrennten Stromkreise herausgearbeitet und auf die Ähnlichkeit aller Schaltungen hingewiesen.

#### 4.5 Verbessern und Erweitern der Anlage

Nach dieser Besprechung erhielten die Schüler Gelegenheit, die entwickelten Vorschläge zu realisieren. Der Einbau einer Kontrolllampe wurde gemeinsam erörtert. Das Einzeichnen in die Schaltskizze brachte die Klärung (Abb. 23–25).

Der Einbau des Schalters zum Abstellen der Anlage war zunächst umstritten. Soll man einen oder zwei Schalter einbauen? Die Schüler waren rasch überzeugt, daß es unzweckmäßig ist, nur in den Steuerstromkreis einen Schalter einzubauen. Ihn jedoch nur in den Arbeitsstromkreis einzubauen, befriedigte die Schüler auch nicht. Sie sahen zwar ein, daß es keinen Alarm mehr geben kann, wenn man den Arbeitsstromkreis mit einem zusätzlichen Schalter unterbricht. Sie meinten aber, daß die Anlage so eben nicht vollständig ausgeschaltet sei. Zwei Schalter einzubauen, hielten sie auch nicht für gut, weil es zu teuer sei.

Der Lehrer zeigte nun zwei Möglichkeiten, wie man beide Stromkreise mit einem Schalter vollständig ausschalten kann: Beide Stromkreise hängen über einen Schalter an einer Stromquelle (Abb. 26, 27) oder beide Stromkreise hängen über einen Schalter

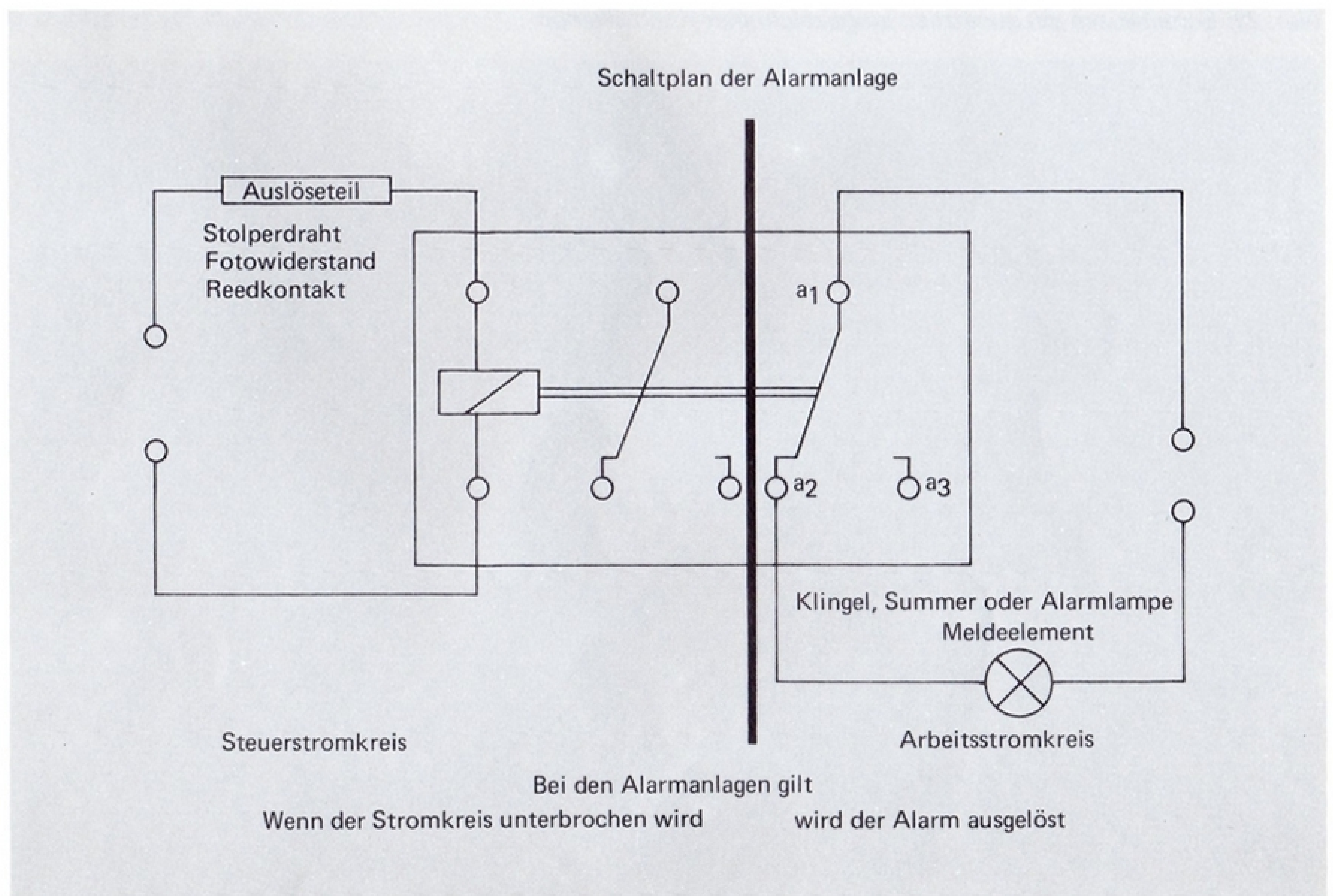


Abb. 22: Tafelbild mit Schaltskizze der Alarmanlagen

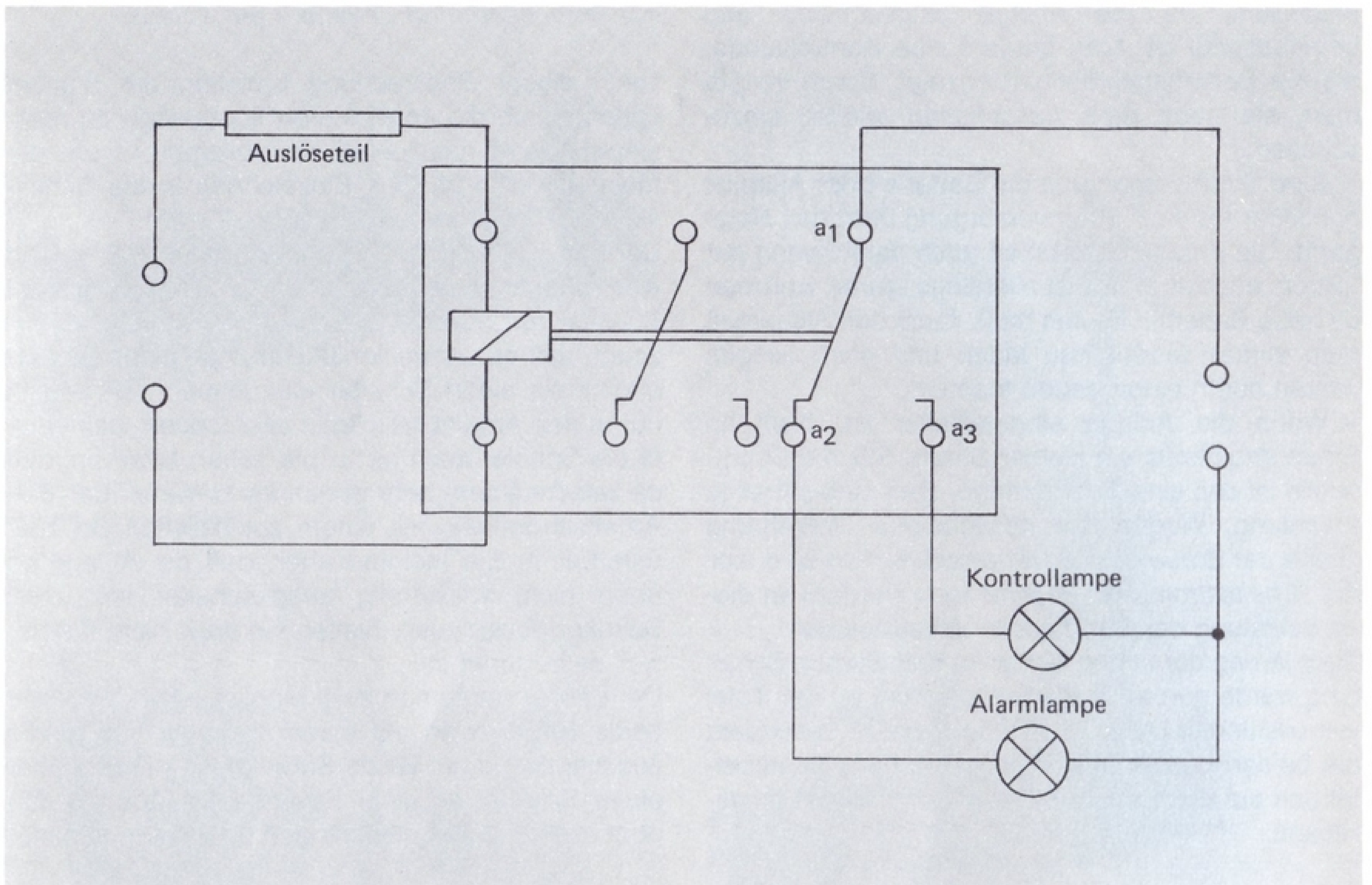


Abb. 23: Schaltskizze mit zusätzlich eingezeichneter Kontrolllampe

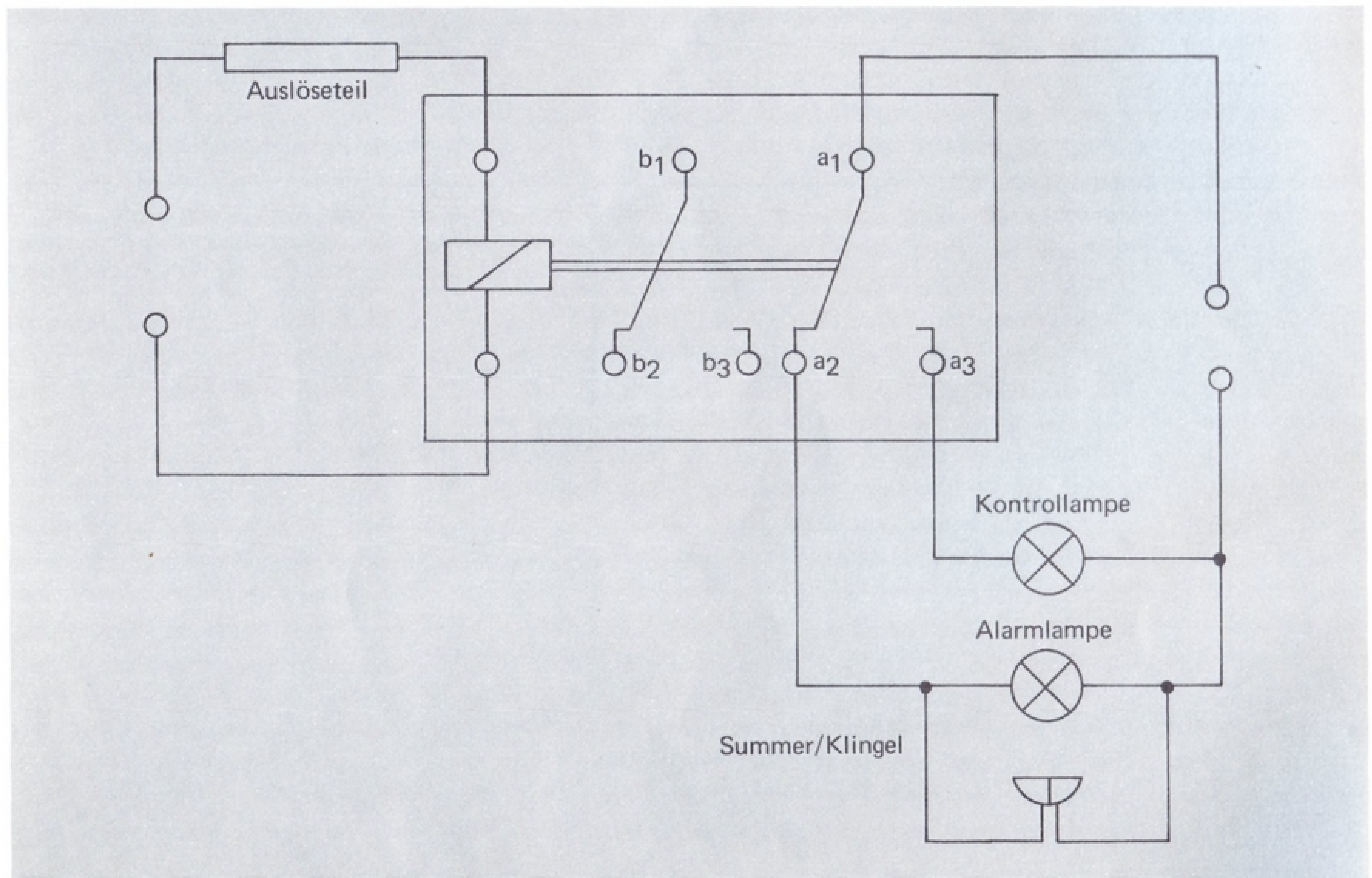


Abb. 24: Schaltskizze mit Kontrolllampe, Alarmlampe und Klingel oder Summer

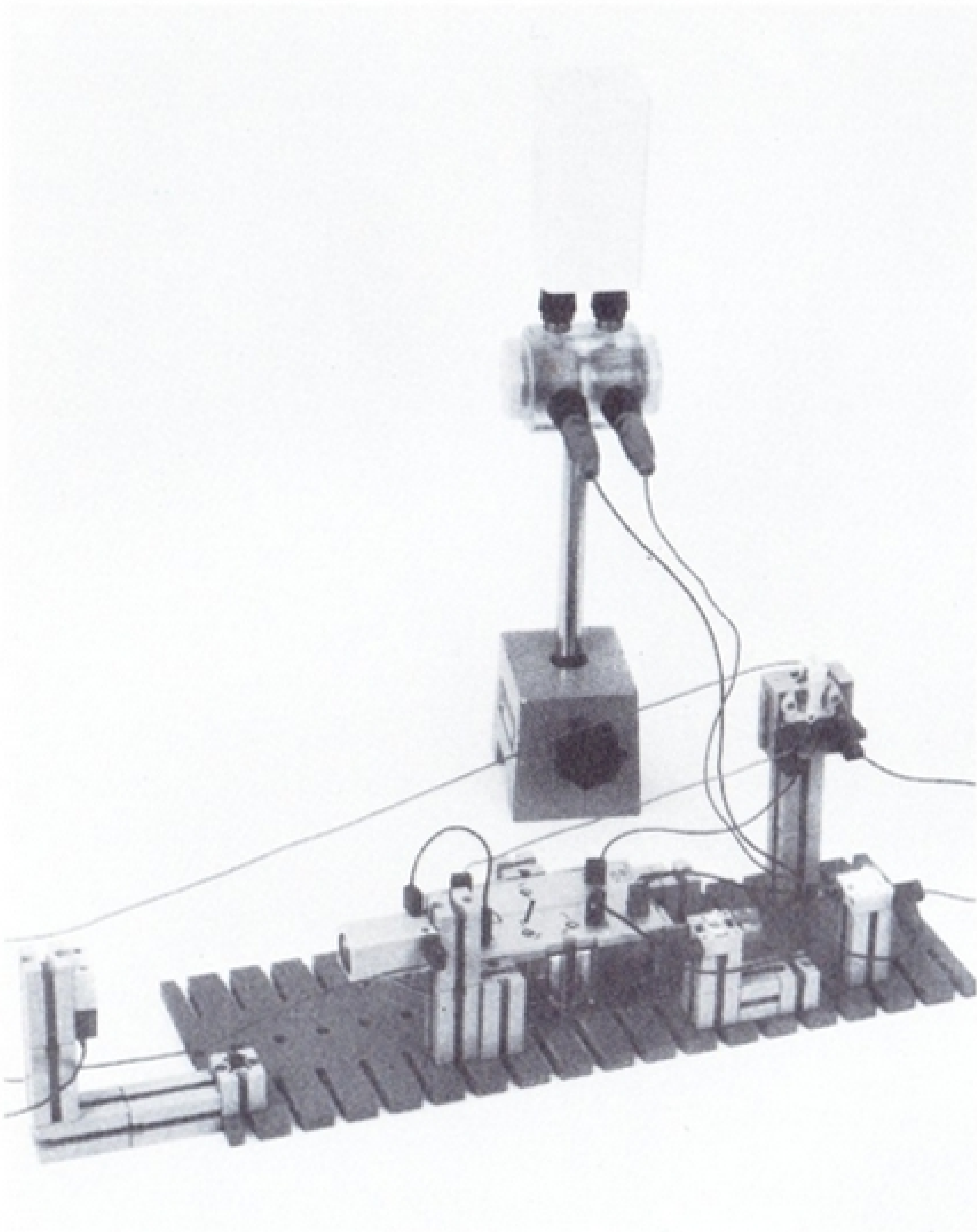


Abb. 25: Modell mit Ein- und Ausschalter und Summer als zusätzlichem Meldeelement.

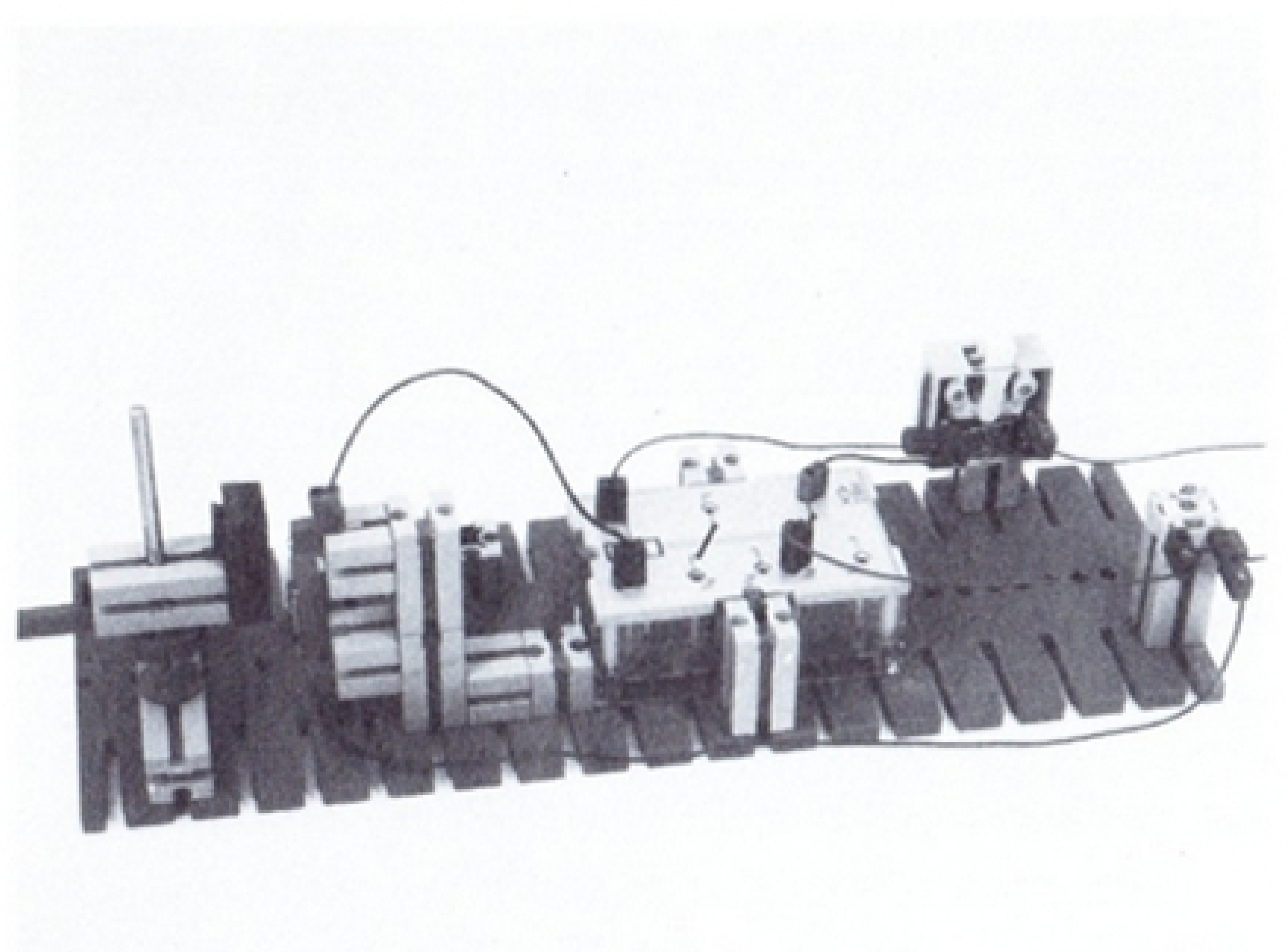


Abb. 26: Alarmanlage mit Ein- und Ausschalter; beide Stromkreise sind über einen Schalter an eine Stromquelle angeschlossen.

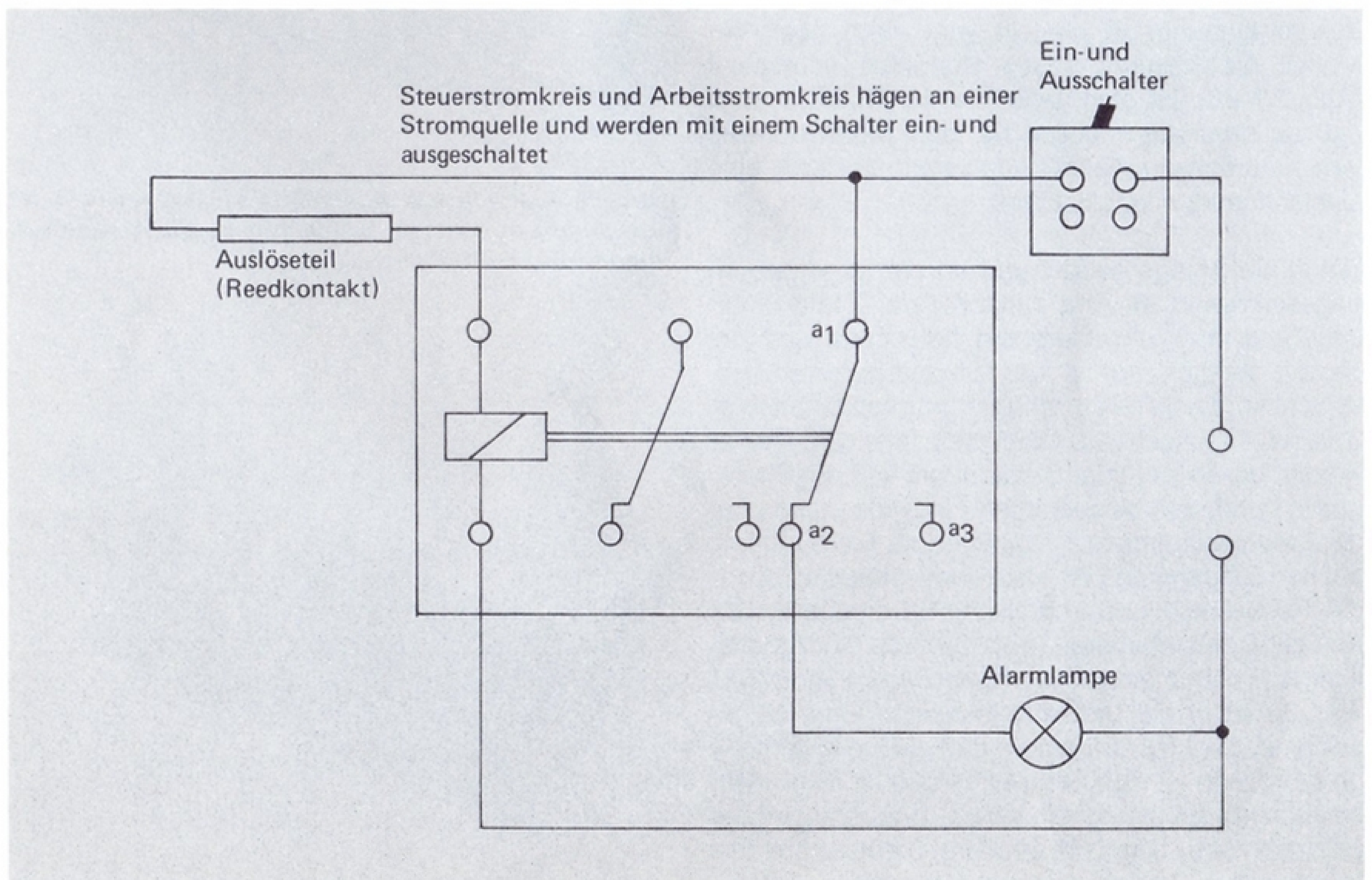


Abb. 27: Schaltskizze zum Modell in Abb. 26

an zwei verschiedenen Stromquellen (Abb. 28–32). Es zeigte sich deutlich, daß durch diese Maßnahmen die Übersichtlichkeit stark leidet. Steuerstromkreis und Arbeitsstromkreis sind nicht mehr so leicht zu unterscheiden. Abb. 30 zeigt eine Arbeit aus dieser Phase des Unterrichts.

Beim anschließenden Vorführen und Beurteilen wurde das Grundsätzliche in den Alarmanlagen und den Schaltungen herausgearbeitet. Dabei stellten die Schüler fest, daß Rauchmelder oder Nebelwarngeräte nach dem gleichen Prinzip arbeiten können: Wenn Rauch oder Nebel zwischen Lichtquelle und Fotowiderstand (also in die Lichtschranke) gerät, wird der Fotowiderstand nicht mehr beleuchtet. Der Steuerstromkreis wird unterbrochen, der Alarm wird ausgelöst.

## 5. Weiterführung

### 5.1 Lichtschranke mit Relais in Selbstsperrung

Aus der Besprechung der Anlagen blieb noch die Frage offen: Wie kann man erreichen, daß auch bei einer Lichtschranke nach einmaligem kurzem Auslösen der Alarm beliebig lange erhalten bleibt? Da diese Frage in dem hier zur Diskussion stehenden Zusammenhang oft gestellt wird, wird noch ein Modell als Lösung dieses Problems vorgestellt (Abb. 33–36). Es ging dabei nur darum, zu zeigen, daß es durchaus möglich ist, den Alarm beliebig lange aufrechtzuerhalten, auch wenn er durch eine Lichtschranke ausgelöst wird.

Wenn die Anlage gebaut und an die Stromquellen angeschlossen ist, wird zunächst der Taster betätigt. Sind der Fotowiderstand beleuchtet *und* der Taster betätigt, so ist der Steuerstromkreis geschlossen. Das Relais schaltet um (von  $b_2$  nach  $b_3$  bzw. von  $a_2$  nach  $a_3$ ). Läßt man jetzt den Taster wieder los, so fließt der Steuerstrom von der Stromquelle durch den beleuchteten Fotowiderstand über die Zweigleitung nach  $b_1$ – $b_3$ , über die kurze Leitung auf den Eingang des Relais (Hilfsstromkreis), durch die Relaispule und zurück zur Stromquelle. Die Anlage ist betriebsbereit (Abb. 33, 34). Der Arbeitsstromkreis ist unterbrochen (zwischen  $b_3$  und  $b_2$ ). In Abb. 36 ist in die Lichtschranke eine Linie eingezeichnet. Dies soll andeuten, daß die Lichtschranke unterbrochen ist (der Fotowiderstand ist nicht mehr beleuchtet). Es genügt ein kurzes Unterbrechen der Lichtschranke. Dadurch wird der Steuerstromkreis unterbrochen (durch den unbeleuchteten Fotowiderstand fließt kein Strom). Die Relaispule wird

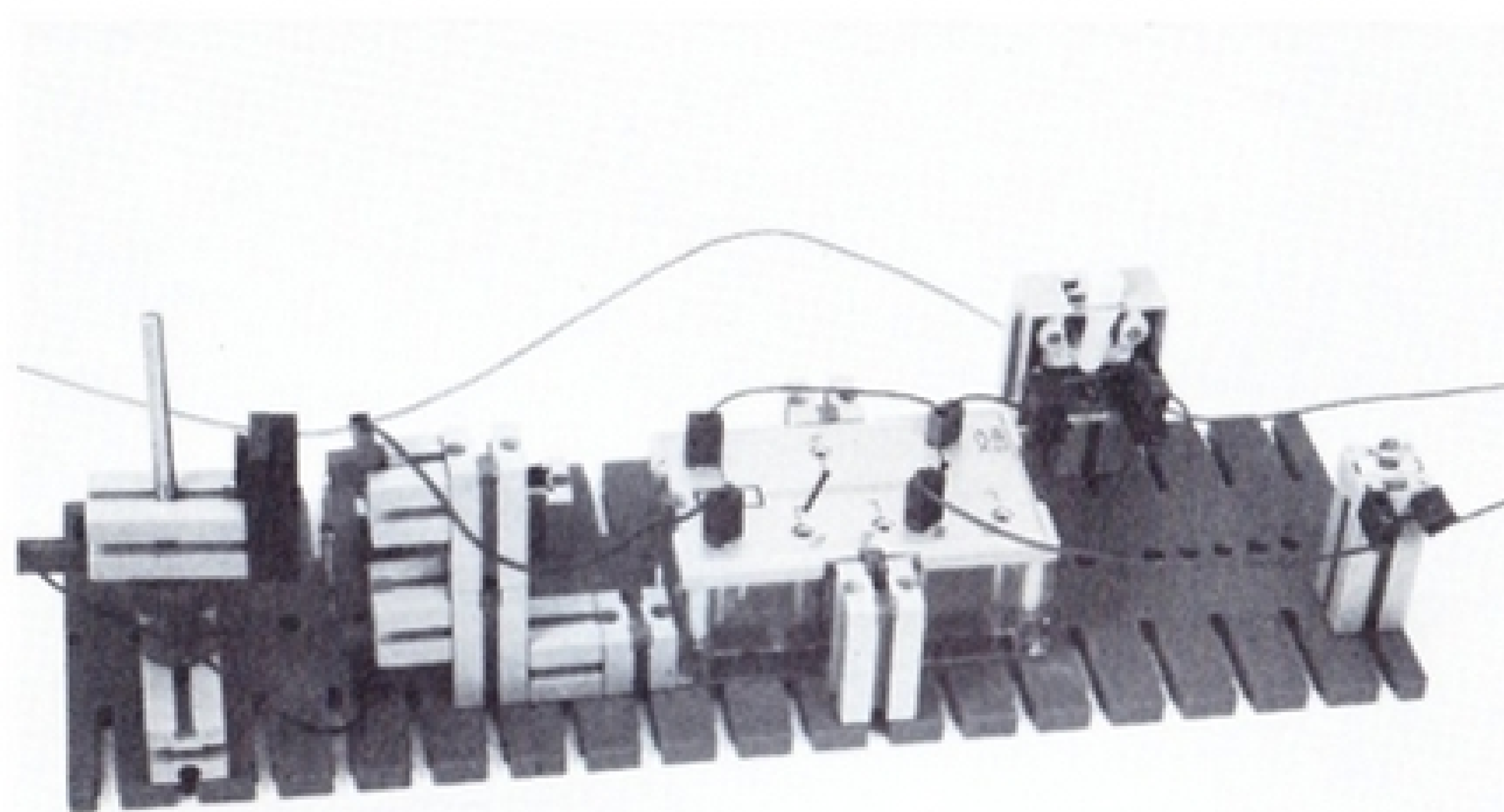


Abb. 28: Alarmanlage mit Ein- und Ausschalter; beide Stromkreise sind über einen Schalter an zwei verschiedene Stromquellen angeschlossen

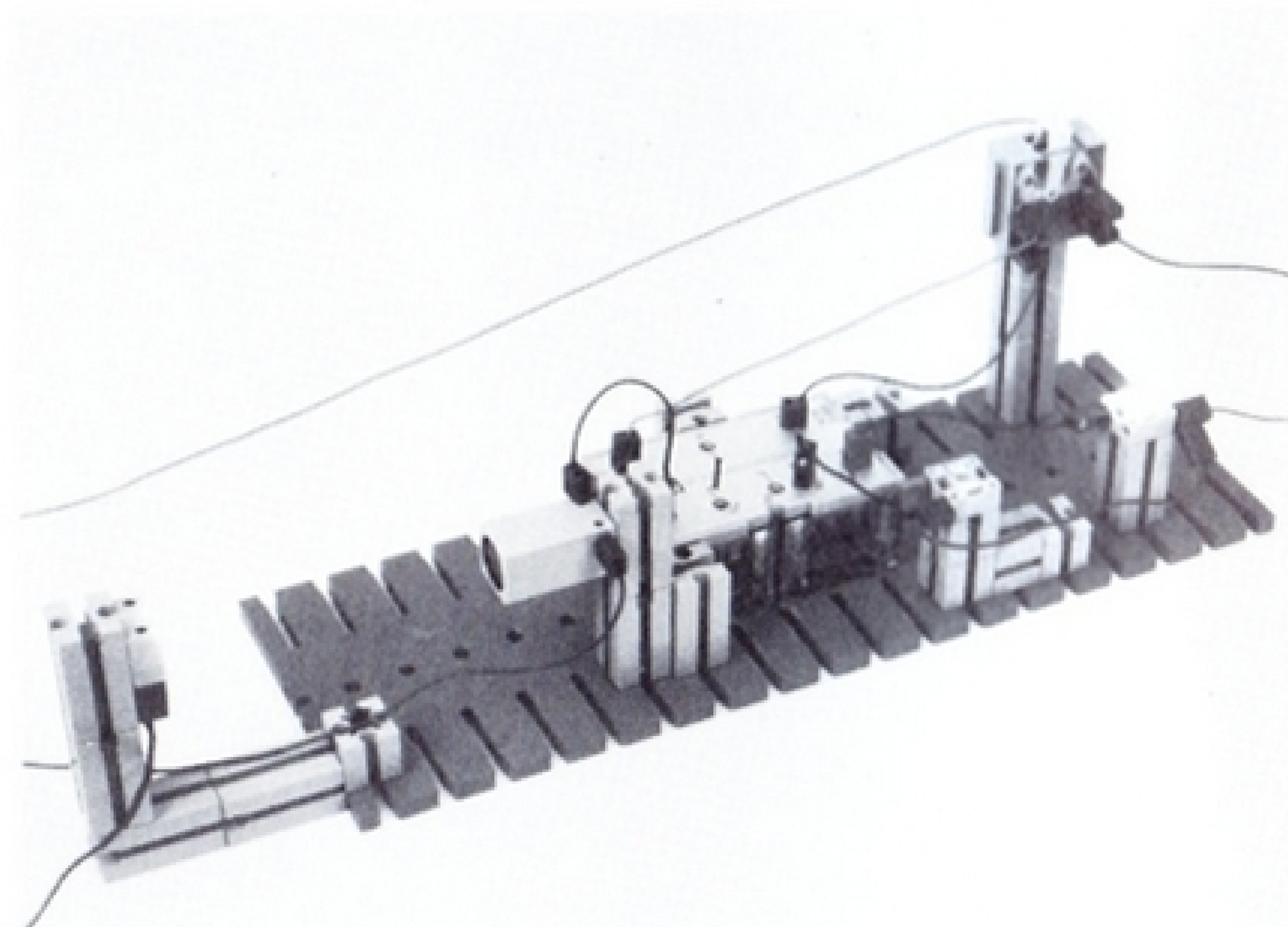


Abb. 29: Alarmanlage mit einem Ein- und Ausschalter für beide Stromkreise, Lichtschranke als Auslöseteil; Alarm- und Kontrolllampe.

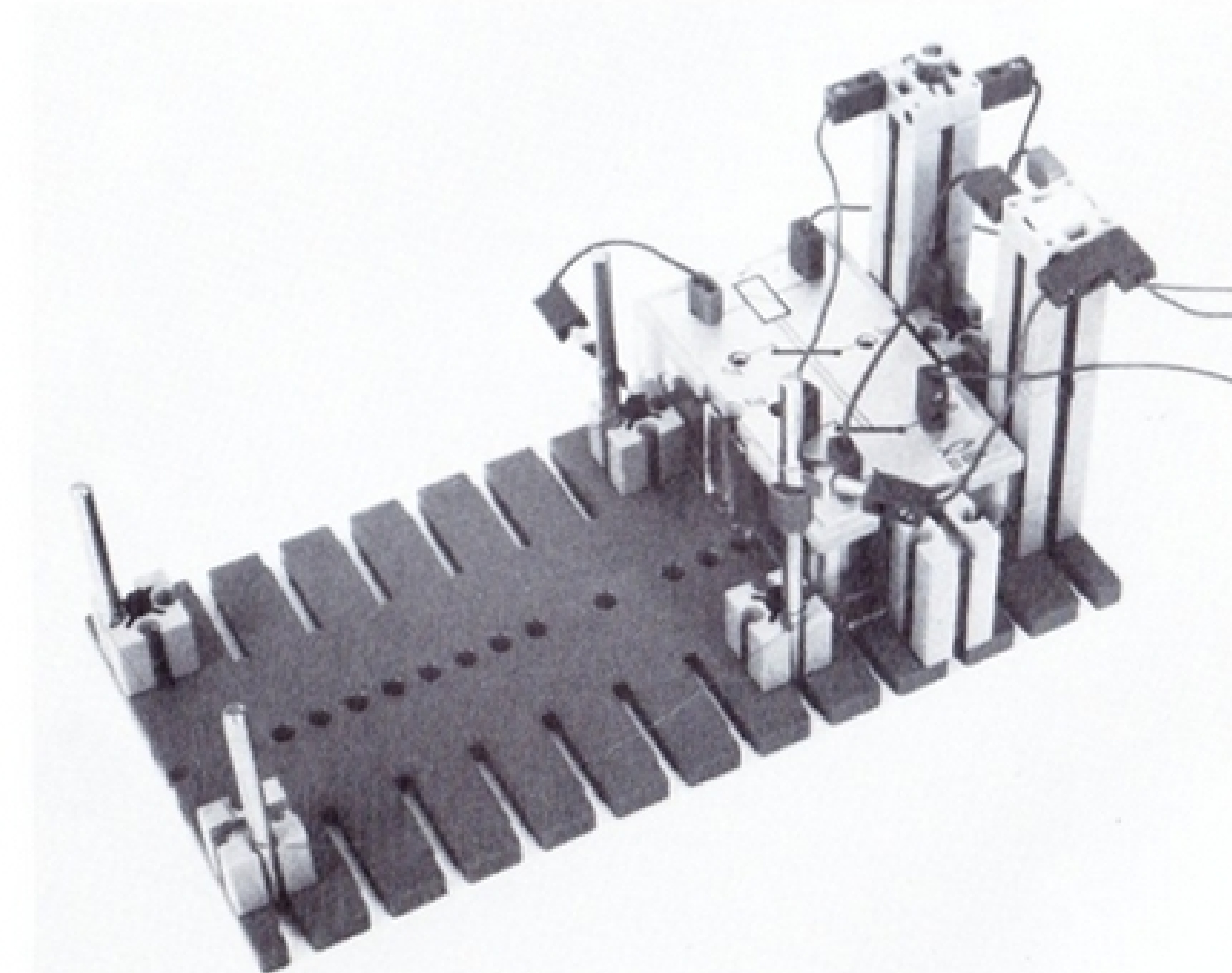


Abb. 30: Alarmanlage mit Stolperdraht als Auslöseteil, Kontrolllampe und Alarmlampe

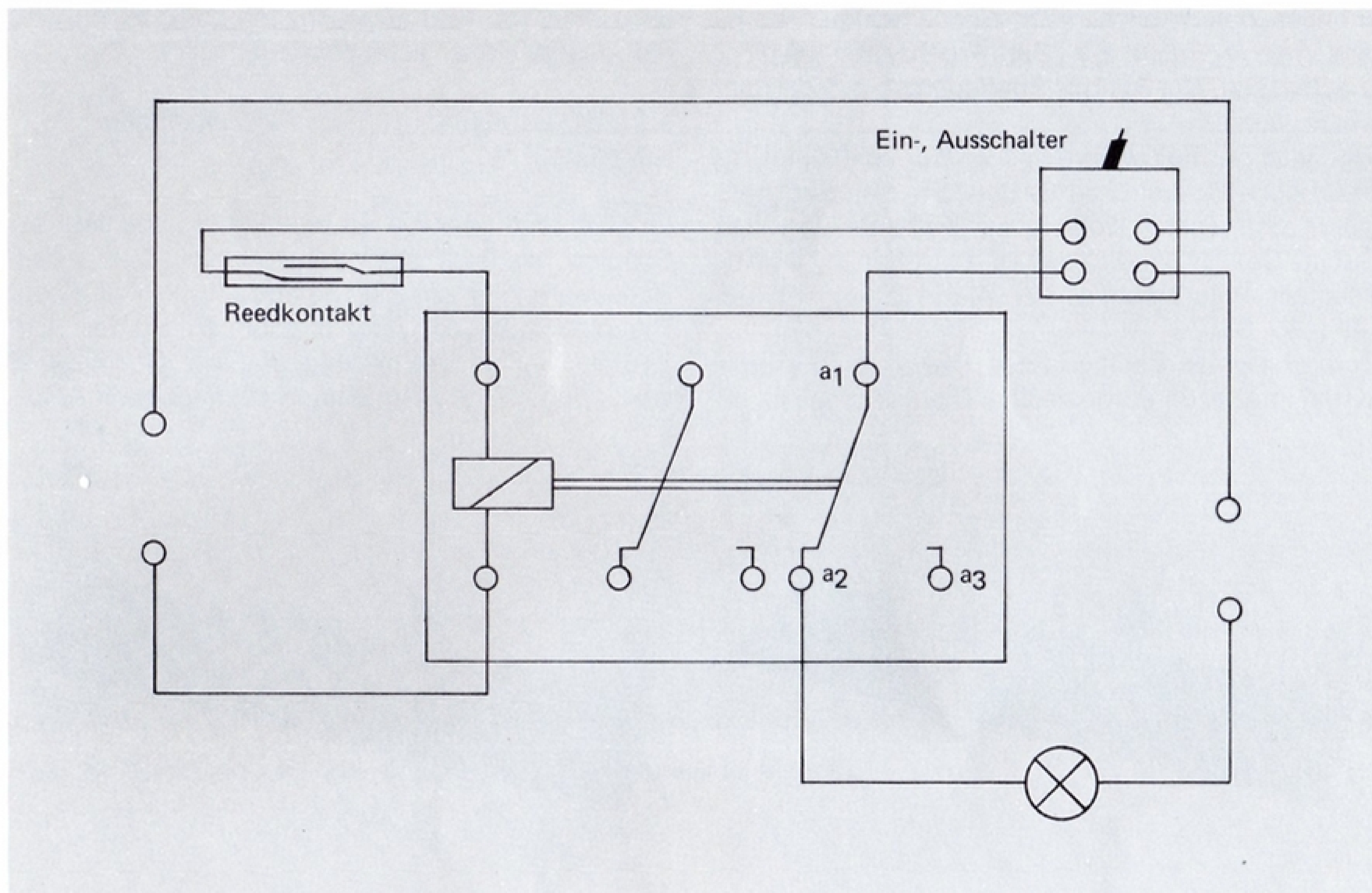


Abb. 31: Schaltskizze zum Modell in Abb. 28

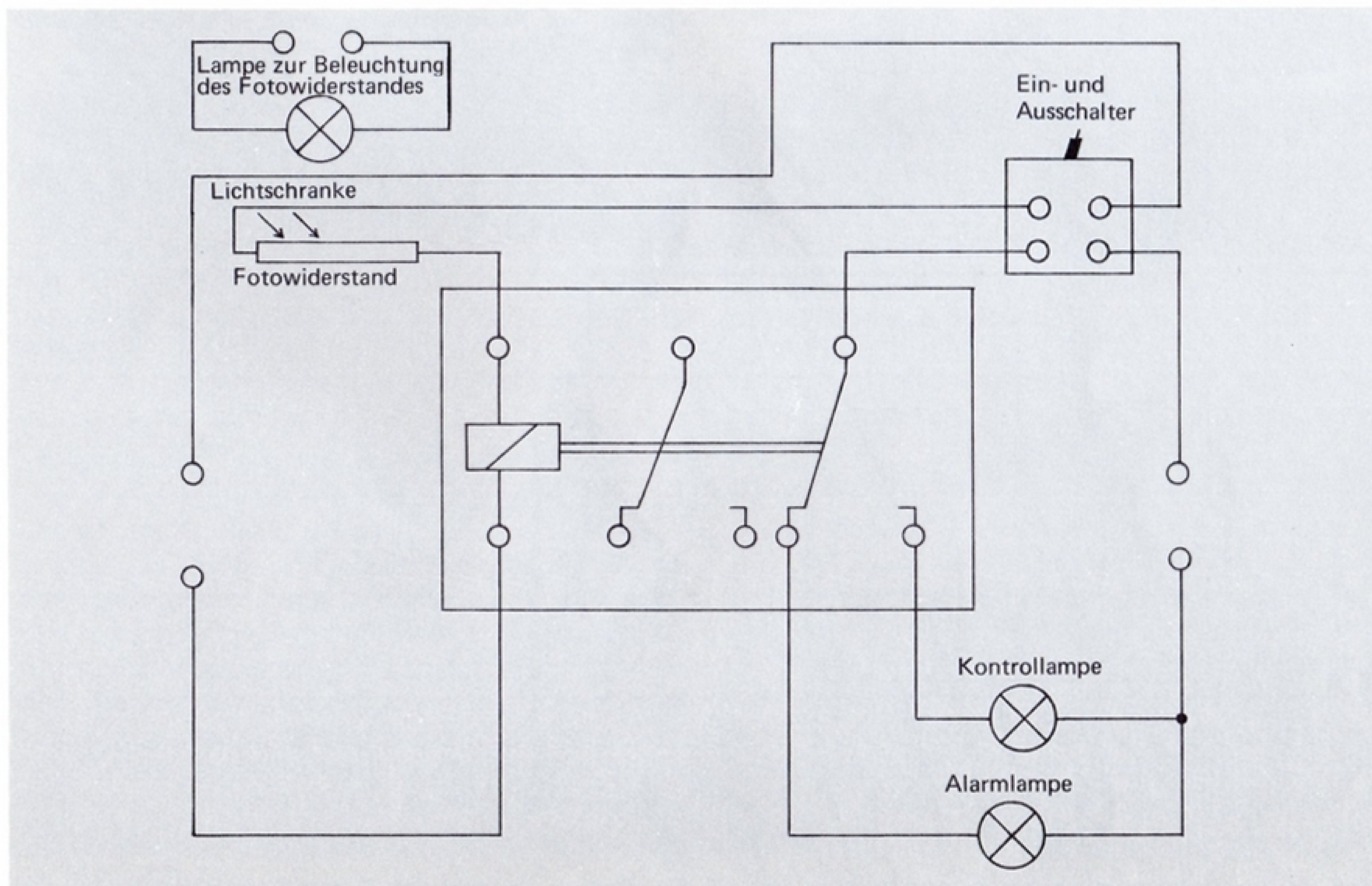


Abb. 32: Verdrahtungsplan zum Modell in Abb. 29

stromlos, das Relais schaltet zurück (von  $b_3$  nach  $b_2$  bzw. von  $a_3$  nach  $a_2$ ). Der Arbeitsstromkreis ist geschlossen. Die Alarmlampe leuchtet, eine Klingel würde läuten.

Wird jetzt der Fotowiderstand wieder beleuchtet, so bleibt der Steuerstromkreis dennoch unterbrochen. Durch den Taster fließt in der Ruhestellung kein Strom. Der Hilfsstromkreis ist zwischen  $b_2$  und  $b_3$  ebenfalls unterbrochen. Der Alarm bleibt erhalten (Abb. 35, 36).

Durch erneutes Betätigen des Tasters wird wieder in den in Abb. 34 dargestellten Zustand umgeschal-

tet. Der Alarm wird abgeschaltet. Gleichzeitig wird die Anlage wieder betriebsbereit.

### 5.2 „Stoßschalter“ mit Relais in Selbsthaltung

Im Gespräch über die Alarmanlagen berichtete ein Schüler, wie sich sein Vater neulich über einen Schaden an seinem Pkw geärgert habe. Auf einem Parkplatz war sein Auto angefahren worden. Der „Täter“ war unerkant weggefahren. Der Schüler wollte daher eine Alarmanlage mit folgenden Anfor-

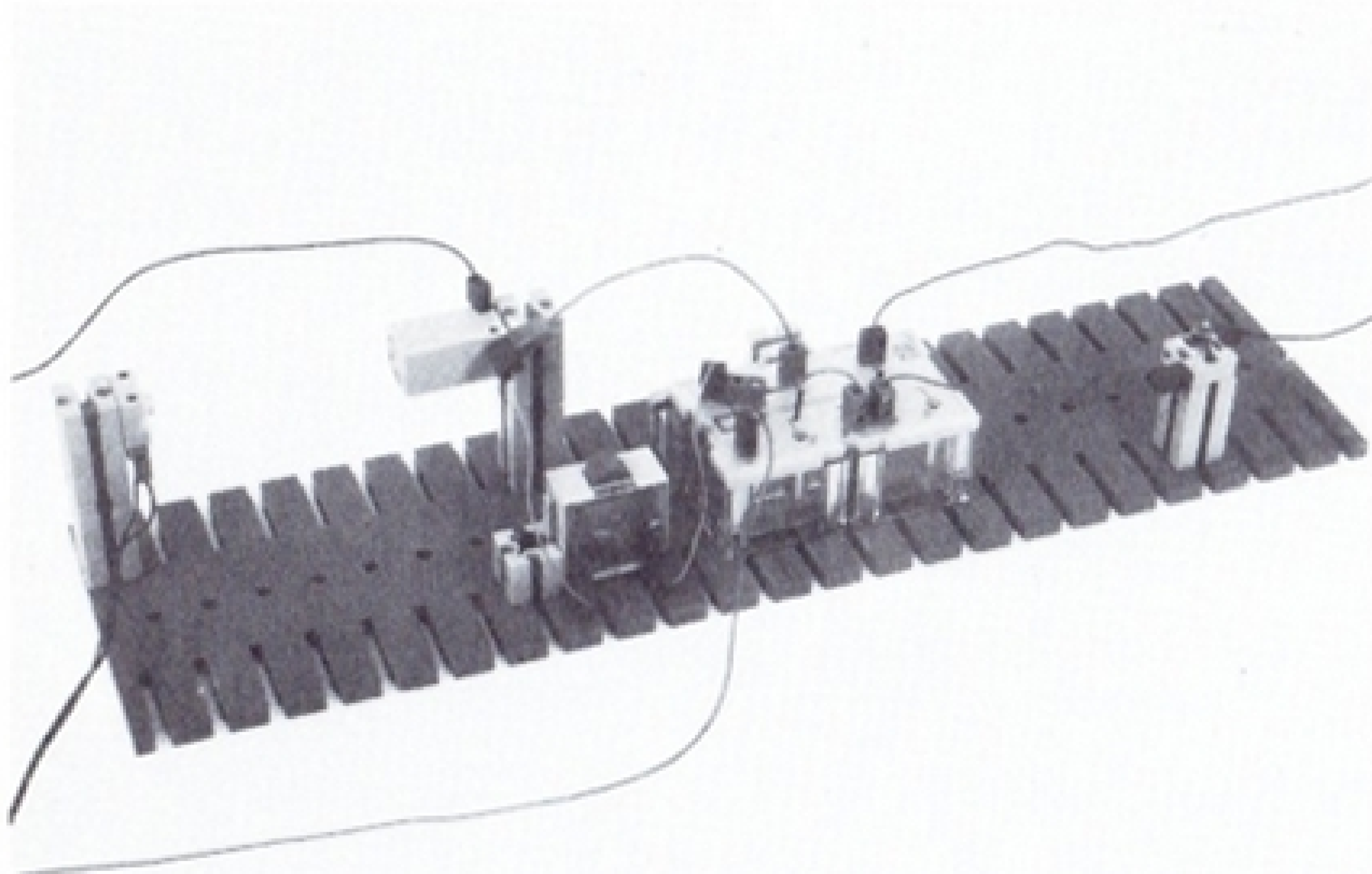


Abb. 33: Alarmanlage mit Lichtschranke und Relais in Selbstsperrung. Die Anlage ist betriebsbereit.

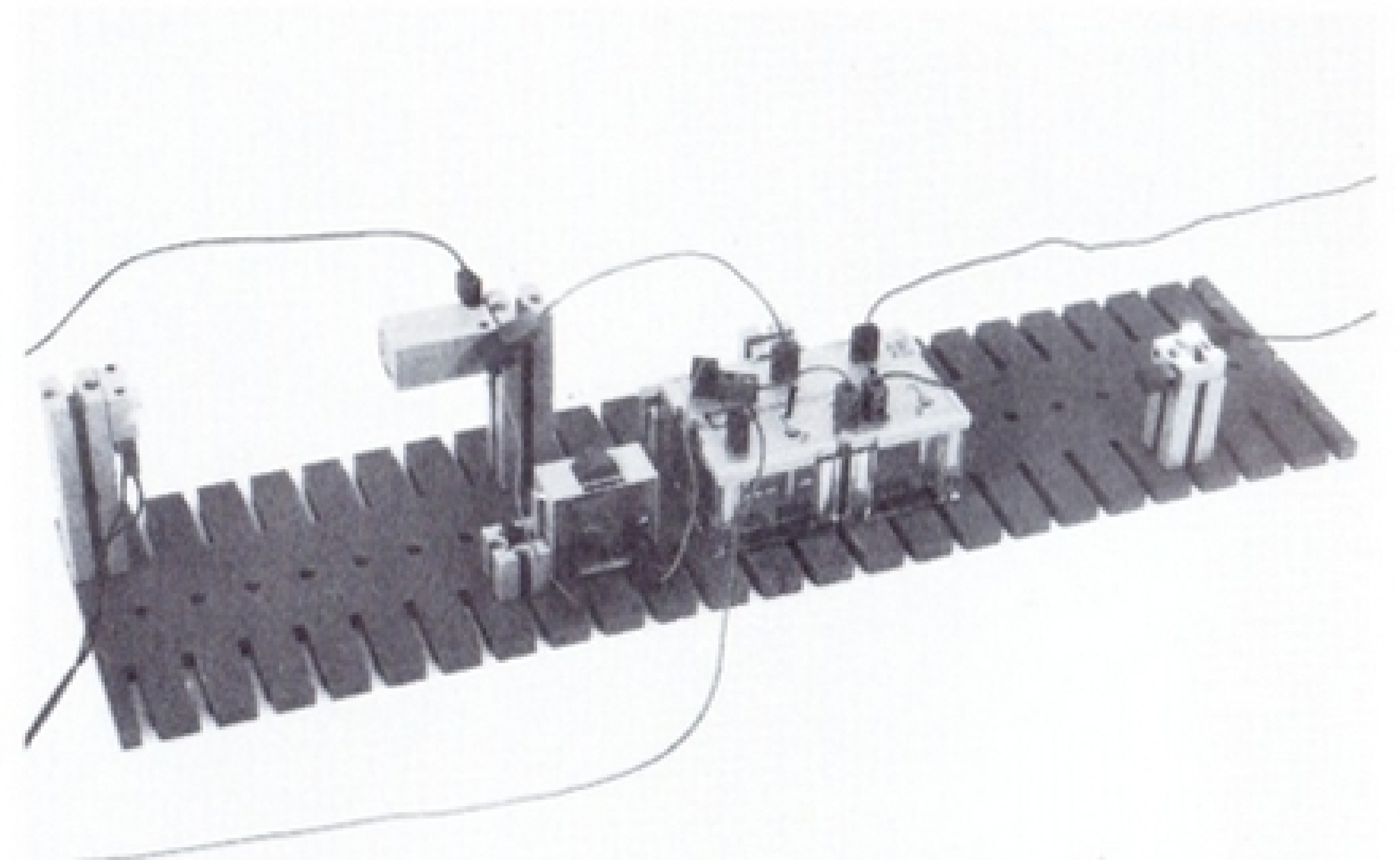


Abb. 35: Anlage wie Abb. 33; durch einmaliges kurzes Unterbrechen der Lichtschranke wurde der Alarm ausgelöst (vgl. Alarmlampe leuchtet!). Er bleibt so lange erhalten, bis die „Lösch Taste“ betätigt wird.

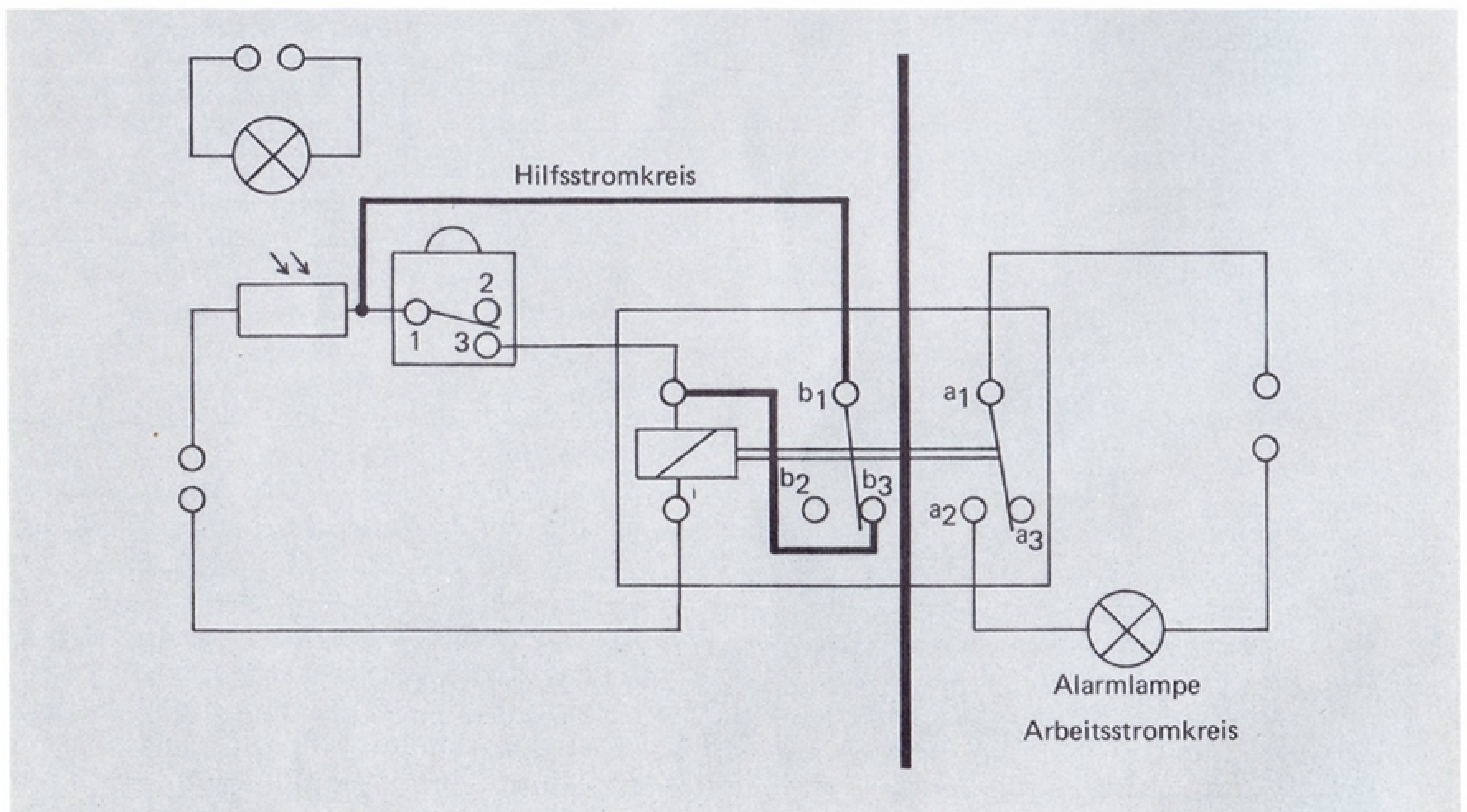


Abb. 34: Verdrahtungsplan zur Alarmanlage in Abb. 33. Die Zeichnung zeigt den Zustand „betriebsbereit“: Der Steuerstromkreis ist geschlossen. Der Arbeitsstromkreis ist unterbrochen.



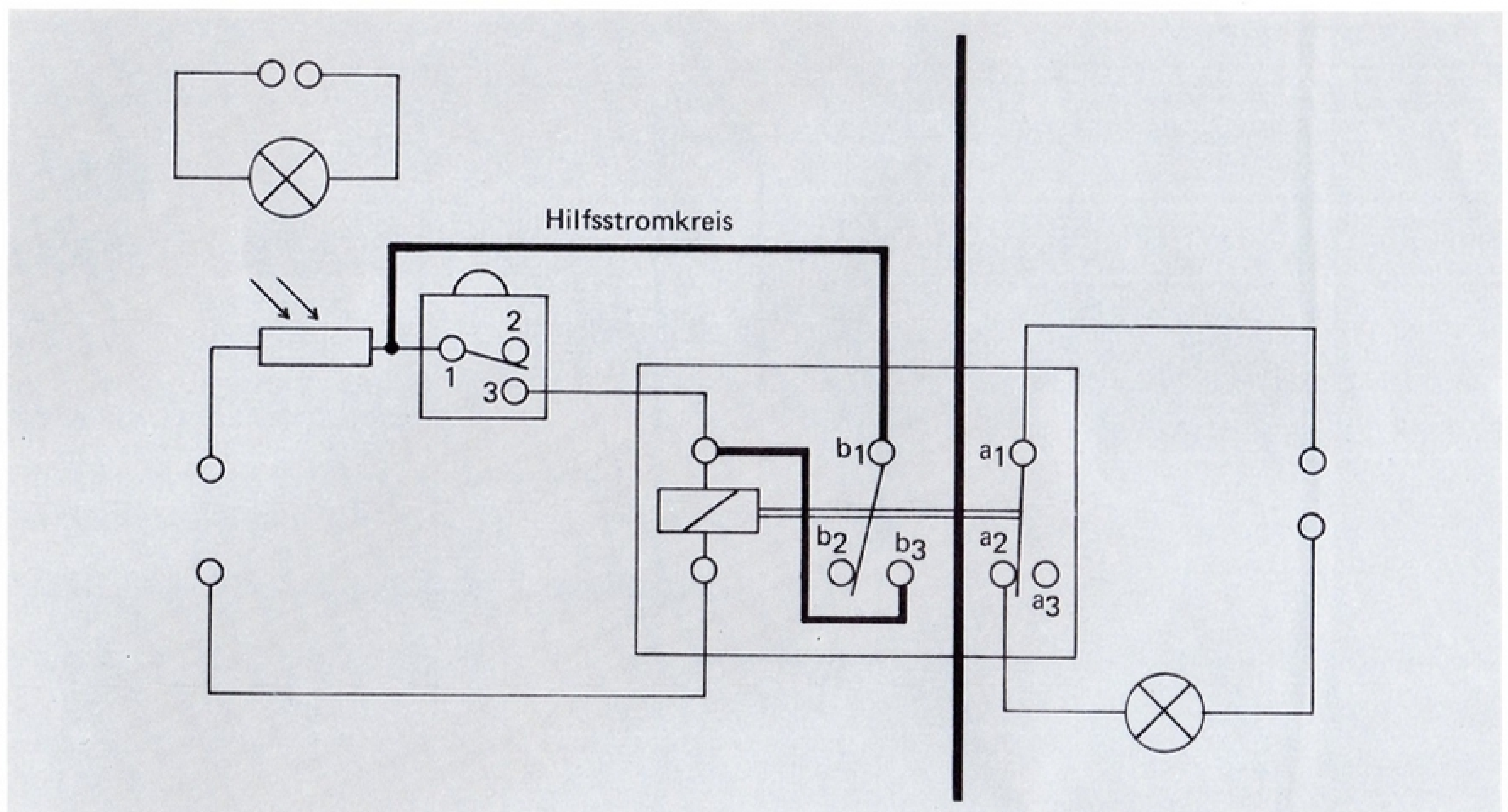


Abb. 36: Die Skizze zeigt den Schaltzustand des Modells in Abb. 35.

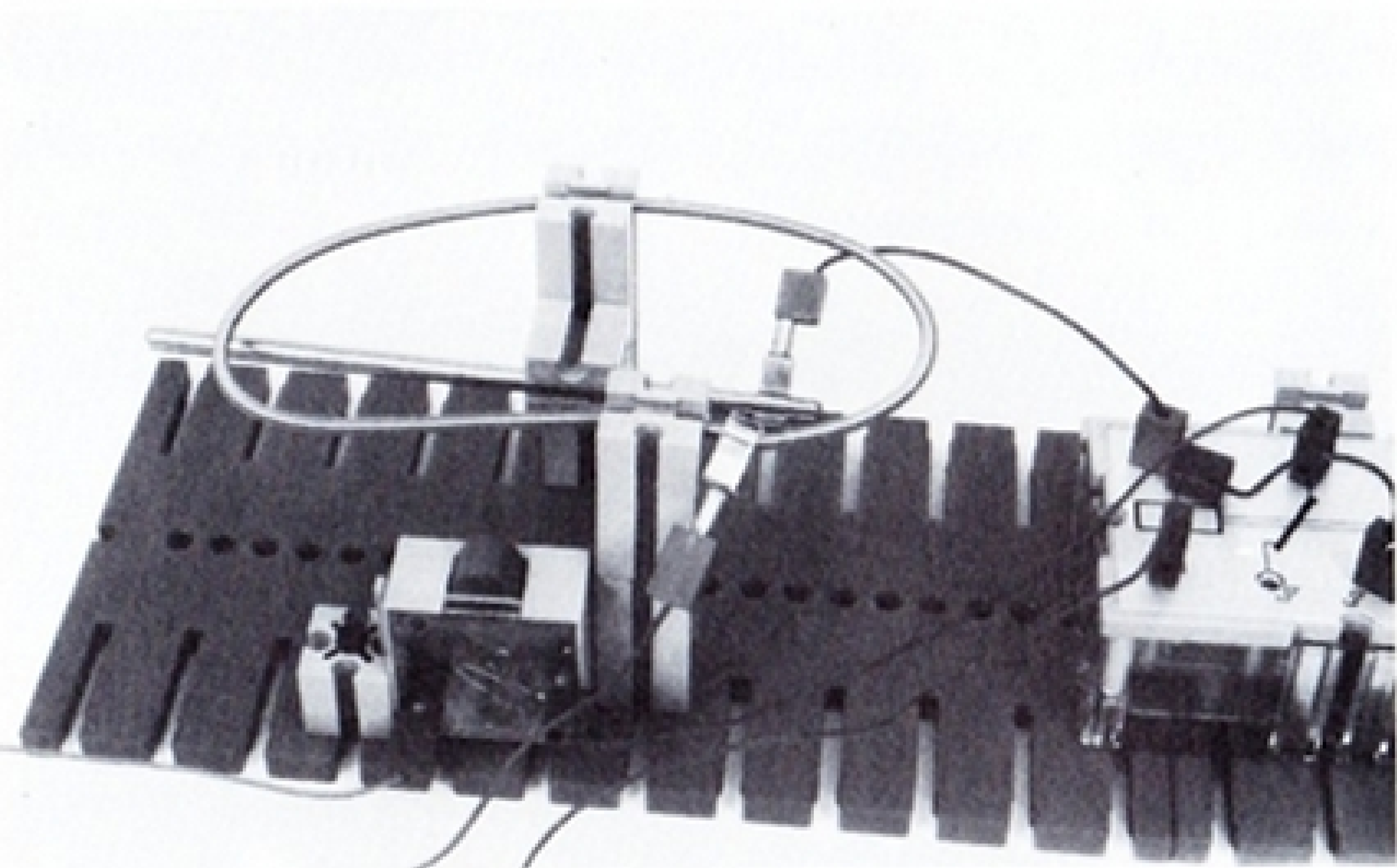


Abb. 37: Modell „Stoßschalter“: Wenn das Modell angestoßen wird, berührt die Antriebsfeder kurz die Achse.

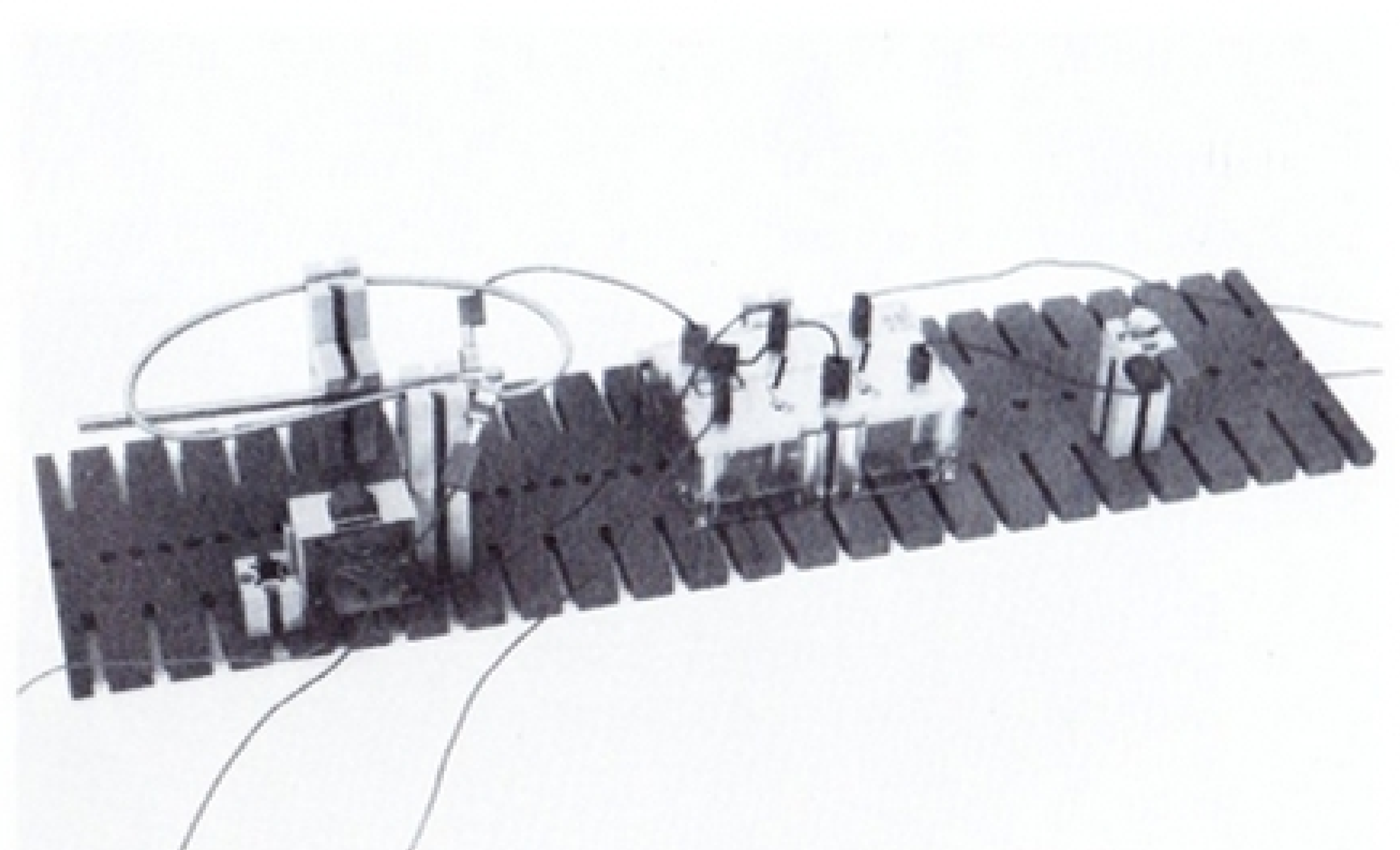


Abb. 38: Modell mit Stoßschalter und Relais in Selbsthalteschaltung

derungen bauen: Wenn das Auto einmal kurz angestoßen wird, soll die Hupe so lange ertönen, bis der Fahrer da ist und sie wieder abstellt. Abb. 37 zeigt den von dem Schüler gebauten „Stoßschalter“. Die Anlage mit Relais in Selbsthalteschaltung wurde dann vom Lehrer gebaut (Abb. 38). Abb. 39 zeigt den Verdrahtungsplan zum Modell in Abb. 37. Die Anlage ist betriebsbereit. Durch Anstoßen des Modells berührt die lose aufgehängte Antriebsfeder kurz die darunter angebrachte Achse. Dadurch wird der Stromkreis geschlossen. Das Relais schaltet um (von  $a_2$  nach  $a_3$ , bzw. von  $b_2$  nach  $b_3$ ). Der Arbeitsstromkreis ist geschlossen. Die Alarmlampe leuchtet (Abb. 40).

Ein sehr kurzes Schließen des „Stoßschal-

ters“ genügt. Selbst wenn die Antriebsfeder die Achse nicht mehr berührt, fließt der Steuerstrom immer noch. Er fließt dann von der Stromquelle über die „Löschaste“ nach  $b_1$ – $b_3$ , über die kurze Leitung auf den Eingang des Relais (Hilfsstromkreis), durch die Relaispule zur Stromquelle zurück (vgl. Abb. 40). Durch Betätigen der „Löschaste“ wird der Steuerstromkreis unterbrochen (die Antriebsfeder hat ja die Achse nur kurzzeitig berührt!). Die Relaispule wird stromlos. Das Relais schaltet zurück (von  $b_3$  nach  $b_2$ , bzw. von  $a_3$  nach  $a_2$ ) (Abb. 39). Der Arbeitsstromkreis wird dadurch ebenfalls unterbrochen. Die Alarmlampe erlischt.

Die Anlage ist (eventuell nach Richten des „Stoßschalters“) wieder betriebsbereit.

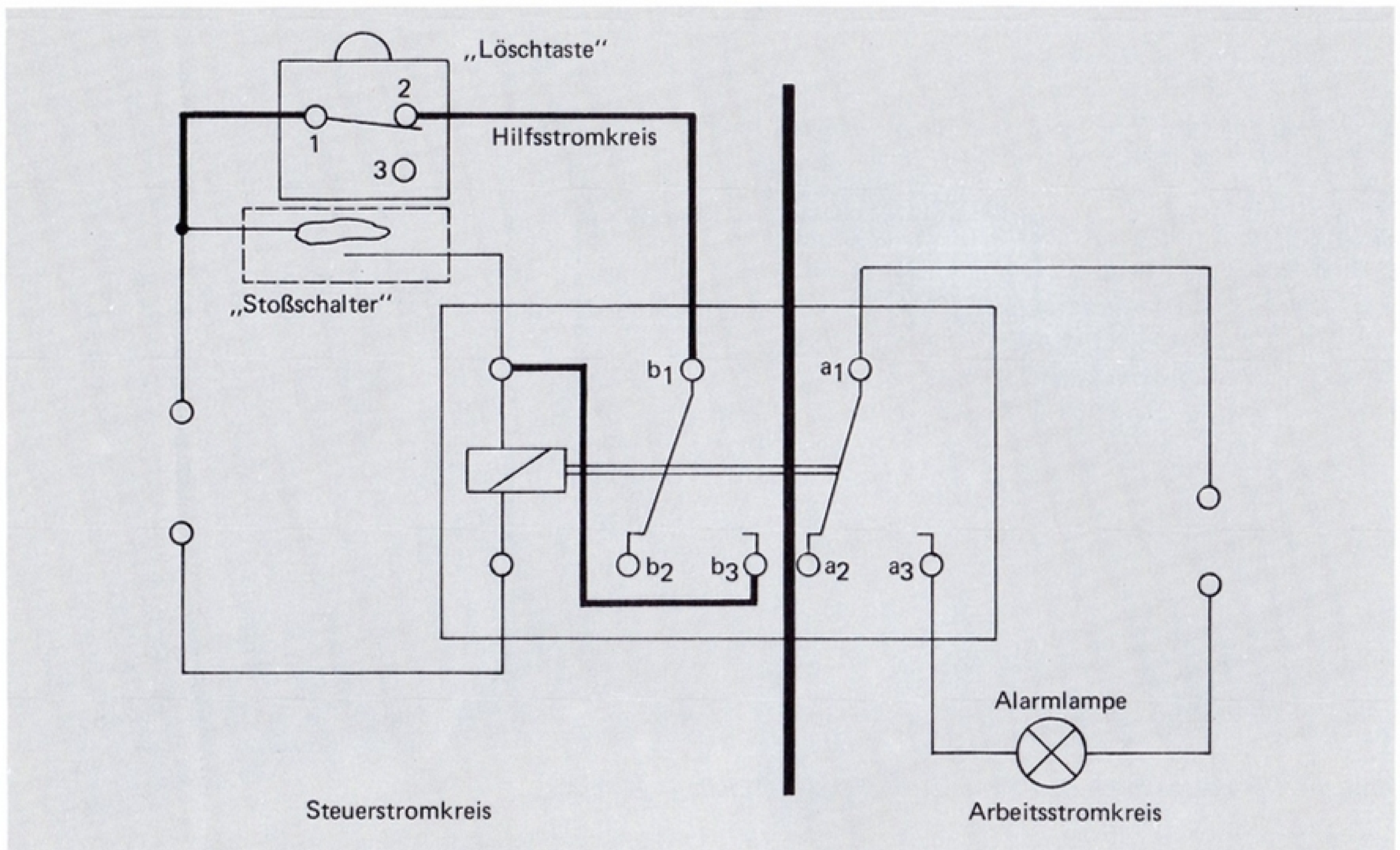


Abb. 39: Verdrahtungsplan zum Modell in Abb. 38. Die Anlage ist betriebsbereit. Der Steuerstromkreis und der Arbeitsstromkreis sind unterbrochen.

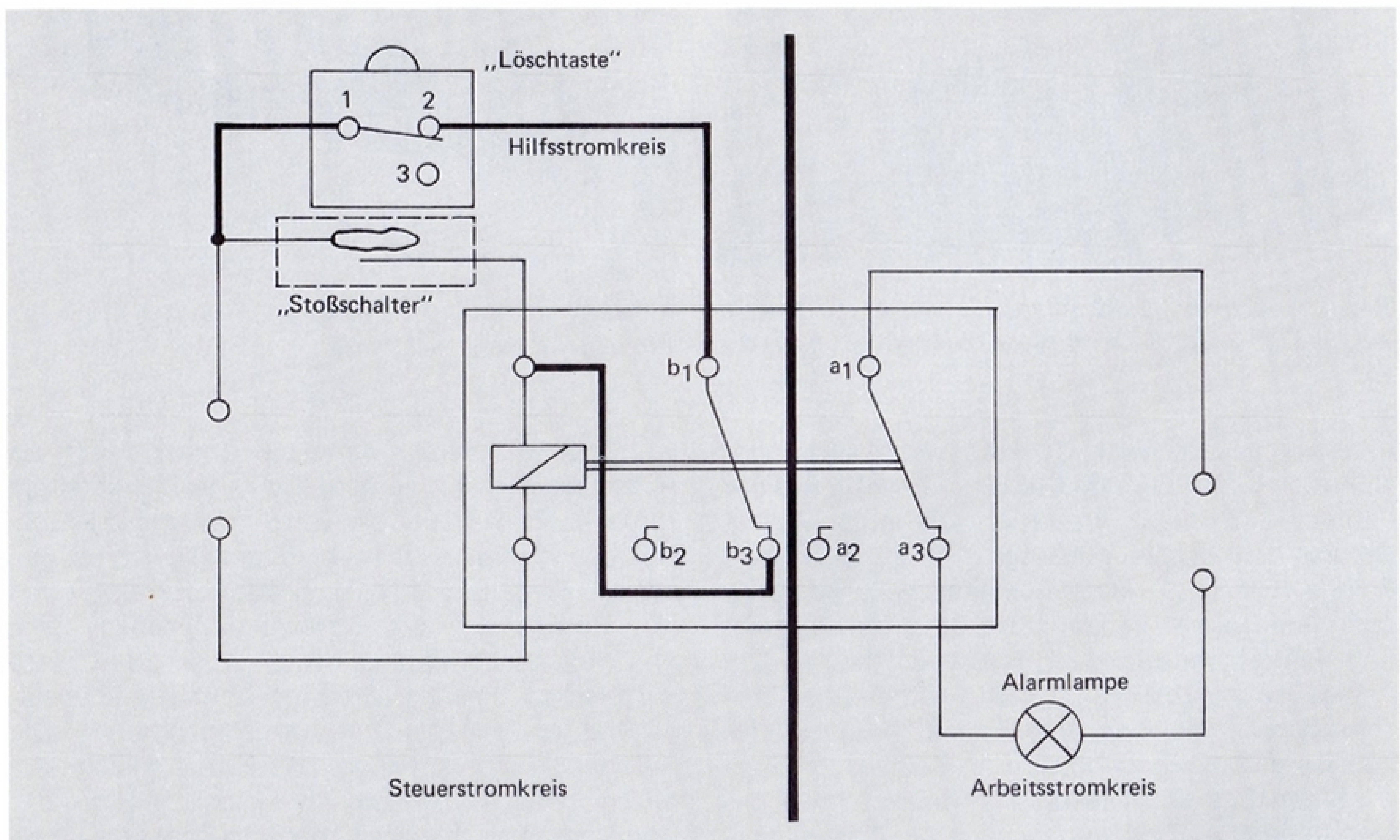


Abb. 40: Der Alarm ist durch kurzes Anstoßen ausgelöst. Beide Stromkreise sind geschlossen (der Steuerstromkreis nach kurzem Antippen des „Stoßschalters“ über den Hilfsstromkreis). Beide Stromkreise bleiben geschlossen, bis die „Löschtaste“ betätigt wird.

Gerhard Ruckwied

# Von der Mechanisierung zum Bearbeitungsautomaten

Arbeitsmittel zur Veranschaulichung der technologischen Probleme

## 1. Schwierigkeiten der modellhaften Darstellung

Bearbeitungsautomaten im Unterricht durch Modellbau darzustellen, ist problematisch. Nach unseren Erfahrungen gelingt es nur mit pneumatischen Bauelementen, einigermaßen befriedigende Automaten herzustellen, die freilich lediglich eine ange deutete Arbeitsleistung erbringen.

Die Funktionen eines Bearbeitungsautomaten wie Zuführen des Werkstücks, Bearbeiten und Ausstoßen lassen sich mit anderen Antrieben, z. B. Elektromotoren, nur mit großem Aufwand an Umformungs- und Übertragungsmechanismen sowie komplizierten elektrischen Steuerungen (Polwende-, Kurzschluß-, Endschaltungen u. a.) verwirklichen; hierzu reichen die maschinenbautechnischen und elektrotechnischen Kenntnisse und die technologischen Fertigkeiten unserer Schüler im allgemeinen nicht aus.

Die Abb. 1 und 2 zeigen Beispiele für die Darstellung einer Eingabe- oder Ausstoßeinheit, also nur einer von vielen Funktionen eines Automaten. Bei Abb. 1 wird die Schubstange durch einen Elektromotor und einen Schneckentrieb vor- und zurückgeschoben. Zur Begrenzung des Hubwegs und zur Umsteuerung des Motors wurde ein Polwendschalter eingebaut.

Abb. 2 zeigt ein pneumatisch betätigtes Modell mit Eingabe- und Ausstoßeinheit an einem Schachtmagazin. Die Schubstangen sind identisch mit den Kolbenstangen. Der Vorteil der pneumatischen Elemente beim Vergleich mit Abb. 1 liegt auf der Hand.

## 2. Modelle mit pneumatischem Antrieb aus Baukastenelementen

Der Wegfall mechanischer Übertragungselemente und aufwendiger elektrischer Steuerungen durch

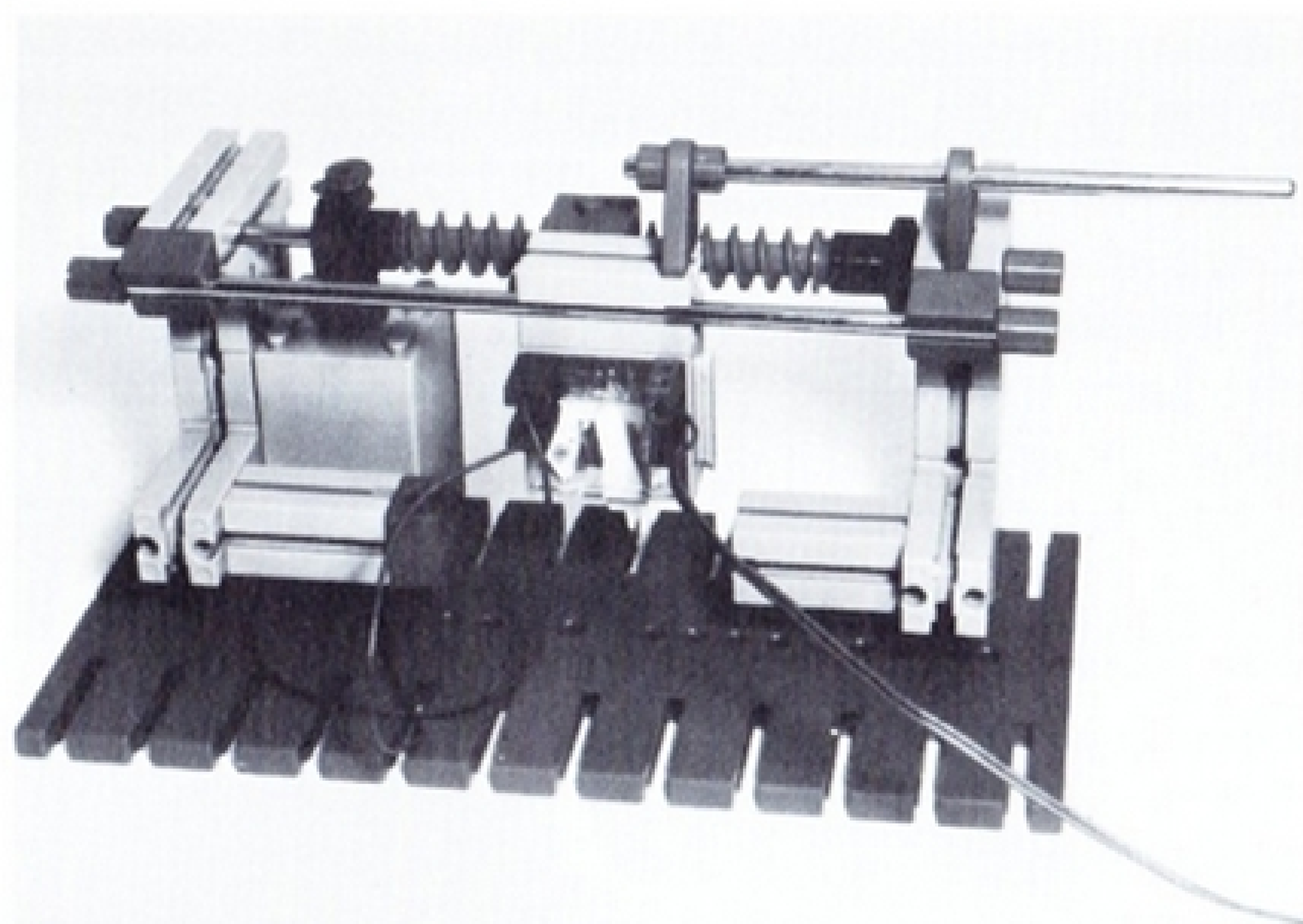


Abb. 1

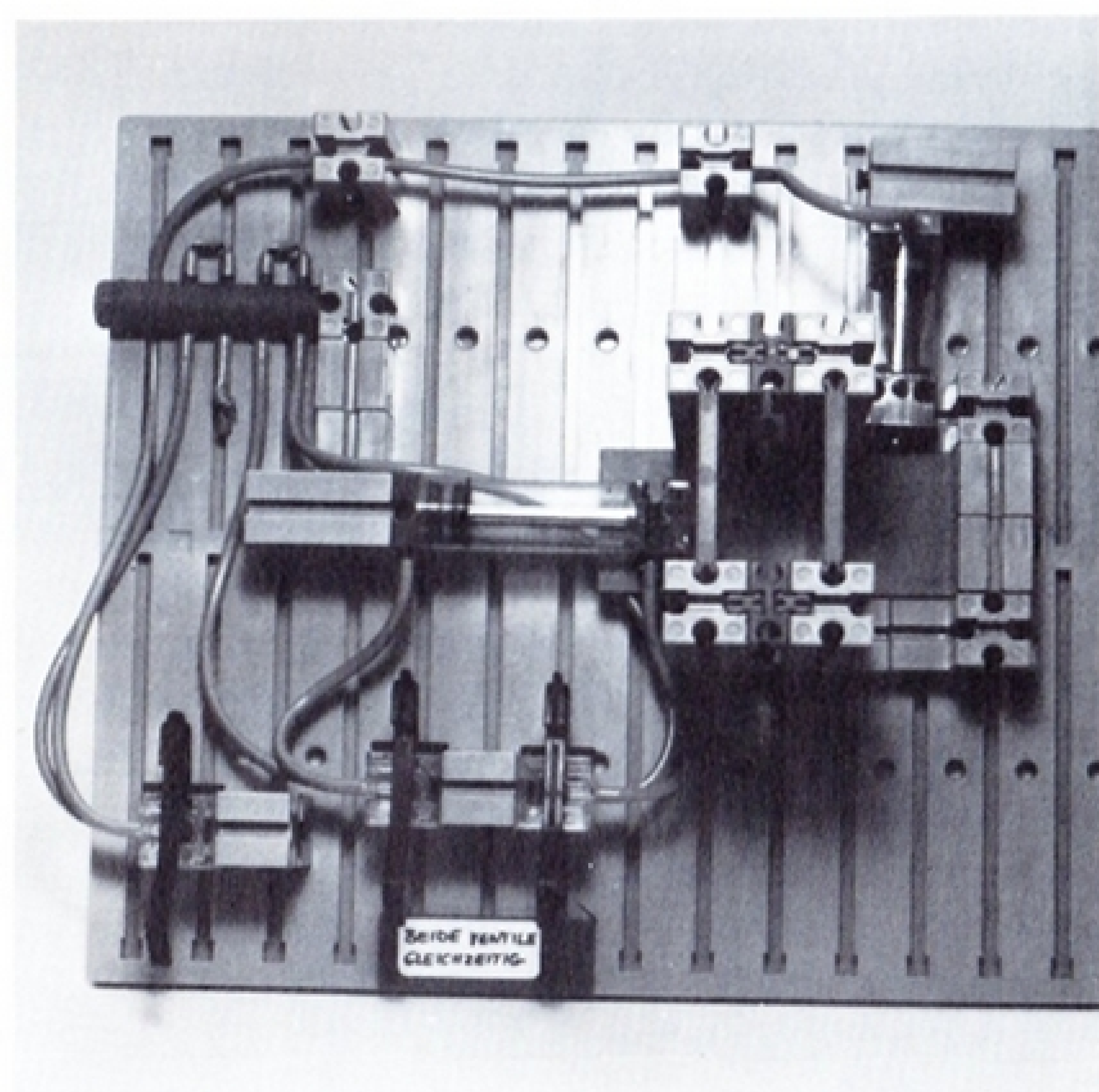


Abb. 2



Abb. 3

Verwendung pneumatischer Elemente ist mit ein Grund für die fortschreitende Umrüstung der Industriemaschinen auf Pneumatik. Danach wäre es auch konsequent, sich bei der Darstellung von Automatisierungsvorgängen im Technikunterricht für die Verwendung pneumatischer Elemente zu entscheiden. Solche Bauteile wurden bereits in Forum technische Bildung Heft S 1/2-80 vorgestellt und in der Anwendung in Heft S 3/4-80 gezeigt.

Die Praxis zeigt, daß Schüler der Sekundarstufe ohne große Probleme einfache Modelle von Automaten mit mehreren Funktionen herstellen und mit geeigneten Elementen auch steuern können.

Die Abb. 3 und 4 zeigen Schülerarbeiten zum Thema „Bohrautomat“. „Gebohrt“ werden Holzklötze, die auf die Maße des Schachtmagazins abgestimmt sind. Als Funktionen sind verwirklicht: Vereinzeln/Zuführen/Spannen – Bohrvorschub – Entspannen/Auswerfen. Die Bohrmaschine ist durch einen Mini-Motor dargestellt. Die automatische Steuerung der Funktionen erfolgt durch Nockenscheiben und Hebel, die die Ventile betätigen (Abb. 4).

Abb. 5 zeigt einen „Stanzautomaten“. Die „Werkstücke“ (Holzräder  $\varnothing$  30 mm) werden auf der Rutsche durch im Wechsel gesteuerte Zylinder vereinzelt: Die obere Kolbenstange stoppt die nachrückenden Werkstücke, die untere gibt das jeweils erste in der Reihe im Takt der Maschine ab, eine beachtliche Eigenerfindung des betreffenden Schülers. Sobald das Werkstück auf dem Stanztisch liegt, wird es von zwei Kolbenstangen in ein Prisma gedrückt, wodurch es gespannt und gleichzeitig zentriert wird. Nach dem Stanzen wird es unter die Rutsche weitergegeben.

Besonders faszinierend für Schüler sind Handhabungsautomaten. Abb. 6 zeigt einen Greifer, der leicht zu einer Handhabungseinheit ausgebaut werden kann, z.B. durch Anbau eines Drehgelenks anstelle der Grundplatte, durch Umbau des Untergestells in einen schwenkbaren Arm u. dgl.

Mit Schülern sicher nicht mehr zu leisten, von den konstruktiven Möglichkeiten des Systems her jedoch durchaus machbar, ist der Handhabungsautomat in Abb. 7. Funktionen: Öffnen und Schließen der Hand, Drehen im Handgelenk, Heben und Senken des Arms, Schwenken des Arms.

### 3. Modelle mit pneumatischem Antrieb aus Industrieteilen

Automaten-Modelle können auch aus Originalbauteilen hergestellt werden. Abb. 8 zeigt einen voll funktionsfähigen Bohrautomaten, dessen Funktionen über Nockenscheiben gesteuert werden. Der

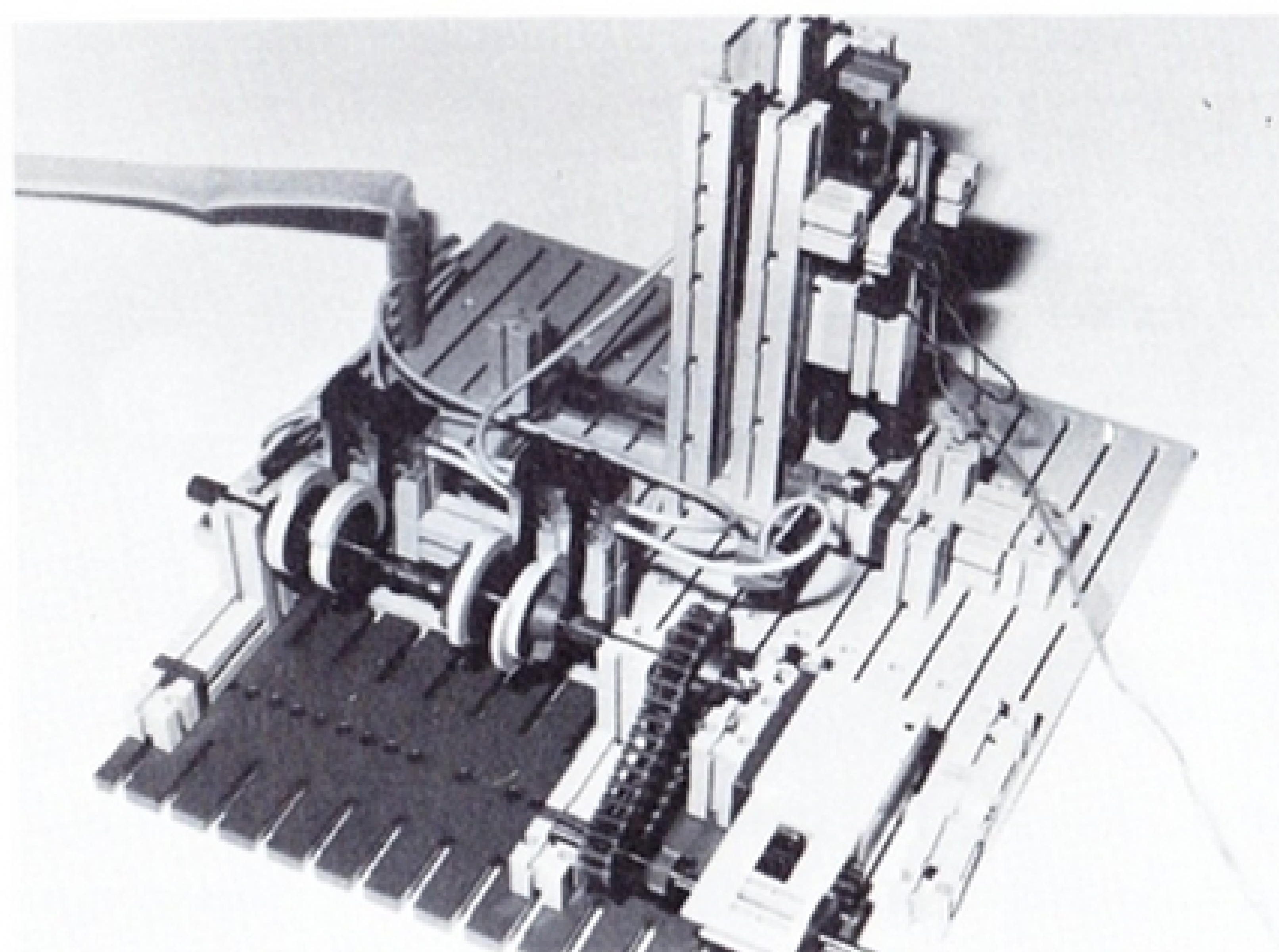


Abb. 4

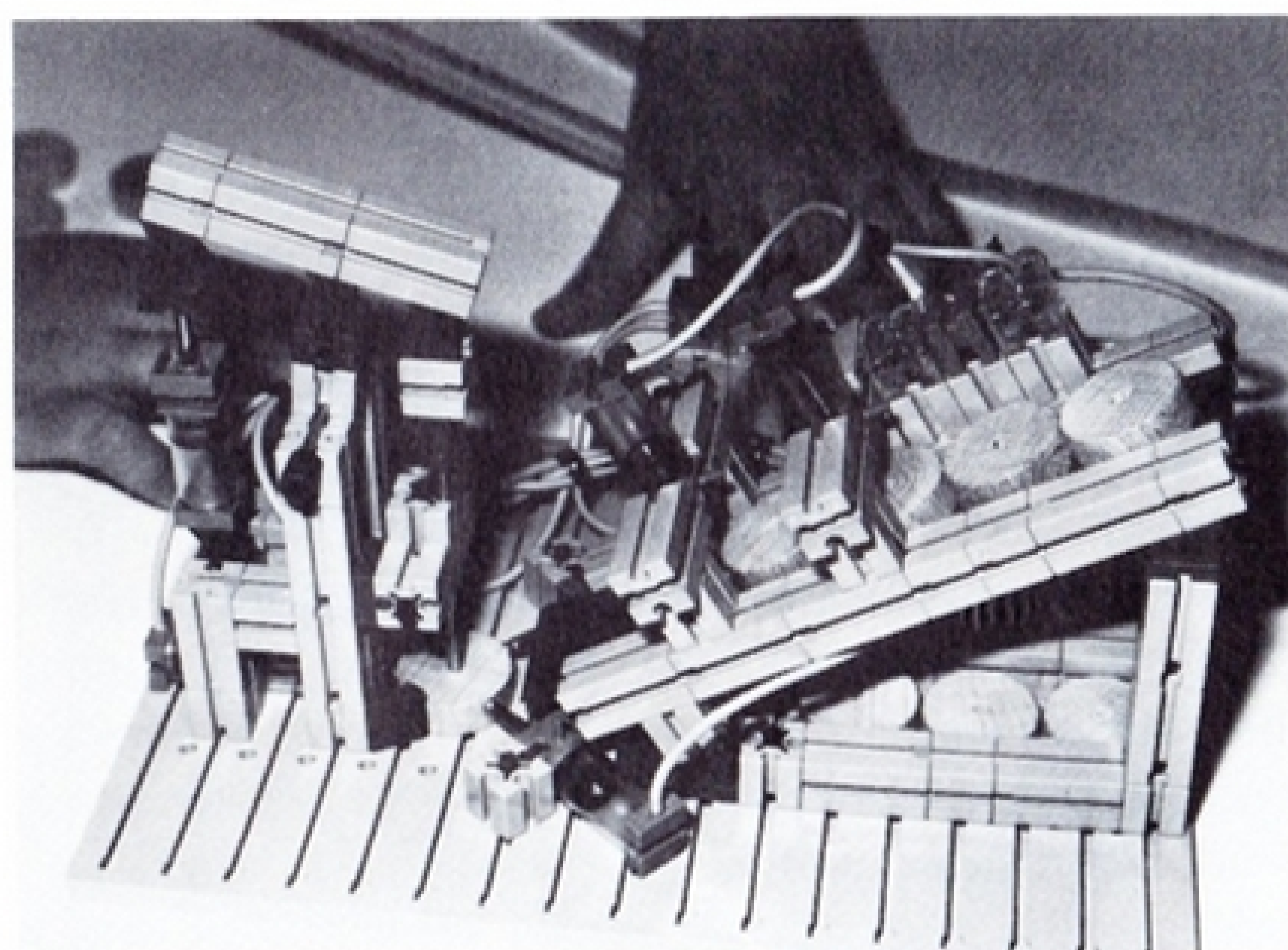


Abb. 5

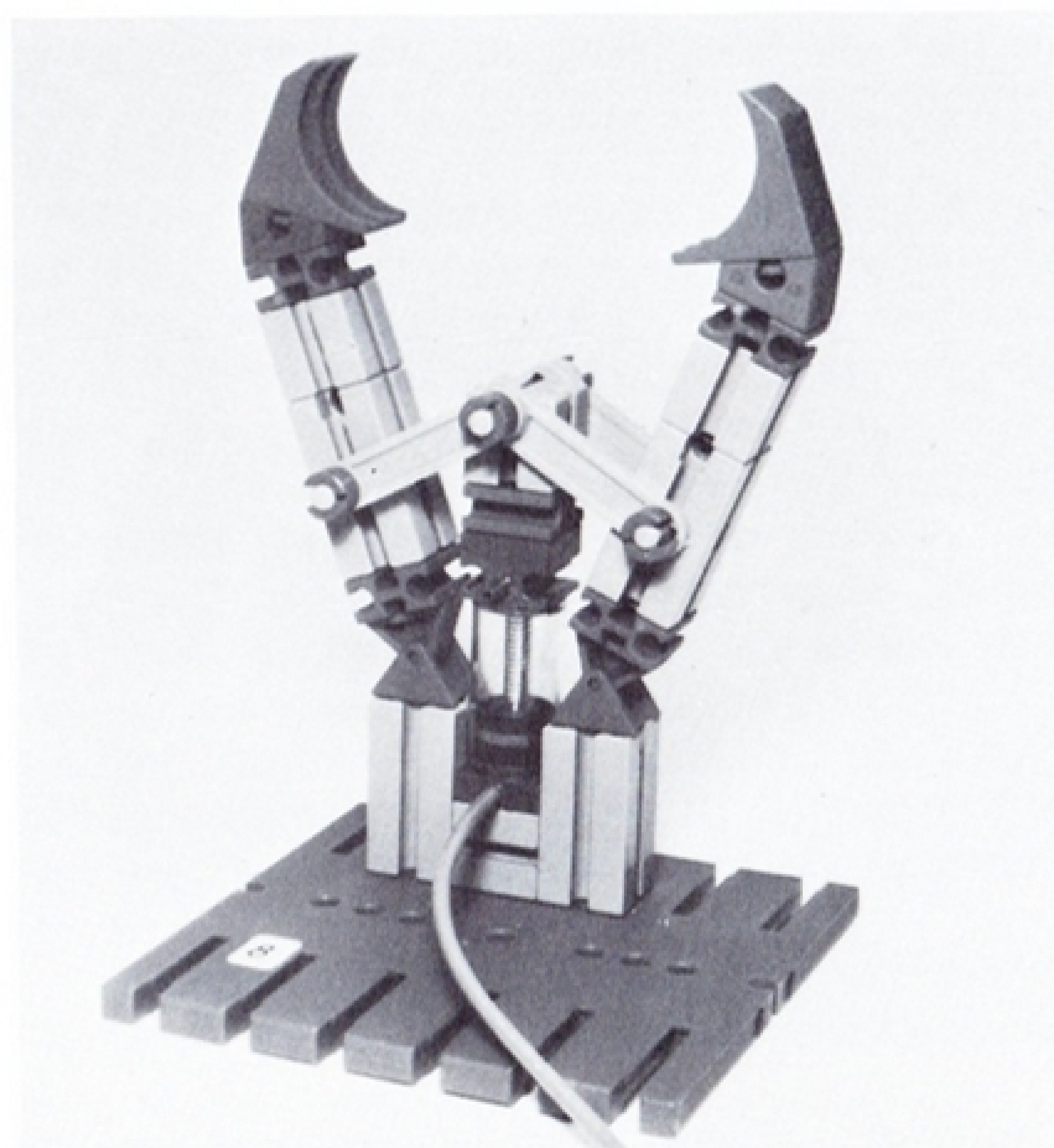


Abb. 6

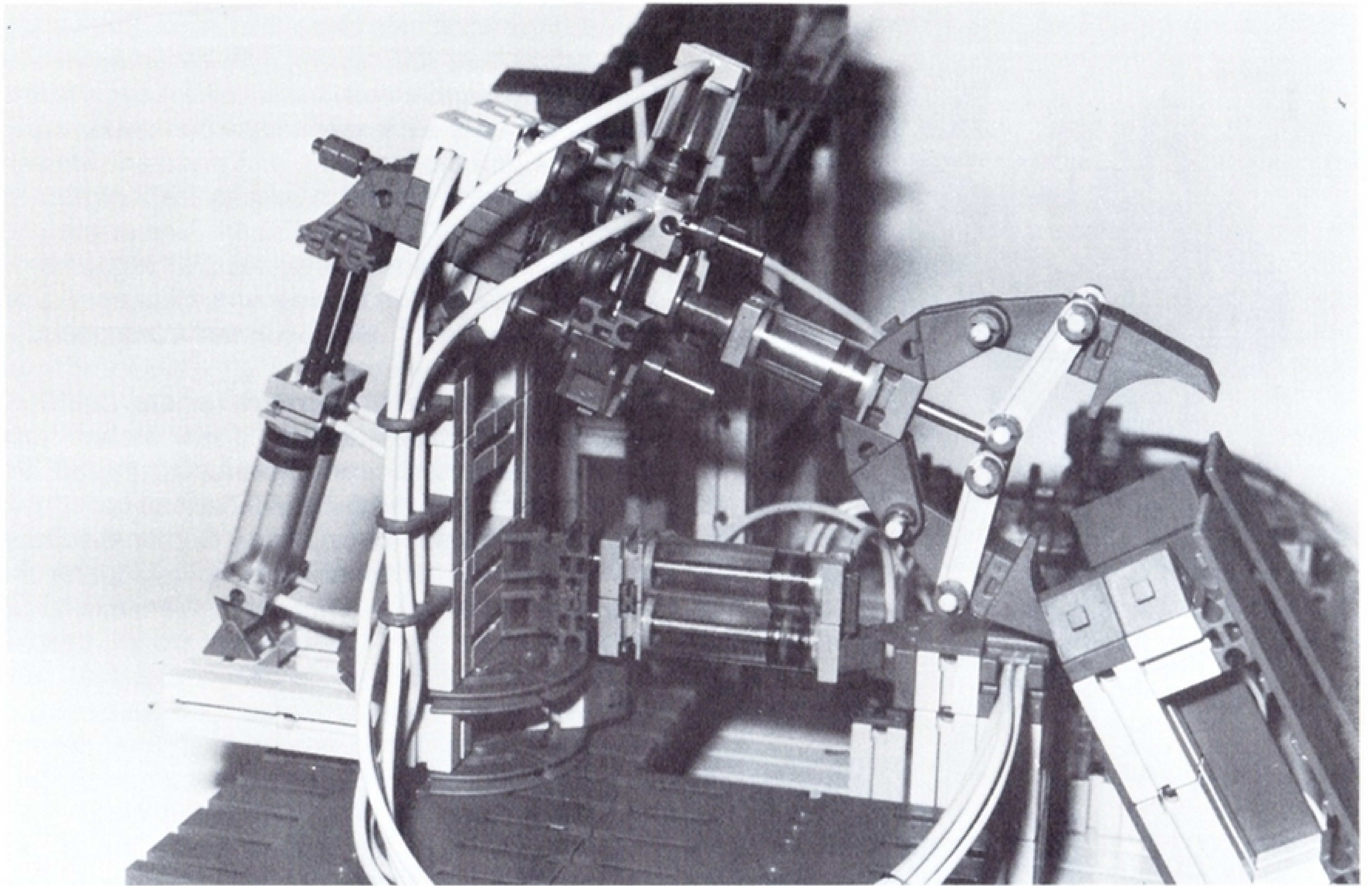


Abb. 7

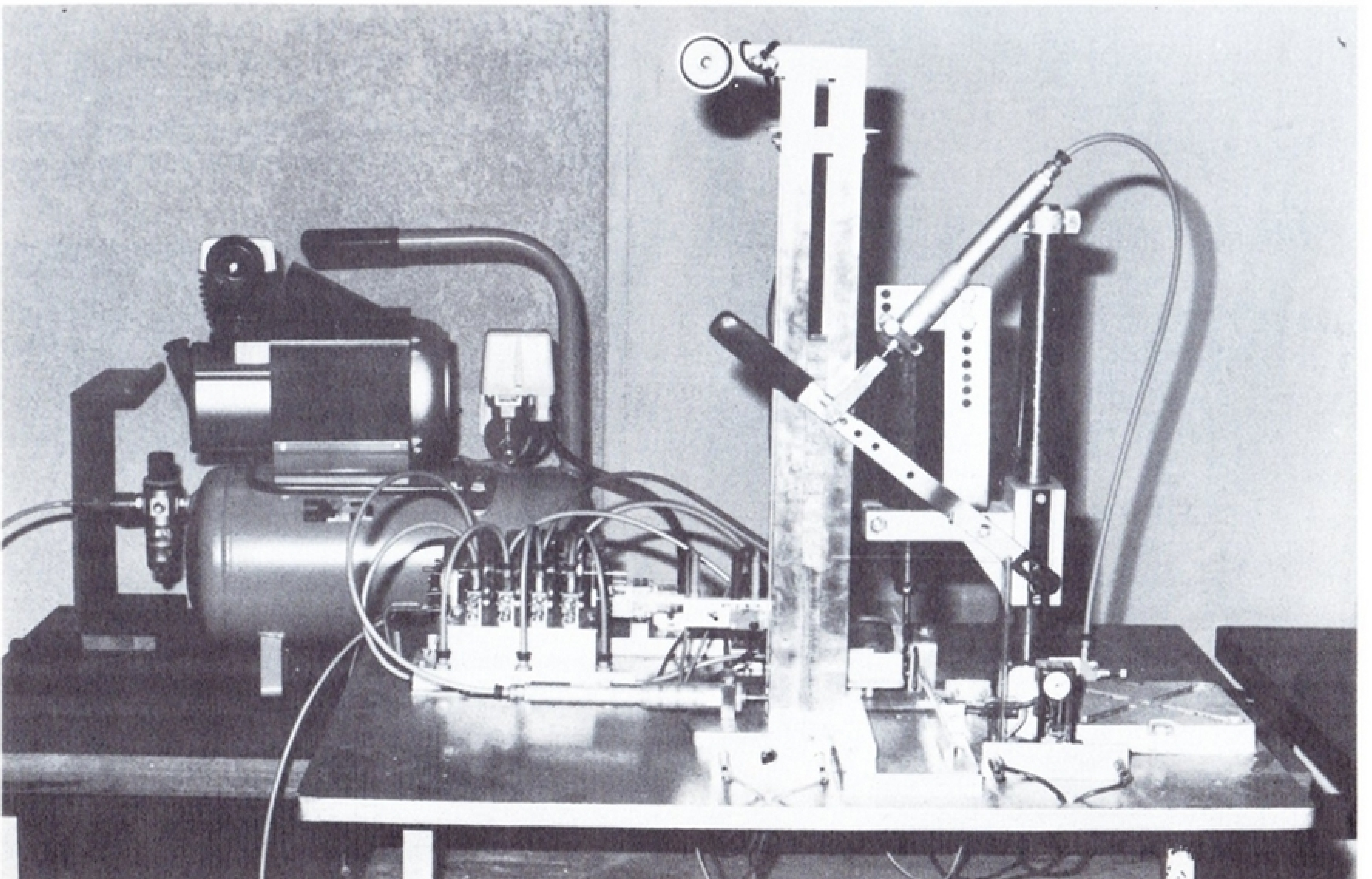


Abb. 8

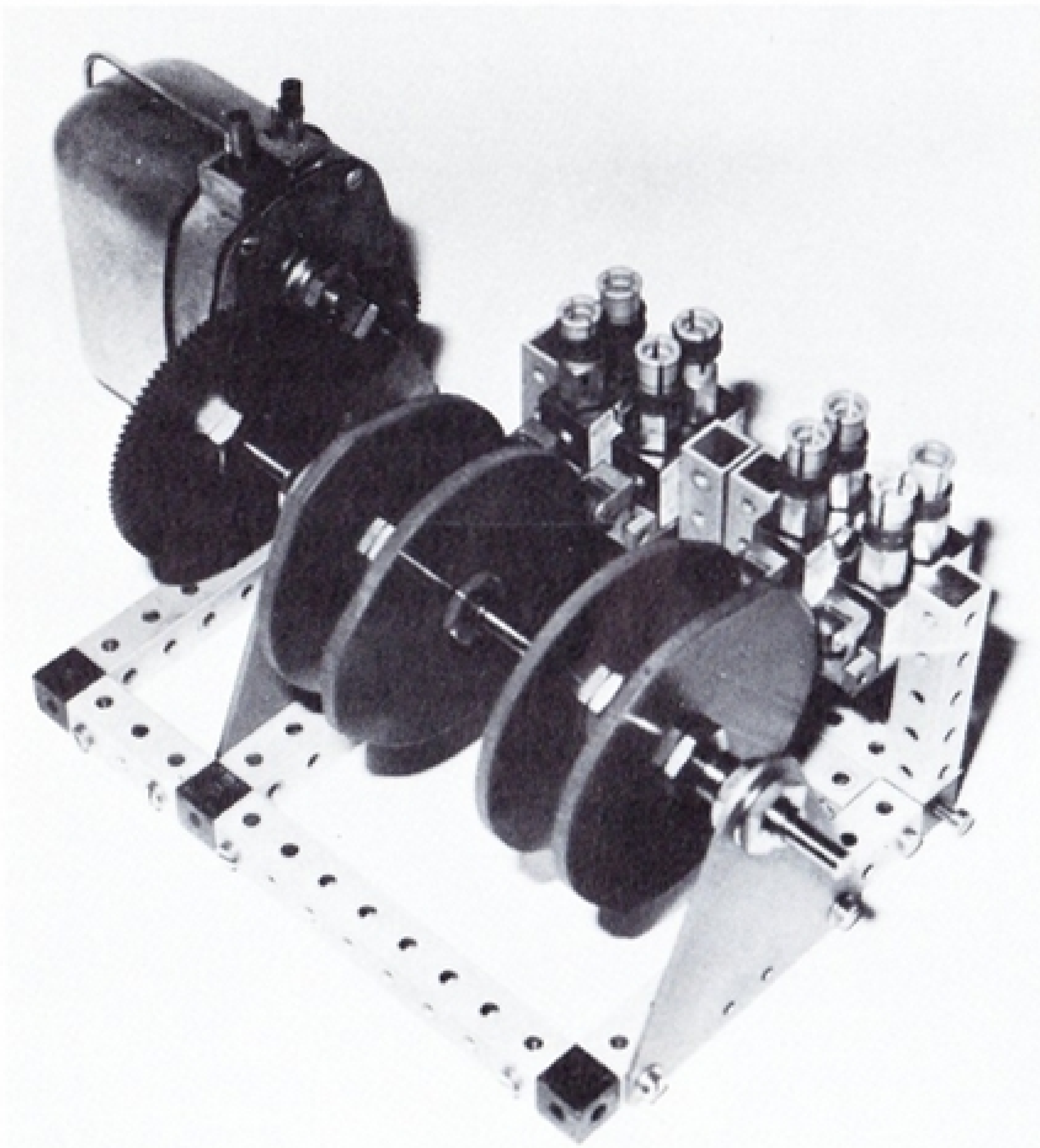


Abb. 9

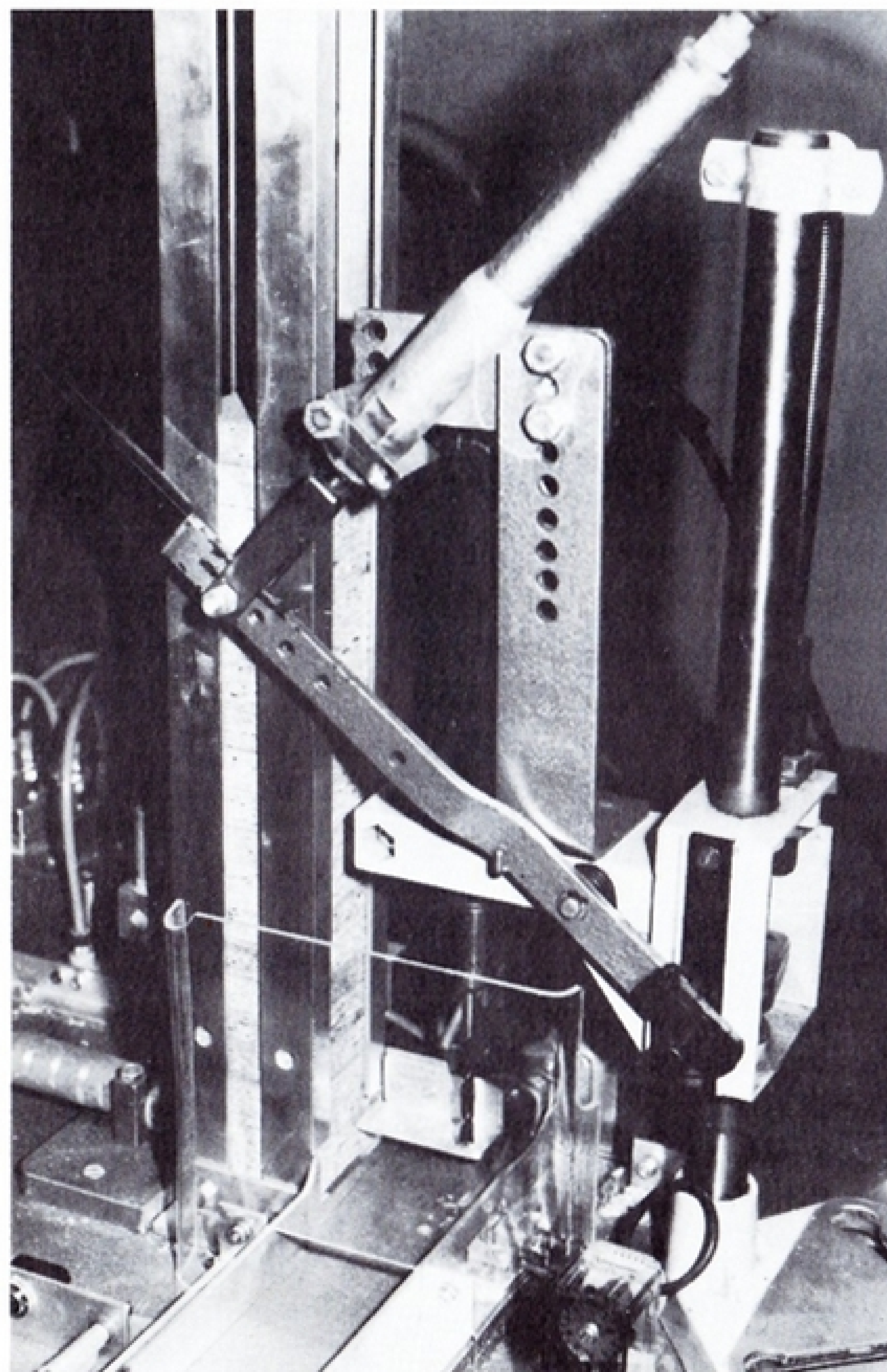


Abb. 10

Zustand der Maschine ist darüber hinaus elektrisch überwacht.

Das Modell wurde nach einer Idee von Hartmut Desiderato vom Verfasser aus Alu-Profilen, Halbzeugen, Druckluftelementen und anderen Originalbauteilen gebaut. Über Programmscheiben (Abb. 9) werden vier Funktionen gesteuert: Vereinzeln und Spannen der Werkstücke (Spannplattenquader) – Vorschub der Bohrmaschine und Bohren – Entspannen/Ausstoßen der gebohrten Werkstücke – Ausblasen des Bohrtischs.

Der Werkstückausstoß wird mit einem Zählwerk registriert. Bei entleertem Magazin stellen sich Steuerung und Maschinenantrieb selbsttätig ab; ein akustisches Signal zeigt diesen Zustand an.

Abb. 10 zeigt die Technik des Bohrvorschubs mit Hilfe eines herkömmlichen Bohrständers. An Abb. 11 sind rechts der Zylinder für Vereinzeln und Eingeben, links der für Ausstoßen zu sehen sowie die Düse zum Ausblasen des Bohrtischs.

Während beim Kleinmodellbau die Konstruktion weitgehend vorgegeben werden muß, aber danach von den Schülern jeweils selbst gebaut wird, geht man mit diesem Modell einen anderen Weg.

Die Konstruktion ist als Bausatz ausgeführt, wobei die Teile bzw. Funktionseinheiten in beliebiger Reihenfolge ohne Werkzeug (mit Flügelmuttern) rasch auf der Grundplatte montiert werden können. Der Lehrer kann durch geeignete Fragen oder Impulse die Aktivitäten so lenken, daß die Schüler ihre eigenen Vorschläge zum Bau eines automatischen Bohrrapparats mit den vorgefertigten Elementen verwirklichen können. Die Motivation ist im allgemeinen

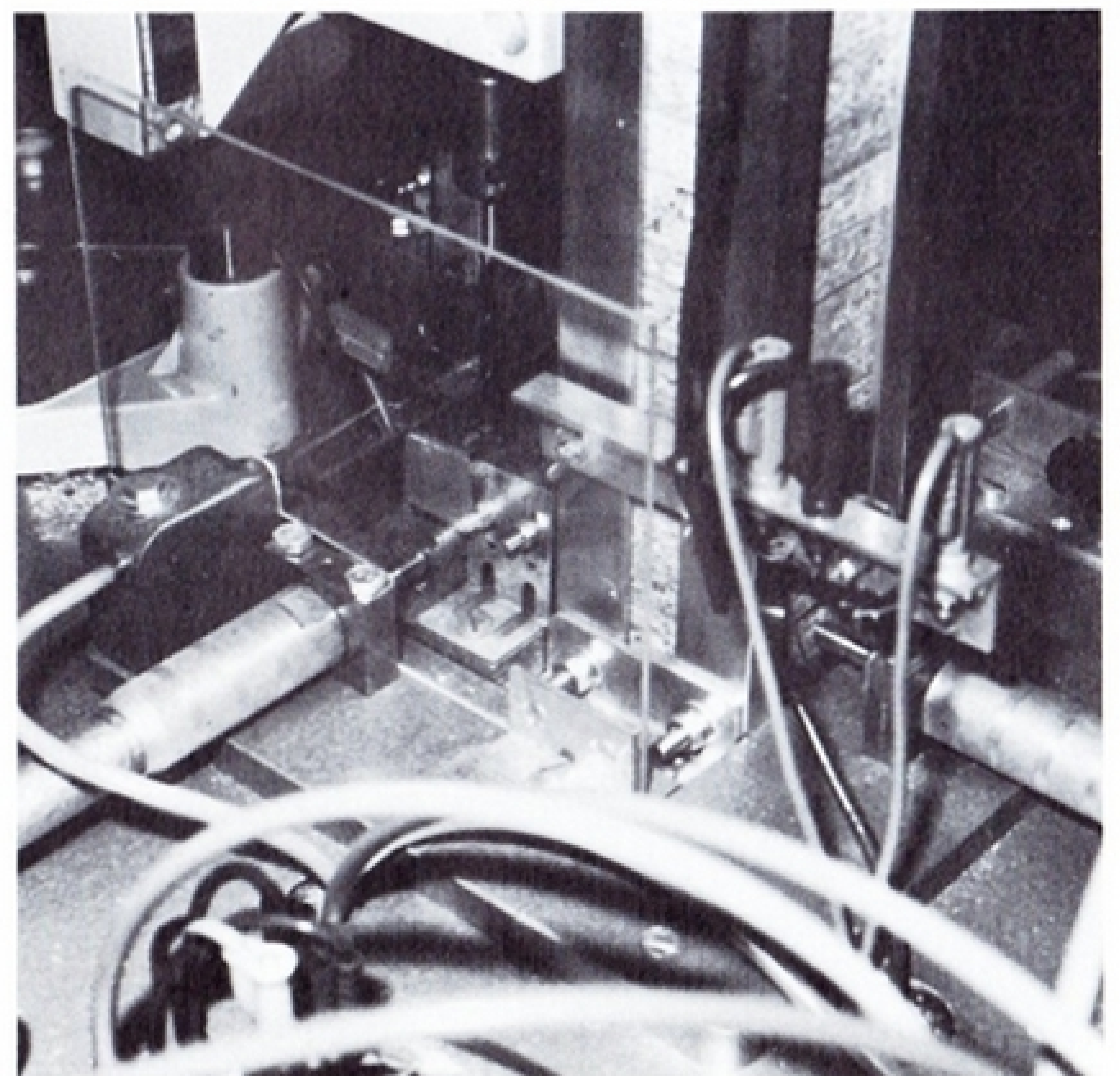


Abb. 11

so günstig, daß die gesamte Technikgruppe in gemeinsamer Planungs- und Montagetätigkeit den Automaten Schritt für Schritt auf der zu Beginn der Unterrichtsstunde leeren Bodenplatte erstellt.

#### 4. Schwierigkeiten der schulischen Verwirklichung

Beide Modellbautypen – Kleinmodelle und Großmodell – ermöglichen eine Unterrichtsorganisation, bei der Anschaulichkeit in hohem Maße gewährleistet ist. Die didaktische Leistung des Großmodells ist insbesondere in der kooperativen Entwicklung und der Wiedererkennbarkeit der Bauteile in der Realität zu sehen. Ein Vorteil des Kleinmodells ist die weitgehende Selbsttätigkeit der Schüler und – je nach Art der Vorgaben – die Möglichkeit, eigene Ideen umzusetzen.

Optimal wäre eine Arbeit mit beiden Modelltypen: Eigene Erkenntnisse über pneumatische Grund-sachverhalte und Steuerungstechniken durch Klein-

modellbau mit weniger komplizierter Aufgabenstellung und Anwendung der Erkenntnisse mittels Originalbauteilen an Großmodellen mit „echter“ Arbeitsleistung. Dies übersteigt jedoch die finanziellen Möglichkeiten unserer Schulen und wäre nur auf lange Sicht zu verwirklichen.

Auch wenn man sich für Modellbau mit Festo-fischer-Pneumatik-Elementen entscheidet, werden in vielen Fällen die zur Verfügung stehenden Mittel für eine komplette Ausrüstung nicht ausreichen. Insbesondere ist die Luftversorgung enorm kostspielig.

Um einen Ansatz für schülerzentriertes Arbeiten zum Problem „Bearbeitungsautomat“ ohne Pneumatik-Elemente zu erhalten, wäre denkbar, die komplexen Funktionen eines Automaten zu reduzieren, etwa auf eine immer wiederkehrende Funktion, und daran die Aspekte der Abtaktung, Steuerung, Überwachung usw. bei einem Automaten zu erarbeiten.

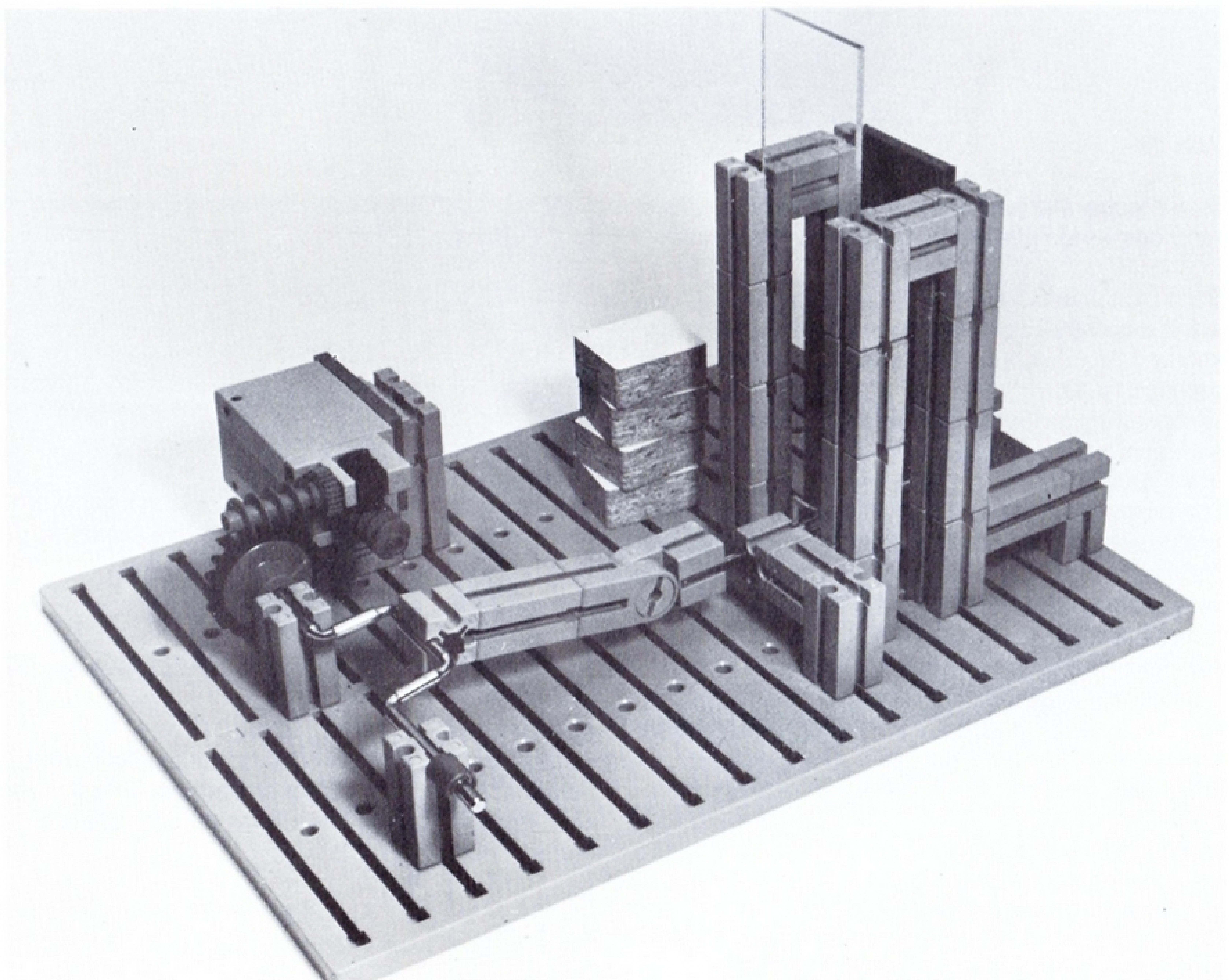


Abb. 12

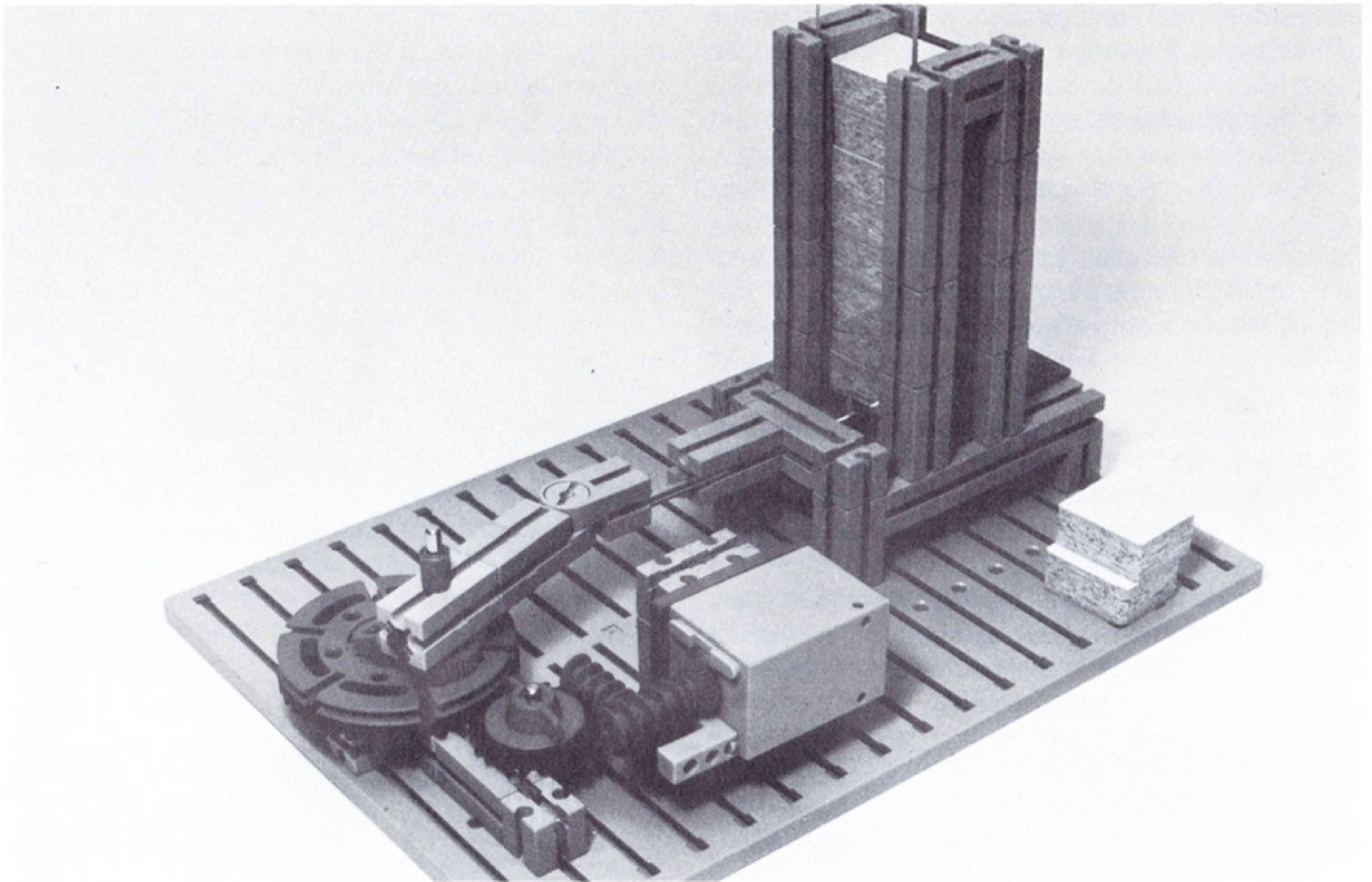


Abb. 13

### 5. Einfache Mechanismen für eine Problematisierung des Automatisierens aus Standardbauteilen

Beim Automatisieren von Bearbeitungsvorgängen spielt das Vereinzeln von magazinierten Werkstücken und das Zuführen zur Bearbeitungseinheit eine wichtige Rolle.

Entsprechende Mechanismen lassen sich mit Bauelementen des Lernbaukastens u-t 1 und Motoren leicht darstellen.

Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene konstruktive Lösungen des Problems, Werkstücke, die in einem Schachtmagazin gespeichert sind, zu vereinzeln und einem gedachten Bearbeitungsgerät zuzuführen.

Als Werkstücke dienen Spanplattenquader, die dem Baukastenraster entsprechend und mit etwas Spiel zu den Magazinwänden zugeschnitten sind. Eine Wand des Magazins ist durch einen Plexiglasstreifen gebildet, der bei Störungen leicht herausgenommen werden kann. Für die Zuführungsmechanismen eignen sich alle Getriebearten, bei denen eine Drehbewegung in eine geradlinige oder hin- und hergehende Bewegung umgewandelt wird.

Abb. 12 zeigt das einfachste Modell, bei dem die Mechanik als Schubkurbelgetriebe ausgeführt ist.

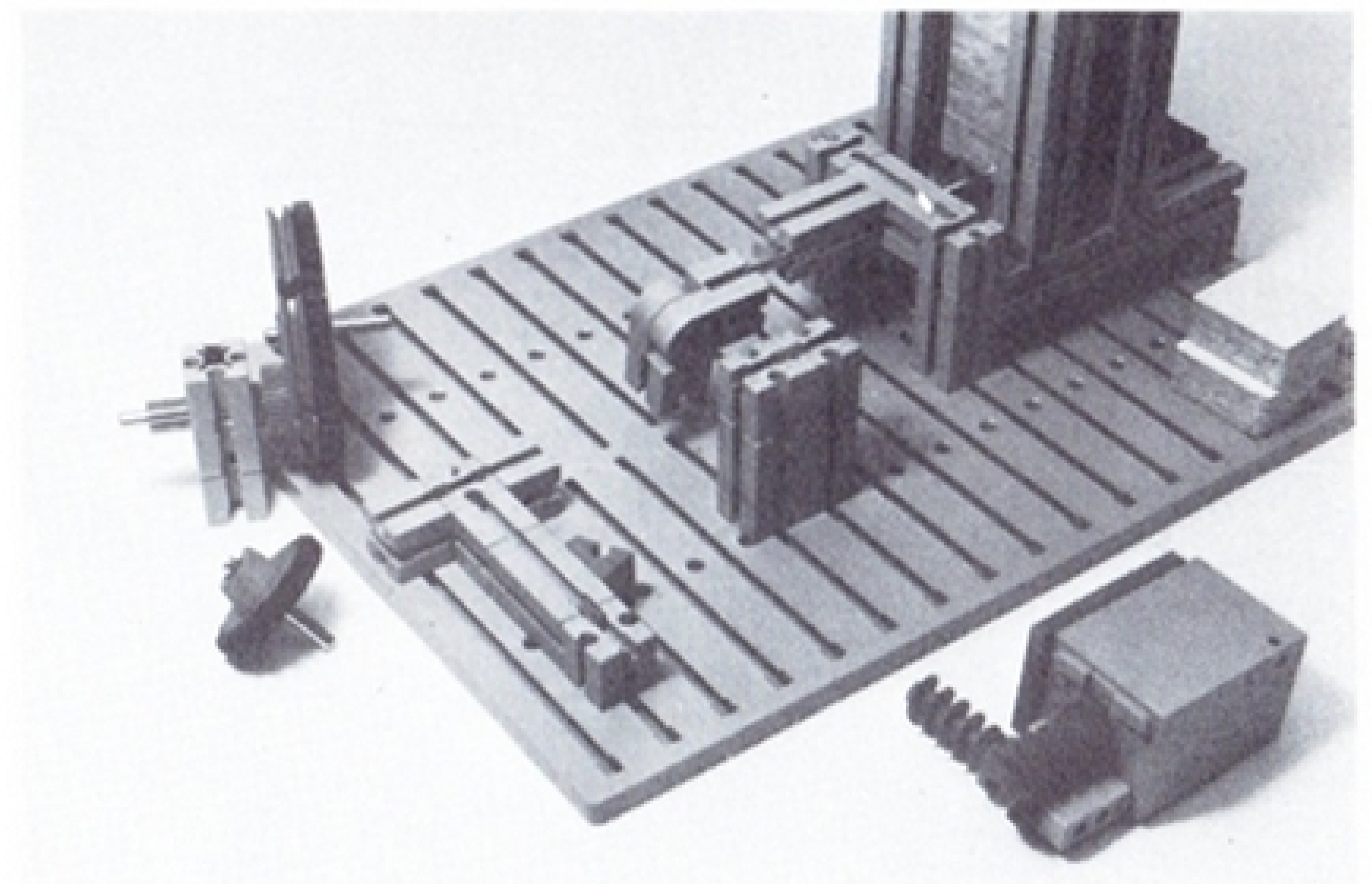


Abb. 14

Das Gelenk des Gelenksteins ist dazu etwas gelockert worden.

Abbildung 13 zeigt ein ebenfalls auf der Basis eines Schubkurbelgetriebes funktionierendes Modell. Aus Abb. 14 sind Gestell und Lagerung der Antriebsräder ersichtlich.

Bei dem Modell in Abb. 15 wird mit einer hin- und hergehenden Kurbelschleife gearbeitet. Bei einer Drehung der Kurbel (Nockenscheibe) läuft der Kurbelzapfen in der senkrechtstehenden Schleife auf



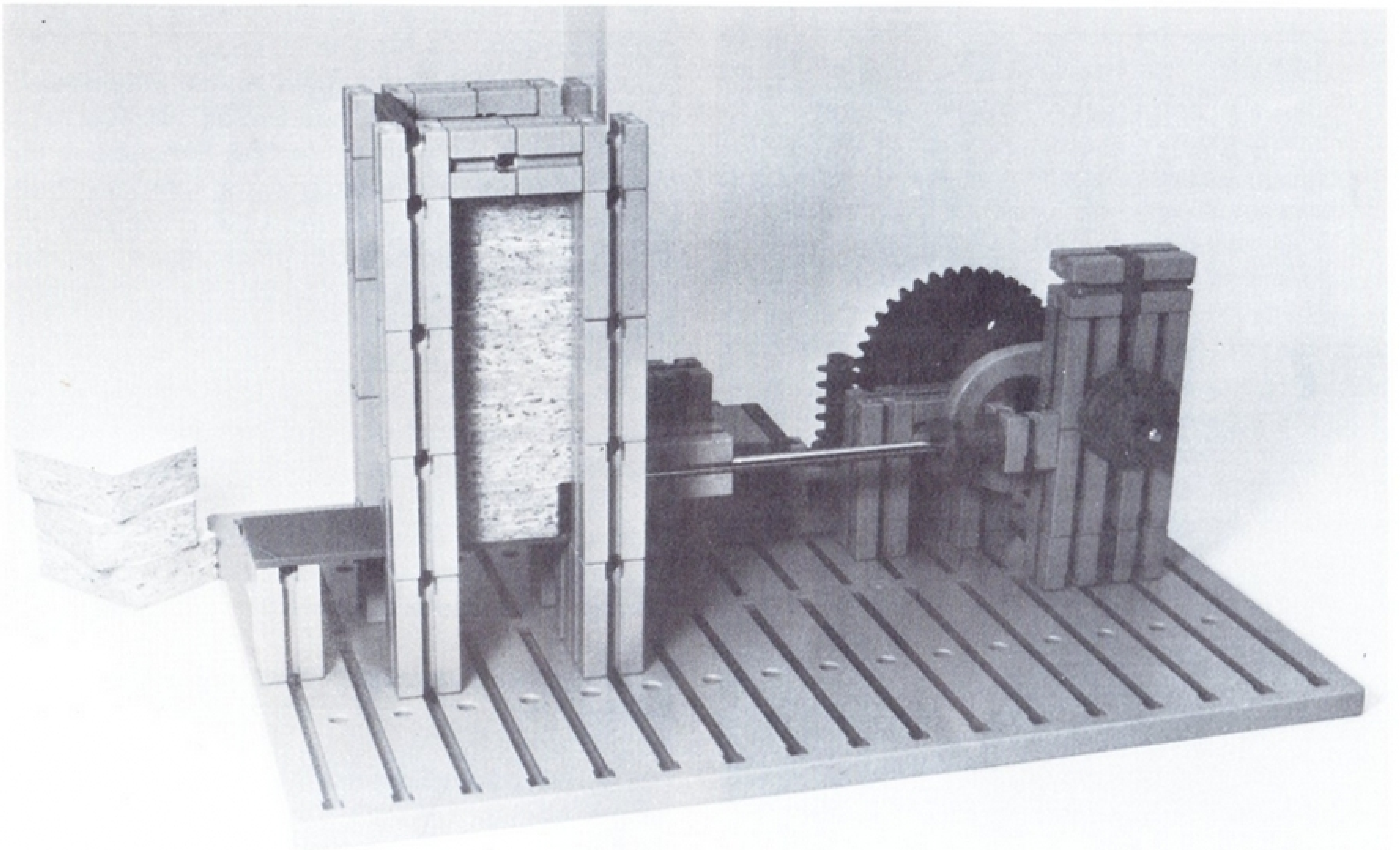


Abb. 15

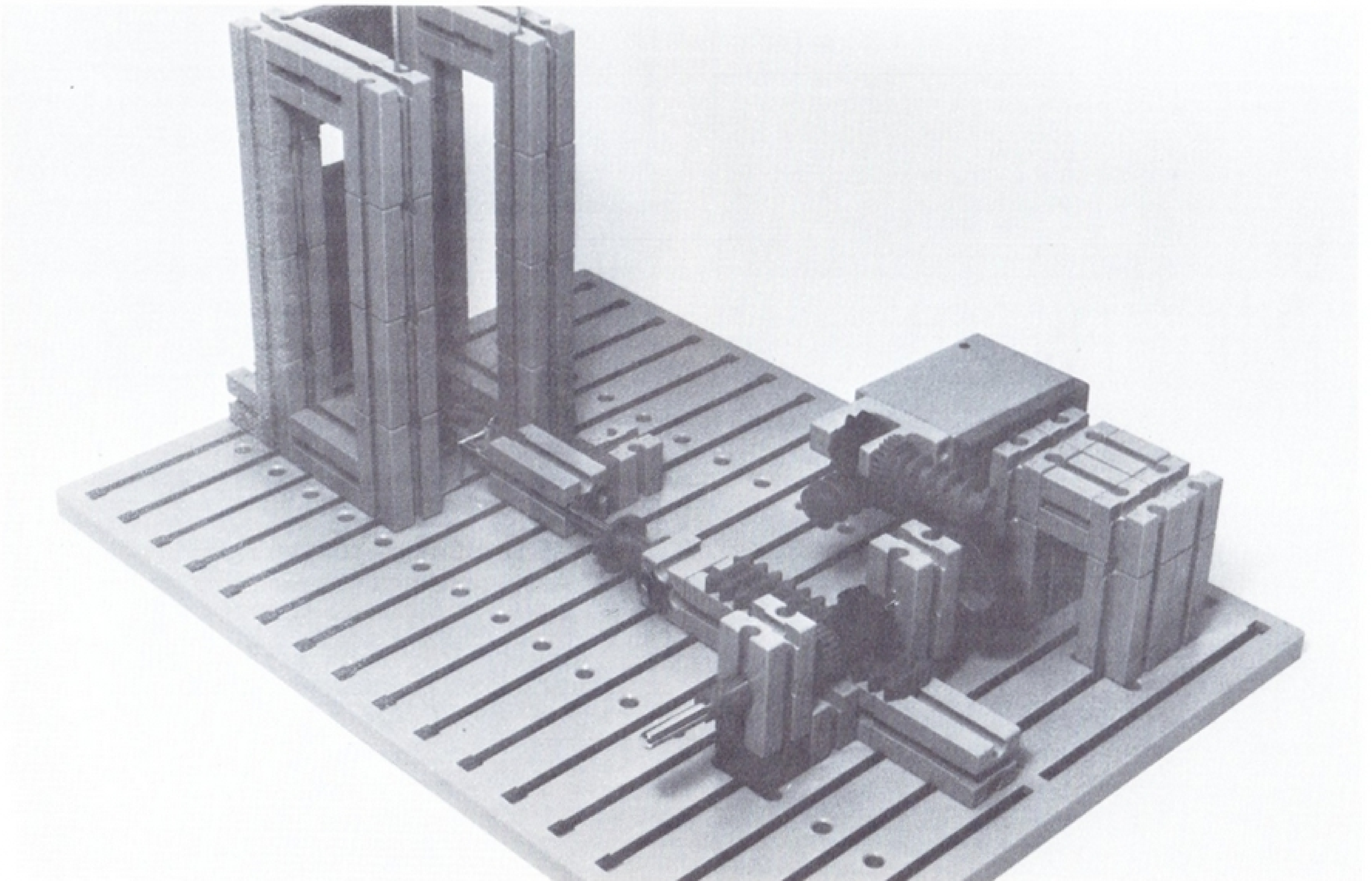


Abb. 16

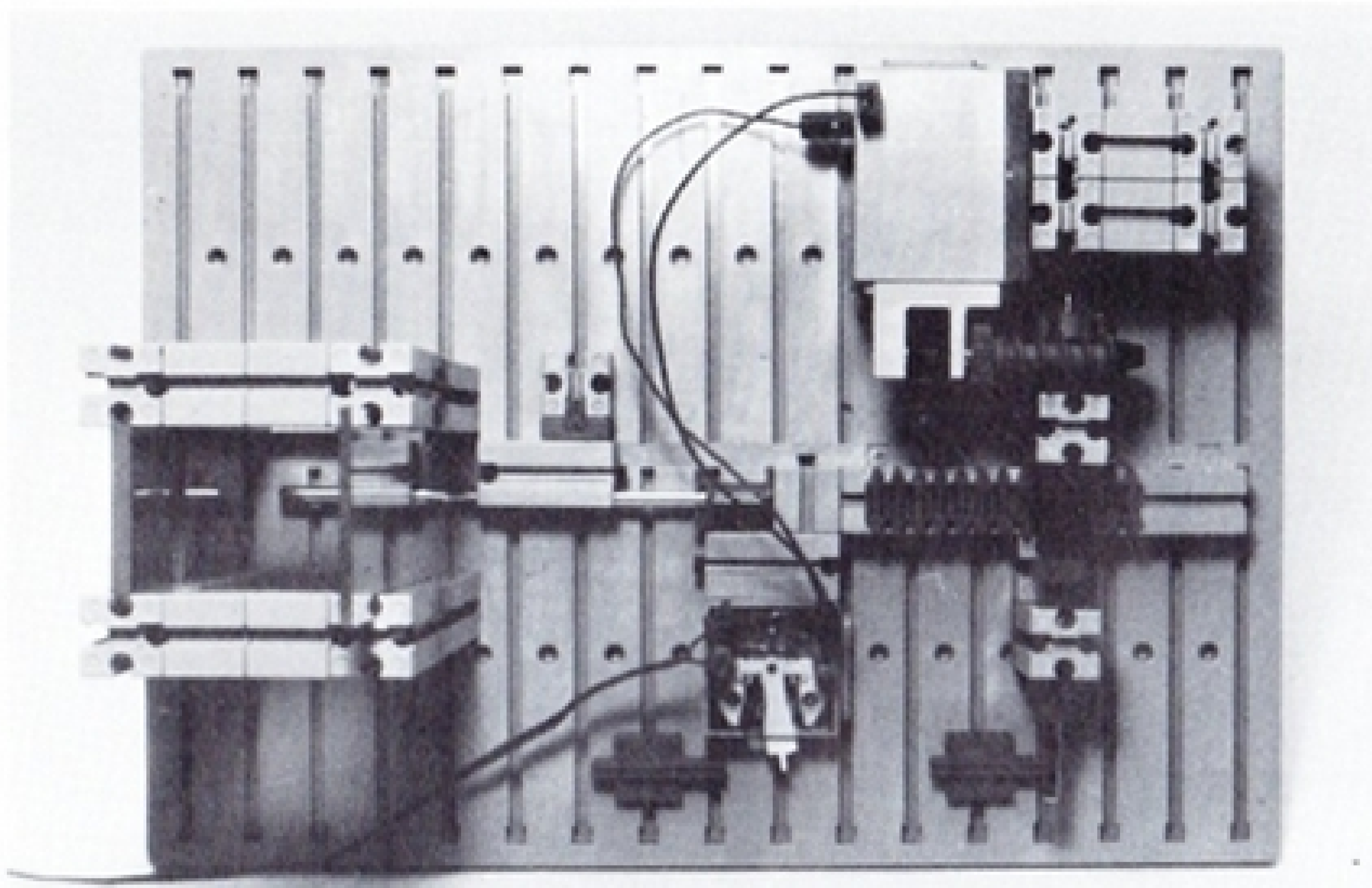


Abb. 17

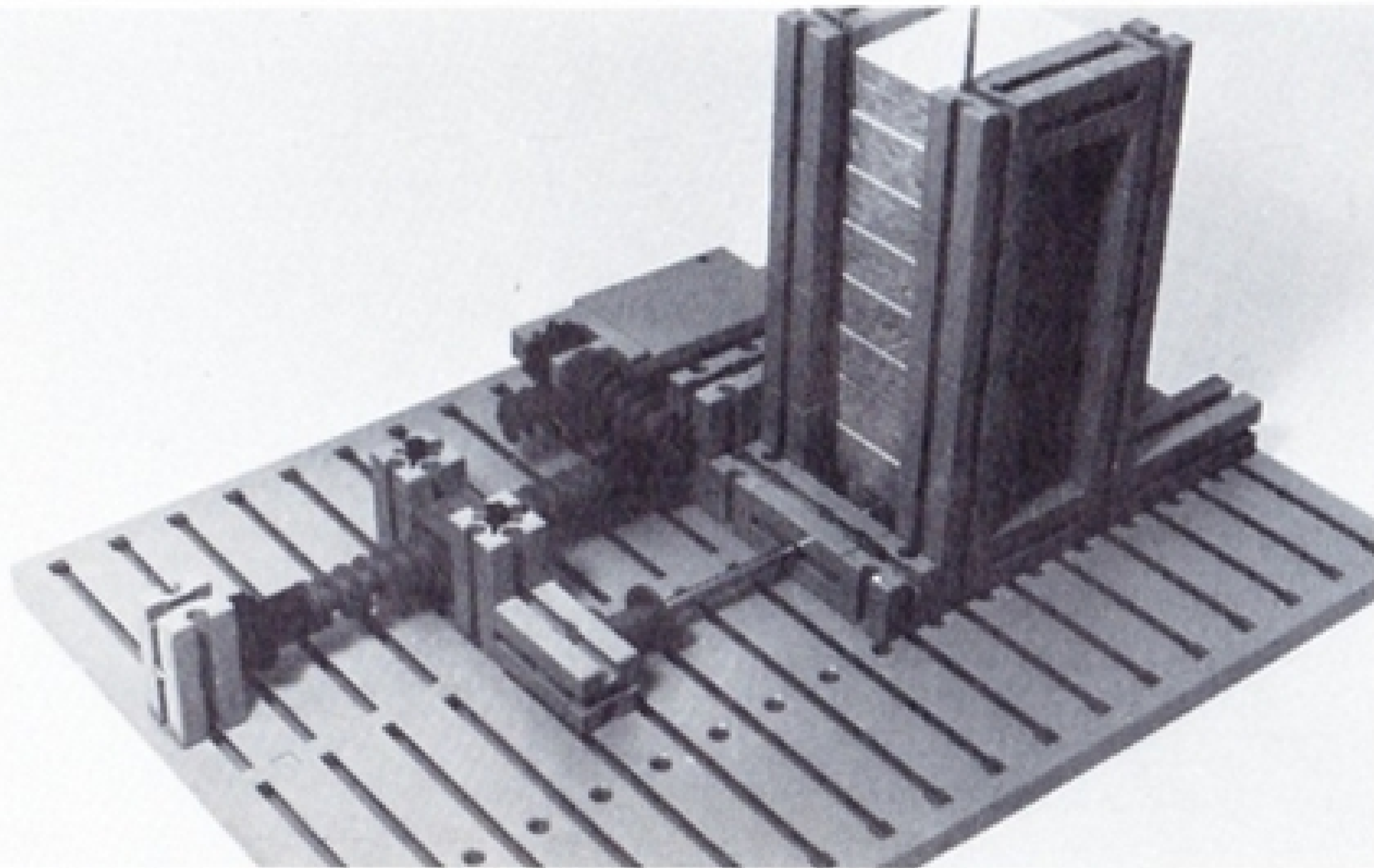


Abb. 18

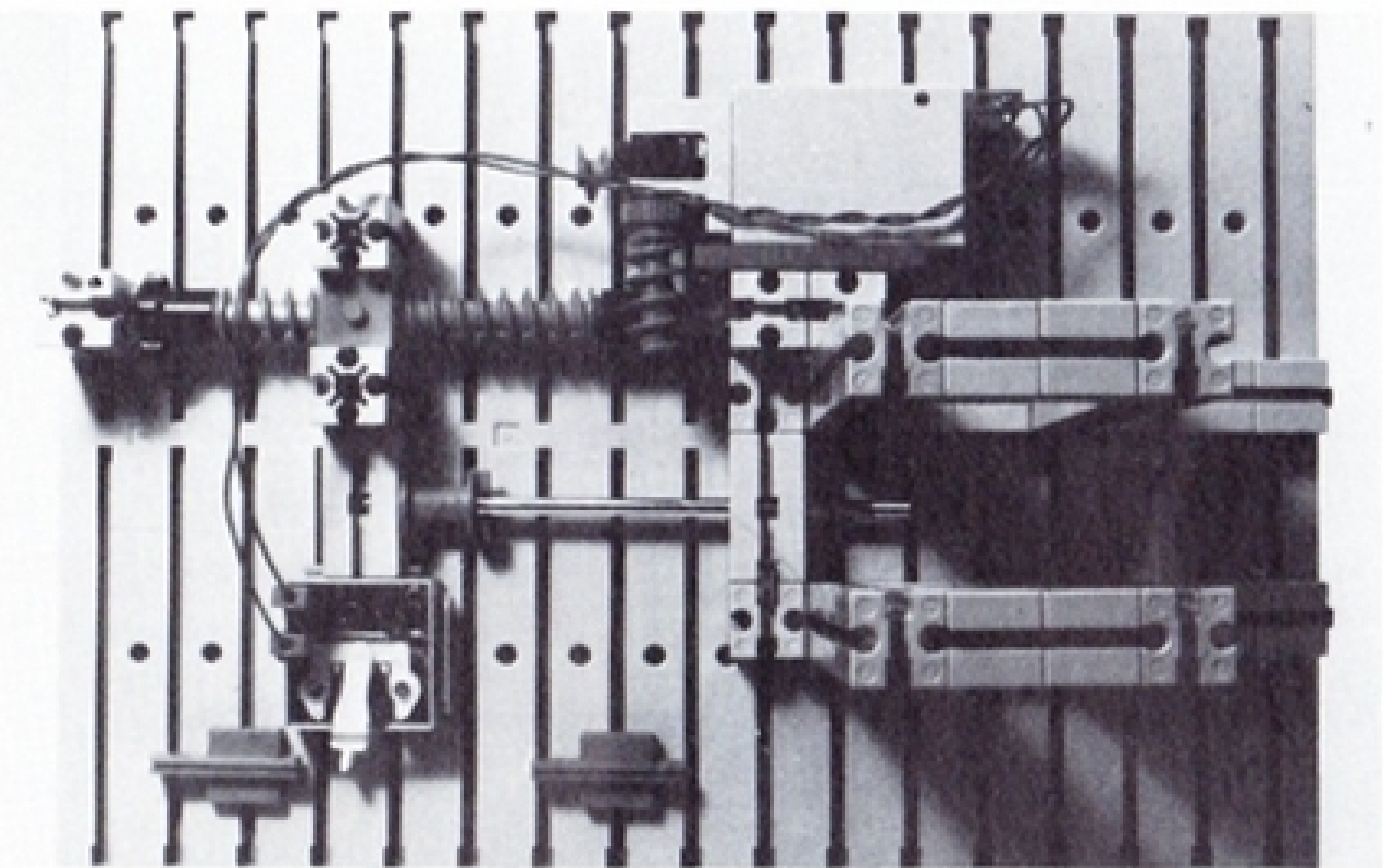


Abb. 19

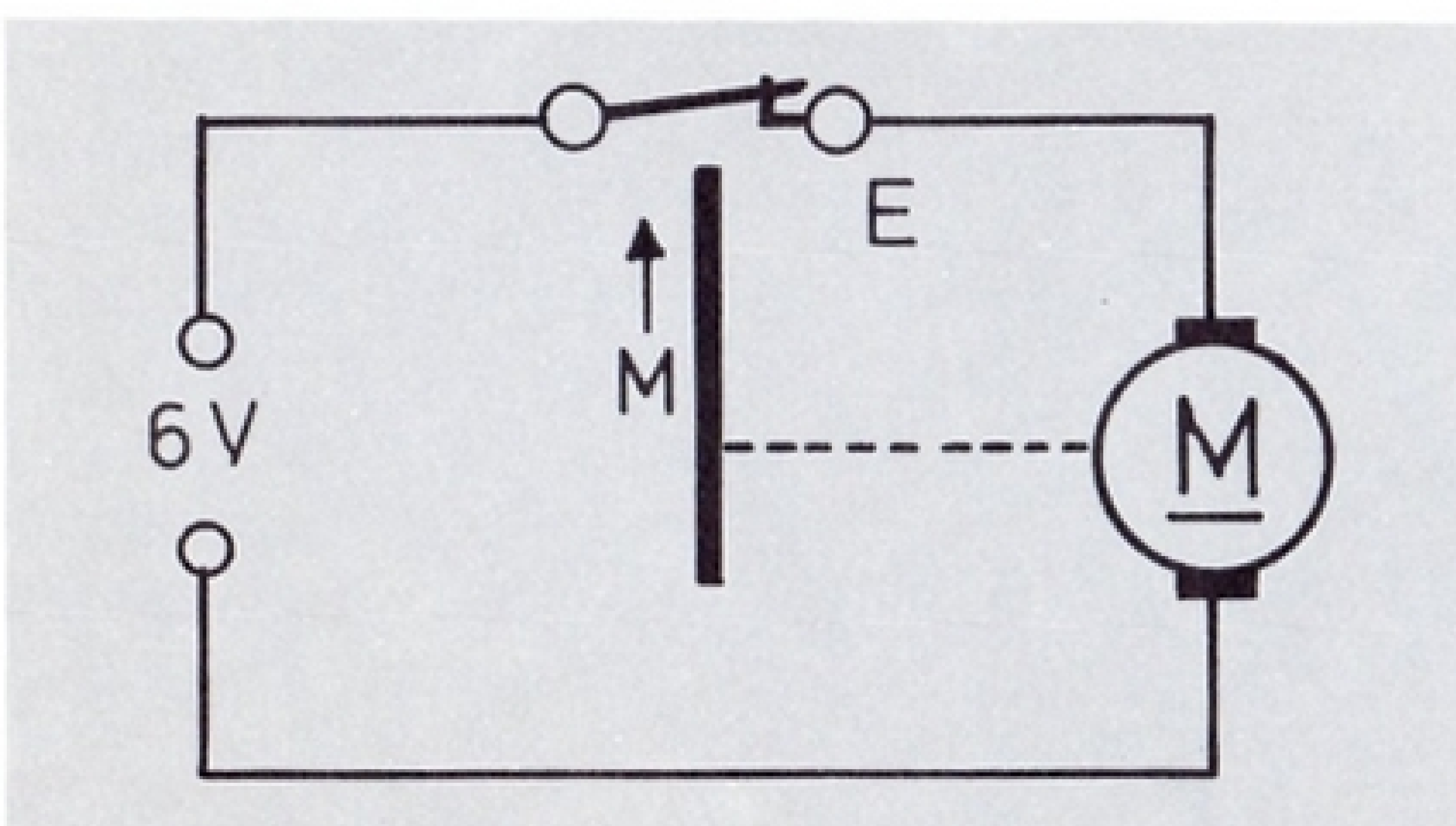


Abb. 20

und ab und führt diese dabei vorwärts und zurück (vgl. Abb. 22).

Abb. 16 zeigt ein Modell, bei dem die Schubbewegung durch eine Zahnstange und ein Ritzel erzeugt wird. Mit Hilfe eines fischertechnik-Schalters in der Funktion eines Polwendeschalters kann die Drehrichtung des Motors und damit die Bewegung der Schubstange automatisch umgesteuert werden (Abb. 17); der Schalter ist mit der Zahnstange gekoppelt und wird beim Auflaufen auf die Anschläge selbsttätig umgestellt.

Die Funktion des Modells in Abb. 18 beruht auf einem Schraubenge triebe. Bei Drehung der Schraube bewegt sich die Schraubenmutter und damit die Schubstange vor und zurück. Abb. 19 zeigt, wie die Drehrichtung der Schraube automatisch umgesteuert wird. (Die Bauteile für das Schraubenge triebe sind als Einzelbauteile erhältlich.)

#### 5. Einfache Steuerungen mit automatischer Wirkung

Um einzelne Probleme des Automatisierens aufzuzeigen, können Modelle dieser Art z.B. mit einer automatischen Abtaktung oder mit Elementen der Überwachung ausgestattet werden.

Für eine Abtaktung sind Bauteile erforderlich, die ein Ausfahren und Anhalten der Schubstange in

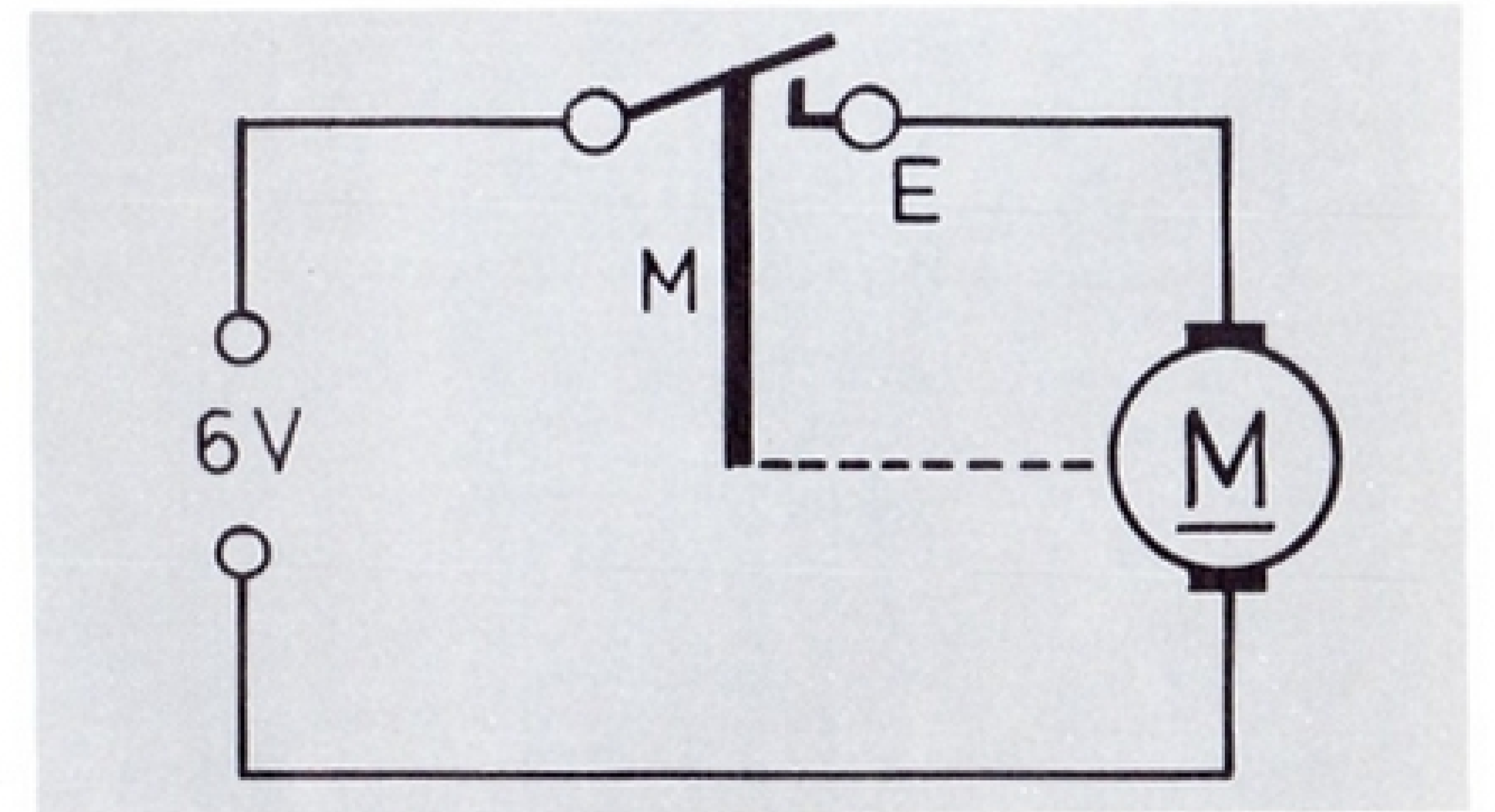


Abb. 21

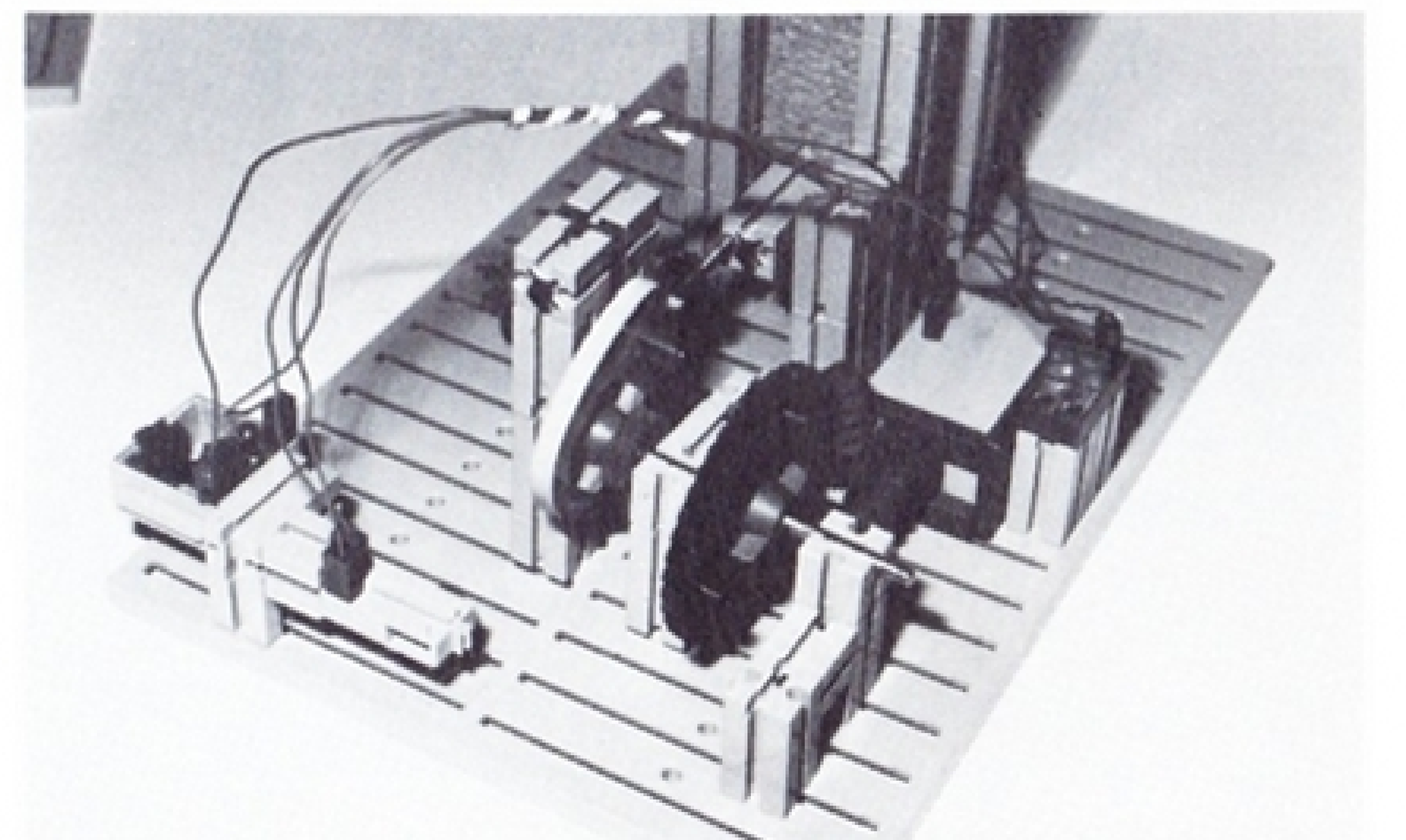


Abb. 22

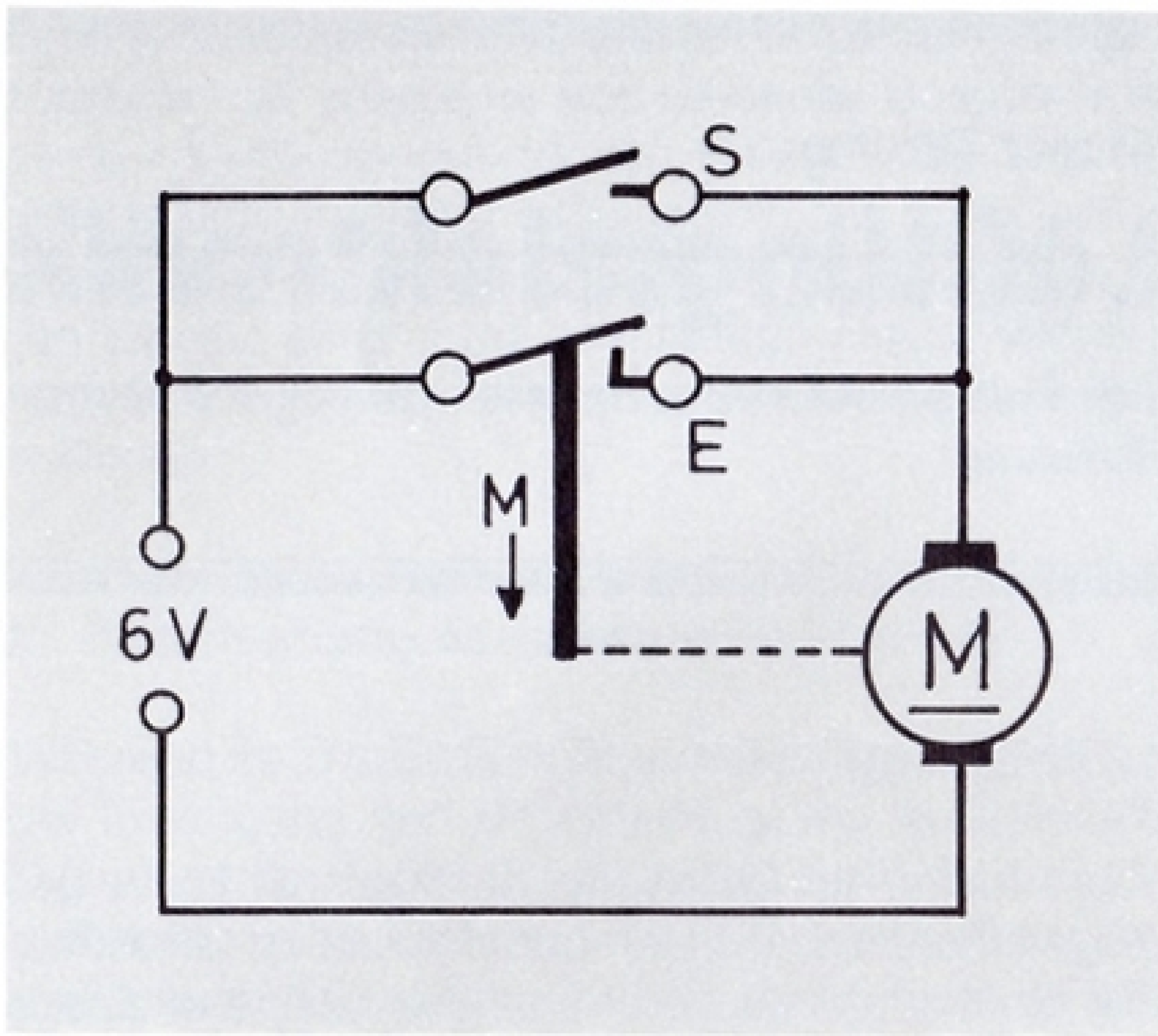


Abb. 23

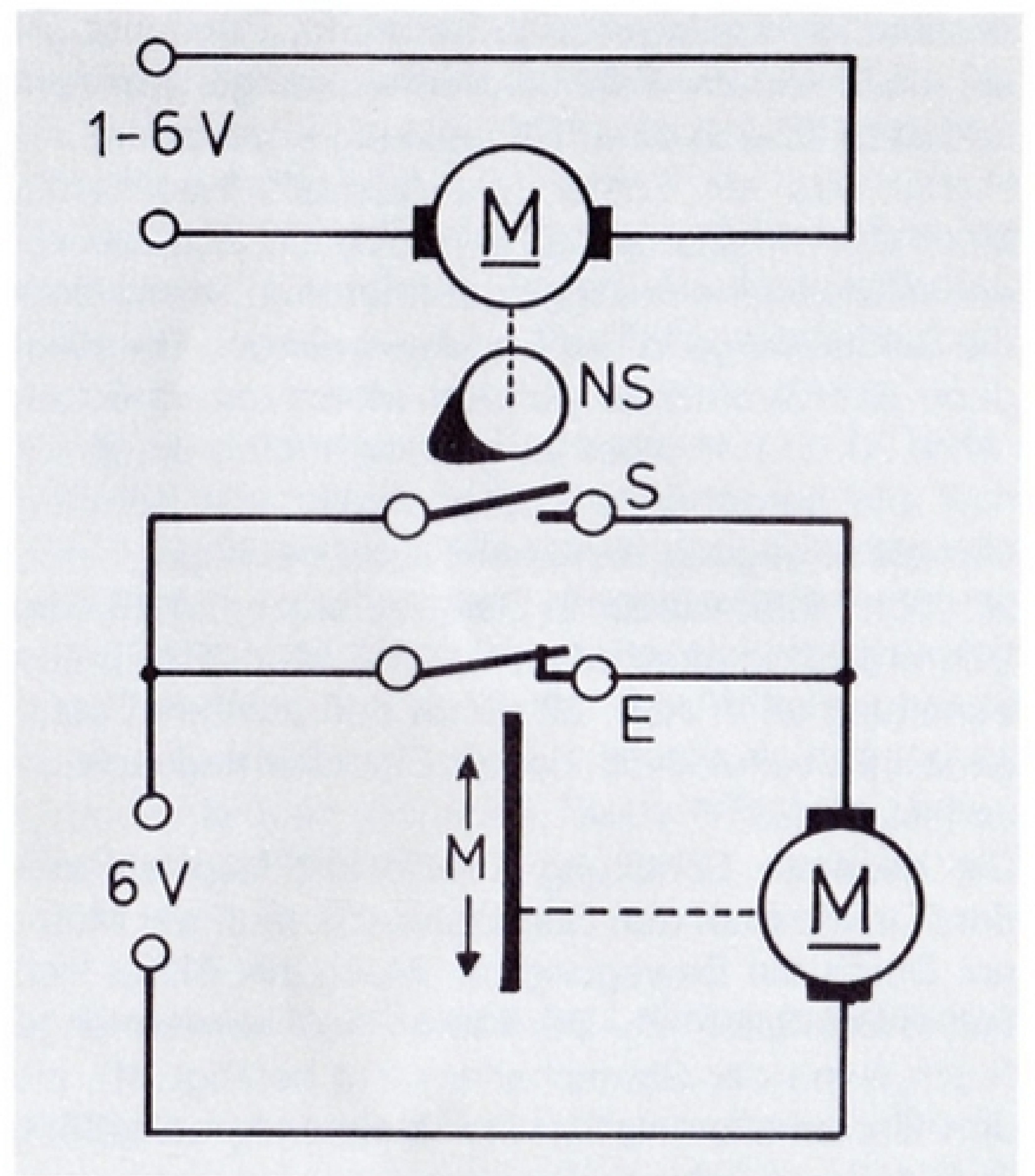


Abb. 25

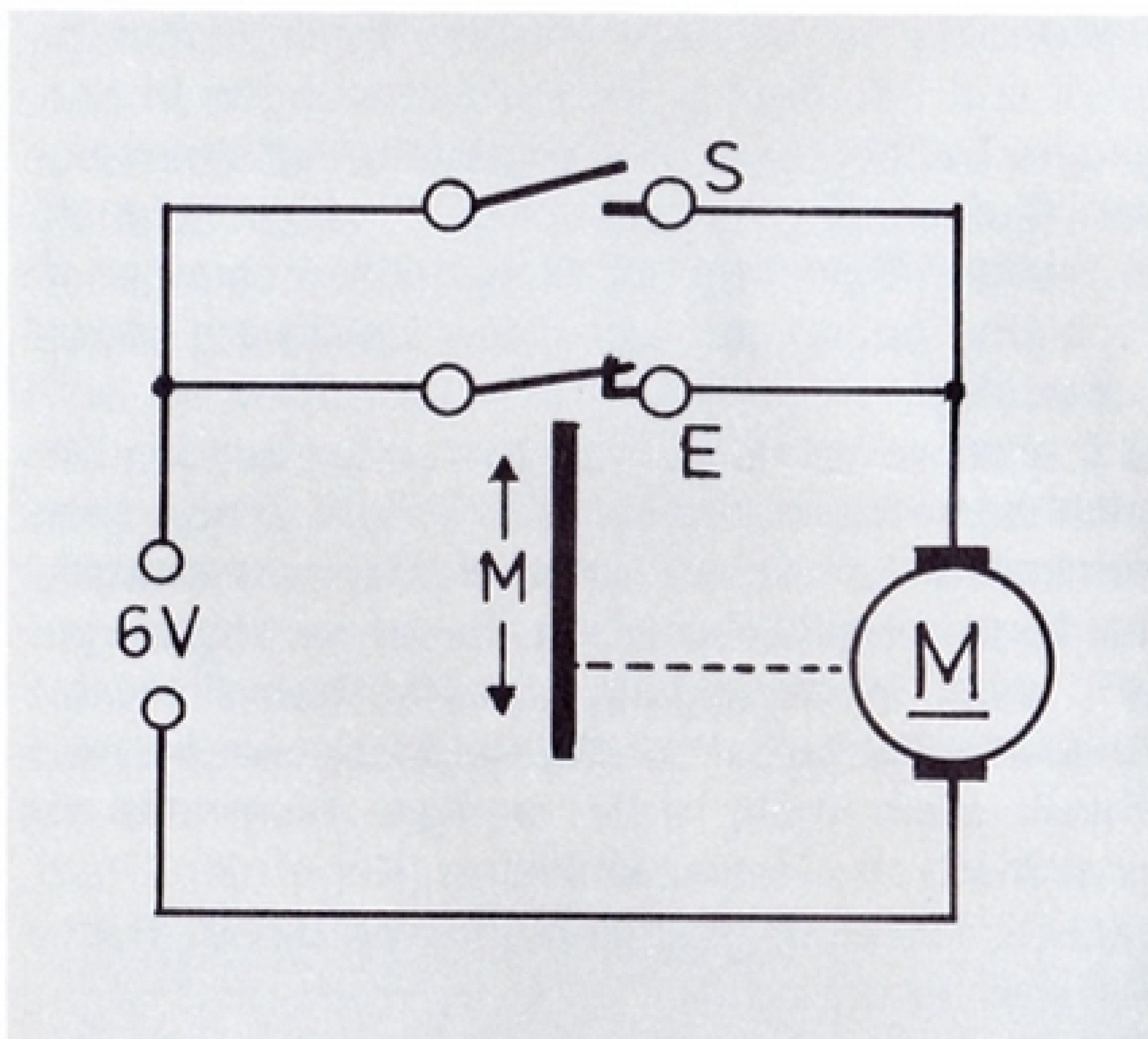


Abb. 24

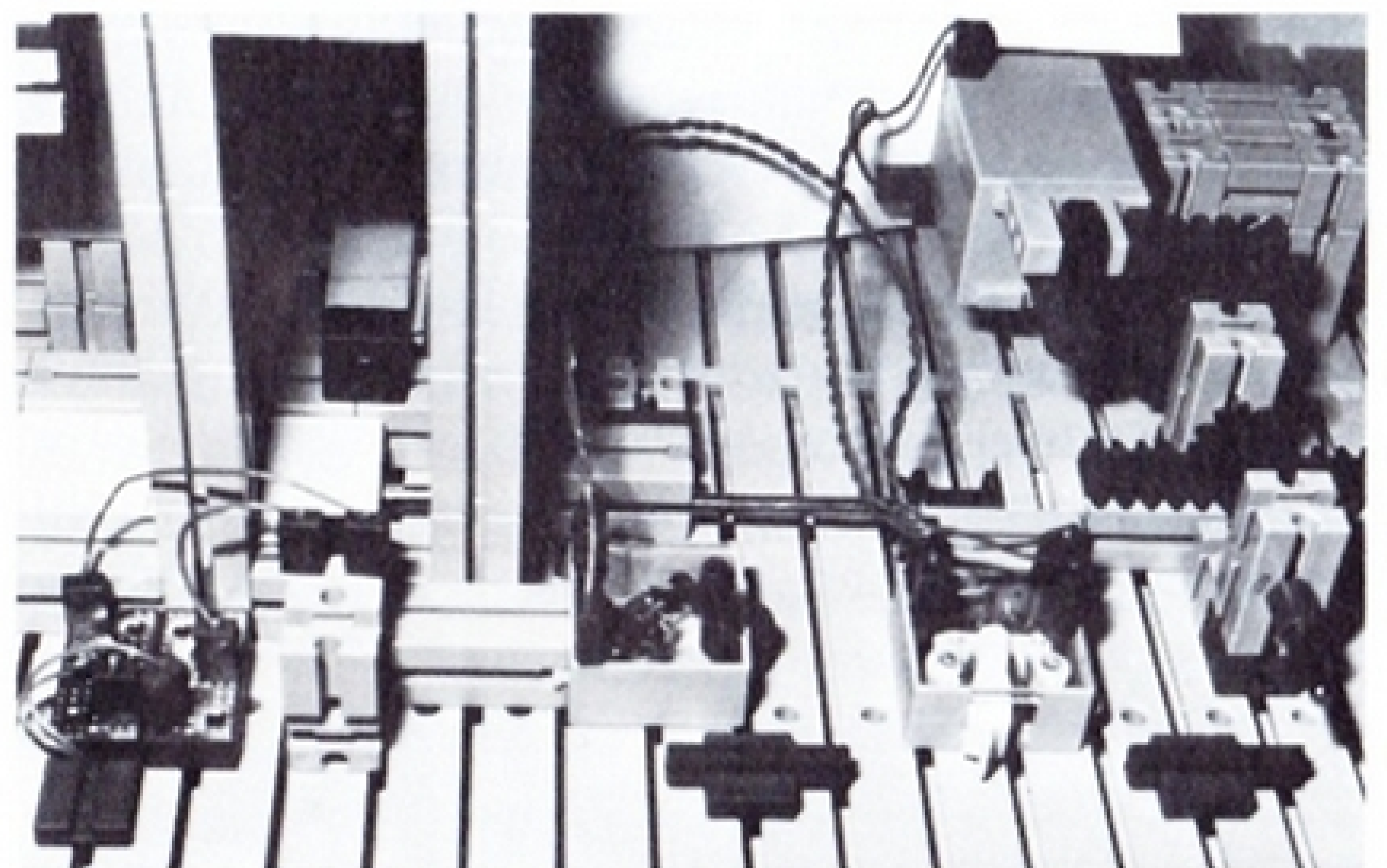


Abb. 26

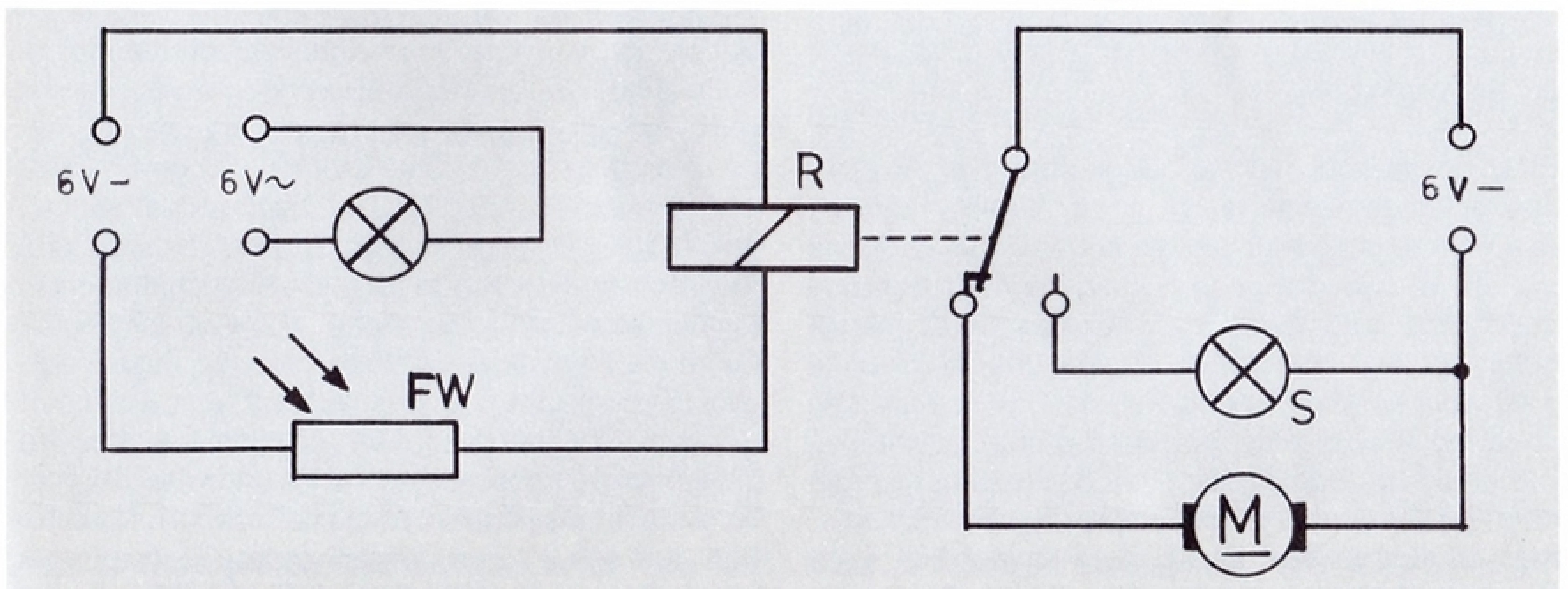


Abb. 27

bestimmten Zeitintervallen bewirken. Zunächst gilt es, nach einem Takt die Schubstange bis zum nächsten Takt in einer Endstellung anzuhalten.

Hierzu wird ein Taster (als Austaster) so in die Mechanik eingebaut, daß er durch ein sich bewegendes Maschinenteil (M) geöffnet wird, wenn sich die Schubstange in der Endlage befindet. Damit ist dann der Stromkreis für den Motor unterbrochen (Abb. 20, 21). In Abb. 22 geschieht dies durch die hin- und hergehende Kurbelschleife, die bei ihrer Umkehrbewegung den Mini-Taster betätigt.

Um den Motor wieder in Gang zu setzen, muß eine Überbrückung geschaffen werden (Abb. 23). Diese Schaltung ist in Abb. 22 durch den zweiten Taster ganz links verwirklicht, der als Eintaster angeschlossen ist.

Die gesamte Schaltung funktioniert folgendermaßen: Drückt man den Starttaster (S), läuft der Motor an. Durch die Bewegung der Mechanik öffnet sich der Endschalter (E). Der Motor läuft nun so lange (auch wenn der Startschalter nicht betätigt ist), bis der Endschalter durch die Mechanik selbsttätig geöffnet wird (Abb. 24).

Gibt man den Startimpuls nicht von Hand, sondern durch eine langsam rotierende Nockenscheibe (Abb. 25, NS), so erhält man eine durch die Umlaufgeschwindigkeit der Nocke bestimmte Abtaktung der Zuführeinrichtung.

Ferner kann die Maschine überwacht werden, indem man mit Hilfe einer Lichtschranke den Füllstand des Magazins kontrolliert (Abb. 26). Für diese Maßnahme wird der Antriebsmotor über den Ruhekontakt eines Relais gesteuert (Abb. 27); das Relais (R) wird durch einen Fotowiderstand (FW) geschaltet. Ist das Magazin leer, wird der Motor aufgrund der geschlossenen Lichtschranke gestoppt. Über den Arbeitskontakt des Relais kann zusätzlich ein akustisches oder optisches Signal (S) gegeben werden.

## 6. Weiterführung

Eine Erweiterung eines Zuführapparates zu einer Bearbeitungsmaschine ist in der Weise möglich, daß man einen Schubkurbelmechanismus (z. B. wie in Abb. 12 oder 13) an den Ausgang des Magazins anschließt, und zwar so, daß die Schubstange senkrecht liegt, also auf und ab geht, und dabei auf die vorgeschobenen Werkstücke wirkt. So erhält man das Modell einer automatischen Stanzmaschine.

Für erfahrene Schüler kann die Steuerungsaufgabe darin bestehen, die beiden kombinierten Mechanismen (Zuführen und Bearbeiten) hinsichtlich ihres Bewegungsablaufs zweckmäßig aufeinander abzustimmen und das System abzutakten.

---

Gregor Tyrchan

# Leistungselektronik

Der Beitrag der Leistungselektronik zur Automatisierung

---

## 1. Einleitung

Wohl kaum ein Teilgebiet der Technik ist in den Augen technischer Laien und der breiten Öffentlichkeit ein eindrucksvollerer und nachhaltigerer Zeuge des technischen Fortschritts als die Elektrotechnik und ganz speziell die Elektronik.<sup>1</sup> Sie hat neue Berufsbilder entstehen lassen, Betriebsmanagement und Familienfreizeit mit Neuerungen in ganz andere Bahnen gelenkt; Geräte und Verfahren wurden (äußerlich) „knopf-druck-reif“ vereinfacht, damit wurden Betrieben und Haushalten Lösungen für Probleme angeboten, die diese bereitwillig akzeptierten.

Die entsprechenden Phänomene wurden im Bereich der allgemeinbildenden Schule schon recht früh in den klassischen Unterrichtsfächern entweder nur für unterrichtliche Motivationen herangezogen, z.T. auch in Verfolgung anderer unterrichtlicher Ziele als „Black-box“ eingesetzt, oder etwa im Fach Physik auch mehr oder weniger breit und tief hinsichtlich der Gesetzmäßigkeiten (Kennlinien, Parameter . . .) einzelner Bauelemente wie Diode, Transistor usw. untersucht.

Seit geraumer Zeit werden auch im Technikunterricht *anwendungsorientierte* Probleme und Schaltungen aus dem Bereich der Elektronik berücksichtigt; jedoch, wie eine Durchsicht von Lehrplänen und fachdidaktischen Veröffentlichungen zeigt, vorwiegend auf informationsverarbeitendem Gebiet: Verstärkerschaltungen, Oszillatorschaltungen, Logikbaustufen mit Dioden, LEDs, Transistoren, Schaltkreise aus der Rechen- und Zähltechnik, der Meßtechnik, der Unterhaltungs- und Nachrichtentechnik. Legitimieren läßt sich diese Schwerpunktbildung durch die Dominanz der Information in Industriegesellschaften: Der Zugang zu und das Verfügen-Können über Informationen (Nachrichten, Wissen) sichern wirtschaftliche, politische und wissenschaftliche Machtpositionen. Weltweite Entwicklungen haben nun seit einigen Jahren andere Bedingungen geschaffen und eine teilweise Umorientierung bei den Hauptanliegen der technischen Probleme einer

Gesellschaft bewirkt. Danach zählt zu den Hauptaufgaben der sparsame und rationelle Umgang mit der zur Verfügung stehenden Energie. Die zweckmäßige und verlustarme Steuerung des Energieeinsatzes aber ist vor allem durch die Entwicklung und den Einsatz einer ganz bestimmten elektronischen Technik möglich geworden: durch die Leistungselektronik.

## 2. Beschreibung der Leistungselektronik

Während es in der Informationselektronik primär um die Erzeugung und Verarbeitung von elektrischen Signalen/Informationen geht, steht in der Leistungselektronik (auch Energieelektronik genannt) die Beeinflussung des elektrischen Energieflusses im Mittelpunkt des Interesses. Drei Hauptaufgaben stellen sich in der Leistungselektronik:<sup>2</sup>

- bereits erzeugte elektrische Energie umformen,
- elektrische Energie schalten,
- elektrische Energie steuern und regeln.

Diese Aufgaben treten in den seltensten Fällen isoliert auf; vielmehr sind kombinierte Problemstellungen die Regel.

Eine Begriffsbeschreibung der Leistungselektronik und Abgrenzung von der Informationselektronik nach dem naheliegenden klassischen Muster „Starkstrom – Schwachstrom“ ist deshalb nicht angebracht, weil auch im Bereich der Informationselektronik beträchtliche Stromstärken bzw. Leistungen etwa bei Endstufen von Verstärkern auftreten können.

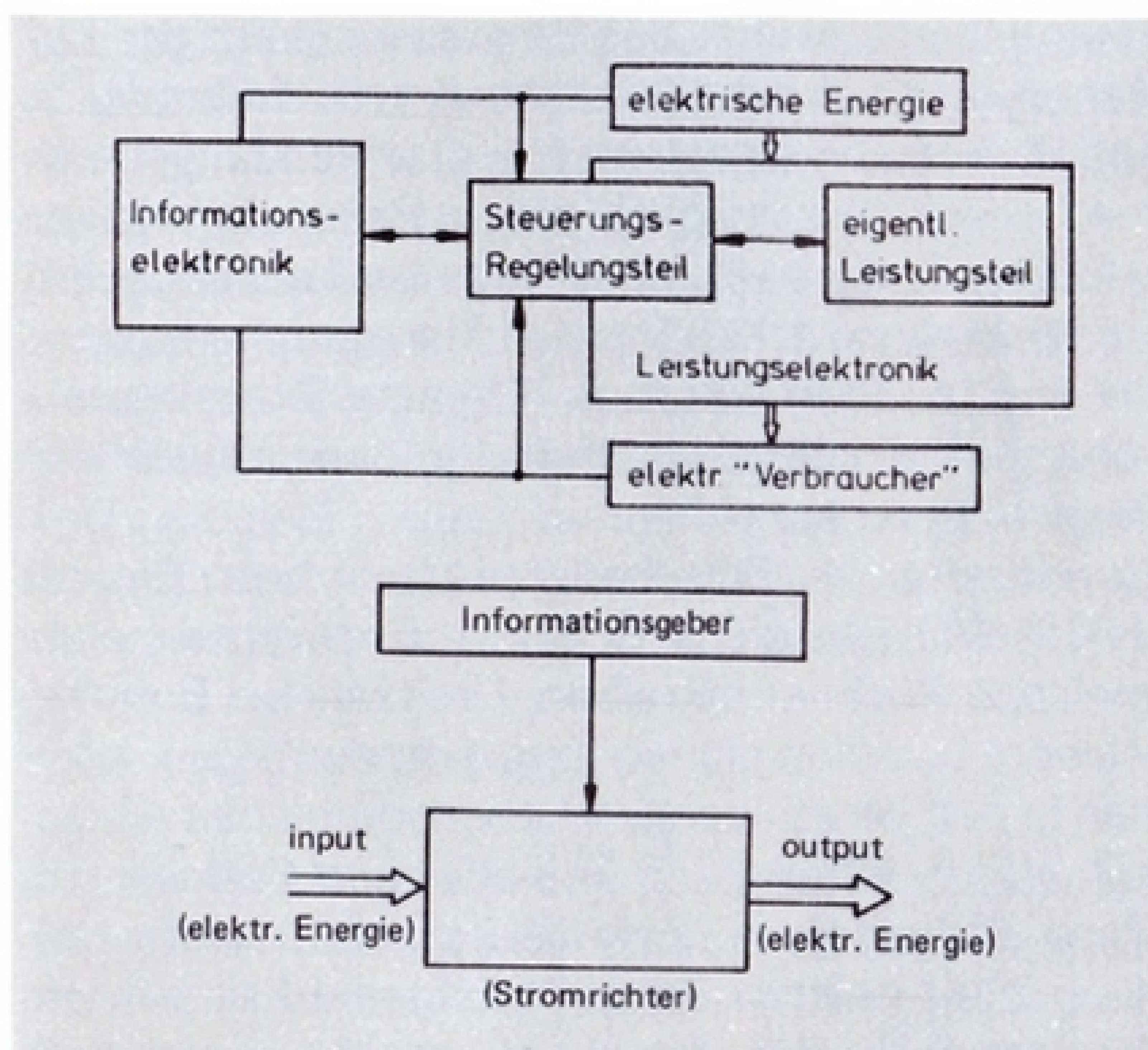


Abb. 1: a) Systemtechnische Grobstruktur einer leistungselektronischen Aufgabenlösung. b) Detaillierte Grobstruktur.

Die moderne Leistungselektronik bedient sich der Halbleiterbauteile und entsprechender funktioneller Baugruppen, die auch (elektronische) Stromrichter genannt werden.<sup>3</sup>

Es zeigt sich, daß ein immer größerer Teil an elektrischer Energie in vielen Anwendungsbereichen mit zunehmenden Qualitätsansprüchen geschaltet, gesteuert oder umgeformt werden muß.

Leistungselektronische Bauelemente und Geräte mit den entsprechenden Verfahren lassen sich daher auffassen als Elemente und Systeme zur geeigneten, geforderten Anpassung/Umformung der elektrischen Energie an die elektrischen Verbraucher (Abb. 1). Die Vielfalt der Aufgaben hat zu einer Aufspaltung der leistungselektronischen Grundfunktionen (Schalten, Steuern/Regeln, Umformen) geführt (Abb. 2).

## 3. Elemente und Geräte der Leistungselektronik

Für die aufgezeigten Funktionen in den verschiedenen Anwendungsbereichen (s. auch Abschn. 4) werden häufig komplette, standardisierte Baugruppen angeboten, bei denen neben den leistungselektronischen Grundelementen auch klassische Systemkomponenten (Widerstände, Induktivitäten, ...) zusammengefaßt sind zu funktionstüchtigen Einheiten, eben den Stromrichtern.

Schon bei den ersten Anwendungen der elektrischen Energie im ausgehenden letzten Jahrhundert (Laden von Akkumulatoren, Betrieb von Gleichstrommotoren, ...) stellten sich Probleme der Schal-

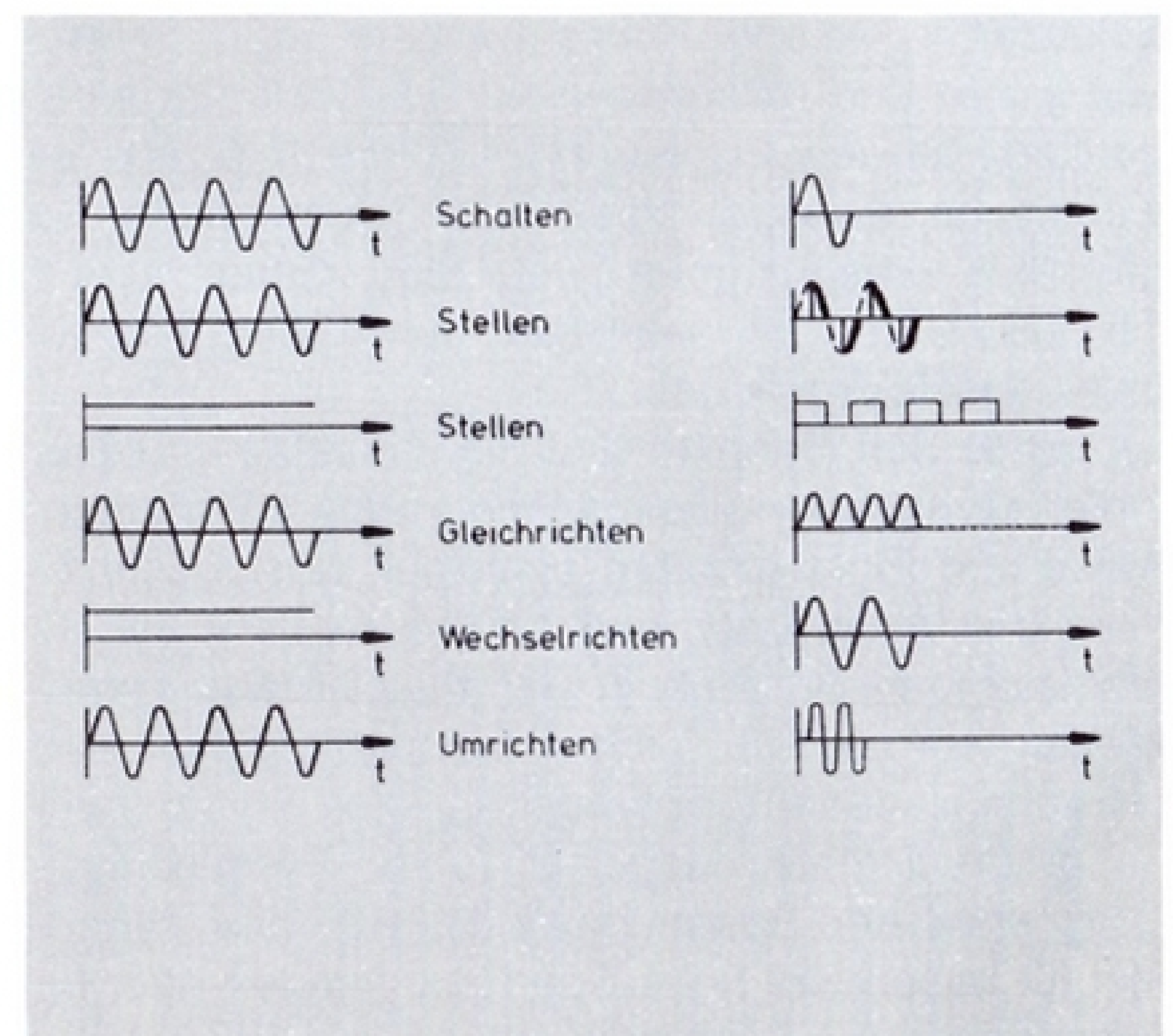


Abb. 2: Charakterisierung des elektrischen Energieflusses einzelner leistungselektronischer Funktionen

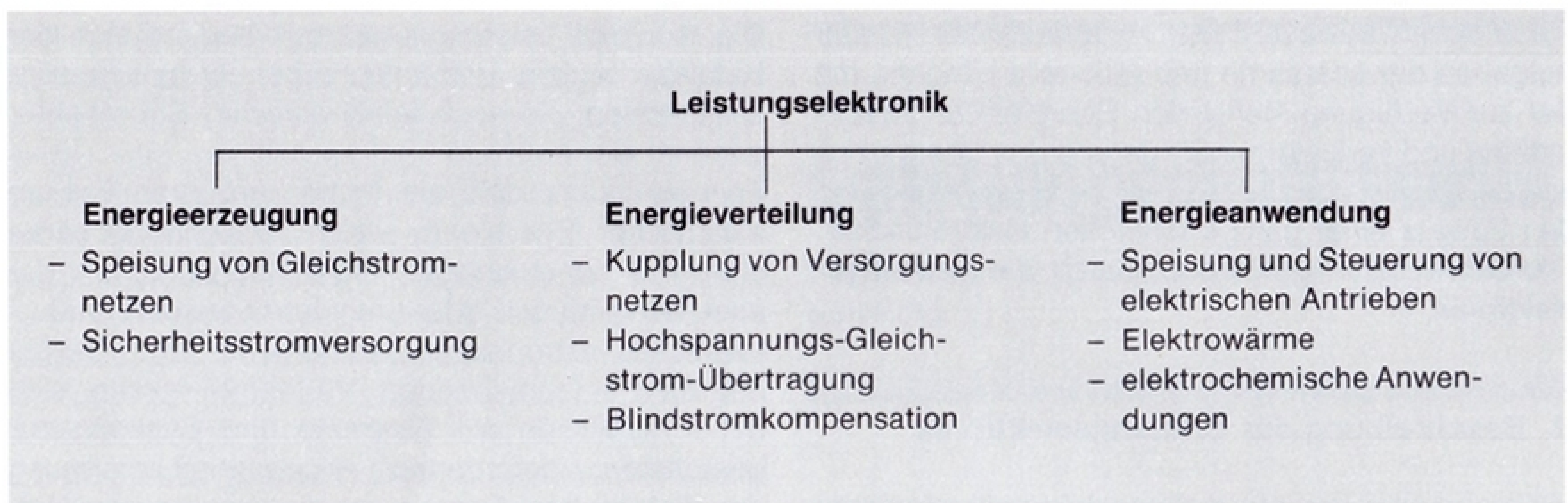


Abb. 3: Anwendungsbereiche der Leistungselektronik

tung und Umformung elektrischer Energie, die anfänglich mit elektromechanischen Hilfsmitteln wie mechanischen Schaltern, Maschinenumformern usw. gelöst wurden. Dazu kamen bald die Quecksilberdampfgleichrichter und in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts die ersten polykristallinen Halbleiterelemente (Selen, Kupferoxidul).

Erst die Entdeckung, die systematische Weiterentwicklung und konsequente Nutzung der Ventilwirkung monokristalliner Halbleitermaterialien und vor allem die Klärung und Beherrschung der pn-Übergänge brachte in den fünfziger Jahren auch eine Umstrukturierung der elektrischen Energietechnik. Während die Transistoren der damaligen Generation nicht für energetische Aufgabenstellungen eingesetzt werden konnten, war dies beim 1958 von der Fa. General Electric (USA) entwickelten Thyristor, einem steuerbaren Siliziumventil, von Anfang an anders. Dieser Leistungshalbleiter, der in der Folgezeit in vielerlei Hinsicht schnell weiterentwickelt wurde und mittlerweile nur *ein* Vertreter einer ganzen Familie von Leistungshalbleitern ist, hat die elektrische Energietechnik mit Stromrichtern so gründlich umstrukturiert, daß man dieser neuen Technik Mitte der sechziger Jahre den Namen Leistungselektronik gab.

Es würde den Rahmen und die Zielsetzung dieser Zeilen sprengen, wollte man hier Aufbau, Wirkungsweise und Eigenschaften einzelner Leistungshalbleiter darstellen. Dazu muß an dieser Stelle auf die umfassenden Arbeiten in der Fachliteratur hingewiesen werden.<sup>4</sup> Je nach Anwendungsgebiet sind die verschiedenen Leistungshalbleiter einmal mehr für große Ströme ausgelegt (unter Vernachlässigung etwa der Spannungsfestigkeit), das andere Mal für besonders hohe Sperrspannungen oder für besonders hohe Schaltfrequenzen (bis 100 kHz). Gegenüber den klassischen Elementen der elektrischen Stromrichtertechnik haben die Elemente und Baugruppen auf Halbleiterbasis viele Vorteile:

- Sie haben höhere Schaltgeschwindigkeiten als elektromechanische Schalter, Relais oder auch Quecksilberdampfventile.
- Sie arbeiten geräuschlos im Gegensatz zu Schaltern, Relais, Maschinenumformern.
- Sie haben keinen Verschleiß, weil sie kontaktlos geschaltet werden und rufen daher auch keine Funkstörungen hervor.
- Sie haben einen extrem hohen Wirkungsgrad (bis zu 99%).
- Sie haben eine hohe Leistungsdichte: In der funktionstüchtigen Baugruppe bis 3 MW/m<sup>3</sup>!
- Sie sind rüttelsicher und lageunabhängig; dadurch ist Freiluftverwendung und Einsatz in Fahrzeugen möglich.

#### 4. Anwendung der Leistungselektronik

Einen Überblick über das Einsatzspektrum der Leistungselektronik erhält man nach der Gliederung<sup>5</sup> in Abb. 3. Aus den einzelnen Hauptanwendungsbereichen sollen hier lediglich einige Beispiele skizziert werden, die die besondere Rolle der Leistungselektronik bei technischen Problemlösungen herausstellen und gleichermaßen die Eignung leistungselektronischer Problemlösungen für den schulischen Bereich andeuten sollen.

Die einzelnen technischen Aufgaben beim Einsatz elektrischer Energie (z. B. Backgut erwärmen, elektronische Rechner betreiben, Drehzahl bei Bohrmaschinen belastungsunabhängig ändern, ...) kommen in den verschiedenen Lebensbereichen (Haushalt, Beruf, Schule, ...) in vielfältigen Formen vor. Diese Aufgaben können i. a. durch ähnliche leistungselektronische Prinziplösungen erfüllt werden. Von der Fülle der „hautnah“ erlebten Leistungselektronik ausgehend können dadurch noch unbekannte oder komplizierte Geräte und Anlagen erschlossen werden. Insbesondere liegen bei den

Energieanwendungen beachtliche Möglichkeiten für einen rationellen Umgang mit Rohstoffen/Werkstoffen und mit (elektrischer) Energie.<sup>6</sup>

Aus der Fülle möglicher Anwendungen sollen typische, exemplarische Problemlösungen für einige technische Grundaufgaben vorgestellt werden, die zugleich den Vorteil didaktischer Transferinterpretationen haben.

#### 4.1 Elektrowärme

Zu diesem Anwendungsbereich werden leistungselektronische Geräte zum Schalten und Stellen (Steuern, Regeln) von elektrischen Heizgeräten aller Art gerechnet.<sup>7</sup> Dazu zählen Geräte zur Speisung von Lichtbogenöfen und Anlagen zum induktiven Härten, Erwärmen oder Schmelzen, Geräte zum Schalten und Stellen von Schweißanlagen, aber auch Geräte zur Helligkeitssteuerung von Beleuchtungsanlagen – denn bei den optischen Wirkungsgraden von Glühlampen von etwa 5% kann die Erzeugung von Glühlampenlicht primär wohl als „Wärmeprozess“ angesehen werden.

Der Einsatz der Leistungselektronik wird sich auf diesen Gebieten noch erheblich ausweiten, weil in allen Bereichen die Anforderungen an die Prozeßtechnologie, an die Qualität der Produkte bzw. die Halbfabrikate gesteigert werden.

Im Bereich kleiner Leistungen (etwa 0,1 kW bis 1kW), wie sie für Einzel- oder Gruppenbeleuchtung, für Tauchsieder, Lötkolben u. a. im Haushalts-, Freizeit- und Schulbereich häufig anfallen, reichen die von der Grundschialtung und auch von der Realisierung sehr einfachen, einsichtigen und preiswerten sog. Phasenanschnittsteuerungen weitgehend aus (s. auch Abschn. 6). Sie erbringen funktionelle und ökonomische Vorteile: stufenlose Einstellung, weniger Material bei der Montage...

Bei großtechnischen Wärmeprozessen haben leistungselektronische Lösungen zur Substitution klassischer Energieträger wie Öl, Kohle, Gas durch Elektroenergie und zur Ablösung entsprechender Technologien geführt bei gleichzeitiger Verbesserung der technischen, ökonomischen, arbeitsmedizinischen usw. Produktionsbedingungen.<sup>8</sup>

#### 4.2 Gleichstromerzeugung

Zu den Bereichen mit dem größten Gleichstrombedarf zählen die industriellen Bereiche der Elektrolyse, Galvanik und elektrophoretischen Lackierung. Daneben spielt, wie auch schon in den Anfängen der Stromrichtertechnik, die Akkumulatorenladung eine bedeutende Rolle. Die elektronische Datenverarbeitung, Telefonnetze, elektronische Freizeit-,

Hobby- und Ausbildungsgeräte benötigen von der Energiemenge (in kWh gemessen) weniger Gleichstrom; leistungselektronische Einrichtungen für diese letztgenannten Verbrauchergruppen sind die Netzgeräte;<sup>9</sup> sie sind eine Sonderform von Stromrichtern.

Elektrochemische Prozesse sind im allgemeinen sehr energieintensiv.<sup>10</sup> Da die Qualität der Produkte u. a. von den eingestellten elektrischen Größen (Strom, Spannung) abhängt und die Produktion zumeist nach dem Kontinuitätsprinzip organisiert wird, sind die Anforderungen an Stromrichteranlagen in der Elektrochemie von besonderer Natur. Abgesehen von gerätetechnischen und baulichen Besonderheiten, die sich z. B. aus den extrem hohen Stromwerten für elektrochemische Anlagen ergeben (Aluminiumelektrolyse mit ca. 100000 Ampere!), haben diese Anlagen gleiche systemtechnische Grundstruktur wie die aus dem Alltag bekannten Netzgeräte oder Akku-Ladegeräte (Abb. 4). Was die einzelnen Anwendungsgebiete unterscheidet, sind Anzahl, schaltungstechnische Verknüpfung, Dimensionierung und funktionale Abstimmung der einzelnen in Abb. 4b) angedeuteten Subsysteme.

#### 4.3 Antriebe

Die Hauptprobleme bei elektromotorischen Antrieben, nämlich Drehzahlverstellung und als Spezialfall die Drehrichtungsumkehr, können mit leistungselektronischen Stromrichtern auf Halbleiterbasis

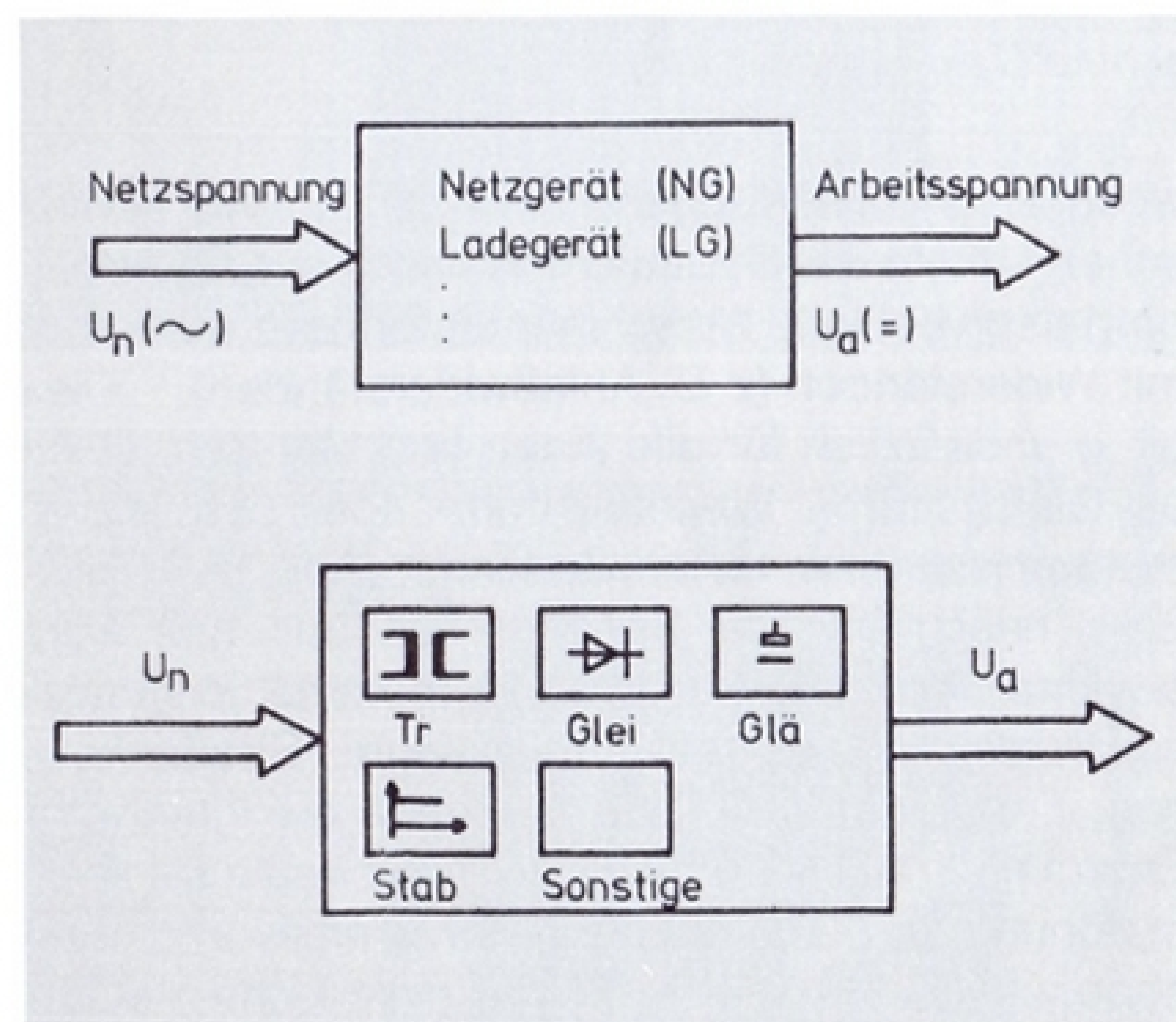


Abb. 4: Systemtechnische Grobstruktur (a) und Feinstruktur (b) von Netz-, Ladegeräten und Gleichstromversorgung für elektrochemische Produktion. Tr = Transformator, Glei = Gleichrichter, Glä = Glättungsstufe, Stab = Stabilisierungsstufe.

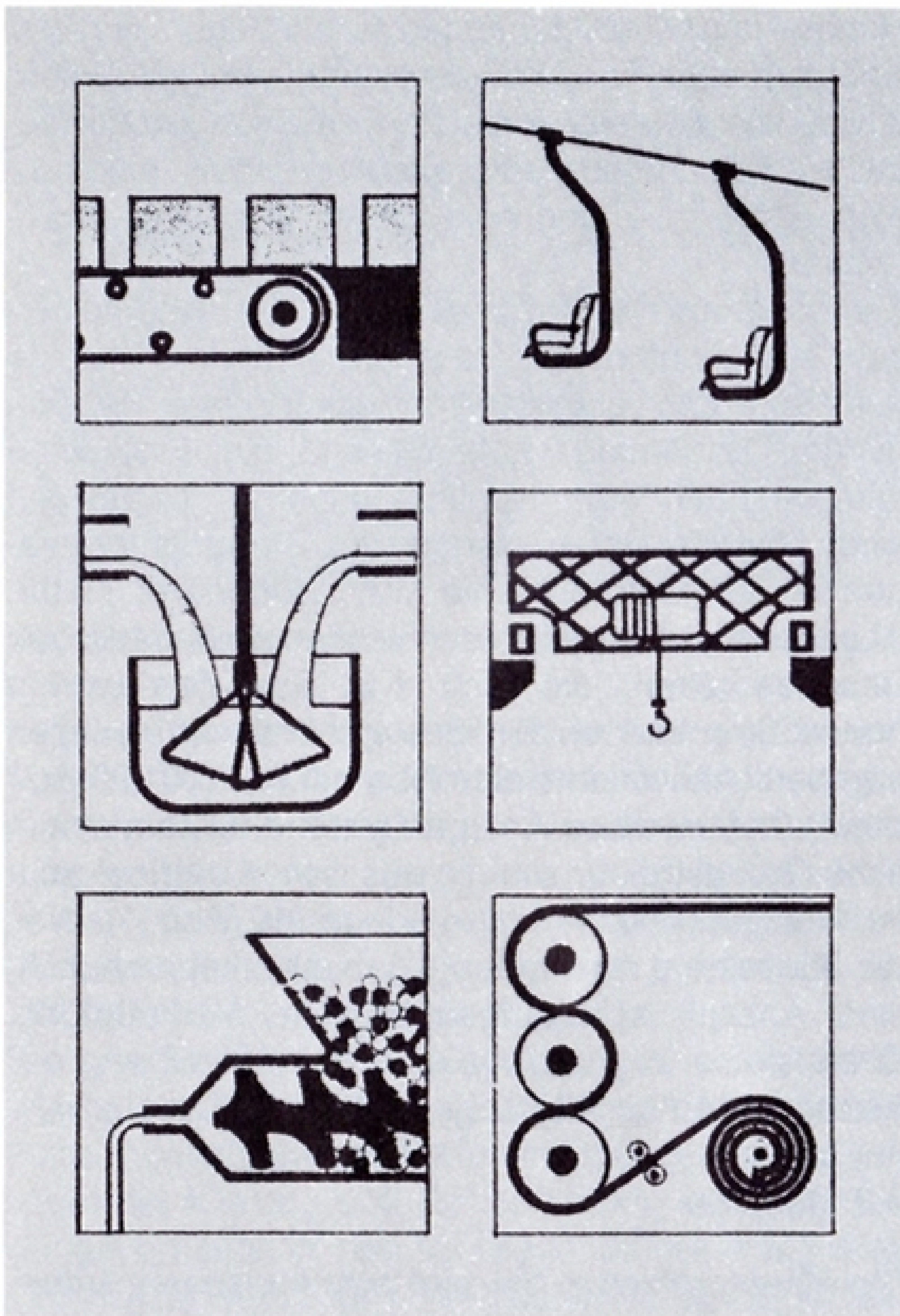


Abb. 5: Anwendungsbeispiele für leistungselektronische Antriebstechnik: a) automatisierte Förderbandanlage, b) ruckfreier Personentransport, c) automatisierter, drehzahlstabiler Mischprozeß, d) ruckfreier, geschwindigkeitsvariabler Kranantrieb mit Drehrichtungsumkehr, e) automatisierte Presse, f) Wickelmaschine (Textil-, Papierindustrie).

wesentlich günstiger gelöst werden als mit klassischen Mitteln der Stromrichtertechnik wie Quecksilberdampfventilen, Maschinenumformern oder gar mit Widerständen (z. B. Anlaßwiderständen).<sup>11</sup> Dies gilt grundsätzlich für alle Arten von Motoren, seien es Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstrommotoren mit ihren vielen Varianten (Abb. 5).

Eine beachtenswerte Besonderheit soll hier kurz erwähnt werden: Elektrisch angetriebene, leistungselektronisch gesteuerte Fahrzeuge (Straßenbahnen, Fernbahnen, Autos...) können die kinetische Energie, die beim Bremsen normalerweise als Wärmetönung an die Umgebung der Bremsvorrichtung abgegeben wird, wieder in das elektrische Versorgungssystem zurückgeben. Diese sog. Nutzbremmung mit Rückeinspeisung ist eine sinnvolle Einrichtung in energetischer und ökologischer Hinsicht; sie wird schon in einigen Bereichen bei Nah- und Fernverkehrssystemen mit Erfolg eingesetzt.

## 5. Didaktische Relevanz der Leistungselektronik

Es kann hier nicht der Ort sein, aus den angedeuteten objektiven Befunden in der eigentlich notwendigen Breite alle didaktischen Dimensionen des Sachgebiets Leistungselektronik für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht abzuleiten. Dies ist bereits an anderer Stelle der Fachdidaktik geschehen.<sup>12</sup> Es soll genügen, in groben Umrissen die didaktische Bedeutsamkeit anzureißen:

- Ziel- und zweckgerichtete Auswahl und entsprechender Einsatz von Bauteilen und Baugruppen.
- Optimierung der Baugruppen und Anlage nach jeweils unterschiedlichen Gesichtspunkten: Leistungsdichte, Qualität der Verfahren und Produkte, Abfallminimierung, Verlustenergie, Wartung...
- Realisieren von technischen Grundfunktionen (Gleichrichten, Schalten...) durch elektrische/elektronische Verfahren.
- Überlappung zweier ursprünglich getrennter Bereiche wie Starkstrom- und Schwachstromtechnik. Dieser Aspekt ist exemplarisch auch im Hinblick auf andere neu entstandene Wissenschafts- und Produktionszweige.
- Ausgedehnter Gebrauch der Modulbauweise und des Bausteinprinzips, wie er sich bei der Herstellung von Bauelementen mit Standardwerten, bei der Herstellung von Baugruppen mit Standardfunktionen und Standardnennwerten zeigt.
- Reflektierendes Verhalten als Energiekonsument in den Bereichen Beruf, Haushalt, Freizeit. Dies kann sich dann z. B. bei der Entscheidung für energiesparende, leistungselektronisch gesteuerte Geräte und Verfahren zeigen.
- Materialadäquate Bearbeitung. Dies kann sich z. B. in der Entscheidung für eine elektronisch geregelte Bohrmaschine zeigen: Je nach Material und Bohrerdurchmesser wird mit angepaßten Drehzahlen gearbeitet, wobei die eingestellte Drehzahl belastungsunabhängig konstant bleibt.
- Gehobener Gebrauchswert von Produkten: Dies zeigt sich etwa bei der Verwendung von leistungselektronischen Thyristor-Kfz-Zündungen, von Schaltuhren, Lichtorgeln u. a.

## 6. Überlegungen zur unterrichtlichen Durchführung

Die dargestellte Bandbreite kann dem Schüler kaum vermittelt werden, wenn die Leistungselektronik lediglich im (kausal orientierten) Physikunterricht angeboten würde. So wichtig und unumgänglich z. B. das Erarbeiten von Kennlinien und ihre Begründung



durch entsprechende atomistische Modelle und den Schichtenaufbau der Halbleiter sind, so unumgänglich sind andererseits die Planung, Entwicklung und Herstellung von praktikablen und soziotechnisch vertretbaren Problemlösungen, wie sie im modern konzipierten Technikunterricht verfolgt werden. Es bieten sich mehrere Ansätze zur Behandlung der Leistungselektronik im Technikunterricht an.

Eine auch den Schülern in aller Regel bekannte leistungselektronische Gerätelösung ist der sog. *Dimmer*, fälschlicherweise auch Helligkeitsregler genannt. Er wird vorwiegend für leistungsarme Steuerung/Einstellung bei Glühlampenbeleuchtung eingesetzt, jedoch auch noch bei Kleinleistungs-Elektrowärmegeräten. Schon die einfachsten Dimmerschaltungen nach Abb. 6 zeigen in Versuchen die grundsätzlichen Eigenschaften „großer“ Dimmer. Diese Schaltungen können auch von Schülern mit geringen elektrotechnischen Vorkenntnissen nachvollzogen, ihre funktionale Erklärung durch das Aufladen des Kondensators und seine Entladung (über das Triggerelement D) einsichtig gemacht werden, falls gewisse grundlegende Kenntnisse aus der Elektrizitätslehre vorhanden sind. Perfektionierungen aufgrund von nicht ganz zufriedenstellenden Begleiterscheinungen oder Wünsche nach erweitertem Einsatzspektrum führen zu aufwendigeren Schaltungen gleichen Prinzips. Diese lösen dann die gefragte technische Funktion besser, sie sind z.B. für Netzbetrieb geeignet, erzeugen keine Rundfunkstörungen und sind auch für gewisse induktive Verbraucher (Universalmotoren) mit Hilfe einer Schutzschaltung einzusetzen.

Auch das Phänomen „Phasenanschnitt“ läßt sich mit den einfachen Schaltungsaufbauten nach Abb. 6 demonstrieren, wenn man den Spannungsverlauf am Lastwiderstand bei unterschiedlichen Einstellungen am Drehwiderstand oszillographiert (Abb. 7). Die Oszillogramme machen auch plausibel, weshalb man von der leistungsarmen Energiesteuerung mit Dimmern spricht: Der Dimmer schaltet die *volle* Netzspannung ( $U_{\text{eff}} = 220 \text{ V}$ ) auch bei verschiedenen Potentiometereinstellungen; während der „Aus“-Pausen innerhalb einer Phase nimmt der Verbraucher keine Leistung auf, die Steuerschaltung nur eine sehr geringe (etwa 1 W). Innerhalb einer geschalteten Phase nimmt der Verbraucher diejenige Leistung auf, die dem „Rest“ der angeschnittenen Phase entspricht, die Steuerschaltung nach wie vor die sehr geringe Schaltleistung von etwa 1 W.

Die Unterschiede eines Dimmers nach Abb. 6 gegenüber einem Dimmer, wie er „real“ eingebaut wird, lassen sich bei der Analyse eines käuflichen Dimmers leicht herausarbeiten.

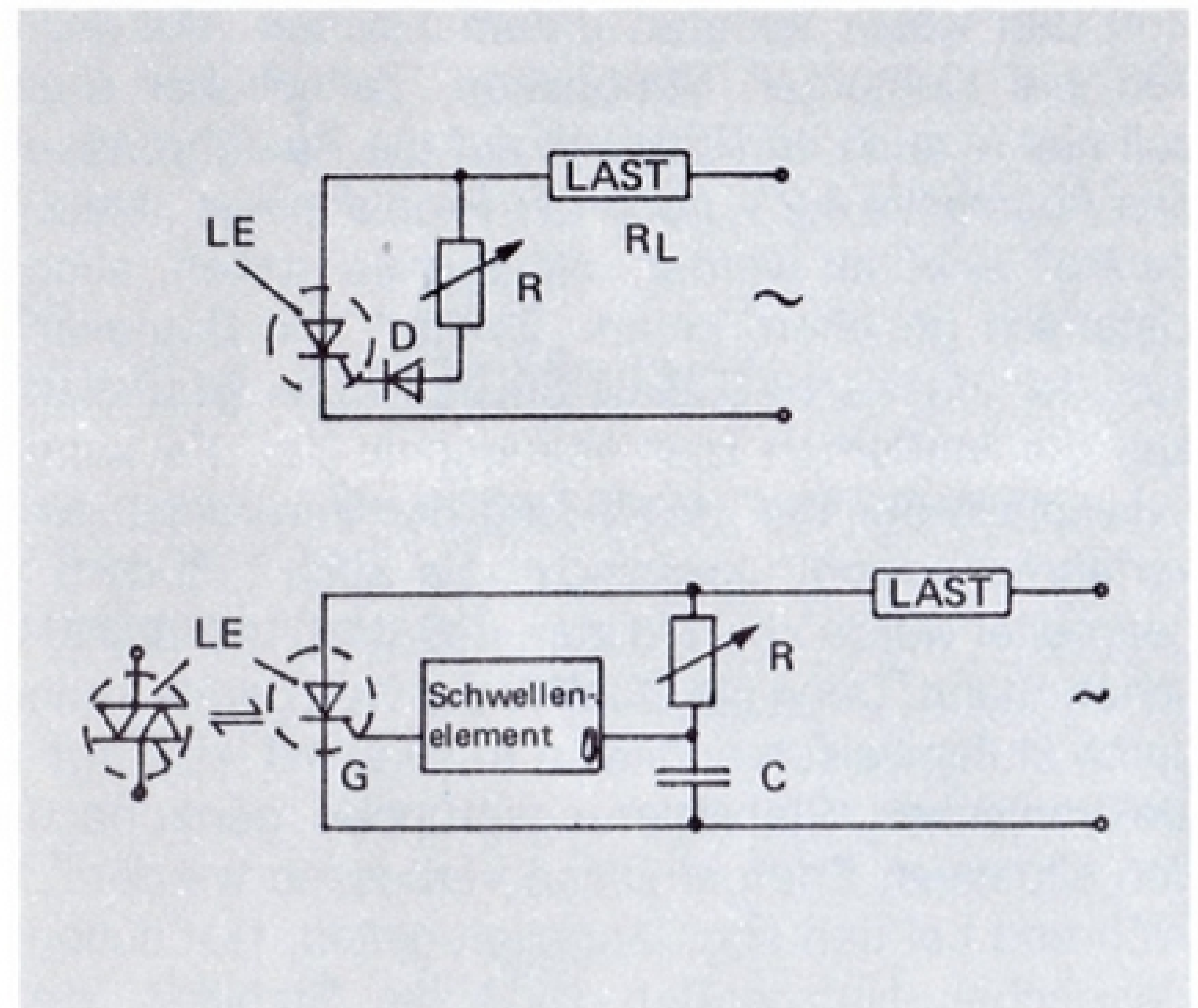


Abb. 6: Einfache, funktionstüchtige „Dimmer“-Schaltungen für einführende leistungselektronische Versuche; Betriebsspannung z. B. 12 V, Last z. B. Glühlampe 12 V, Heizwicklungen, -spiralen. LE = leistungselektronisches Element (Thyristor, Triac), R = einstellbarer Widerstand (Poti), C = Kondensator, D = Diode (damit nur positive Halbwellen an den Steueranschluß gelangen). Als Schwellenelement können sog. Diacs oder Glimmröhren genommen werden.

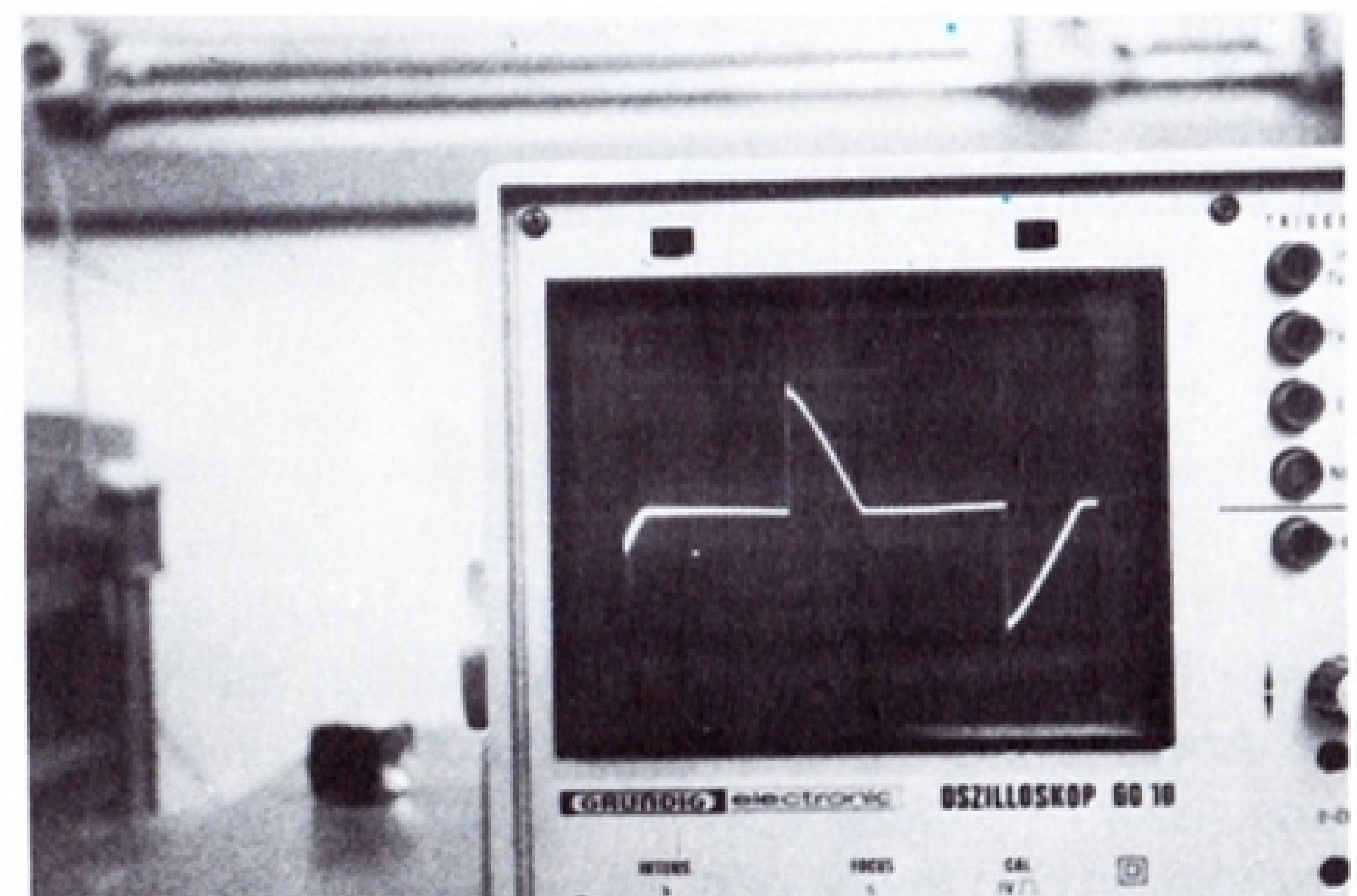
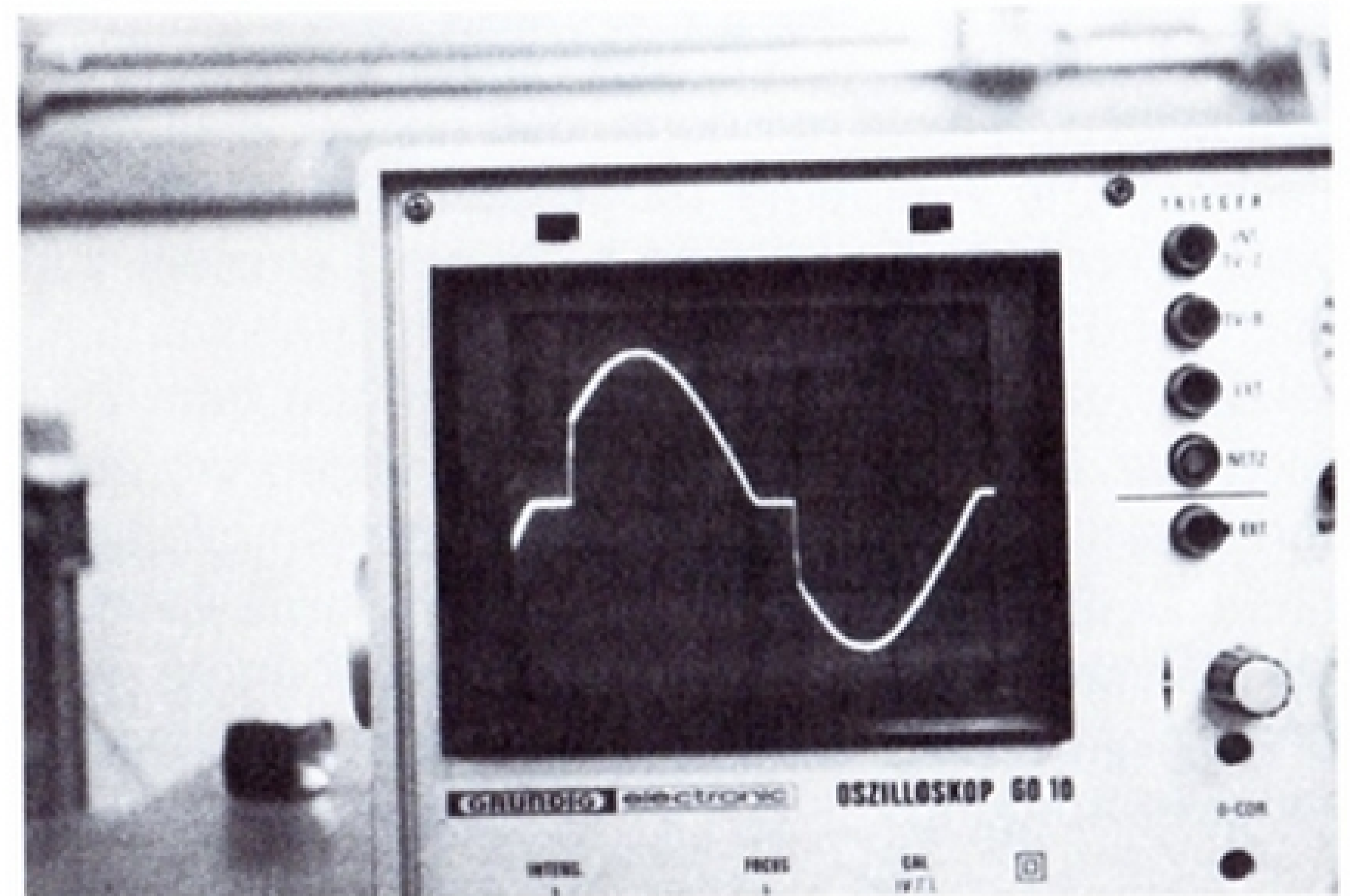


Abb. 7: Oszillogramme der Phasenanschnittsteuerung nach Abb. 6.

Von den vielen anderen unterrichtlichen Alternativen wie Lichtorgel, Stroboskop, Zeitschalter u. a. soll hier – auch im Rückgriff auf die Ausführungen des Abschnitts 4.2 – noch der Problemkreis „Netzgeräte“ erwähnt werden. Netzgeräte stellen, auch historisch gesehen, einen „Zwitzer“ mit Bauteilen aus der klassischen Elektrotechnik und Bauteilen aus der modernen Halbleitertechnik dar. Es kann hinsichtlich der Werkstoffe und der Verarbeitungsverfahren sowohl „klassisch“ als auch „modern“ gearbeitet werden bis hin zum neuesten technologischen Stand. Denn die Qualität der Netzgeräte kann durch stufenweisen additiven Ausbau mit leistungselektronischen Stabilisierungsgruppen ganz nach den situativen Erfordernissen verbessert werden.<sup>13</sup>

Während bei den sog. längsgeregelten, fast schon klassischen Netzgeräten zwar die Stabilität, die Brummspannung, die Überlastsicherheit durch verbesserte und preisgünstige integrierte leistungselektronische Baustufen gesteigert werden kann, verbleibt nach wie vor ein recht mäßiger Wirkungsgrad von etwa 20% für die Umformung von Wechselspannung in die gewünschte Gleichspannung. Dies wird erst grundsätzlich besser bei den heute noch recht unbekanntem getakteten Netzgeräten, die bis über 80% Wirkungsgrad zeigen.<sup>14</sup> Der Wert der Behandlung von Netzgeräten im Technikunterricht zeigt sich nicht nur darin, daß hierbei leistungselektronische Probleme dargestellt und erarbeitet werden können. Es können nicht nur Lernziele zur Sach- und Handlungskompetenz vermittelt werden, sondern etwa auch Fragestellungen aus dem Bereich der Sicherheitstechnik angegangen werden: Lohnt sich der Einbau einer Signalglühlampe, eines zweipoligen Schalters, eines Überlastschutzes? Diese Fragen sind relativ unabhängig von einer mehr oder weniger perfekten Gleichspannungsversorgung.

## 7. Schluß

Im Unterschied zur informationsverarbeitenden Elektronik ist die Leistungselektronik noch relativ unbekannt in der didaktischen Praxis. Vielfach besteht die (unzutreffende) Tendenz, „Elektronik“ mit geringen Strömen bzw. Spannungen zu assoziieren. Im Gegensatz dazu stehen nicht nur die industrielle Realität, sondern auch eine Vielzahl technischer Geräte aus dem normalen Alltag; hier spielt die Anwendung elektronischer Technik zur Steuerung bzw. verlustarmen Anpassung elektrischer Energie an den jeweiligen Verwendungszweck eine erhebliche und ständig zunehmende Rolle. Dabei handelt es sich sowohl um Antriebsaufgaben als

auch um Stromwärme- und Umformungsprobleme von erheblichen Energiemengen. Insbesondere unter dem Aspekt rationellen Umgangs mit Energie spielen die dadurch erreichbaren Wirkungsgrade eine herausragende, auch für den privaten Lebensbereich bedeutsame Rolle. Die unterrichtliche Erarbeitung ist ohne großen gerätetechnischen und materiellen Aufwand und schon bei Vorliegen durchaus begrenzter kognitiver Schülervoraussetzungen möglich; als Beispiele bieten sich insbesondere Dimmerschaltungen und Netzgeräte an.

Die Darstellung des grundsätzlichen Funktionsaufbaus durch systemtechnische Betrachtungsweisen erleichtert dabei den grundsätzlichen Überblick.

## Literatur

- 1 Boveri, Wasserrab: Allgemeiner Überblick über das Gesamtgebiet der Elektrotechnik. In: Boveri, Wasserrab, Janslin (Hrsg.): Technik 3 – Elektrische Energietechnik. Frankfurt/M. 1963. – Niehage, G.: Die Elektrotechnik sichert unsere Zukunft. Technische Mitteilungen 70 (1977), H. 12, S. 846–847. – Tyrchan, G.: Bedeutung der Elektrotechnik in modernen Industriegesellschaften. *technic didact* 4 (1979), H. 4, S. 147–150.
- 2 Dazu etwa: Heumann, K.: Grundlagen der Leistungselektronik. Stuttgart 1975, S. 15. – Jäger, R.: Leistungselektronik. Grundlagen und Anwendungen. Berlin 1977, S. 7. – Leonhard, W.: Bindeglied Leistungselektronik. *etz-b*, 27 (1975), H. 7, S. 145.
- 3 Heumann, K.: Grundlagen a.a.O., S. 13. – Kurscheidt, P.: Leistungselektronik. Stuttgart 1977, S. 13. – DIN 41750, Blatt 2. –
- 4 Etwa Heumann, K.: Grundlagen a.a.O. – Kurscheidt, P.: Leistungselektronik, a.a.O. – Jäger, R.: Leistungselektronik, a.a.O.
- 5 Nach Heumann, K.: Grundlagen, a.a.O., S. 199ff. – Förster, J.: Stromrichter. VDI-Z 117 (1975), Nr. 18, S. 852–861.
- 6 Dazu Riesner, W.: Rationelle Energieanwendung. Leipzig 1974. – Firmenbericht Siemens AG: Energieversorgung sichern – aber wie? Informationsnummer EXX1179.308 d (Redaktion B. Böhme).
- 7 Zu den Effekten und deren gerätetechnischen Realisationen etwa Franz, K.: Elektrowärmetechnik. In: Gottschalk, Lemberg (Hrsg.): Elektrotechnik Elektronik. Berlin 1972, S. 242–275.
- 8 Siehe Heumann, K.: Grundlagen, a.a.O., S. 209. – Patzschke, U.: Angewandte Thyristortechnik. Stuttgart 1970, S. 89.
- 9 Etwa Kurscheidt, P.: Leistungselektronik, a.a.O., S. 212ff.
- 10 Heumann, K.: Grundlagen, a.a.O., S. 210;f. – Walde, H.: Elektrische Stoffumsetzungen in Chemie und Metallurgie in energiewirtschaftlicher Sicht. Düsseldorf o.J.
- 11 Dazu Heumann, K.: Grundlagen, a.a.O., S. 200. – Jäger, R.: Leistungselektronik, a.a.O., S. 206. – Leonhard, W.: Regelung in der elektrischen Antriebstechnik. Stuttgart 1974, S. 74–208.
- 12 Tyrchan, G.: Leistungselektronik im Technikunterricht. Alsbach 1981, vor allem S. 136–182.
- 13 Tyrchan, G.: Überlegungen und Untersuchungen zur Qualität von Netzgeräten. *tu* (1980), H. 15, S. 43–46. – Kilgenstein, O.: Stabilisierte und geregelte Spannungsquellen. Stuttgart 1978. – Pütz, J. (Hrsg.): Experimente: Elektronik. Köln 1977, S. 231–246.
- 14 Etwa Kampe, W.: Gleichstrom nach Wunsch. „elektrotechnik“ 62 (1980), H. 1/2, S. 12f.



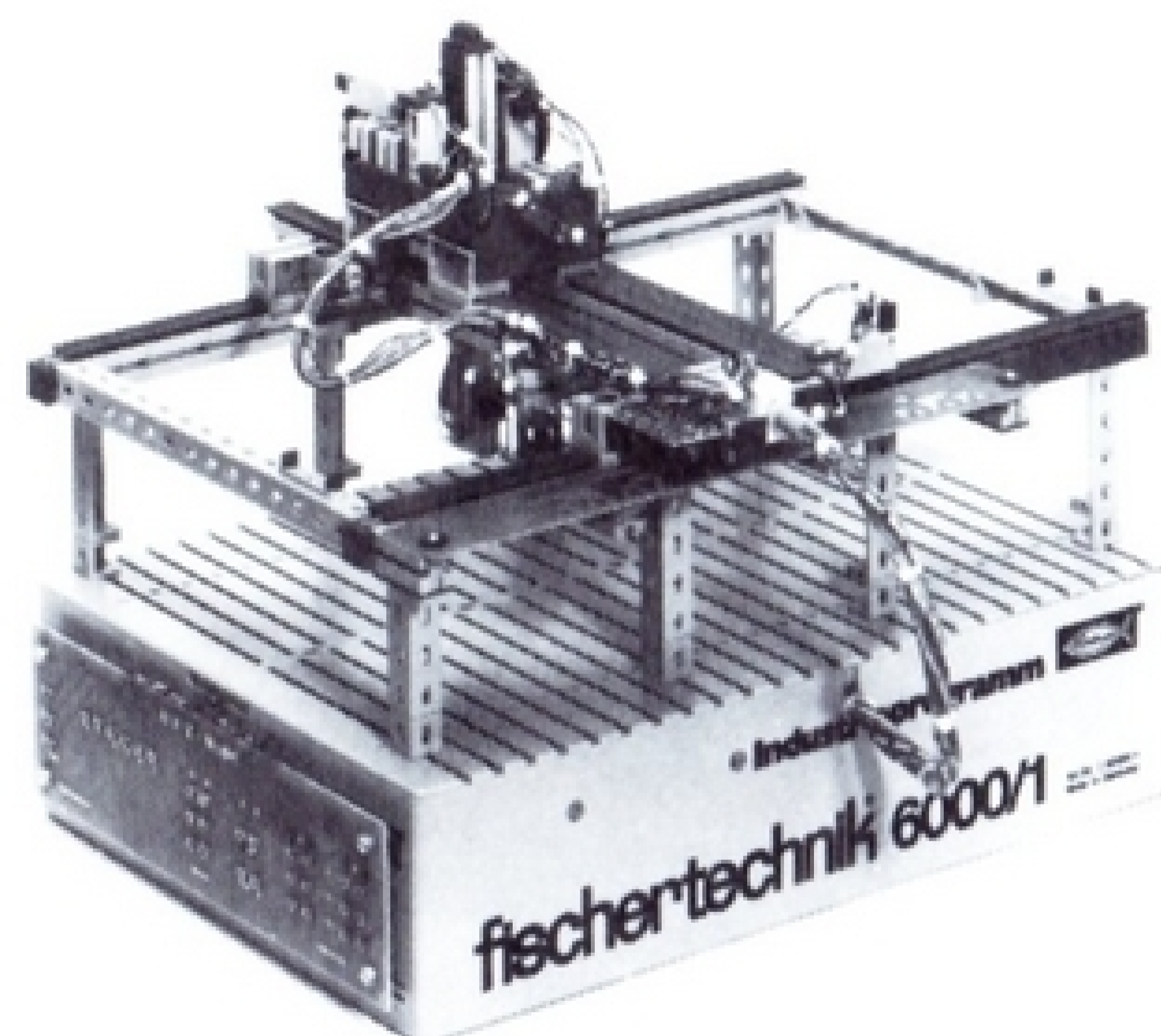
## fischertechnik- FUNKTIONSMODELL-INFORMATION

Das komplizierteste Steuerungsprogramm und die komplizierteste Steuerung können ihre Funktionsfähigkeit nur in Verbindung mit der zu steuernden Anlage beweisen

**oder mit einem fischertechnik-Funktionsmodell.**

Hier abgebildet sehen Sie das neueste fischertechnik-Funktionsmodell, ein

### DREI-KOORDINATEN- STEUERUNGSMODELL.



#### Abmessungen

Grundplattengröße 360 x 270 mm.

Gesamthöhe ca. 360 mm.

Die Arbeitsfläche in x-y-Ebene ist für DIN A 4 ausgelegt.

Der Hub in z-Richtung beträgt ca. 70 mm.

#### Funktionsweise

Die Bewegungen aller drei Achsen, angetrieben über Kleinmotoren (6–8 V=), werden über Maßstäbe im 5 mm Raster positioniert und sind durch Endtaster in den Laufrichtungen begrenzt.

Die Abfrage in der x-Richtung erfolgt dabei über einen 6 Bit breiten BCD-codierten Maßstab, in y-Richtung über eine lineare Incrementalabfrage und in z-Richtung über eine incrementale Winkelabfrage, wobei die Auswertung über Reflexlichtschranken erfolgt.

Das Hubelement trägt am unteren Ende einen Elektromagneten. Damit lassen sich mit diesem Modell Transport- und Sortiervorgänge durchführen.

#### Steuerung

Das Modell kann von einer beliebigen externen Elektronik angesteuert werden. So ist z. B. für das ITT-Lehrsystem „MP-Experimenter“ eine Anpaß-Schaltung lieferbar und kann, falls erforderlich, mit dem Modell und dem Experimenter von uns bezogen werden.

#### Lieferumfang

Das Modell wird betriebsbereit montiert und verdrahtet geliefert, wobei die Anschlüsse auf eine beschriftete Steckplatte mit 2 mm Buchsen geführt sind.

#### Preis

des Drei-Koordinaten-Steuerungsmodells DM 995,- excl. MwSt., Stand des Preises Dez. 1981.

Techn. Änderungen vorbehalten.

## **Neuer Vertrieb für das fischertechnik-Lernbaukastensystem ab 1. März 1982**

Ziel der fischer-werke ist, für sämtliche relevanten Bereiche des Technikunterrichts sowie des Sachunterrichts Technik die entsprechenden Technischen Baukästen anzubieten. Dabei soll der Lehrkraft die Möglichkeit gegeben werden, durch einfache Versuche in Schülerarbeiten die technischen Sachverhalte schnell und leicht sowie verständlich zu vermitteln. Dies wird durch die Konzeption der fischertechnik-Lernbaukästen gewährleistet.

Um für die Zukunft eine noch bessere Beratung und einen noch intensiveren Kontakt zu den jeweiligen Lehrkräften zu bekommen, haben die fischer-werke eine Vertriebskooperation mit dem Verlag CVK Cornelsen-Velhagen & Klasing herbeigeführt.

Durch diese Kooperation kann die Zusammenarbeit mit den Anwendern der fischertechnik-Lernbaukästen intensiviert werden. Die fischer-werke werden sich in Zukunft auf die Herstellung sowie die Entwicklung unterrichtsnaher Produkte für den Technikunterricht in Abstimmung mit CVK konzentrieren.

Bestellungen und Anfragen für fischertechnik-Lernbaukästen sowie für Ersatzteile hierzu sind ab 1. März 1982 direkt zu richten an:

CVK Cornelsen-Velhagen & Klasing Verlagsgesellschaft  
Kammerratsheide 66  
Postfach 8729  
4800 Bielefeld 1  
Telefon 0521/70071

Ab 1. März 1982 stehen dort auch Bildprospekte für Grund- und Sonderschulen, für allgemeinbildende Schulen mit Sekundarstufen I und II sowie Einzelteil-Bildlisten zur Verfügung.

CVK stellt fischertechnik-Lernbaukästen und Funktionsmodelle aus auf der

DIDACTA 1982 in Hannover  
(8. bis 12. März, Halle 21, Stand 155)

sowie ständig in den

CVK-Informationszentren

in Berlin, Bielefeld, Düsseldorf, Hannover, München, Stuttgart und Wiesbaden.

Der Vertrieb des fischertechnik-Spielwarenprogramms wird von dieser Kooperation nicht tangiert.

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

**CVK Cornelsen-Velhagen & Klasing**  
Verlagsgesellschaft mbH & Co KG  
4800 Bielefeld