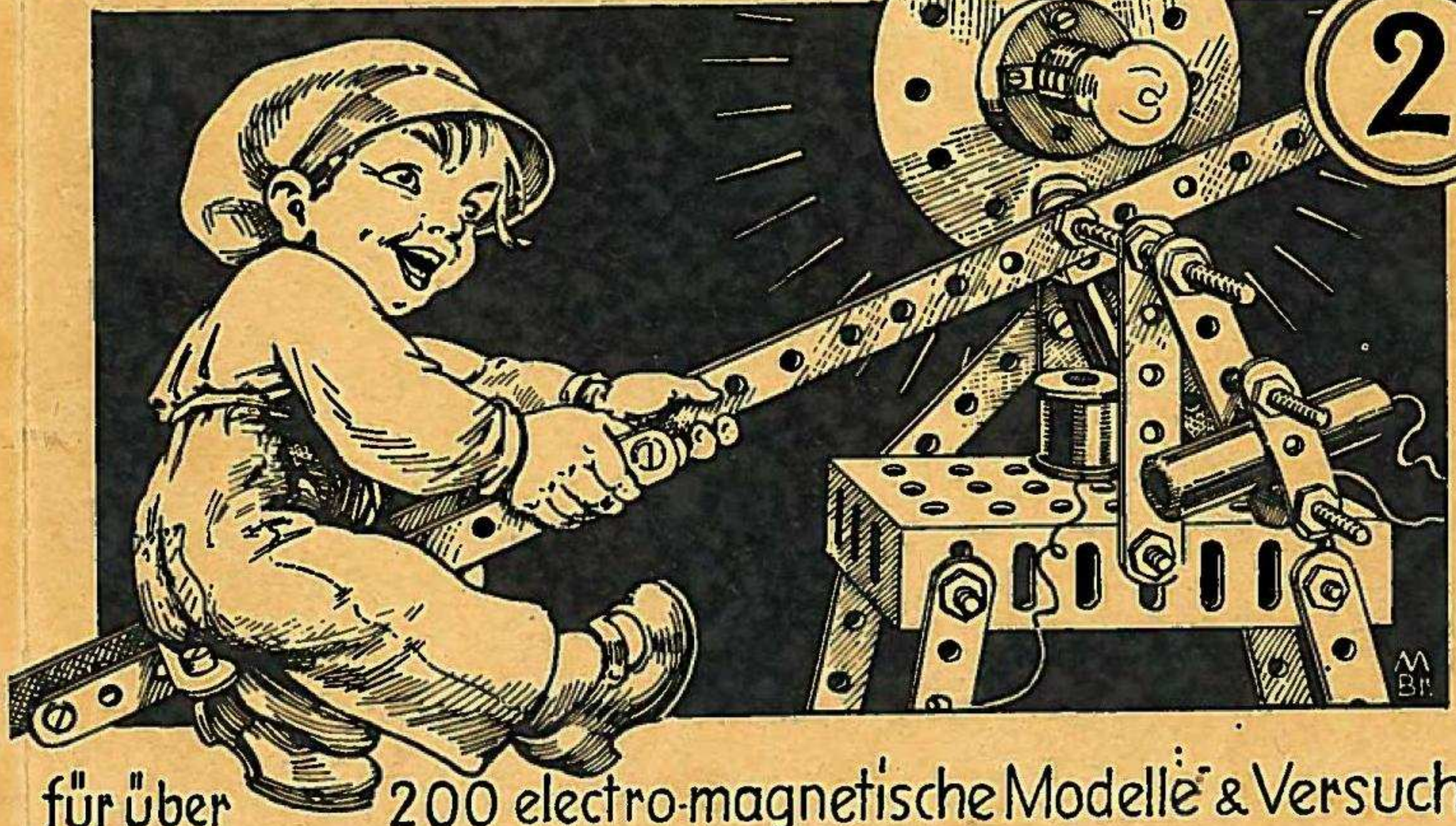
Electric Quecksilberschalter mit dem



für über 200 electro-magnetische Modelle & Versuche

E. RUSSIG
Zschachwitz.

Inhalt des Electric-Baukastens Nr. 2:

1. 1 Quecksilberschalter
2. 3 Fundamente
3. 2 Polräder
4. 4 5-Loch-Flacheisen
   1 5-Loch-Vulkanfiber-Isolierstück
5. 4 6-Loch-Flacheisen (d. s. 4 runde und 1 Langloch (Doppelloch)
6. 4 11-Loch-Flacheisen
7. 4 25-Loch-Flacheisen
8. 2 3-Loch-Broncefedern
9. 2 Messing-Winkel-Federn
10. 1 Glocke
11. 2 Eisenkerne für Spulen
12. 2 Spulen
13. 2 Isolierscheiben aus Isoliermaterial
    2 Unterlegscheiben aus Messing
14. 1 Schnurenscheibe
15. 1 Unterbrecherrädchen
16. 1 Gewindewelle
17. 1 gekröpfte Welle
18. 1 glatte Welle
19. 4 Klammern
20. 20 Schrauben 6 mm lang
21. 12 Schrauben 15 mm lang
22. 6 Schrauben 25 mm lang
23. 40 Muttern
24. 4 2-Loch-Winkel
25. 1 Blechball
26. 1 Scheibe mit Buchse
27. 2 Stellringe
28. 1 Lampenfassung
29. 1 Schraubenschlüssel
30. 1 Isolierschlauch

134 Teile insgesamt

Vorbemerkung

Um die folgenden Versuche anstellen zu können, müssen wir die Drahtenden unserer Spule (Nr. 8 des Inhaltsverzeichnisses) zum bequemen Anschließen an die Taschenlampenbatterie erst vorbereiten. Mit einem scharfen Messer schaben wir die beiden Drahtenden der Spule blank und befestigen an jedes blanke Ende eine Klammer (Nr. 13) in der Art, wie es Abb. 1 zeigt. Zur Erzielung einer einwandfreien, gut leitenden Verbindung zwischen Draht und Klammer werden dann die Drahtenden fest zusammengedreht.

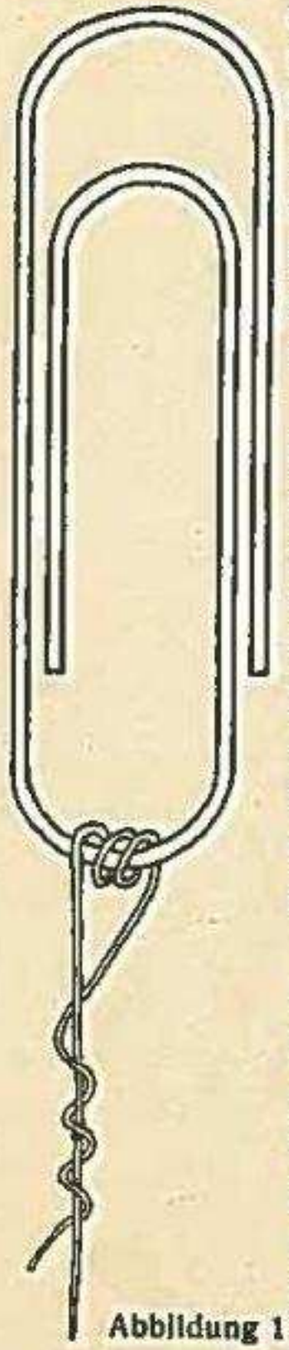


Abbildung 1

Der Eisenkern (Nr. 7) unseres Baukastens läßt sich sehr leicht in die Spule einführen, so daß diese dann locker auf ihm sitzt. Der lockere Sitz ist bei manchen Versuchen und Modellen unerwünscht. Wir müssen die Spule alsdann auf den Eisenkern aufkeilen. Dies geschieht gem. Abb. 2 mittels eines zugespitzten Streichhölzchens, das zwischen Spule und Kern geklemmt wird. Der herausragende Teil des Hölzchens wird dann abgebrochen.

Die Spule unseres Baukastens besteht aus dem Spulenrohr, den beiden Flanschen und dem auf das Rohr gespulten Kupferdraht, der zu beiden Seiten von den Flanschen gehalten wird. Bei verschiedenen Versuchen, besonders aber bei den Modellen, wird der Eisenkern gem. Abb. 3 auf das Fundament (Nr. 1) geschraubt. Die Spule wird dann darüber geschoben. Das gem. Abb. 3 an dem unteren Flansch heraustretende Drahtende liegt dann zwischen dem Flansch und dem Fundament. Hierbei kann es vorkommen, daß die aus schwarzem Lack bestehende Isolierung des Drahtes sich an dem Eisenfundament blank scheuert, wodurch bei manchen Versuchen und Modellen die Gefahr besteht, daß ein unerwünschter Körperschluß auftritt. Ein Körperschluß liegt stets dann vor, wenn ein Teil des Stroms oder der ganze Strom seinen Weg durch Teile eines Apparates nimmt, die eigentlich nicht dafür bestimmt sind, hier also z. B. durch das Fundament, die Flacheisenstücke usw. Unerwünscht ist der Körperschluß, wenn der Strom nicht mehr in der vorgeschriebenen Bahn verläuft (z. B. durch die Spule), sondern diese umgeht und sich einen kürzeren oder bequemeren Weg wählt, eben z. B. durch das Fundament.

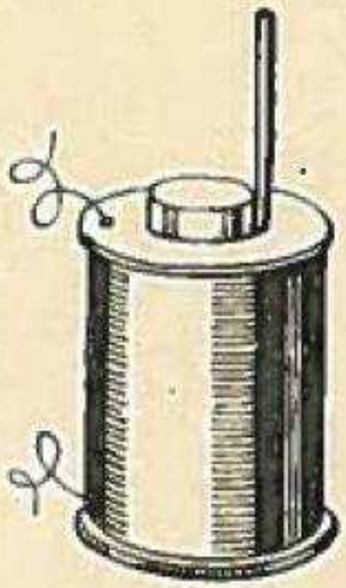


Abbildung 2

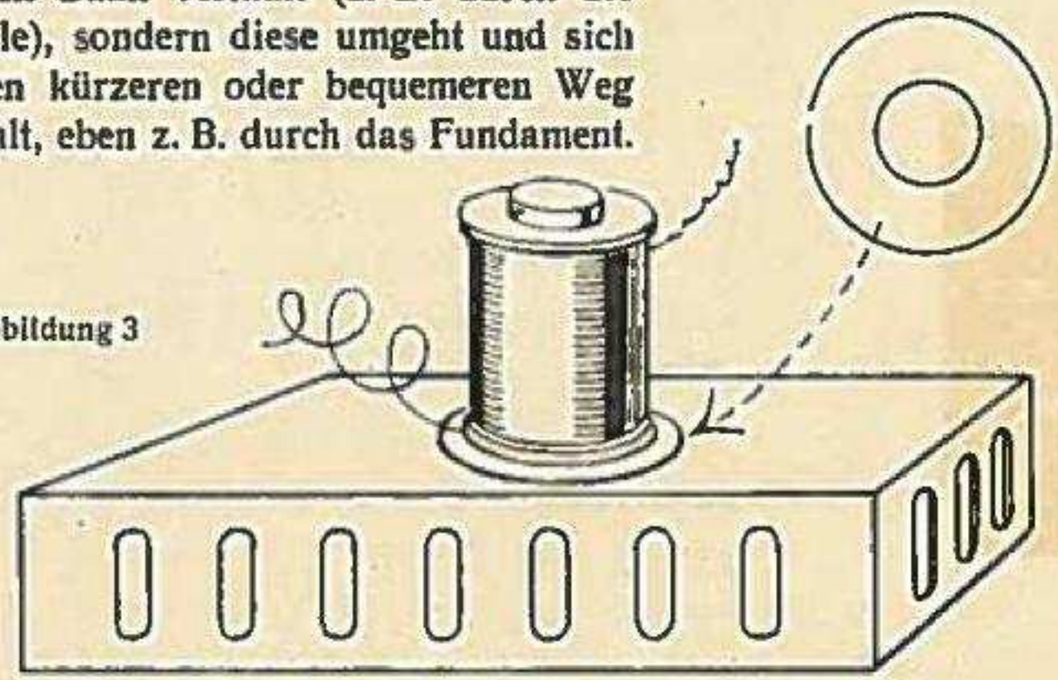


Abbildung 3

Er fließt dann u. U. überhaupt nicht durch die Spule, so daß der Versuch mißlingt oder das Modell versagt. Diese Unannehmlichkeit vermeiden wir, indem wir erst die dem Kasten beigegebene Pappscheibe gem. der Abb. 3 über den Eisenkern schieben und dann die Spule. Wie die Abb. 3 zeigt, kommt dann das an dem unteren Flansch der Spule heraustretende Drahtende zwischen diesem Flansch und der Pappscheibe zu liegen. Es kommt also nicht mehr mit dem Eisen des Fundamentes in Berührung, womit die Körperschlußgefahr beseitigt ist.

1. Versuch

Gem. Abb. 4 legen wir die so vorbereitete Spule auf den Tisch, schieben den Eisenkern (Nr. 7) in sie hinein und nähern den herausragenden Enden des Kerns verschiedene Eisenteile unseres Baukastens, z. B. den Blechball, Schrauben, Muttern usw. Hierbei beobachteten wir nichts Auffälliges.

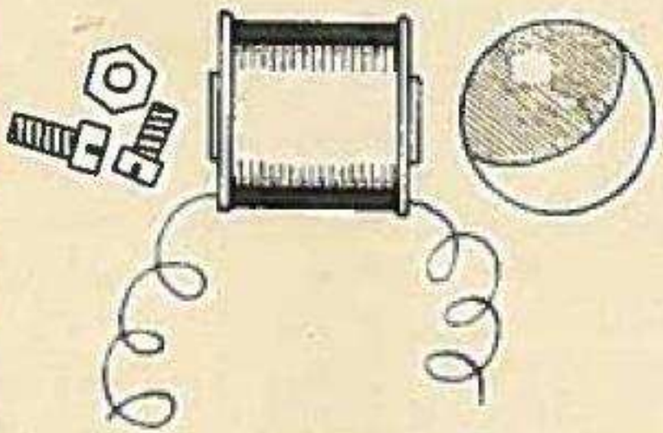


Abbildung 4

2. Versuch

Wir wiederholen Versuch 1, verbinden aber vorher die Drahtenden der Spule mit den aus der Taschenbatterie ragenden Messingfedern (Abb. 5). Die Spule wird nun vom elektrischen Strome durchflossen. Wir sehen, daß bei nicht zu großer Entfernung die verschiedenen Eisenteile an die aus der Spule ragenden Enden des Eisenkerns (die sog. P o l e) kräftig herangezogen werden und dort haften bleiben. Sie hängen so fest an den Polen, daß es einer gewissen Anstrengung bedarf, um sie vom Kern abzureißen.

Eisenstücke, die die Fähigkeit haben, andere Eisenteile anzuziehen und festzuhalten, nennt man Magnete. Die Enden eines Magneten nennt man Pole. Jeder Magnet hat zwei Pole.

Ein Eisenstück, daß von einem Magneten angezogen wird, nennt man A n k e r.

Wenn wir einen Wagen ziehen, ein Gewicht vom Boden aufheben, so bedarf es hierzu einer K r a f t. Wir sahen, wie gemäß Versuch 2 der vorher in Ruhe befindliche Blechball unter dem Einfluß des Magnetismus auf den Magnetkern zurollte.

Da es nur der Magnetismus sein konnte, der ihn in Bewegung versetzte, schließen wir:

Der Magnetismus ist eine Kraft.

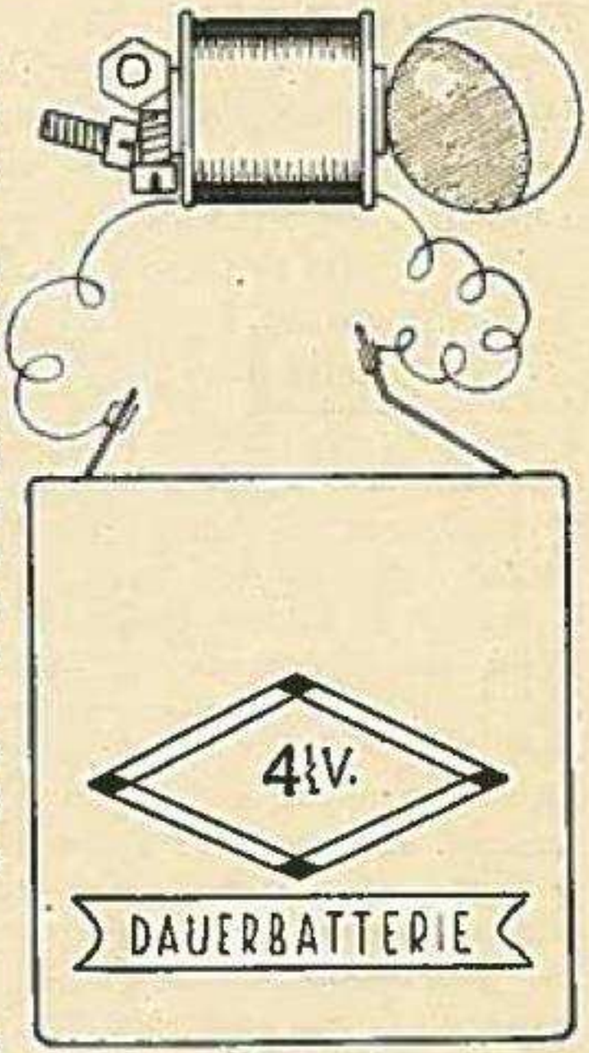


Abbildung 5

Die Versuche 1 und 2 unterschieden sich nur dadurch, daß im ersten Falle die Spule s t r o m l o s war, während sie im zweiten Falle von dem Strome der Taschenlampenbatterie durchflossen wurde. Folglich müssen wir annehmen, daß der elektrische Strom, der durch den

Draht der Spule um den Eisenkern herumfloß, das Auftreten des Magnetismus an den Enden des Eisenkerns, an den Polen, bewirkte. Hieraus folgern wir:

Fließt ein elektrischer Strom um ein Eisenstück herum, so wird dieses magnetisch. Eine solche aus Spule, Draht und Eisenkern bestehende Vorrichtung nennt man einen Elektromagneten.

Die Form des Eisenstückes, des Kerns, spielt hierbei keine Rolle, ebensowenig die Form des Ankers; denn wir sahen gem. Abb. 5, daß ein runder Eisenblechball ebenso angezogen wurde, wie die Schrauben, Muttern usw.

Abb. 59 zeigt einen vom Strom umflossenen Kern.

3. Versuch

Wir unterbrechen den gem. Abb. 5 aus der Batterie und der Spule gebildeten Stromkreis, indem wir die eine an dem Spulendrahtende befestigte Klemme von der Messingfeder der Batterie lösen. Durch die Spule kann nunmehr kein Strom mehr fließen; sie ist, wie man sagt, stromlos. Die größeren Eisenteile, z. B. der Blechball, fallen von allein von den Polen des Eisenkerns ab, woraus wir schließen müssen, daß der Eisenkern seinen Magnetismus in dem Augenblick verloren hat, in dem wir den Strom, der ihn erzeugte, unterbrachen. Kleine Eisenstücke, z. B. Eisenfeilspäne, bleiben aber noch an den Polen hängen. Wir müssen daher annehmen, daß in dem Eisenkern trotz der Stromunterbrechung noch etwas Magnetismus zurückgeblieben ist. Dies ist auch der Fall und man nennt diesen Rest von Magnetismus remanenten Magnetismus, auch kurz die Remanenz (lat. remanere = zurückbleiben).

Ein Elektromagnet verliert seinen Magnetismus und damit die Fähigkeit, andere Eisenteile anzuziehen und festzuhalten, wenn kein Strom mehr durch die Spule fließt. Es bleibt dann nur ein kleiner Rest von Magnetismus, die Remanenz, zurück.

Man unterscheidet in der Hauptsache zwei Sorten von Eisen: weiches und hartes. Letzteres nennt man Stahl. Zwischen beiden Arten gibt es natürlich zahllose Zwischenstufen. Aus weichem Eisen bestehen sämtliche Eisenteile unseres Baukastens. Schreibfedern, Nähnadeln, Bohrer, Schraubenzieher dagegen sind aus Stahl hergestellt.

4. Versuch

Wir bauen gem. Abb. 6 ein Gestell, das zum Anstellen weiterer Versuche sehr praktisch ist. Der galgenförmige Teil besteht aus einem senkrechten Stück, das aus zwei 5-Loch-Stücken unseres Baukastens gebildet wird. Dieser Teil wird unten an dem Fundament angeschraubt. Oben wird rechtwinklig mittels eines 2-Loch-Winkels ein 6-Loch-Flacheisenstück angeschraubt. Zwischen dessen freiem Ende und der 3-Loch-Bronzefeder klemmen wir mittels der beiden langen Schrauben die Spule. In die Spule schieben wir den Kern und verbinden sie mit der Batterie. Gem. Abb. 7 hängen

Abbildung 6

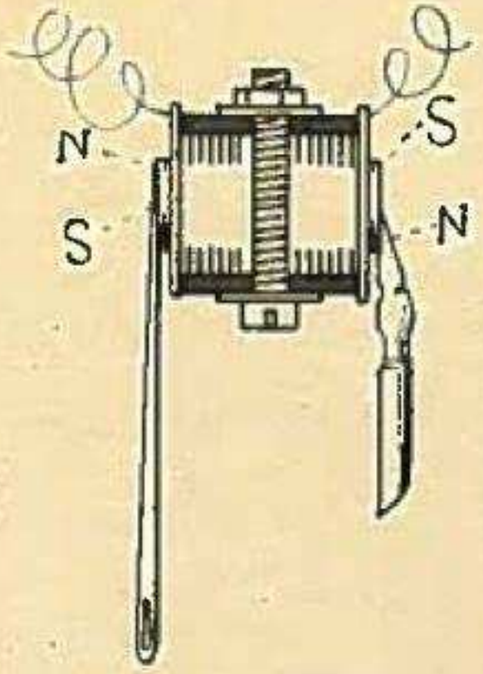


Abbildung 7

wir an jeden Pol ein Stahlstück, z. B. an den einen eine Nähnadel, an den anderen Pol eine Schreibfeder. Unterbrechen wir jetzt den Strom und versuchen wir, die beiden Stahlstücke von den Polen des Eisenkerns abzuziehen, so finden wir, daß sie fast ebenso fest an dem Kern haften, wie wenn der Stromkreis noch geschlossen, die Spule also noch stromdurchflossen wäre. Wir lösen nun die Schreibfeder (Abb. 7 rechts) von dem Eisenkern und berühren mit ihr eine der Muttern unseres Kastens (Abb. 8). Diese haftet an der Schreibfeder so fest, daß sie an ihr hängen bleibt. Die stählerne, also aus h a r t e m E i s e n bestehende Schreibfeder ist dadurch, daß wir sie an den Pol unseres Elektromagneten hängten, selbst magnetisch geworden; wir haben die Stahlfeder m a g n e t i s i e r t.

Stahlstücke, die mit einem Magneten in Berührung kommen, werden von diesem magnetisiert und behalten ihren Magnetismus. Man nennt sie daher Dauermagneten.

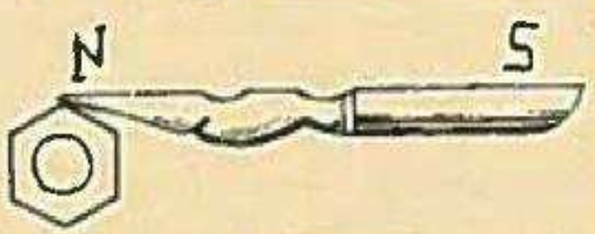


Abbildung 8

Zusammenfassend können wir sagen: Es gibt zwei Arten von Magneten: Elektromagneten und Dauermagneten. Die ersteren bestehen aus einem Weicheisenkern mit darübergeschobener Spule. Wird diese vom Strom durchflossen, so wird der Kern magnetisch. Er verliert aber seinen Magnetismus sofort bis auf eine kleine Remanenz, sowie der Strom zu fließen aufhört. Die letzteren bestehen aus hartem Stahl. Sind sie einmal magnetisch geworden, so behalten sie ihren Magnetismus. Die Elektromagnete spielen in der Technik eine größere Rolle als die Dauermagnete, erstens, weil sie einen Anker mit viel größerer Kraft anzuziehen vermögen, zweitens, weil man durch Stromunterbrechung auf einfachste Weise den Magnetismus zum Verschwinden bringen kann, wodurch der Anker freigegeben wird. Die Betriebs- und Arbeitsfähigkeit unserer Modelle beruht auf dieser Möglichkeit, den Magnetismus nach Belieben auftreten oder verschwinden zu lassen.

5. Versuch

Wir verbinden die Spule mit der Batterie und halten gem. Abb. 9 die Spitze einer Näh- oder besser noch einer Stopfnadel an den rechten Pol, dann das Oehr an den linken Pol des Eisenkerns. Wir lösen dann die Nadel und halten an jedes Ende eine unserer Muttern. Wir beobachten, daß diese festgehalten werden. Die Nadel ist selbst zu einem Magneten geworden; wir haben sie, indem wir mit ihrer Spitze den einen, mit dem Oehr den anderen Pol unseres Elektromagneten berührten, magnetisiert.

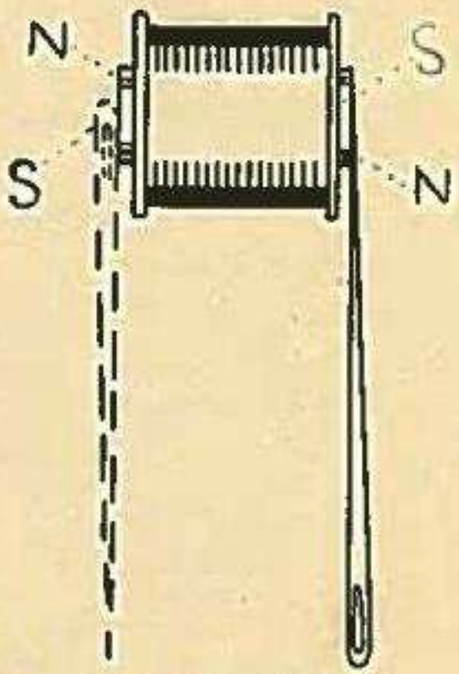


Abbildung 9

Abbildung 10

6. Versuch

Gem. Abb. 11 schneiden wir von einem Flaschenkork zwei Scheiben ab und stecken durch die Scheiben unsere nach Abb. 9 magnetisierte Nadel. Gem. Abb. 12 legen wir die auf diese Weise schwimmfähig gemachte Nadel in die Mitte eines

Abbildung 11

mit Wasser gefüllten Suppentellers oder besser noch einer irdenen Waschschüssel. Die Nadel schwimmt, und zwar nimmt sie, wenn wir sie sich selbst überlassen, eine bestimmte Richtung ein. Wir ändern mehrmals ihre Lage; stets aber stellt sie sich in ihre alte Richtung, sobald wir

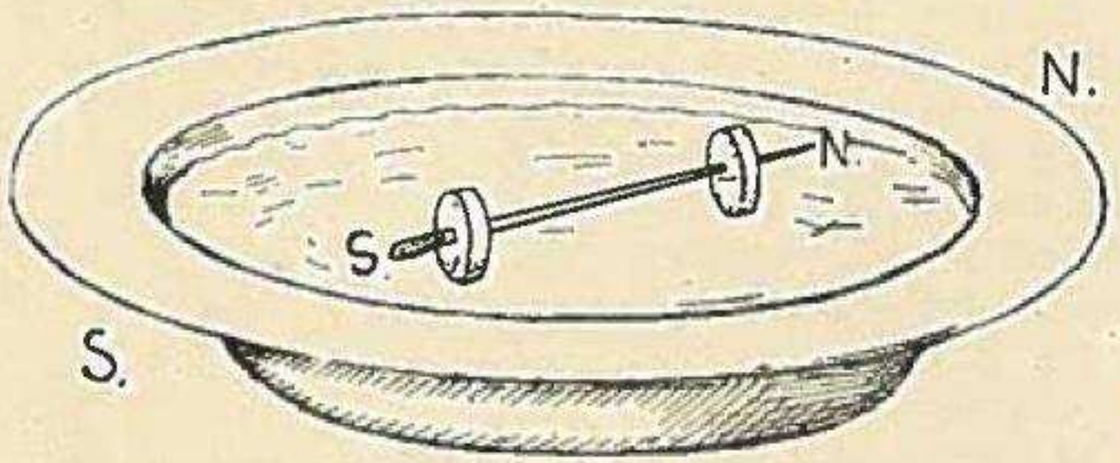


Abbildung 12

sie loslassen. (Bei diesem Versuch ist darauf zu achten, daß die Nadel nicht zu nahe an den Rand der Schüssel gerät.) Untersuchen wir die Richtung, die die sich selbst überlassene Nadel einnimmt, so finden wir, daß ihr eines Ende stets nach Norden, das andere nach Süden zeigt. (Auf unserer Halbkugel ist Süden stets dort, wo die Sonne mittags um 12 Uhr steht.) Das nach Süden zeigende Ende der magnetischen Nadel nennt man ihren S ü d p o l, das nach Norden zeigende ihren N o r d p o l.

Jeder Magnet hat zwei Pole, den Süd- und den Nordpol. Jeder leicht drehbar gelagerte Magnet stellt sich so ein, daß sein Nordpol nach Norden, sein Südpol nach Süden zeigt.

Auf Abb. 12 deuten N und S außerhalb der Schüssel die Richtung an, in der die Pole unserer Erdkugel liegen.

Auch bei dieser Vorrichtung ist es grundsätzlich gleichgültig, von welcher Form und Größe der Magnet ist, ob es sich um einen Dauer- oder einen Elektromagneten handelt. Stets stellt er sich, wenn er genügend stark magnetisiert ist und sich genügend leicht drehen kann, in die Nord-Süd-Richtung ein.

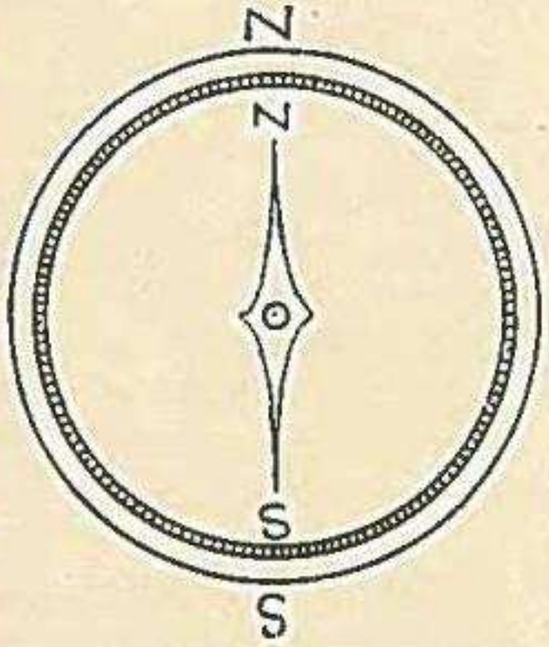


Abbildung 13

In der Praxis gibt man dem Magneten die Form gem. Abb. 13 und läßt ihn gem. Abb. 14 auf einer Spitze spielen. Man nennt diesen Magneten M a g n e t n a d e l oder auch K o m p a ß n a d e l. Zweckmäßig wird diese Nadel in ein Messinggehäuse mit Glasdeckel eingeschlossen. Die ganze Vorrichtung ist dann bekannt unter dem Namen K o m p a ß.

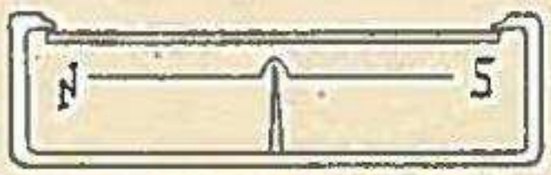


Abbildung 14

Von der Tatsache, daß die Kompaßnadel sich stets in

die Nord-Süd-Richtung einstellt, machen der Seemann, der Wanderer Gebrauch, um sich auf dem Meere oder in unbekanntem Gelände zurechtzufinden oder wie man auch sagt: um sich zu orientieren. Die stets nach Norden zeigende Hälfte der Kompaßnadel, die sog. Nordhälfte, ist meist blau angelassen, die Südhälfte ist eisenfarben. Zum Gebrauch legt der Wanderer den Kompaß vor sich hin und wartet, bis die Nadel zur Ruhe kommt. Er weiß dann: die blaue Hälfte zeigt nach Norden, die weiße nach Süden. Stellt er sich mit dem Gesicht nach Norden, so ist rechts von ihm Osten, hinter ihm Süden, links Westen. Nunmehr kann er sich, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme der Landkarte, orientieren und weiß, wohin er seine Schritte zu lenken hat.

7. Versuch Wir nehmen unsere Nadel aus der Schüssel und entfernen die beiden Korkscheiben. Hierauf tauchen wir sie in Eisenfeilspäne, die wir uns von einem Schlosser besorgt haben. Beim Herausziehen sehen wir, daß an jedem Pol ein Bart von Eisenfeilspänen hängt. Wie Abb. 15 zeigt, sind diese Bärte an den Polen am dichtesten; die Größe eines jeden Bartes

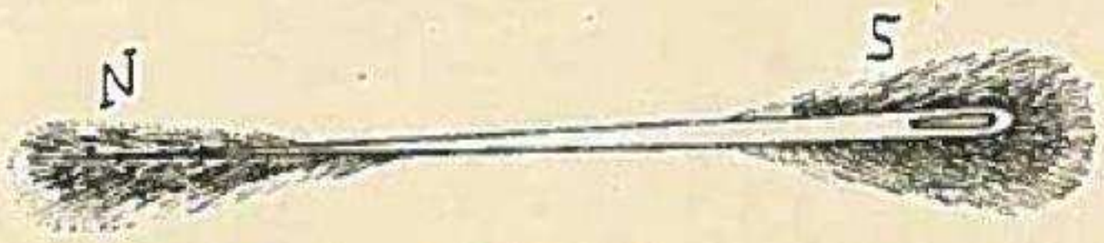


Abbildung 15

nimmt nach der Mitte zu ab. In der Mitte der Nadel selbst können wir überhaupt keine Eisenfeilspäne mehr wahrnehmen. Da die kleinen Eisenteilchen natürlich sehr leicht sind und daher ein ganz geringer Magnetismus genügen müßte, um einige festzuhalten, müssen wir annehmen, daß in der Mitte der Nadel gar kein Magnetismus vorhanden ist.

Ein Magnet hat an den Polen seinen stärksten Magnetismus. Dieser nimmt nach der Mitte zu ab. In der Mitte ist er gleich Null.

Die Stelle eines Magneten, an der kein Magnetismus nachzuweisen ist, nennt man die neutrale Stelle (lat. neutrum = keines von beiden, d. h. weder Süd- noch Nordmagnetismus).

8. Versuch Bei genauer Beobachtung der Nadel mit den an den Polen hängenden Eisenfeilspänen gem. Abb. 15 können wir noch etwas anderes feststellen: An beiden Polen haftet die gleiche Menge Eisenfeilspäne. Demnach müßten beide Pole die gleiche Anziehungskraft, den gleichen Magnetismus haben; sie müßten gleich stark sein. Ein weiterer Versuch bestätigt diese Vermutung. An die Pole des an einem Gestell gem. Abb. 6 befestigten Elektromagneten hängen wir gem. Abb. 16 soviel von unseren Schrauben und Muttern abwechselnd, wie jeder Pol eben noch zu tragen vermag. Wir finden, daß bei beiden Polen die Grenze der Tragfähigkeit gleichzeitig erreicht wird. Beide vermögen die gleiche Eisenlast zu tragen.

Die beiden Pole eines Magneten sind gleichstark magnetisch; sie vermögen daher die gleiche Eisenlast zu tragen.

Wir sehen, daß sich auch in dieser Hinsicht ein Elektromagnet (Abb. 16) und ein Dauermagnet (Abb. 15) gleichen.

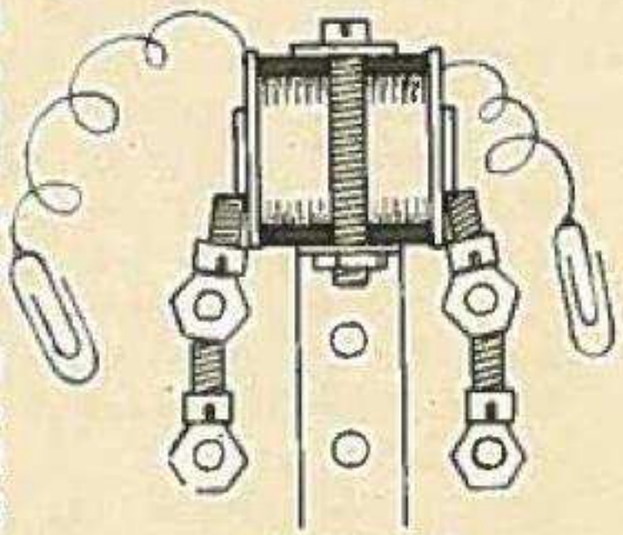


Abbildung 16

9. Versuch Gem. Abb. 17 schrauben wir den Eisenkern an eines unserer Polräder und schieben über ihn die Spule. Das Polrad benutzen wir als Fuß dieses Elektromagneten. Wir verbinden die Klemmen der Spule mit der Taschenlampenbatterie. Dann legen wir über den oberen Pol des Kerns ein 5-Loch-Flacheisen, das von diesem sofort kräftig angezogen und festgehalten wird. Auf das Ende dieses Flacheisens legen wir ein zweites, das von dem ersten festgehalten wird, und halten daran von unten einige Nadeln, die hängen bleiben (wie die Abb. 17 zeigt).

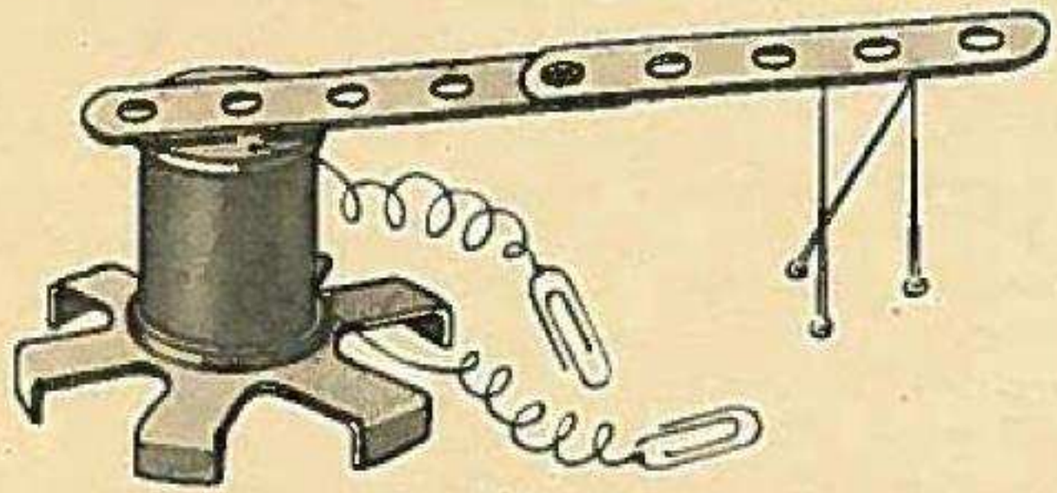


Abbildung 17

Daß die einzelnen Teile nicht unter dem Einflusse des rechts vorhandenen Uebergewichtes abfallen, ist eine Folge des Magnetismus, der, von dem oberen Pol des Spulenkerns ausgehend, sich durch die beiden Flacheisenstücke fortpflanzt und auf die Nadeln übergeht. Wir haben dem Magnetismus in Gestalt der verschiedenen Eisenstücke einen Weg gewiesen, auf dem er sich fortpflanzen konnte.

Der Magnetismus läßt sich durch Eisen nach jeder Richtung hin leiten.

Daß der Magnetismus sich auch durch die Luft fortpflanzt, haben wir bereits bei Versuch 2 gesehen. Dort zog er durch die Luft hindurch den Blechball an sich heran. Viel besser aber ist die Leitfähigkeit des Eisens für den Magnetismus. Das Eisen stellt dem Magnetismus bei seiner Ausbreitung und Fortpflanzung nur etwa den achthundertsten Teil des Widerstandes entgegen, den die Luft bietet; es läßt den Magnetismus besser durch als andere Stoffe, es hat eine größere D u r c h l ä s s i g k e i t. Tatsächlich besitzt Eisen von allen Stoffen die größte magnetische Durchlässigkeit und magnetische Leitungsfähigkeit.

10. Versuch Wir hatten gefunden, daß Eisen- und Stahlstücke aller Art und Form an die Pole unseres Elektromagneten oder auch Dauermagneten gezogen werden und dort fest haften. Es entsteht nun die Frage: Haften n u r Eisen- bzw. Stahlstücke an den Polen eines Magneten oder auch Stücke aus anderen Stoffen? Wir halten nacheinander folgende Teile an die Pole unseres Elektromagneten: Die Bronze- und Messingfeder unseres Baukastens, einen Kupferpfennig, ein 10-Pfennigstück, eine Silbermark, einen goldenen Ring, ein Stück Pappe, Glas, Holz, Porzellan usw. und finden, daß diese weder an den Pol gezogen werden, noch auch nur im geringsten an ihm haften. Wir schließen hieraus:

Nur Eisen oder Stahl wird von einem Magneten angezogen und bleibt an ihm haften.

11. Versuch Wir sahen aus Abb. 5, daß die Schrauben und Muttern unseres Baukastens von den Polen des Elektromagneten kräftig angezogen wurden, obwohl sie doch scheinbar aus Messing bestehen. Tatsächlich bestehen sie aber ebenfalls aus Eisen, das des besseren Aussehens und der Rostgefahr wegen v e r m e s s i n g t ist. Wir haben also in unserem Elektromagneten

ein einfaches Mittel, um festzustellen, ob ein Körper aus Eisen besteht. In jedem Haushalte finden wir Gegenstände, bei denen wir nicht vermuten, daß sie aus Eisen bestehen, z. B. Rauchservice usw. Unser Elektromagnet zeigt uns aber untrüglich, ob der Gegenstand aus Eisen besteht oder auch, ob Eisen in ihm enthalten ist. Wir finden z. B., daß alles Emaillegeschirr sich wie Eisen verhält. Tatsächlich sind alle Emailletöpfe usw. aus Eisenblech angefertigt, das mit einem Emailleüberzug versehen ist. — Man verwendet auch die Eigenschaft der Magneten, Eisen anzuziehen und festzuhalten, um aus alten Knochen und anderen Abfällen vor der Weiterverarbeitung Eisenstücke auszusortieren. In Amerika fäßt man neuerdings Automobile durch die Straßen fahren, an denen dicht über dem Erdboden große Elektromagnete befestigt sind, die auf diese einfache Weise Nägel und dgl., die die Reifen beschädigen könnten, an sich reißen und so von der Straße entfernen.

12.Versuch

Wir wiederholen den 11.Versuch mit einem 50-Pfennigstück und sehen, daß es an den Polen unseres Elektromagneten haftet. Beim Versuch, es loszureißen, merken wir indessen, daß es nicht annähernd so fest haftet, wie die Eisenstücke bei früheren Versuchen. Diese Münze enthält Nickel, und Nickel wird ebenfalls von einem Magneten angezogen, oder wie man zu sagen pflegt: Nickel ist magnetisierbar. Da aber Nickel einmal viel teurer ist als Eisen und, wie wir sahen, nur in geringem Maße magnetisierbar ist, spielt es in der Elektrotechnik keine Rolle. Auch einige andere Metalle sind magnetisierbar, z. B. der dem Nickel verwandte Kobalt, jedoch in noch geringerem Maße als Nickel, so daß diese Stoffe uns hier nicht interessieren.

Die Stoffe, die von einem Magneten angezogen werden, nennt man magnetisierbar, alle anderen nennt man nicht magnetisierbar.

13.Versuch

Wir legen gem. Abb. 18 zwei Streichholzschachteln auf den Tisch und über diese einen Zigarrenkistendeckel. Auf diesen legen wir unseren Blechball. Wir versehen die Spule mit ihrem Kern, schließen sie an die Batterie an und führen sie unter dem Holzbrett hin und her. Unter dem Einfluß des von dem oberen Pol des Elektromagneten ausgehenden Magnetismus folgt der Blechball den Bewegungen des Elektromagneten. — Wir ersetzen den Holzdeckel durch ein Stück Pappe, Glas, Messingblech usw. und stellen jedesmal fest, daß der Magnetismus durch diese Stoffe hindurch auf den Blechball wirkt, als wenn sie gar nicht vorhanden wären.

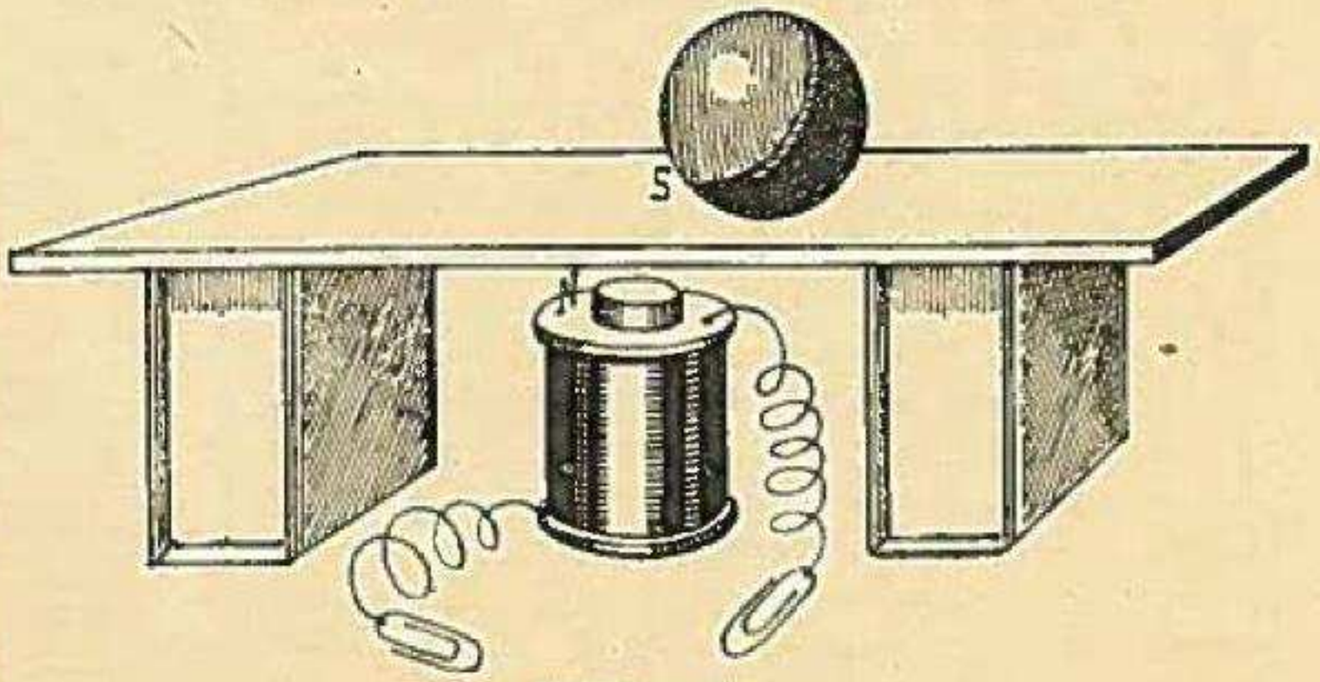


Abbildung 18

Die Anziehungskraft eines Magneten, kurz: der Magnetismus, wirkt durch nicht magnetisierbare Körper so hindurch, als wenn sie gar nicht vorhanden wären.

14.Versuch

Wir wiederholen den 13. Versuch, ersetzen aber die auf den Streichholzschachteln liegende Pappe durch verschieden starke Bücher. Wir beginnen mit einem dünnen Heft und nehmen dann immer stärkere Bücher. Wir sehen, daß der Blechball den Bewegungen des unter dem Buche hin- und hergeführten Elektromagneten immer langsamer folgt, daß seine Bewegungen immer schwächer werden, bis schließlich der Fall eintritt, wo der auf dem Buche liegende Ball auf diese Weise überhaupt nicht in Bewegung zu versetzen ist. Der Unterschied zwischen diesen einzelnen Versuchen bestand darin, daß die Entfernung zwischen dem oberen Pole des Elektromagneten und dem Ball immer mehr vergrößert wurde. Hieraus folgern wir:

Die Anziehungskraft eines Magneten nimmt mit wachsender Entfernung ab.

15.Versuch

Wir nehmen das galgenförmige Gestell gem. Abb. 6, verbinden die Spule mit der Taschenlampenbatterie, legen an den rechten Pol des Elektromagneten ein Stück Papier (gemäß Abb. 19, in der Zeichnung schwarz ausgezogen) und an dieses ein beliebiges Stück Eisen aus unserem Baukasten. Trotz des zwischen ihm und dem Pol befindlichen Papierstückes haftet es verhältnismäßig fest. Wir wiederholen den Versuch mit mehreren übereinanderliegenden Papierstücken, dann mit einem, schließlich mit mehreren Pappstücken. Wir finden, daß das Loslösen des Ankers N—S vom Magnetpol um so leichter von statten geht, je dicker die zwischen Pol und Anker liegende Papplage ist. Ist diese schließlich zu stark gemacht worden, so bleibt der Anker überhaupt nicht mehr haften, womit wir eine Bestätigung für die aus dem vorigen Versuch gewonnene Erfahrung haben:

Die Tragkraft eines Magneten nimmt mit wachsender Entfernung ab.

16.Versuch

Wir magnetisieren zwei Stopfnadeln (Stahl!), indem wir (vgl. Abb. 9) mit ihren Spitzen den einen, mit ihren Oehren den anderen Pol unseres Elektromagneten berühren. Wir versehen die eine der Nadeln, wie wir es gem. Abb. 11 gelernt haben, mit zwei Korkscheiben und legen sie in die mit Wasser gefüllte Waschschüssel. Die Spitze der Nadel zeigt nach Norden: dort ist also ihr Nordpol. Das Oehr zeigt nach Süden: dort ist ihr Südpol. (Sollte gerade das Umgekehrte eintreten, so müssen wir die Spulen-Anschlußklammern an der Batterie vertauschen. Dadurch erreichen wir, daß der Strom in der Spule in umgekehrter Richtung fließt und das Ende des Eisenkerns, das erst einen Südpol hatte, nunmehr einen Nordpol aufweist und umgekehrt. Auf den Einfluß der Stromrichtung auf die Polarität eines Elektromagneten kommen wir später noch zurück.)

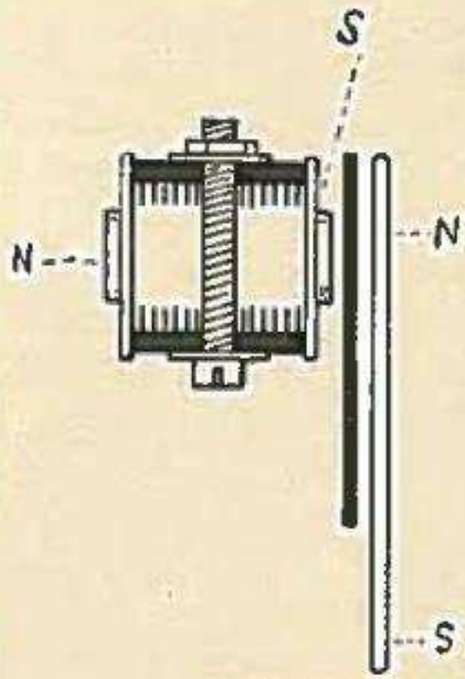


Abbildung 19

17.Versuch

Wir versehen auch die andere Nadel mit den Korkscheiben, legen sie aufs Wasser und finden unsere Vermutung bestätigt, daß auch

ihre Spitze nach Norden zeigt. Bei beiden Nadeln weisen also die Spitzen Nordmagnetismus, die Oehre Südmagnetismus auf. Nun nähern wir gem. Abb. 20 mit der Hand die Spitze der einen Nadel der Spitze der auf dem Wasser schwimmenden Nadel und beobachten, daß diese abgestoßen wird. Da beide Nadelspitzen Nordpole waren, wie uns der Kompaßversuch gezeigt hatte, folgern wir: **Zwei Nordpole stoßen einander ab.**

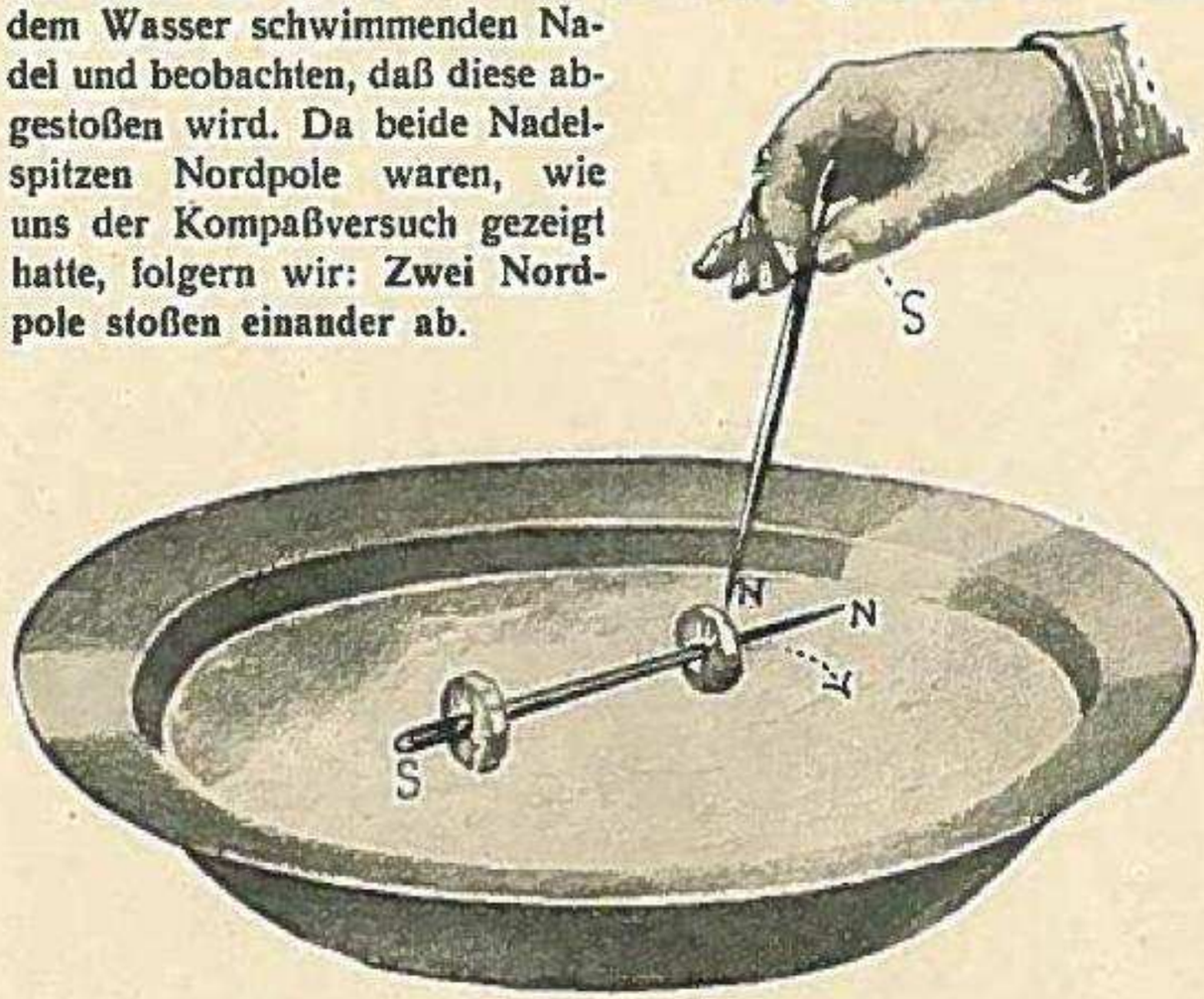


Abbildung 20

18.Versuch Wir wiederholen den Versuch, indem wir das Oehr der Nadel in unserer Hand dem Oehr der auf dem Wasser schwimmenden Nadel nähern und beobachten ebenfalls eine Abstoßung. Beide Nadeln wiesen an den Oehren Südmagnetismus auf, woraus wir schließen:

Zwei Südpole stoßen einander ab.

19.Versuch Wir nähern das Oehr (S) der in der Hand gehaltenen Nadel der Spitze (N) der schwimmenden Nadel und sehen, daß letztere von dem Oehr (S) der Nadel in unserer Hand angezogen wird.

Desgleichen: Nähern wir die Spitze (N) der von Hand gehaltenen Nadel dem Oehr (S) der schwimmenden Nadel, so beobachten wir ebenfalls die Anziehung und erkennen:

Nordpol und Südpol ziehen einander an.

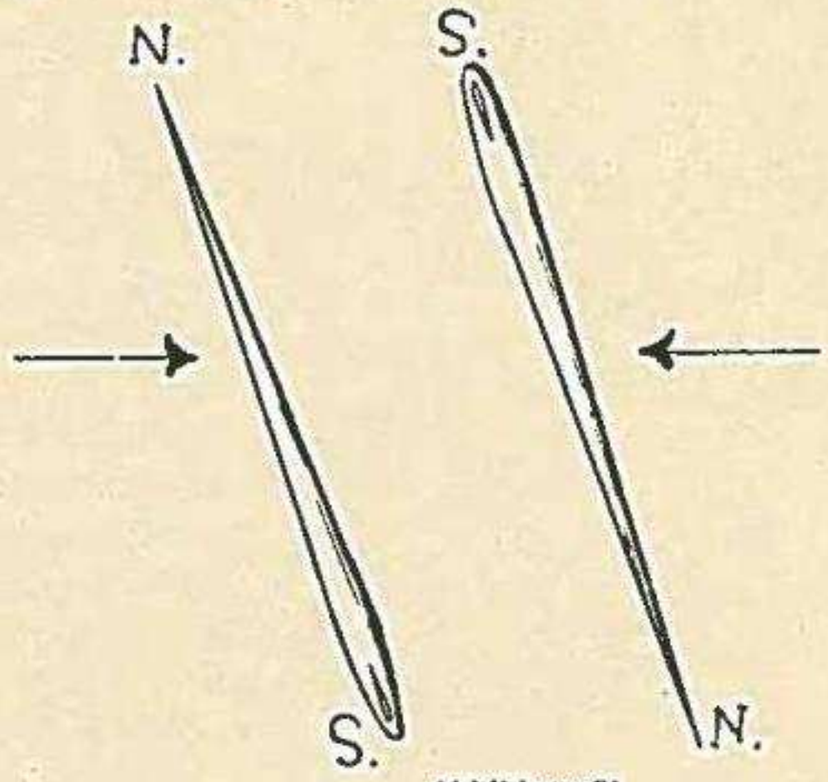


Abbildung 21

20.Versuch Wir hatten gesehen, wie der eine Südpol den einen Nordpol anzieht, bzw. wie der eine Südpol einer Nadel den einen Südpol der anderen Nadel abstößt.

Gem. Abb. 21 legen wir beide Nadeln, die Spitze der einen Nadel dem Oehr der anderen gegenüber, auf eine recht glatte Fläche, z. B. einen Spiegel, und sehen, daß beide

Nadeln bereits aus ziemlicher Entfernung aufeinander zufliegen. Die Wirkung ist entsprechend kräftiger als bei den vorigen Versuchen, weil nicht zwei Pole, sondern zwei Pol p a a r e einander anziehen.

21.Versuch

Gem. Abb. 22 legen wir beide magnetisierte Nadeln auf den Spiegel, aber Oehr und Oehr, Spitze und Spitze einander gegenüber, und zwar so, daß sie sich berühren. Geben wir die Nadeln frei, so streben sie sofort auseinander; sie stoßen einander ab.

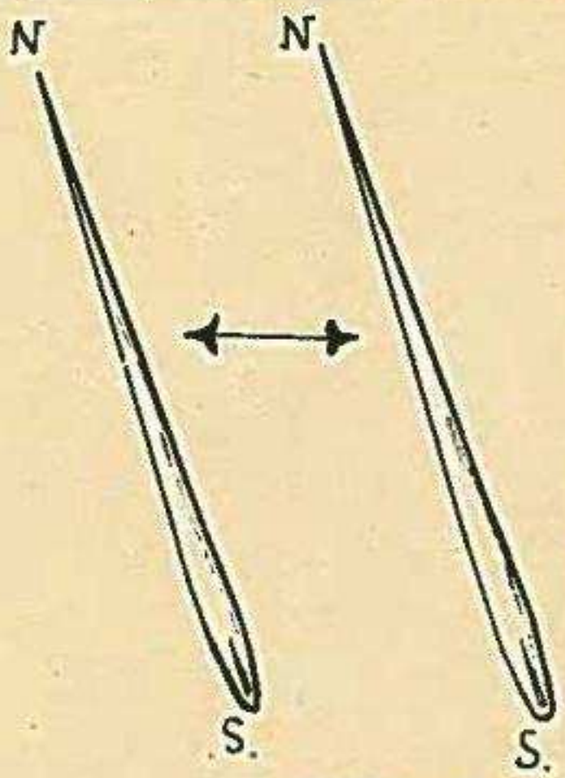


Abbildung 22

Die aus den Versuchen 17—21 gezogenen Schlüsse können wir nun allgemein in dem einen Satz zusammenfassen:

Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

22.Versuch

Wir hatten aus früheren Versuchen gelernt, daß sich Elektromagneten von Dauermagneten in ihrer Wirkung nicht unterscheiden. Diese Lehre finden wir bestätigt, indem wir gem. Abb. 23 den Elektromagneten und die Nadel so auf den Spiegel legen, daß ungleichnamige Pole gegenüber liegen: Die Nadel wird von dem Elektromagneten angezogen.

23.Versuch

Gem. Abb. 24 legen wir den Elektromagneten und die Nadel auf den Spiegel, die gleichnamigen Pole einander gegenüber: Die Nadel wird von dem Elektromagneten abgestoßen.

24.Versuch

Auch zwei Elektromagneten verhalten

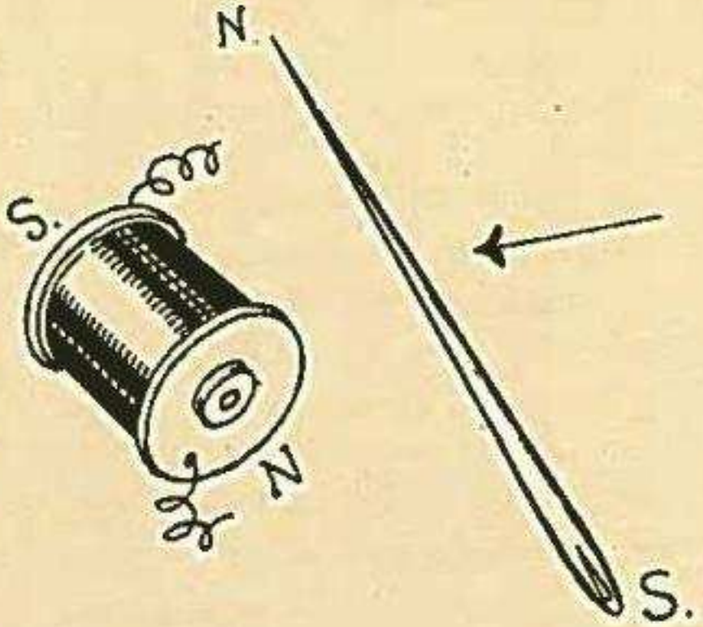


Abbildung 23

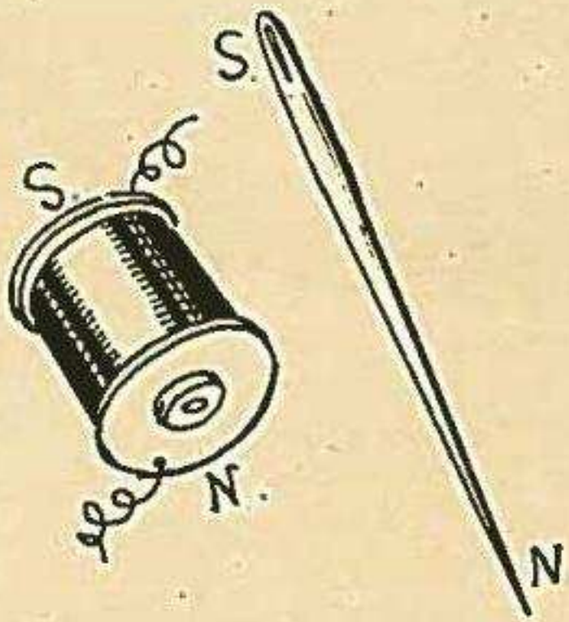


Abbildung 24

sich in ihrer magnetischen Einwirkung aufeinander genau wie zwei Dauermagnete (d. h. wie unsere magnetisierten Stopfnadeln). Gem. Abb. 25 legen wir zwei mit Kernen versehene Spulen auf den Spiegel, gleichnamige Pole einander gegenüber: Sie stoßen einander ab.

25.Versuch

Gem. Abb. 26 legen wir die ungleichnamigen Pole

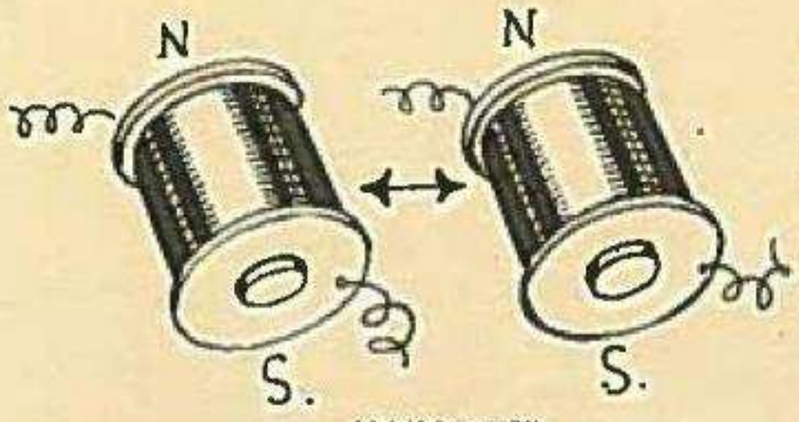


Abbildung 25

der Spulen einander gegenüber: Die Spulen stoßen einander ab.

26.Versuch Wir legen gem. Abb. 27 eine magnetisierte und durch Korkscheiben schwimmend gemachte Stopfnadel in einen Suppenteller. Außen unter den Rand desselben legen wir unseren Elektromagneten auf den Tisch. Lassen wir durch diesen den Strom unserer Batterie fließen, so stellt sich die Nadel so ein, daß ihr Nordpol dem Südpol des Elektromagneten und umgekehrt gegenüberliegt. Es liegen sich also ungleichnamige Pole gegenüber, die Nadel wird von dem Elektromagneten angezogen; sie schwimmt nach dem Elektromagneten zu. Vertauschen wir nun die Klemmen an der Batterie, polen wir also den Elektromagneten um, so liegen nunmehr wieder gleichnamige Pole einander gegenüber. Die Nadel wird von dem Elektromagneten abgestoßen und

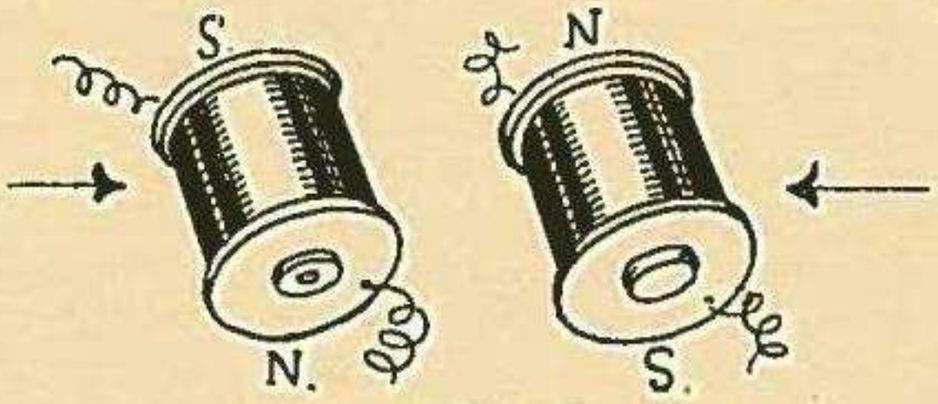


Abbildung 26

schwimmt von dem Rande des Tellers hinweg. Dann dreht sie sich um, so daß nunmehr wieder ungleichnamige Pole einander gegenüberliegen. Da diese sich anziehen, schwimmt sie wiederum auf den Elektromagneten zu. Durch abermaliges Umpolen (Vertauschen der nach der Batterie führenden Spulendrähte) können wir das Spiel nach Belieben wiederholen. Wir finden durch diesen Versuch wiederum das uns schon bekannte Gesetz bestätigt:

Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

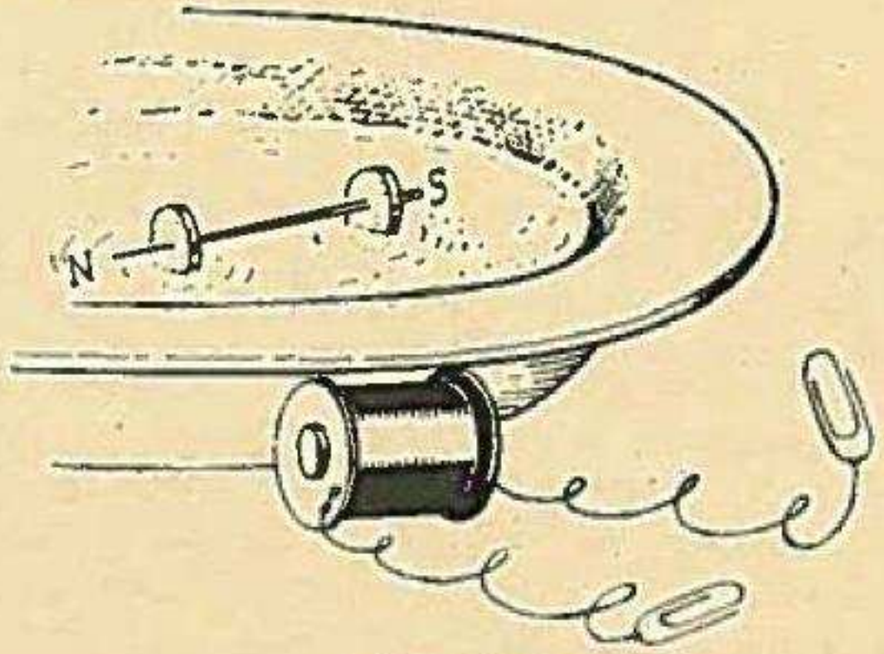


Abbildung 27

Wir sind auf das fundamentale Gesetz von der Anziehung ungleichnamiger und der Abstoßung gleichnamiger Pole deswegen so ausführlich eingegangen, weil es von außerordentlicher Bedeutung für die gesamte Elektrotechnik ist. Kompaß, Meßinstrumente, Motoren, Radio-Lautsprecher und viele andere Maschinen und Apparate beruhen auf diesen beiden Grundsätzen.

Nun könnte wohl ein kleiner Forscher unter Euch kommen und sagen: „Daß das Gesetz von der Anziehung ungleichnamiger und der Abstoßung gleichnamiger Pole richtig ist, haben die Versuche ja bewiesen; eine Ausnahme gibt es aber doch und das ist die Kompaßnadel. Ihre Nordhälfte zeigt nach Norden, obwohl sie ja nach dem soeben Gelernten vom Nordpol der Erde abgestoßen werden müßte. Das Gleiche trifft auf die Südhälfte der Kompaßnadel zu." Dieser Einwand ist durchaus berechtigt. Hierzu ist folgendes zu sagen: Lange vor der Entdeckung des Magnetismus waren den Alten die Begriffe Osten, Süden, Westen und Norden bekannt als die Himmelsrichtungen, in denen auf unserer nördlichen Halbkugel die Sonne des Morgens, Mittags, Abends und Mitternachts stand. Mit den Begriffen Nord und Süd wurden also wie gesagt rein geographische Vorstellungen verbunden. Man sagte z. B.: „Das Land der Germanen liegt nördlich von Italien", ohne aber dabei an eine Kompaßnadel zu denken, die man ja damals gar nicht kannte.

Da fand man im Altertum in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien harte, schwarze Steine, die die Eigenschaft besaßen, kleine Eisenstücke anzuziehen und festzuhalten. Infolge dieser wunderbaren Eigenschaft hielt man sie für eine Gabe der Götter und schrieb ihnen auch übernatürliche Kräfte zu, besonders die, Krankheitsstoffe aus dem Körper zu ziehen. Viele Jahrhunderte hindurch wußte man mit diesen Magneteisensteinen nichts Rechtes anzufangen, bis man ums Jahr 1000 n. Chr. in Italien entdeckte, daß man Stahlstäbe mit diesen Steinen, die man auch Naturmagnete nennt, magnetisieren konnte. Diese Stahlstäbe wurden, genau wie wir es heute gem. Versuch 6 machten, durch daran befestigte Korkstückchen schwimmfähig gemacht; sie stellten sich dann auf dem Wasser stets in die Nord-Süd-Richtung ein. Nun war nichts natürlicher, als den Teil der Magnetnadel, der stets nach Norden wies, kurz als Nordpol, den anderen Teil als Südpol zu bezeichnen.

Unsere Erdkugel müssen wir uns als einen ungeheuer großen Dauermagneten in Form einer Kugel vorstellen. Wie jeder Magnet, hat auch sie zwei Pole: einen magnetischen Nordpol und einen magnetischen Südpol. Von diesen magnetischen Polen sind streng zu unterscheiden die geographischen Pole, wie wir sie an einem Globus als Nordpol oben, als Südpol unten finden. Nach den aus den vorangegangenen Versuchen gewonnenen Kenntnissen müssen wir nun sagen:

Der magnetische Südpol unserer Erde liegt am geographischen Nordpol, der magnetische Nordpol der Erde am geographischen Südpol der Erde.

So verstehen wir ohne weiteres, daß der magnetische Nordpol unserer Kompaßnadel vom magnetischen Südpol der Erde (der sich in der Nähe des geographischen Nordpols befindet) angezogen wird und er daher nach dem geographischen Nordpol zeigt.

27. Versuch

Wir legen unseren Elektromagneten auf den Tisch und verbinden die Spule mit der Taschenlampenbatterie. Dann tauchen wir eine Stopfnadel völlig in unsere Eisenfeilspäne. Da von diesen keine Spur daran hängen bleibt, nehmen wir mit Recht an, daß sie unmagnetisch ist. Wir schieben sie jetzt von der Spitze bis zur Mitte (aber ja nicht über diese hinaus) auf dem einen Pol des Elektromagneten hin und her (Abb. 28 u. 29). Wir können vermuten, daß nur diese Hälfte nun magnetisch geworden ist. Diese Annahme erweist sich aber als irrig; tauchen wir die Nadel nämlich jetzt in die Eisen-

feilspäne, so sehen wir das charakteristische Bild, daß an beiden Enden ein Bart von Eisenspänen hängen bleibt und daß sich in der Mitte der Nadel die neutrale Zone befindet, an der keine Späne hängen. Wir finden damit eine Bestätigung der von uns aus Versuch 2 erkannten Tatsache:

Jeder Magnet hat zwei Pole.

Immerhin wäre es aber noch denkbar, daß die Nadel, da wir sie nur mit dem einen Pol unseres Elektromagneten in Berührung brachten, zwei gleiche Pole erhalten hat. Aber auch diese Vermutung trifft nicht zu.

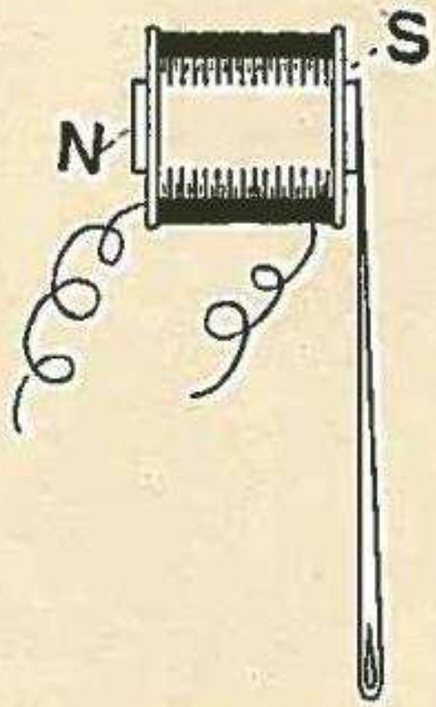


Abbildung 28

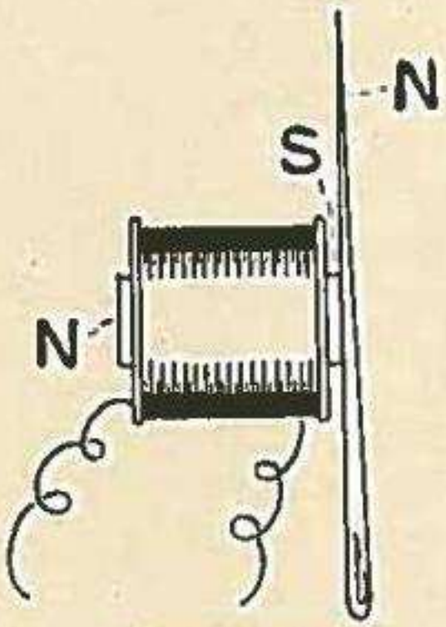


Abbildung 29

28.Versuch Wir verbinden die Nadel in bekannter Weise mit den beiden Korkscheiben, legen sie auf das Wasser und nähern stets denselben Pol eines Magneten (z. B. beide Male das Oehr einer magnetisierten zweiten Nadel) erst ihrer Spitze, dann ihrem Oehr. Das eine Ende der schwimmenden Nadel wird abgestoßen, das andere Ende angezogen, so daß wir den vorigen Satz erweitern können:

Jeder Magnet hat zwei Pole, von denen der eine stets ein Nordpol, der andere stets ein Südpol ist.

29.Versuch Wir magnetisieren eine Nähnadel, indem wir ihre Spitze auf dem einen, ihr Oehr auf dem anderen Pol unseres Elektromagneten hin- und herschieben. Hierdurch wird sie stärker magnetisiert, als durch bloße Berührung. Ihre eine Hälfte weist zweifellos N-, die andere S-Magnetismus auf, wovon wir uns zum Ueberfluß noch überzeugen können, indem wir sie in bekannter Weise als Kompaßnadel auf dem Wasser schwimmen lassen und erst ihrer Spitze, dann ihrem Oehr denselben Pol einer magnetisierten Stopfnadel nähern. Aus dem Angezogenwerden ihres einen, dem Abgestoßenwerden ihres anderen Poles müssen wir schließen, daß ihr eines Ende ein Nord-, ihr anderes Ende ein Südpol ist. Wir vergewissern uns durch Eintauchen der Nadel in die Eisenfeilspäne, daß sie auch in der Mitte die neutrale Stelle besitzt, daß sie also in jeder Hinsicht die Eigenschaften eines Magneten hat, wie wir es auch nach allen früheren Versuchen erwarten durften. Was geschieht nun, wenn wir die Nadel in der Mitte auseinanderbrechen bzw. sie mittels einer kräftigen Kneifzange in der Mitte durchzwicken? Wir tun dies und finden zu unserer Ueberraschung, daß jede Hälfte der Nadel gem. Abb. 30 wieder einen vollständigen Magneten darstellt; denn wenn wir

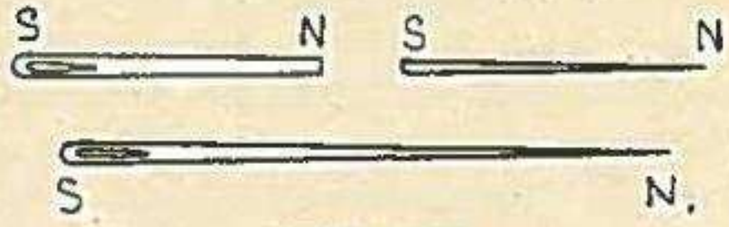


Abbildung 30

jede Hälfte als Kompaßnadel verwenden und sie mit zwei Korkscheiben versehen auf dem Wasser schwimmen lassen, stellt auch sie sich in die N-S-Richtung; ihr eines Ende wird von einem von Hand genäherten Pol angezogen, ihr anderes Ende von demselben abgestoßen; beim Eintauchen der einen Hälfte in Eisenspäne finden wir wieder, daß diese an beiden Enden hängen bleiben, während sich die Mitte, die neutrale Zone, wieder als unmagnetisch erweist. Zerbrechen wir eine Hälfte in immer kleinere Stücke, so finden wir stets, daß jedes Viertel, Achtel usw. einen vollständigen Magnet mit zwei Polen darstellt, was uns den früher gefundenen Satz bestätigt.

Jeder Magnet, auch der kleinste, hat zwei Pole, einen Süd- und einen Nordpol.

30. Versuch

Wir befestigen an einem Gestell, wie es Abb. 31 zeigt, unseren Elektromagneten und schließen die Spule an die Batterie an. Dann hängen wir zwei Nähnadeln so an den Eisenkern, daß die Spitze der oberen Nadel den unteren Pol des Eisenkerns berührt, die Spitze der unteren Nadel das Oehr der oberen Nadel. Unterbrechen wir den Strom, so bleiben trotzdem beide Nadeln hängen. Sie sind zu Dauermagneten geworden, weil sie aus Stahl bestehen. Da jeder Magnet 2 Pole hat, muß auch jede Nadel zwei Pole besitzen. Wie verhält es sich nun aber mit ihrer Polarität, d. h. wo haben wir an jeder Nadel den N-, wo den S-Pol zu erwarten? Angenommen, der Strom floß in einer solchen Richtung um den Eisenkern unseres Elektromagneten, daß sein oberes Ende zu einem N-Pol, das untere zu einem S-Pol wurde. Untersuchen wir nun die Polarität einer jeden Nadel für sich, indem wir sie mit den Korkscheiben versehen und schwimmen lassen, so finden wir, daß sie sich so einstellen, daß ihre Spitzen nach N zeigen. Bei beiden Nadeln haben also die Spitzen N-, die Oehre S-Magnetismus. Da aber die Spitze der oberen Nadel durch die Berührung mit dem S-Pol des Elektromagneten magnetisiert wurde, können wir annehmen, daß ein S-Pol ein ihn berührendes Stück Stahl so magnetisiert, daß dieses an der Berührungsstelle einen N-Pol erhält.

Die Spitze der oberen Nadel wurde also zum N-Pol. Wie wir aus dem vorigen Versuch wissen, m u ß jeder Magnet zwei Pole haben, einen N- und einen S-Pol. Folglich mußte gleichzeitig das Oehr der oberen Nadel zum S-Pol werden. Dieser S-Pol der oberen Nadel mußte aber nach dem, was wir soeben gelernt haben, die ihn berührende Spitze der unteren Nadel zu einem N-Pol machen usw. Diese Erkenntnis können wir ganz allgemein in folgendem Satz zusammenfassen:

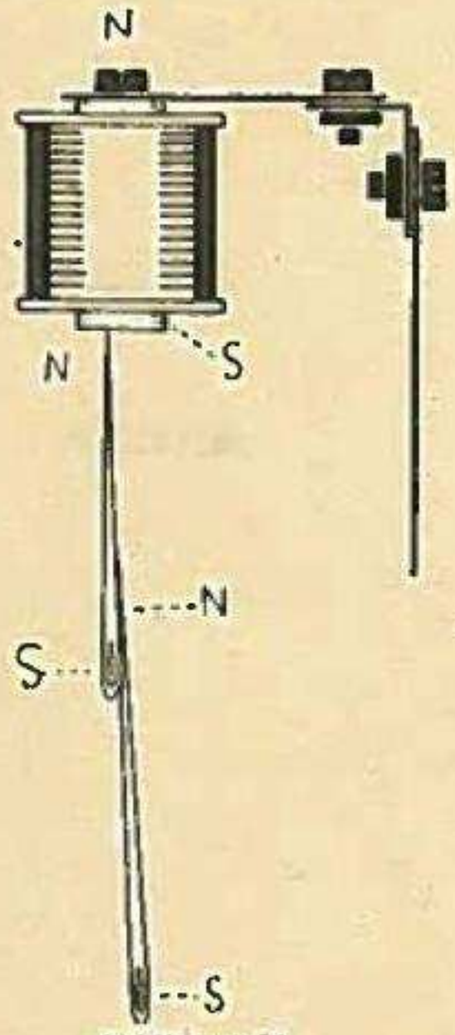


Abbildung 31

Wird ein Eisenstück mit einem Pol in Berührung gebracht, so wird es selbst zu einem Magneten, und zwar erhält es an der Berührungsstelle einen ungleichnamigen, an der abgewandten Stelle einen gleichnamigen Pol.

Auch eine bloße Ueberlegung hätte uns gezeigt, daß es so sein m u ß. Angenommen, der S-Pol des Elektromagneten hätte an der Spitze der ihn berührenden Nadel ebenfalls einen S-Pol erzeugt, so hätte diese ja nicht hängen

bleiben dürfen; denn dann wären ja beide Pole gleichnamige gewesen, und wie wir aus den Versuchen 17 und 18 wissen, stoßen gleichnamige Pole einander ab. Also schon aus der Tatsache, daß die obere Nadel an dem Kern des Elektromagneten haften blieb, mußten wir schließen, daß sich an der Berührungsstelle ungleichnamige Pole ausgebildet hatten.

31.Versuch Wir schieben die N-Spitze einer gem. Abb. 28 und 29 magnetisierten Stopfnadel auf dem Oehr einer Nähnadel hin und her, desgleichen das S-Oehr der Stopfnadel auf der Spitze der Nähnadel. (Abb. 32.) Untersuchen wir diese durch Eintauchen in Eisenfeilspäne oder dadurch, daß wir sie als Kompaßnadel schwimmen lassen, so finden wir, daß sie zu einem vollkommenen Stabmagneten mit einem N- und einem S-Pol und einer neutralen Stelle in der Mitte geworden ist. Es bedarf also nicht unbedingt eines Elektromagneten zum Magnetisieren eines Stahlstabes, sondern es kann auch ein Dauermagnet verwendet werden.

Stahlstücke lassen sich dadurch magnetisieren, daß man sie mit einem Dauermagneten berührt oder bestreicht.

32.Versuch Wir wiederholen Versuch 30, ersetzen aber gem. Abb. 33 die stählernen Nadeln durch unsere Schrauben aus weichem Eisen. Auch hier müssen wir aus dem Umstande, daß diese aneinanderhaften, schließen, daß der S-Pol des Elektromagneten das

Abbildung 32

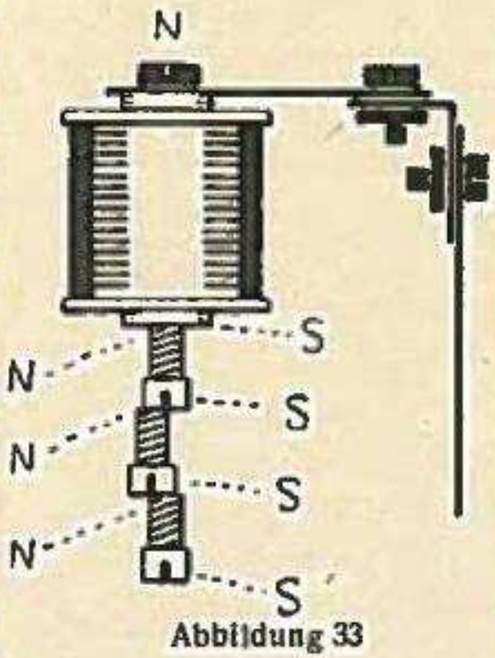


Abbildung 33

obere Ende der oberen Schraube zum Nordpol machte usw. Man nennt eine solche Anordnung, bei der jedes Eisenstück ein nachfolgendes magnetisiert, so daß es an dem vorangehenden haftet, eine magnetische Kette. Auch schon die Abb. 16 und 31 zeigten solche magnetische Ketten. Nehmen wir die oberste Schraube von dem Pol des Elektromagneten weg, so fallen auch die übrigen Schrauben von ihr ab. Die einzelnen Schrauben behalten ihren Magnetismus dann nicht bei, weil sie aus Weicheisen bestehen.

Ein mit einem Magnetpol in Berührung stehendes Eisenstück ist selbst ein Magnet, solange die Berührung dauert.

33.Versuch Wir hatten gesehen, daß gem. Abb. 16 der Eisenkern unserer Spule eine ziemlich große Eisenlast zu tragen vermag. Gem. Abb. 34 schieben wir in die Spule eine Nähnadel oder einen nicht zu starken Eisendraht, verbinden die Spule mit der Batterie und stellen fest, daß die sich an den Enden ausbildenden Pole nur eine viel geringere Eisenlast zu tragen vermögen, als wenn wir den das Spulenrohr ausfüllenden Eisenkern in die Spule geschoben hätten (vgl. Abb. 16). Worin besteht nun der Unter-

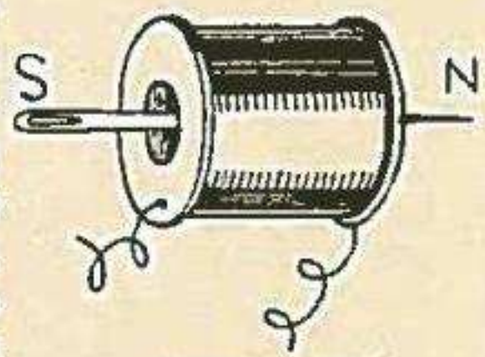


Abbildung 34

schied zwischen den beiden Anordnungen? Die Spule ist dieselbe, die Batterie desgl., nur der in die Spule geschobene Eisenkern ist in dem einen Falle dick, im anderen Falle dünn, oder wie der Fachmann sagt: Der Eisenkern unseres Baukastens hat einen großen, die Nadel oder der Eisendraht haben einen kleinen Querschnitt. Wir ersetzen die Nähnadel durch eine Stopfnadel, schieben dann noch 2, 3, 4 und mehr Stopfnadeln in die Spule und finden, daß die Tragkraft unseres Elektromagneten mit dem Querschnitt bzw. dem Gesamtquerschnitt der in die Spule geschobenen Eisenstücke wächst. Am stärksten ist die Tragkraft, wenn wir den Eisenkern unseres Baukastens in die Spule schieben, der ja die Spule völlig auslüllt und daher den größtmöglichen Querschnitt hat.

Die Tragkraft eines Magneten und seine Anziehungskraft, mit einem Worte: sein Magnetismus ist um so größer, je größer sein Eisenquerschnitt ist.

Dieses Gesetz trifft auch auf Dauermagnete zu. Der Magnetismus der großen sog. Hufeisenmagnete z. B. einer Magnetmaschine, die den zur Entzündung des Gasgemisches im Automobilzylinder erforderlichen Funken erzeugt,

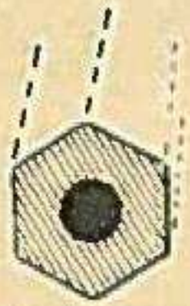


Abbildung 35

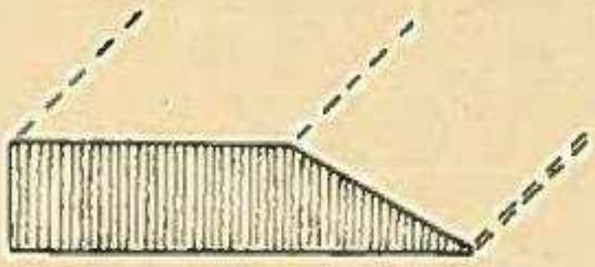


Abbildung 36

ist viel stärker als z. B. ein kleiner Spielzeugmagnet, eine von uns magnetisierte Stopfnadel oder gar eine Kompaßnadel. Um eine richtige Vorstellung des Begriffs Querschnitt zu geben, zeigt die Abb. 35 einen Bleistift im Querschnitt. Der schwarze Punkt in der Mitte bedeutet die Graphitkohleneinlage. Abb. 36 zeigt ein gewöhnliches Lineal im Querschnitt. Die Form des Querschnitts spielt bei einem Magneten keine Rolle; maßgebend für seine Stärke ist nur die Größe des Querschnitts.

34. Versuch

Gem. Abb. 37 spannen wir den Elektromagneten in das galgenförmige Gestell nach Abb. 6 und hängen an den einen Pol ein Flacheisenstück und an dieses ein zweites. An letzteres befestigen wir mittels dreier Fäden den Deckel einer Blechbüchse und legen in diese so viel Gewichte, bis das untere Flacheisenstück von dem oberen abreißt. Die Zahl der hierzu erforderlichen Gewichte in Gramm notieren wir uns.

35. Versuch

Gem. Abb. 38 hängen wir an beide Pole des Elektromagneten je ein Flacheisenstück. An den freien (unteren) Enden bilden sich ein S- bez. N-Pol aus. Diese beiden Pole überbrücken wir durch ein drittes Flacheisenstück. Es verbindet die beiden Pole, schließt gewissermaßen den zwischen ihnen befindlichen Luftraum, weswegen man es auch magnetisches Schlußstück nennt. Wir hängen an das Schlußstück den Blechdeckel und belasten ihn durch hineingelegte Gewichte, bis das Schlußstück abreißt. Wir stellen fest, daß diese

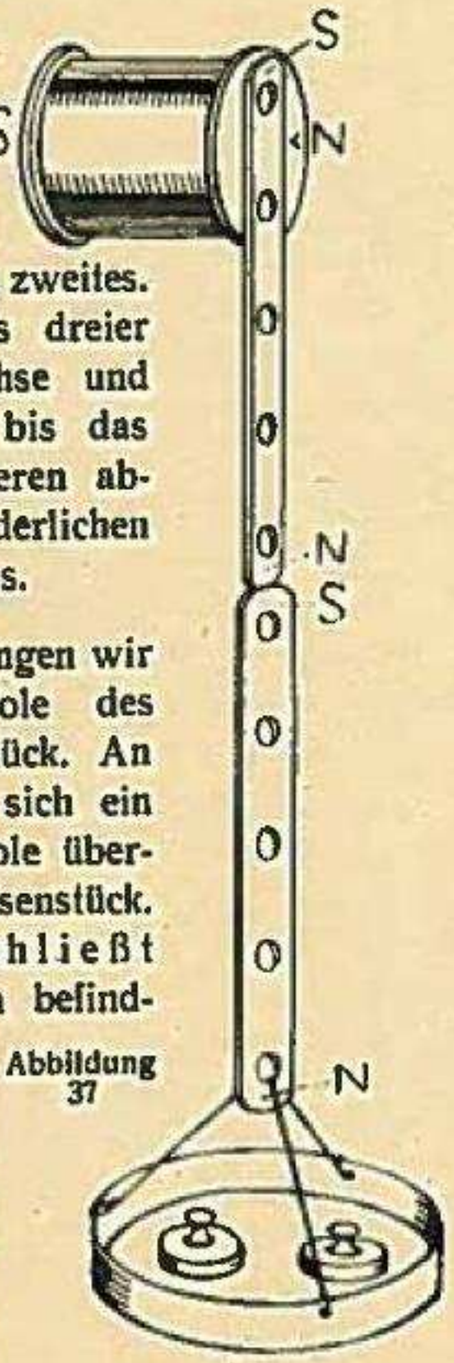


Abbildung 37

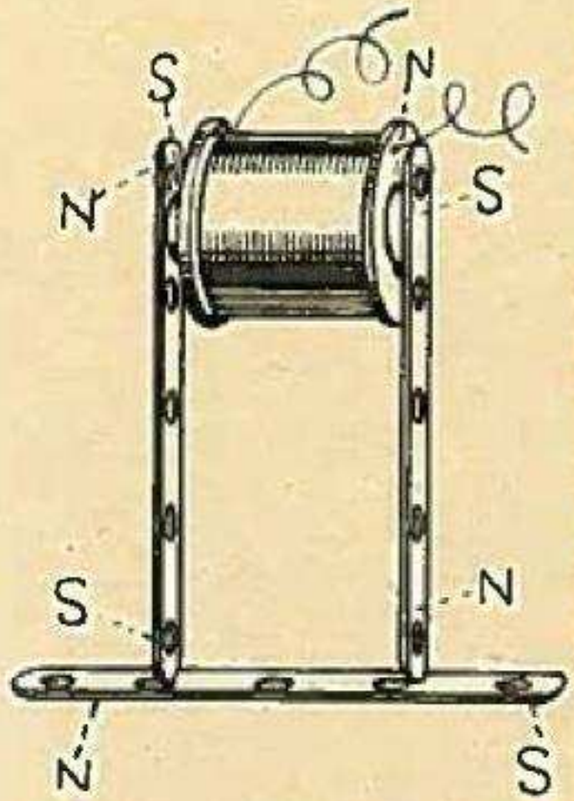


Abbildung 38

Anordnung eine größere Last zu tragen vermag als die nach dem vorangegangenen Versuch.

Die beiden Versuche gleichen einander insofern, als beidemale dieselbe Spule, derselbe Eisenkern und dieselbe Stromquelle Verwendung fanden. Sie unterscheiden sich jedoch dadurch, daß wir es im zweiten Falle mit einem sog. geschlossenen magnetischen Eisenkreis zu tun hatten. Wir können uns vorstellen, daß wir auf dem Eisenweg wandern, ohne je an ein Ende zu kommen; dieser Weg würde folgendermaßen aussehen: S des rechten Flacheisens, N des rechten Flacheisens, S des Schlußstückes, N des Schlußstückes, S des linken Flacheisens, N des linken Flacheisens, S des Kerns, N des Kerns usw. Im Gegensatz hierzu haben wir es gem. Abb. 37 mit einem offenen magnetischen Kreis zu tun. Man sagt auch: Die Anordnung gem. Abb. 38 habe Eisenschluß. Dieser liegt stets vor, wenn die Pole eines Elektro- oder Dauermagneten außerhalb desselben durch ein oder gem. Abb. 38 mehrere Eisenstücke, die sich untereinander berühren, verbunden sind. Es darl also in einem geschlossenen magnetischen Eisenkreis kein Luftspalt vorhanden sein. Gem. Abb. 37 ist ein sehr großer Lultspalt vorhanden. Dieser befindet sich zwischen dem N-Pol des unteren Flacheisens und dem S-Pol des Elektromagneten.

Die Tragfähigkeit eines beliebigen Magneten ist bei einem geschlossenen Eisenkreis (Abb. 38) um ein Vielfaches höher als bei einem offenen Kreis (Abb. 37).

36.Versuch Wir wiederholen Versuch 34, verwenden aber nur ein Flacheisen, an das der Blechdeckel mit den Gewichten gehängt wird. Es vermag eine größere Last zu tragen als gem. Abb. 37, weil der Luftspalt zwischen dem N-Pol des Flacheisens und dem S-Pol des Elektromagneten viel geringer ist als gem. Abb. 37. Aber auch der Eisenkreis ist kleiner geworden.

37.Versuch Abb. 39 zeigt eine ähnliche Anordnung wie Abb. 38; nur ist hier durch Hochziehen der beiden an den Polen des Elektromagneten hängenden Flacheisenstücke der Eisenkreis bedeutend verkleinert worden. Auch diese Anordnung vermag eine größere Last als eine Anordnung nach Abb. 38 zu tragen.

Die Tragfähigkeit eines beliebigen Magneten ist bei einem kleinen Eisenkreis größer als bei einem großen Eisenkreis. Sie ist größer bei einem kleinen Luftspalt als bei einem großen.

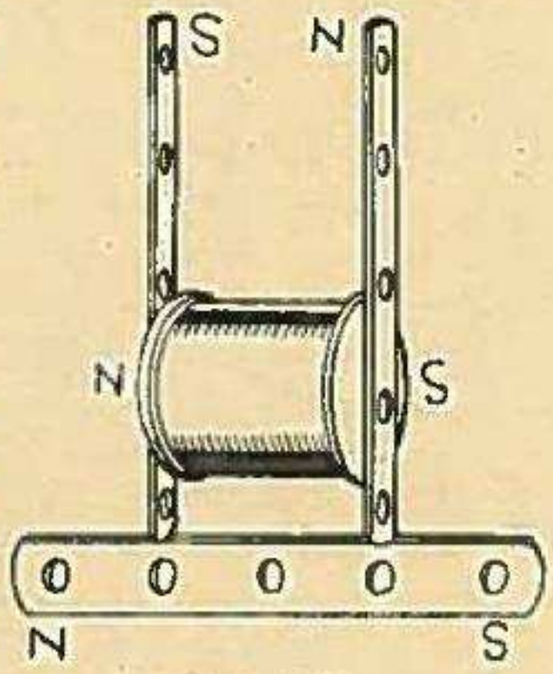


Abbildung 39

38.Versuch Bei Versuch 33 hatten wir festgestellt, daß mit der Größe des Eisenquerschnitts eines Magneten auch sein Magnetismus wächst. Dasselbe trifft zu

auf die Querschnitte der an die Pole angelegten Eisenteile. Je größer ihre Querschnitte sind, um so fester haften sie. Falls der Eisenkreis aus mehreren Stücken besteht, ist es wichtig, daß die Berührungsflächen gut aufeinanderpassen, so daß sich möglichst große Flächen berühren. Hängen wir daher gem. Abb. 40 an einen Pol unseres Elektromagneten ein Flacheisen so an, daß nur seine schmale Seite den Pol berührt, so haftet es nur schwach, eben weil die Berührungsfläche zwischen dem Flacheisen und dem N-Pol des Elektromagneten nur klein ist. Hiervon können wir uns auch überzeugen, indem wir an das Flacheisen den Blechdeckel befestigen und diesen mit Gewichten belasten. Wir sehen, daß die Tragfähigkeit geringer ist als bei allen früheren Versuchen.

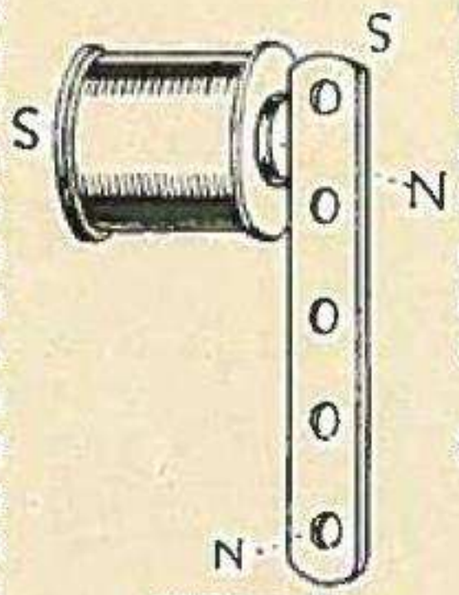


Abbildung 40

Die aus den Versuchen 33—37 gewonnenen Erfahrungen können wir zusammenfassen in folgendes Gesetz:

Die Tragkraft eines Magneten ist um so größer:

1. **Je größer der Querschnitt des Eisenkreises ist,**
2. **je kleiner der Eisenkreis selbst ist,**
3. **je besser der Eisenkreis geschlossen ist, je besserer Eisenschluß vorhanden ist (d. h., es darf kein Luftspalt vorhanden sein, etwaige Berührungsflächen müssen sehr gut aufeinanderpassen und die Anzahl der Berührungsflächen muß möglichst klein sein).**

In diesem Sinne würde ein i d e a l e r magnetischer Eisenkreis, d. h. ein solcher von höchster Tragkraft etwa das Aussehen gem. Abb. 41 haben. Wir sehen hier die oben aufgestellten drei Forderungen erfüllt. Eine solche Anordnung würde eine noch viel größere Last, als selbst eine nach Abb. 39 zu tragen vermögen. Der magnetische Eisenkreis gem. Abb. 38 ist durchaus noch kein idealer: Er ist sehr groß, die einzelnen Flacheisenstäbe haben zu geringen Querschnitt (besonders im Vergleich mit dem Querschnitt des Spulenkerns), die Berührungsflächen (besonders am Schlußstück) sind infolge der halbkreisförmigen Enden der Flacheisenstücke sehr klein.

Abb. 42 zeigt einen aus Nägeln gebildeten magnetischen Kreis.

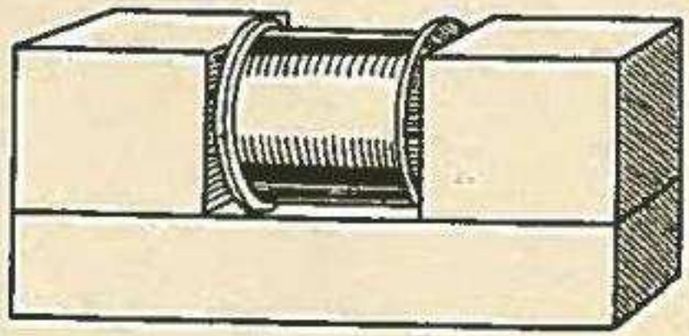


Abbildung 41

39. Versuch

Hängen wir gem. Abb. 43 an den unteren Pol unseres Elektromagneten, der ein S-Pol sein mag, eine Näh- oder stählerne Stecknadel, so bleibt diese haften. Wie nach den beiden vorangegangenen Versuchen ohne weiteres einleuchtet, wird ihre Spitze zum N-, ihre Kuppe zum S-Pol. Der gleichzeitig auf sie einwirkenden Anziehungskraft der Erde zufolge hängt sie senkrecht.

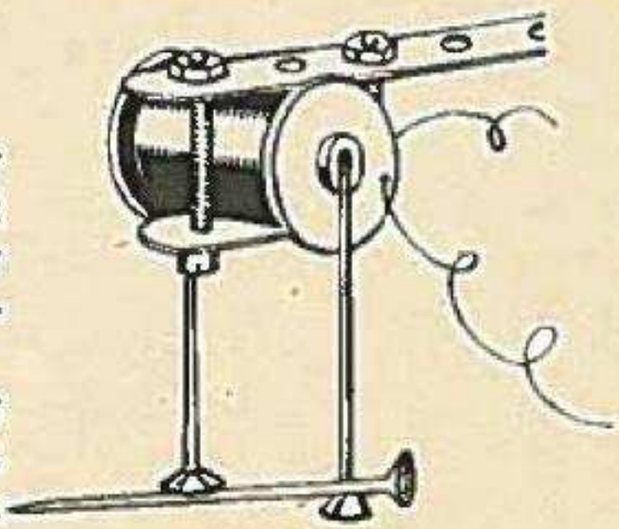


Abbildung 42

40.Versuch

Wir lassen die Anordnung gem. Abb. 43 bestehen, hängen aber an den unteren S-Pol des Elektromagneten gem. Abb. 44 noch eine zweite Nadel. Auch diese bleibt an dem S-Pol des Elektromagneten haften. Beide Nadeln hängen aber nicht mehr senkrecht,

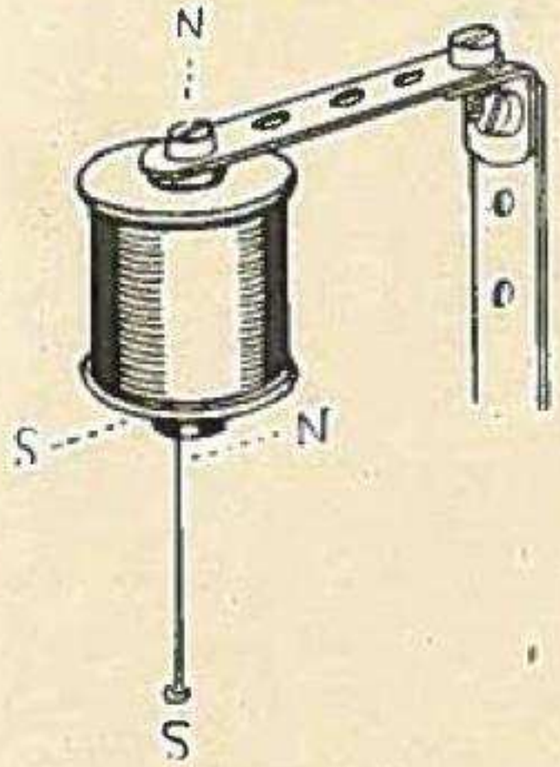


Abbildung 43

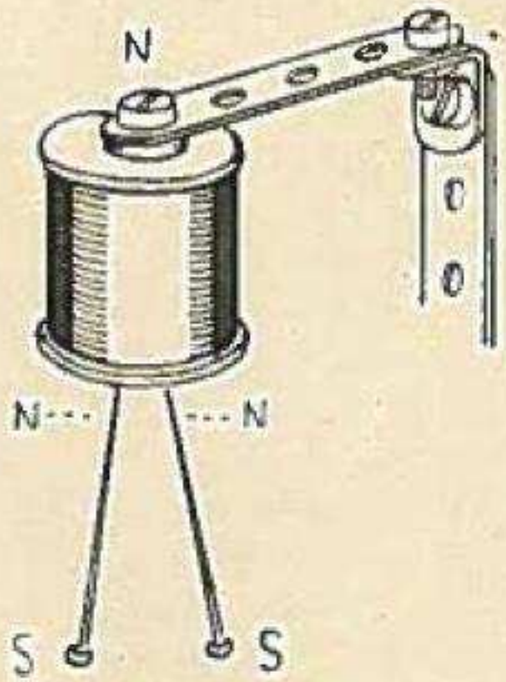


Abbildung 44

sondern ihre unteren Enden spreizen auseinander oder wie man auch sagt, sie d i v e r g i e r e n (lat. divergere = auseinanderstreben). Nach unseren bisherigen Erfahrungen konnten wir dies auch gar nicht anders erwarten; denn der S-Pol des Elektromagneten mußte die beiden ihn berührenden Nadelspitzen zu Nordpolen, die abgewandten Kuppen zu S-Polen machen. Folglich liegen sich hier bei beiden Nadeln gleichnamige Pole gegenüber. Wir haben hier wiederum eine Bestätigung des früher gelernten Gesetzes:

Gleichnamige Pole stoßen einander ab.

41.Versuch

Nach diesen Versuchen können wir uns auch die eigentümliche Gestalt erklären, die die an einem Magnetpol hängenden Eisenfeilspäne bilden: den sog. B a r t. Wir betrachten diesen durch ein Vergrößerungsglas und sehen deutlich, daß der Bart gewissermaßen aus „Haaren" besteht. Jedes „Haar" setzt sich aus mehreren sehr kleinen Eisenstückchen zusammen, die eine magnetische Kette ähnlich wie bei Abb. 31 die Nadeln oder gem. Abb. 16 die Schrauben bilden. Die einzelnen „Haare", d. h. die kleinen magnetischen Ketten, divergieren ebenfalls, d. h. sie streben auseinander wie gem. Abb. 43 die beiden Nadeln.

42.Versuch

Gem. Abb. 45 schrauben wir in das Vulkanfiberstück des galgenähnlichen Gestelles eine unserer langen Eisenschrauben und nähern deren Kopf den einen Pol unseres Elektromagneten. Damit dieser uns bei der zwischen ihm und dem Schraubenkopf bestehenden Anzie-

Abbildung 45

hung nicht aus der Hand gerissen wird, legen wir ein Stück Holz oder Pappe (etwa ¼ bis ½ cm stark) zwischen den Pol des Elektromagneten und den Schraubenkopf. An das untere Ende dieser Schraube halten wir eine zweite Schraube und stellen fest, daß diese an der oberen haftet, obwohl der Pol unseres Elektromagneten den Kopf der oberen Schraube ja gar nicht berührt. Der Magnetismus des Elektromagnetpols hat sich also durch die Luft bzw. Pappe fortgepflanzt bis zum Kopf der oberen Schraube und dort einen entgegengesetzten Pol erzeugt. Dadurch ist die obere Schraube zu einem Magneten geworden. Da jeder Magnet zwei Pole hat, hat sich auch am unteren Ende der oberen Schraube ein S-Pol gebildet, desgleichen am oberen Ende der unteren Schraube ein N-Pol. Wir sehen:

Ein Eisenstück wird auch schon magnetisch, wenn man ihm einen Magnetpol aus der Ferne nähert, ohne daß es zu einer Berührung zwischen beiden zu kommen braucht.

Entfernen wir den Elektromagneten oder unterbrechen wir den durch ihn fließenden Strom, so daß er selbst seinen Magnetismus verliert, so verlieren auch die beiden Schrauben ihren Magnetismus; sie sind wieder unmagnetisch geworden.

43. Versuch

Wir wiederholen den Versuch, ersetzen aber die untere Schraube durch ein mit Eisenfeilspänen gefülltes Schüsselchen, in das wir gem. Abb. 46 das untere Ende der Schraube eintauchen lassen. Wir bemerken, daß um so mehr Eisenfeilspäne an dem unteren Schraubenende haften, je mehr wir den Pol unseres Elektromagneten dem Schraubenkopf näherten. Die meisten Eisenfeilspäne bleiben dann hängen, wenn der Pol des Elektromagneten den Schraubenkopf berührt. Maßgebend für die Stärke der Magnetisierung der Schraube ist also die Entfernung ihres Kopfes von dem sie magnetisierenden Pol des Elektromagneten. Diese Entfernung nennt man den Luftspalt. Dieser spielt, wie wir an fast allen Modellen, die wir mit unserem Kasten bauen können, festzustellen werden, eine große Rolle. Es kommt nämlich bei elektrischen Maschinen und Apparaten selten vor, daß der Anker z. B. Klingelklöppel oder der sich drehende Teil eines Elektromotors, der sogenannte Rotor (lat. rota — das Rad) soweit an den Pol des Elektromagneten gezogen wird, bis er an diesem festhaftet. Vielmehr muß der Rotor einen gewissen Luftspalt haben, damit er nicht anstößt oder, wie der Fachmann sagt, damit er nicht „leckt". Bei dem Bau elektrischer Maschinen, auch unserer Modelle, ist daher stets darauf zu achten, daß der Luftspalt einmal so klein wird, daß der Anker kräftig angezogen wird (denn wir wissen aus dem Versuch 14, daß die Anziehungskraft eines Magneten mit der Entfernung abnimmt, d. h. schwächer wird); andererseits muß der Luftspalt so groß gehalten werden, daß der Anker an den Pol des Elektromagneten nicht anstößt, daß er nicht „leckt". Bei guten elektrischen Maschinen, bei denen der Rotor gut gelagert ist und vollkommen rund und zentrisch ist, beträgt der Luftspalt unter Umständen nur ½ bis 1 mm. Wir werden später beim

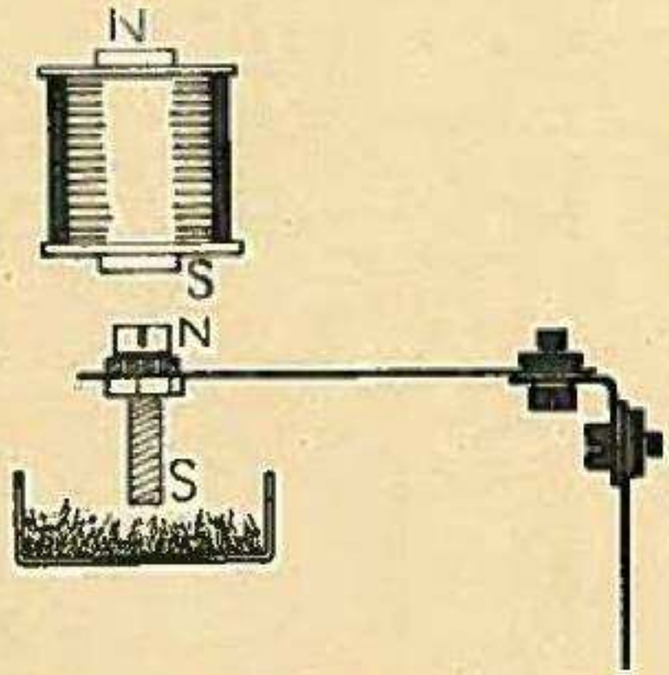


Abbildung 46

Bau der Modelle auf diesen wichtigen Punkt wieder hinweisen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß man den sich nicht drehenden Teil einer elektrischen Maschine Stator nennt (lat. stare — stehen). Man nennt diesen Teil auch „Ständer". Mit einer deutschen Bezeichnung sagt man auch statt Rotor „Läufer".

44.Versuch

Wir hängen gem. Abb. 47 eine Stopfnadel an den unteren Pol unseres Elektromagneten, so daß ihr Oehr diesen berührt. Lassen wir jetzt durch die Spule des Elektromagneten den Strom fließen, so möge sein unterer Pol ein N-Pol sein. Demnach muß das Oehrende der Nadel zum S-Pol werden. Wir unterbrechen den Stromkreis; der Magnetismus des Elektromagneten verschwindet, die Nadel bleibt trotzdem an ihm hängen, weil sie aus Stahl besteht und selbst zu einem Magneten geworden ist. Wir vertauschen die Anschlußklemme an der Batterie, so daß die Spule nunmehr im umgekehrten Sinne vom Strome durchflossen wird. Dadurch hat der Elektromagnet seine Polarität gewechselt, er ist umgepolt worden, d. h. sein oberer Pol ist jetzt zum N-Pol, der untere zum S-Pol geworden. Demnach würden gem. Abb. 48 gleichnamige Pole sich gegenüberliegen, nämlich der S-Pol der Elektromagneten und

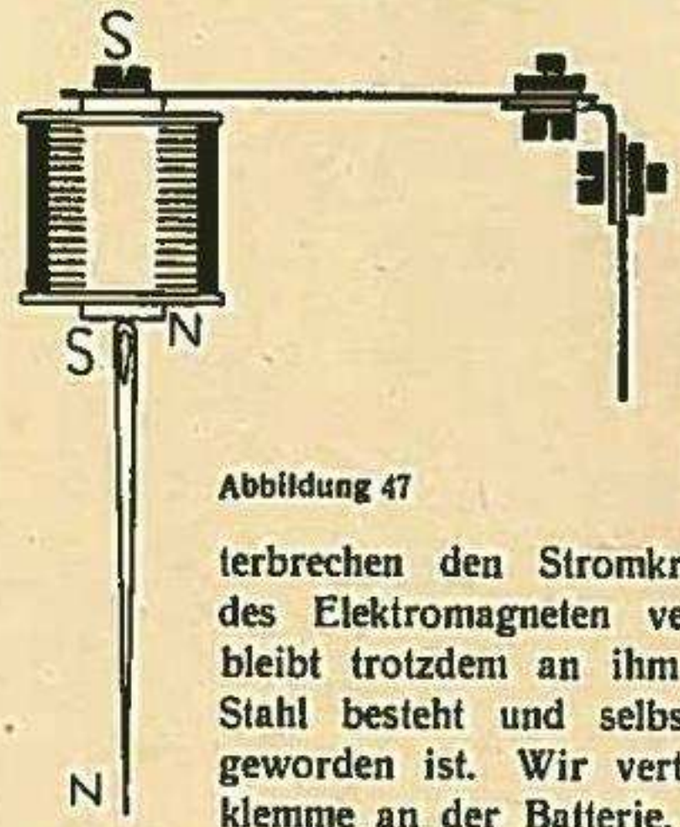


Abbildung 47

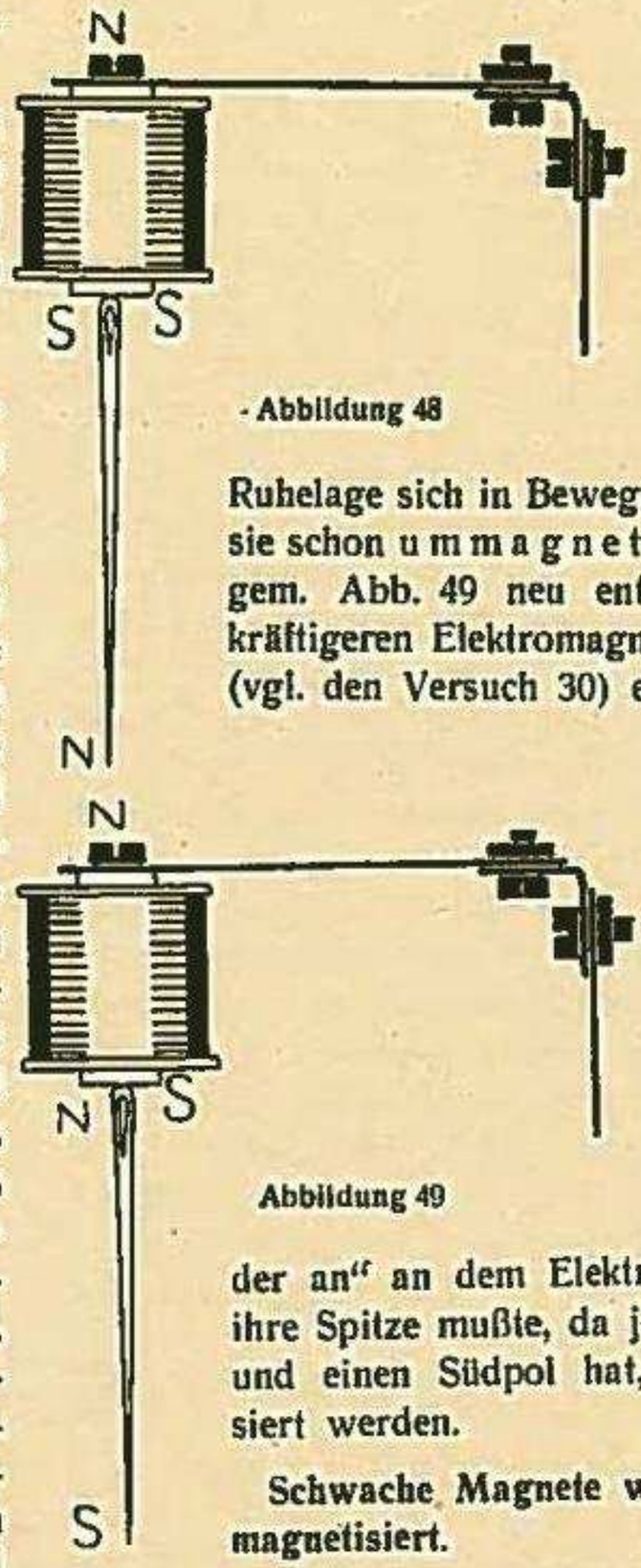


Abbildung 48

der S-Pol der vorher magnetisierten Nadel. Folglich müßte der S-Pol der Nadel vom S-Pol des Elektromagneten (Abb. 48) kräftig abgestoßen werden, sie müßte abfliegen. Dies tritt aber nicht ein. Ehe sie nämlich aus ihrer Ruhelage sich in Bewegung versetzen konnte, war sie schon ummagnetisiert worden, d. h. der gem. Abb. 49 neu entstandene S-Pol des viel kräftigeren Elektromagneten hatte in ihrem Oehr (vgl. den Versuch 30) einen N-Pol erzeugt. Ehe also ihre Bewegung hinweg vom Elektromagneten, die man gem. Abb. 48 erwarten durfte, eintreten konnte, war bereits die Ummagnetisierung vollzogen und die Nadel blieb gem. dem Gesetz „Ungleichnamige Pole ziehen einander an" an dem Elektromagneten haften. Auch ihre Spitze mußte, da jeder Magnet einen Nord- und einen Südpol hat, zum S-Pol ummagnetisiert werden.

Abbildung 49

Schwache Magnete werden von kräftigen ummagnetisiert.

Daß unser Schluß richtig ist und die Ummagnetisierung tatsächlich stattgefunden hat, können wir leicht nachweisen, indem wir die Nadel gem. Abb. 11 durch Korkscheiben schwimmfähig machen und auf das Wasser legen: Ihre Spitze zeigt nach Norden, ihr Oehr nach Süden. Wir hängen sie wieder gem. Abb. 48 an denselben Pol des Elektromagneten und verwenden sie wieder als Kompaßnadel n a c h der Umpolung (Abb. 49). Ihr Oehr zeigt jetzt nach N, ihre Spitze nach S, womit ein weiterer Beweis für die tatsächlich stattgefundene Umpolung erbracht ist.

45.Versuch Wir magnetisieren eine Stopfnadel in bekannter Weise dadurch, daß wir mit ihrer Spitze über den einen, mit dem Oehr über den anderen Pol unseres Elektromagneten streichen. Daß sie zu einem Magnet hierdurch geworden ist, erkennen wir, indem wir ihre Pole in die Eisenfeilspäne tauchen. Die bekannten charakteristischen Bärte finden wir an den Polen vor. Wir fassen jetzt die Nadel mit einer Zange und bringen erst die eine, dann die andere Hälfte in der Gasflamme des Küchenofens zum Glühen. Afsdann lassen wir sie langsam erkalten. Tauchen wir sie jetzt in die Eisenfeilspäne, so finden wir, daß jede Spur von Magnetismus verschwunden ist. Wir haben die vorher magnetische Nadel e n t m a g n e t i s i e r t. Durch das Glühen ist aus dem harten Stahl weicher Stahl geworden und wie wir wissen, kann dieser den Magnetismus nicht für dauernd halten.

Stahlmagnete verlieren durch Glühen ihren Magnetismus.

46.Versuch Wir versuchen die geglühte Nadel durch Streichen über die Pole unseres Elektromagneten zu magnetisieren. Sie selbst haftet zwar wie jedes andere Eisenstück an den Polen unseres Elektromagneten, solange dieser vom Strom durchflossen ist. Sie vermag aber nur ganz geringe Mengen von Eisenfeilspänen festzuhalten.

Die geglühte und dadurch weichgewordene Stahlnadel kann wohl wie jedes andere Eisenstück vorübergehend magnetisiert, aber nicht zum Dauermagneten gemacht werden.

47.Versuch Wir erhitzen die entmagnetisierte Nadel nochmals in der Gasflamme und werfen die noch glühende schnell in ein Gefäß mit kaltem Wasser. Magnetisieren wir sie jetzt, so finden wir, daß

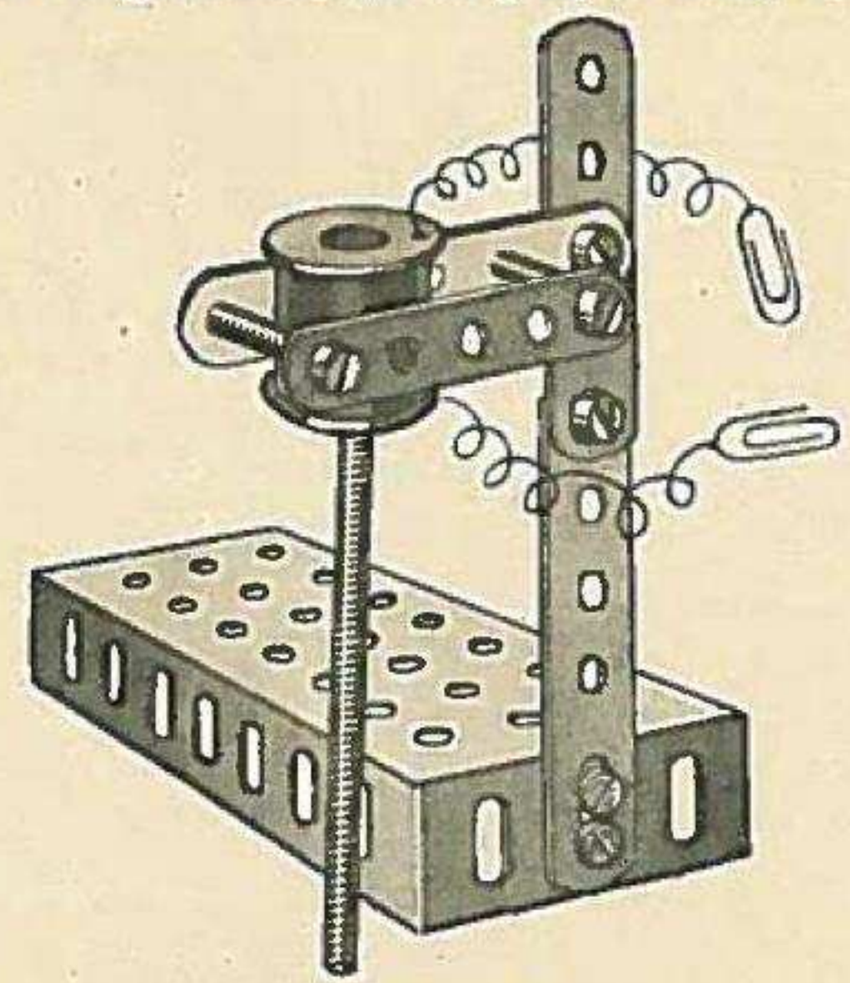


Abbildung 50

sie den ihr durch den Elektromagneten erteilten Magnetismus behält; denn die Eisenfeilspäne haften wieder an den Polen. Durch das Glühen und nachfolgende schnelle Ab-

kühlen (das sog. Abschrecken) haben wir die Nadel wieder hart gemacht oder, wie der Fachmann sagt, wir haben sie gehärtet. Nunmehr ließ sie sich, wie wir sahen, wie jeder andere Stab aus hartem Stahl zu einem Dauermagneten machen.

Die wieder gehärtete Stahlnadel kann durch Magnetisieren wieder zum Dauermagneten gemacht werden.

48. Versuch Wir legen die Spule auf den Tisch und schieben den Eisenkern bis etwa zur Hälfte in sie hinein. Verbinden wir jetzt die Spule mit der Batterie, so wird der Kern völlig in jene hineingezogen.

Wir bauen ein Gestell gem. Abb. 50. An das Fundament schrauben wir ein 6-Loch-Flacheisen, an dieses ein zweites. An das zweite Flacheisen bauen wir nach links heraus ein 5-Loch-Flacheisen an. Zwischen letzteres und das Vulkanfiberstück klemmen wir mittels der beiden langen Schrauben nunmehr unsere Spule. In die Spule führen wir unsere Gewindewelle ein, so, daß sie mit dem einen Ende etwa 1 cm in die Spule hineinragt, während ihr anderes Ende auf dem Tische aufliegt. Schicken wir jetzt den Strom durch die Spule, so wird die Welle in die Spule soweit hineingezogen, daß sie oben sogar noch ein Stück herausragt. Sie schwebt frei in der Spule. Unterbrechen wir den Stromkreis, so fällt die Welle wieder auf den Tisch, um bei erneuter Stromzuführung wieder hochgezogen zu werden. Wir wiederholen den Versuch mit einer Stopf-, Nähnadel usw. und beobachten die gleiche Erscheinung:

Wird eine Spule vom Strom durchflossen, so vermag sie Eisenstücke in sich hineinzuziehen.

49. Versuch Gem. Abb. 51 stellen wir unsere Spule ohne Eisenkern auf den Tisch und verbinden sie mit der Batterie. Auf die Spule legen wir, wie in der Zeichnung angedeutet, eine Nähnadel. Sie bleibt trotz des rechts vorhandenen Uebergewichtes liegen. Wir unterbrechen den Stromkreis. Die Nadel fällt herunter. Augenscheinlich war sie, solange der Stromkreis geschlossen war, unter dem Einfluß des an den Enden der Spule vorhandenen Magnetismus haften geblieben bzw. in ihrer Lage gehalten worden. Wir wiederholen den Versuch mit anderen leichten Eisenteilen, wir vertauschen die Anschlüsse der Batterie; wir legen auf die Spule ein Stück Papier, auf das wir Eisenfeilspäne streuen und stellen stets fest, daß von ihr Magnetismus ausgeht, daß sie sich, auch ohne Eisenkern, wie ein Magnet verhält.

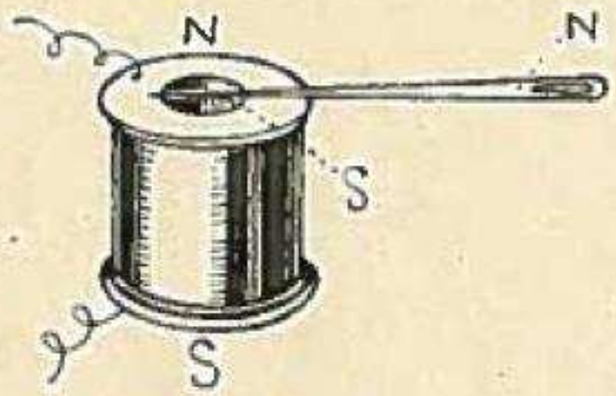


Abbildung 51

Jede stromdurchflossene Spule verhält sich wie ein Magnet. Sie hat einen N- und einen S-Pol und vermag Eisenstücke anzuziehen und festzuhalten.

Allerdings ist der Magnetismus, der sich an den Enden einer stromdurchflossenen Spule ausbildet, viele hundertmal stärker, wenn sie einen Eisenkern enthält, wie wir aus einem Vergleich dieses Versuchs mit den früheren leicht feststellen können. Abb. 52 zeigt die Ausbildung der Pole an einer aus 6 Windungen bestehenden Spule ohne Eisenkern.

50. Versuch Gem. Abb. 53 verbinden wir die Spule mit der Batterie und führen in jene eine Stopfnadel ein, die dann, wie wir nach Versuch 48

voraussetzen können, in der Spule schwebt. Wir unterbrechen den Stromkreis und untersuchen die Nadel durch Eintauchen in die Eisenfeilspäne auf einen etwaigen Magnetismus hin. Wir stellen fest, daß sie zu einem Dauermagneten geworden ist.

Wird ein Stahlstab von einem Strom umflossen, so wird er zum Dauermagneten.

Abbildung 52

Wie wir sehen, haben wir also zwei Möglichkeiten, aus einem Stahlstab einen Dauermagneten zu machen:

1. Indem wir mit dem einen Ende des Stahlstabes den einen Pol des Magneten berühren bzw. bestreichen, mit dem anderen Ende den anderen Pol.

2. Indem wir das Stahlstück in eine stromdurchflossene Spule schieben.

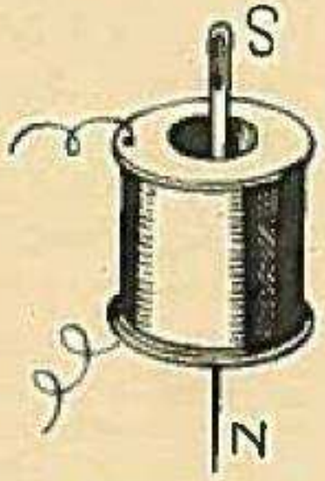


Abbildung 53

51. Versuch Wir lösen von einer Taschenlampenbatterie die Papphülse. Gem. Abb. 54 sehen wir, daß sie drei Zinkbecher enthält. Oeffnen wir einen solchen, so finden wir, daß er einen Stab aus sog. Graphitkohle enthält, auf den eine Metallkappe geklemmt ist. Zwischen dem Kohlenstab und der Zinkwand befindet sich in eingedicktem Zustand eine Salmiaklösung bzw. eine mit Salmiak imprägnierte Masse, der sog. Elektrolyt. Die drei Zinkbecher sind durch Pappstücke voneinander isoliert. Jeder solche Becher bildet mit dem Kohlenstab und dem Elektrolyt ein galvanisches Element. Die drei Elemente zusammen bilden die galvanische Batterie. Aus jeder Taschenlampenbatterie ragt ein kurzer (mit der Kohle des einen äußeren Elementes verbundener) und ein langer (mit dem Zink des anderen äußeren Elementes verlöteter) Messingstreifen heraus. Diese beiden Streifen nennt man die Pole der Batterie (es sind elektrische Pole, die wir keinesfalls mit den uns bekannten magnetischen Polen eines Magneten verwechseln dürfen). Wie wir aus der Aufschrift auf der Batterie ersehen, herrscht zwischen den beiden Polen eine Spannung von 4½ Volt. Verbinden wir die beiden Pole der Batterie durch einen Leiter, das heißt durch ein Material, das imstande ist, den Strom zu leiten, vorzugsweise also durch einen

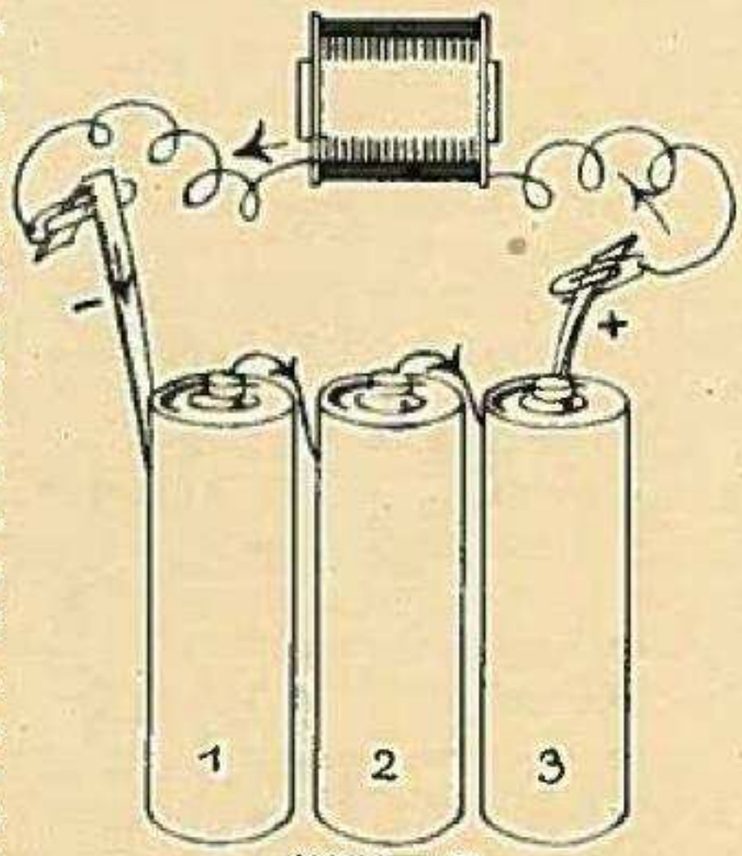


Abbildung 54

Kupferdraht, so fließt in diesem Leiter unter dem Einfluß der Spannung ein elektrischer Strom. Gem. Abb. 54 kommt dieser aus der Kohle des mit „3" bezeichneten Elementes (wir nennen die Kohle daher Pluspol und haben sie auf der Zeichnung mit einem + versehen), fließt durch den Leiter (gem. Abb. ist dies unsere Spule) und von dieser in die linke Klemme (die man Minuspol nennt und mit einem — bezeichnet) und von da in den linken Zinkbecher Nr. 1. Der Strom fließt dann durch den Elektrolyt in die Kohle Nr. 1, Zink 2, Elektrolyt 2, Kohle 2, Zink 3, Elektrolyt 3, Kohle 3 und von da wieder durch die Spule. Wir haben den Weg, den der elektrische Strom nimmt, kurz Stromweg genannt, an verschiedenen Stellen durch Pfeile gekennzeichnet. Den ganzen Weg, den ein elektrischer Strom durchfließt, nennt man Stromkreis. Man unterscheidet den inneren Teil des Stromkreises (das ist der ganze von dem Strom innerhalb der Batterie durchflossene Weg) und den äußeren Teil des Stromkreises (das ist der Weg, den der Strom außerhalb seiner Stromquelle durchfließt, in diesem Falle also unsere Spule nebst den Zuleitungsdrähten). Unter Stromkreis dürfen wir uns nicht ein kreisrundes Gebilde vorstellen etwa in der Art eines mit einem Zirkel geschlagenen Kreises, sondern die Bezeichnung Kreis soll nur andeuten, daß es sich um einen in sich geschlossenen Weg handelt, der, ebenso wie ein Kreis, weder Anfang noch Ende hat. Wird der Stromkreis an einer beliebigen Stelle unterbrochen, so kann kein Strom mehr fließen. Es ist gleichgültig, an welcher Stelle des Stromkreises die Unterbrechung stattfindet. Zum Beispiel können wir den Stromkreis unterbrechen, indem wir die eine oder andere unserer Klemmen von den Batteriepolen lösen, oder indem wir einen der Spulendrähte an einer beliebigen Stelle durchschneiden. Eine Unterbrechung des Stromkreises würde auch eintreten, wenn wir einen der Drähte, die innerhalb der Batterie die Kohle des einen Elementes mit dem Zink des anderen verbinden, durchschneiden würden. In jedem Falle kann kein Strom mehr fließen, die Spule wird stromlos.

Ein elektrischer Strom kann nur in einem geschlossenen Stromkreis fließen.

Ob die Stromquelle in einer Taschenlampen- oder Anodenbatterie, einem Akkumulator, einer Dynamomaschine, einem Transformator oder dergleichen besteht, ist hierbei belanglos.

52. Versuch

Da, wie die Aufschrift besagte, an den Klemmen oder Polen der Batterie, eine Spannung von 4½ Volt herrscht, die Batterie selbst aus drei Elementen besteht, müssen wir annehmen, daß an den Klemmen eines jeden Elementes eine Spannung von 1½ Volt vorhanden ist. Jedes der Elemente hat einen Plus- und einen Minuspol. Der Pluspol ist stets die Kohle, aus der der Strom herausfließt, der Minuspol das Zink, in das der Strom hineinfließt. Gem. Abb. 55 verbinden wir eine Taschenlampenbirne mit den beiden äußeren Polen unserer Batterie, die man daher auch Außenpole nennt.

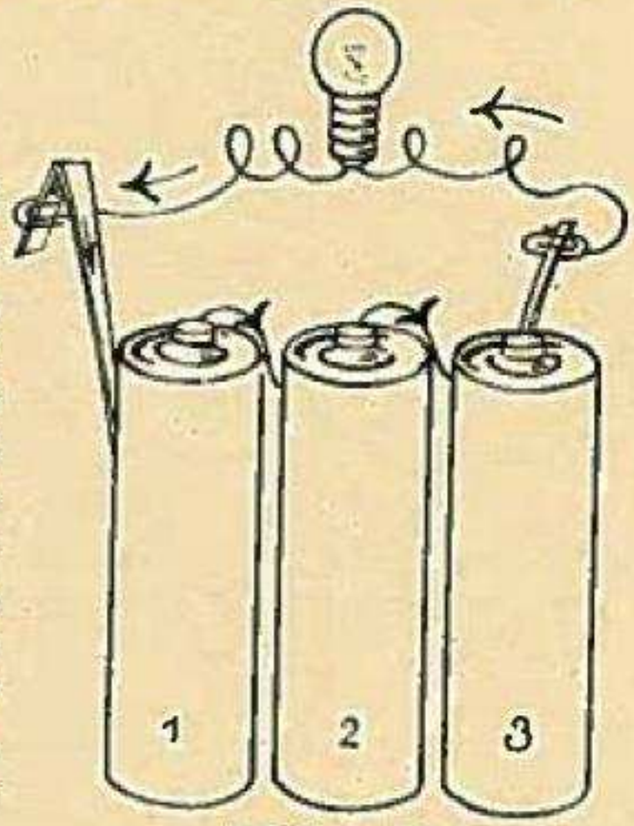


Abbildung 55

Dadurch haben wir einen Stromkreis hergestellt, in dem der Strom zu fließen vermag. Die Pfeile an der Leitung zeigen wiederum den Stromweg an. Die gesamte Spannung von 4½ Volt liegt an der Glühlampe. Sie brennt sehr hell und weiß, weil ein ziemlich starker Strom durch sie fließt, d. h. ein Strom, wie er eben der von den drei Elementen zusammen erzeugten Spannung von 4½ Volt entspricht.

Warum brennt die Lampe, wenn der Strom sie durchfließt? In der Lampe befindet sich ein sehr dünner Draht, der einen Teil des äußeren Stromkreises darstellt. Der Strom ist daher gezwungen, ihn auf seinem Wege zu durchfließen. Der Draht in der Glühlampe ist aber sehr dünn. Ein Wasserrohr von kleinem Querschnitt stellt dem strömenden Wasser einen größeren Widerstand entgegen als ein solches von großem Querschnitt. Ebenso bedeutet der dünne Draht in der Glühlampe, der viel schwächer ist als z. B. der Kupferdraht unserer Spule und der außerdem aus einem Stoff besteht, der den Strom an sich schon viel schlechter leitet als Kupfer, einen großen Widerstand für den elektrischen Strom. In der Natur ist aber die Ueberwindung eines jeden Widerstandes stets mit einer Erwärmung verbunden, wovon wir uns leicht überzeugen können, indem wir versuchen, recht schnell mit einem Bohrer ein Loch in hartes Holz zu bohren. Der hierbei zwischen Bohrer und Holz auftretende Reibungswiderstand erwärmt den Bohrer sehr bald. Auch der Widerstand, den der elektrische Strom auf seinem Wege vorfindet, hat eine Erwärmung des Leiters zur Folge. Diese Erwärmung kann, wie wir sehen, so stark sein, daß der Draht der Glühlampe in helle Weißglut gerät.

Jeder Leiter wird von einem ihn durchfließenden Strom erwärmt. Bei gleicher Stärke des Stromes ist die Erwärmung um so größer, je größer der Widerstand des Leiters ist.

Auch der Kupferdraht unserer Spule besitzt, wie überhaupt jeder Leiter, einen Widerstand. Da aber der Draht verhältnismäßig stark ist und außerdem Kupfer eine gute Leitfähigkeit für den elektrischen Strom besitzt, ist seine Erwärmung so gering, daß wir sie nicht wahrnehmen. Trotzdem findet eine Erwärmung auch hier stets statt, wenn der Kupferdraht vom Strome durchflossen wird. Es ist gleichgültig, ob wir sagen, Kupfer habe einen geringen Widerstand oder es habe eine große Leitfähigkeit. Am besten wird der elektrische Strom geleitet von Silber, es folgen dann Kupfer, Gold, Aluminium, Zink, Quecksilber, Zinn usw. Man sagt auch: Silber habe einen geringen spezifischen Widerstand, Eisen einen großen.

Abgesehen von dem Material. aus dem ein Draht besteht, hängt sein Widerstand von der Form ab. Ein langer Draht hat einen größeren Widerstand als ein kurzer, ein dünner Draht einen größeren als ein dicker.

Je stärker und je kürzer ein Draht ist, um so geringer ist sein Widerstand, um so besser leitet er den elektrischen Strom, um so geringer ist seine Erwärmung.

Der elektrische Strom im Dienste der Menschheit hat vorzugsweise zwei Aufgaben zu erfüllen: Entweder soll er einen Magnetismus erzeugen oder Wärme. Im ersteren Falle ist die Wärme unerwünscht, oft sogar schädlich. Man wählt daher als Leiter dann Kupferdraht, der einen geringen spezifischen Widerstand hat und sich daher nur in geringem Maße erwärmt. In der Glühlampe, der Plättglocke, dem elektrischen Ofen dagegen ist eine große Wärmeentwicklung beabsichtigt. Daher stellt man dort die Teile des Stromkreises aus Draht von hohem spezifischem Widerstand, z. B. Nickelin, Graphitkohle usw. her.

Graphit und Gaskohle leiten den elektrischen Strom ein- bis viertausendmal schlechter als Kupfer. Es folgen dann die Halbleiter, wozu besonders alle Gesteine zählen und dann die Nichtleiter, deren Widerstand so groß ist, daß sie praktisch keinen Strom durchlassen. Hierzu gehören Celluloid, Glas, Porzellan, Glimmer, Hartgummi, das Bakelit unserer Spule (ein Kunstprodukt), der Preßspan unserer Scheibe (eine Art Pappe), die rote Vulkanfiber des 5-Loch-Stückes unseres Baukastens, der Lack des Drahtes unserer Spule usw. Die Nichtleiter, die man auch Isolatoren nennt, spielen in der Elektrotechnik eine ebenso große Rolle wie die Leiter. Man bedient sich der Isolatoren, um den elektrischen Strom zu zwingen, einen bestimmten Weg zu nehmen. Würden wir auf unsere Spule nicht isolierten, also blanken Kupferdraht wickeln, so wäre die Wirkung dieselbe, wie wenn wir einen massiven Kupferzylinder über den Eisenkern geschoben hätten, an dessen einem Ende der Strom hinein-, an dessen anderem Ende er heraustreten würde. Von Windungen könnte man nicht mehr reden, ja nicht einmal von einer einzigen Windung. Der Strom würde auch nicht ein einziges Mal um den Eisenkern herumfließen und daher an dessen Enden auch keinen Magnetismus erzeugen. Auch die Luft ist eine guter Isolator. Zu jedem elektrischen Apparat gehören also möglichst gute Leiter, wozu man meist chemisch reines Kupfer, sog. Elektrolytkupfer nimmt und gute Isolatoren, die verhindern, daß der Strom einen anderen Weg wählt als den ihm von dem Leiter vorgeschriebenen.

53.Versuch

Gem. Abb. 56 verbinden wir den einen Draht der Glühlampe mit dem Zink des Elementes Nr. 1, den anderen Draht mit der Kohle des

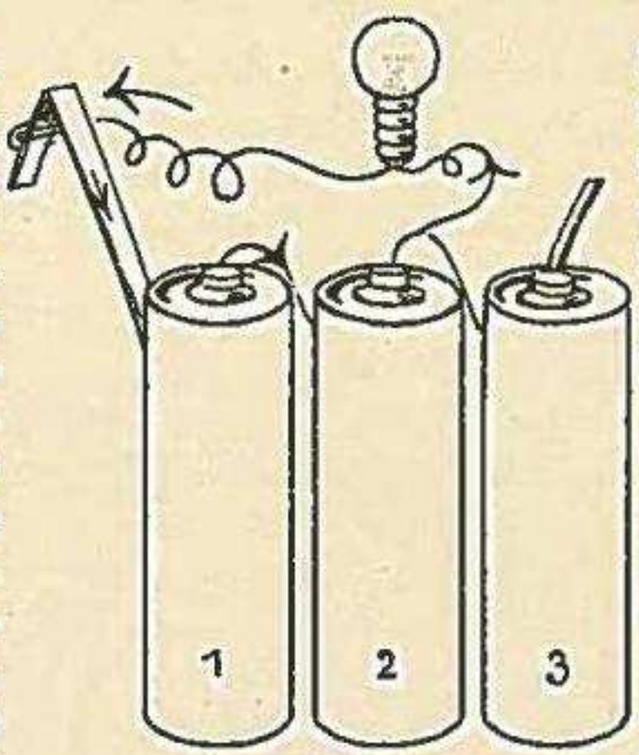


Abbildung 56

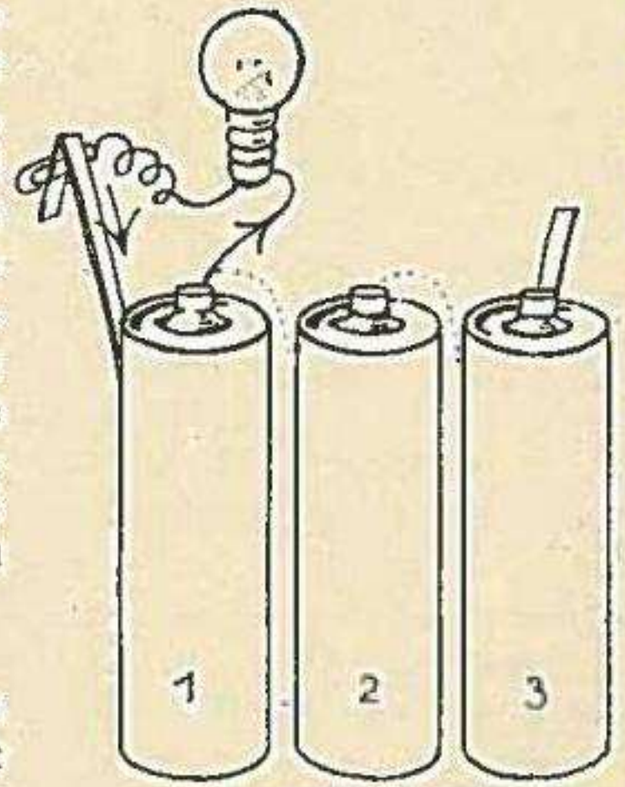


Abbildung 57

Elementes Nr. 2, wozu eine bloße Berührung genügt. Die Pfeile bezeichnen wieder den Stromweg. Der Stromkreis besteht aus der Lampe mit den Zuleitungsdrähten und den Elementen 1 und 2. Das 3. Element liegt nicht mit im Stromkreis, es spielt also bei diesem Versuche keine Rolle. Da jedes Element, wie wir wissen, eine Spannung von 1½ Volt hat, müssen die beiden Elemente zusammen eine Spannung von 3 Volt besitzen. Demzufolge brennt die Lampe dunkler als beim vorigen Versuch, wo an der Lampe eine Spannung von 4½ Volt lag. Folglich müssen wir annehmen, daß der durch die Spannung von 3 Volt erzeugte Strom schwächer ist, als ein von 4½ Volt erzeugter.

54.Versuch

Gem. Abb. 57 führen wir einen Draht vom Zink und von der Kohle des Ele-

mentes Nr. 1 nach der Glühlampe. Der Stromkreis wird jetzt gebildet aus der Lampe, den Zuführungsdrähten und dem Element Nr. 1. An der Lampe liegt jetzt nur die Spannung eines einzigen Elementes, d. i. 1½ Volt, sie brennt daher ganz schwach. Folglich hat der durch 1½ Volt erzeugte Strom noch geringere Kraft oder besser gesagt, eine geringere Stärke als der durch die höheren Spannungen erzeugte, woraus wir schließen:

Ein elektrischer Strom ist abhängig von seiner Spannung, d. h. je stärker die Spannung ist, um so stärker ist der Strom, um so größer ist die Wärmeentwicklung in einem von diesem Strom durchflossenen Leiter.

55.Versuch

Die beiden letzten Versuche zeigten uns, wie die Wärmeentwicklung in einer Glühlampe mit der Stärke des Stroms zunahm. Uns interessiert nun die Frage: Wie verhält sich die Stärke des Magnetismus unseres Elektromagneten zu der Stärke des ihm durchfließenden Stromes. Wir ersetzen gemäß den drei Abb. 55, 56, 57 die Glühlampe durch unseren Elektromagneten, so daß das erstemal der von 4½ Volt, das zweitemal der von 3 Volt und das drittemal der von 1½ Volt erzeugte Strom durch die Spule fließt. Wir befestigen zweckmäßig unseren Elektromagneten an das galgenförmige Gestell nach Abb. 6 und finden, daß die Pole des Eisenkerns bei 4½ Volt viel mehr Eisen als bei 3 Volt, bei 3 Volt mehr als bei 1½ Volt Spannung zu tragen vermögen. Hieraus schließen wir:

Die Größe des Magnetismus eines Elektromagneten (das ist seine Anziehungskraft, Tragkraft, Polstärke) ist abhängig von der Stärke des ihn erzeugenden Stroms; d. h. je stärker der durch die Spule eines Elektromagneten fließende Strom ist, um so größer ist der erzeugte Magnetismus.

Wir haben es also bei den Modellen, die wir später bauen wollen, in der Hand, die Stärke des diese Modelle speisenden Stroms, damit die Stärke des erzeugten Magnetismus und damit die Leistung der Maschinen und Apparate dadurch zu verringern oder zu erhöhen, daß wir eine entsprechende Spannung an den Elektromagneten legen. Wir brauchen nur eine Batterie zu öffnen und 1, 2 oder 3 Elemente gemäß den Abb. 55—57 mit den gebauten Apparaten zu verbinden. Dann liegen 1½, 3 oder 4½ Volt an der Spule und ein Motor z. B. wird sich langsamer oder schneller, schwächer oder kräftiger drehen, die elektrische Glocke leiser oder lauter läuten.

Auch die vom Radio her bekannte sog. Anodenbatterie ist wie eine Taschenlampenbatterie aufgebaut, nur besteht sie nicht aus 3, sondern aus 60 und mehr Elementen. Eine alte Anodenbatterie, die zum Betriebe des Radioapparates nicht mehr genügt, ist aber noch vortrefflich für unsere Versuche und zum Betreiben unserer Modelle geeignet. Sie bietet außerdem den Vorteil, daß sie zum Abgreifen verschieden starker Spannungen durch entsprechend bezeichnete Buchsen auf ihrem Deckel eingerichtet ist. Wir warnen aber davor, der Spule zu starke Ströme zuzuführen, sie zu überlasten, da gegebenenfalls durch die sich schnell entwickelnde Wärme die Isolierung (der Lack des Drahtes) durchbrennen könnte, wodurch die Spule unbrauchbar würde. In jedem Falle ist die Spule überlastet, wenn sie so warm geworden ist, daß wir sie nicht längere Zeit fest anzufassen vermögen, ohne uns zu verbrennen.

56.Versuch

Die Spule unseres Elektromagneten ist so gewickelt, daß im allgemeinen die 4½ Volt einer Taschenlampenbatterie genügen, um die Modelle kräftig anzutreiben. Sollte aber einmal eine be-

sonders starke Leistung dieser Apparate erwünscht sein, so können wir auch zwei Batterien zusammenschalten. Die Abb. 58 zeigt zwei zusammengeschaltete Batterien. Wie die eingezeichneten Pfeile andeuten, tritt der Strom aus der Kohle des 6. Elementes, geht durch die Spule nach dem Zink des 1. Elementes, dann durch die Elemente 2, 3, 4, 5 nach 6 zurück, um von da wieder in die Spule usw. zu fließen. Da jedes Element eine Spannung von 1½ Volt besitzt, verfügen die 6 Elemente zusammen über 6 × 1½ = 9 Volt.

57. Versuch Wir fanden, daß die Stärke eines Elektromagneten erstens abhängt von dem Querschnitt des Eisenkerns, zweitens von der Stärke des den Eisenkern umfließenden Stromes. Wir besorgen uns ein ca. 1 Meter langes Stück isolierten Kupferdrahtes, z. B. sog. Klingeldraht, und wickeln diesen gem. Abb. 59 sechsmal um unseren Eisenkern herum oder wie wir besser sagen wollen: Wir legen sechs Windungen um den Kern. Die Enden der auf diese Weise entstandenen Spule verbinden wir mit der Batterie. Wir untersuchen die sich an den Enden unseres Eisenkerns ausbildenden Pole auf ihre Stärke hin und stellen fest, daß sie nur eine ganz geringe Eisenlast zu tragen vermögen, ihr Magnetismus also sehr schwach ist. Der Eisenkern ist derselbe wie bei allen früheren Versuchen, die Stromquelle (die Batterie) ebenfalls. Worauf ist nun der schwache Magnetismus zurückzuführen? Wir vergleichen die aus sechs Windungen von uns hergestellte Spule mit der Spule unseres Baukastens und finden, daß die letztere erheblich mehr Windungen besitzt. Diese Windungen wollen wir nicht nachzählen; denn hierbei müßten wir die Spule abwickeln und sie zerstören; ihre Windungszahl sei daher verraten: Unsere Spule besitzt 400 Windungen. Wenn uns genügend Klingeldraht zur Verfügung steht und wir bewickeln unseren Eisenkern mit 10, 20, 50, 100 usw. Windungen, so finden wir, daß der Magnetismus dieser so entstandenen verschiedenen Elektromagneten mit der Windungszahl zugenommen hat:

Die Stärke des Magnetismus eines Elektromagneten wächst:

1. **mit dem Querschnitt des Eisenkerns,**
2. **mit der Stärke des um den Eisenkern herumfließenden Stromes,**

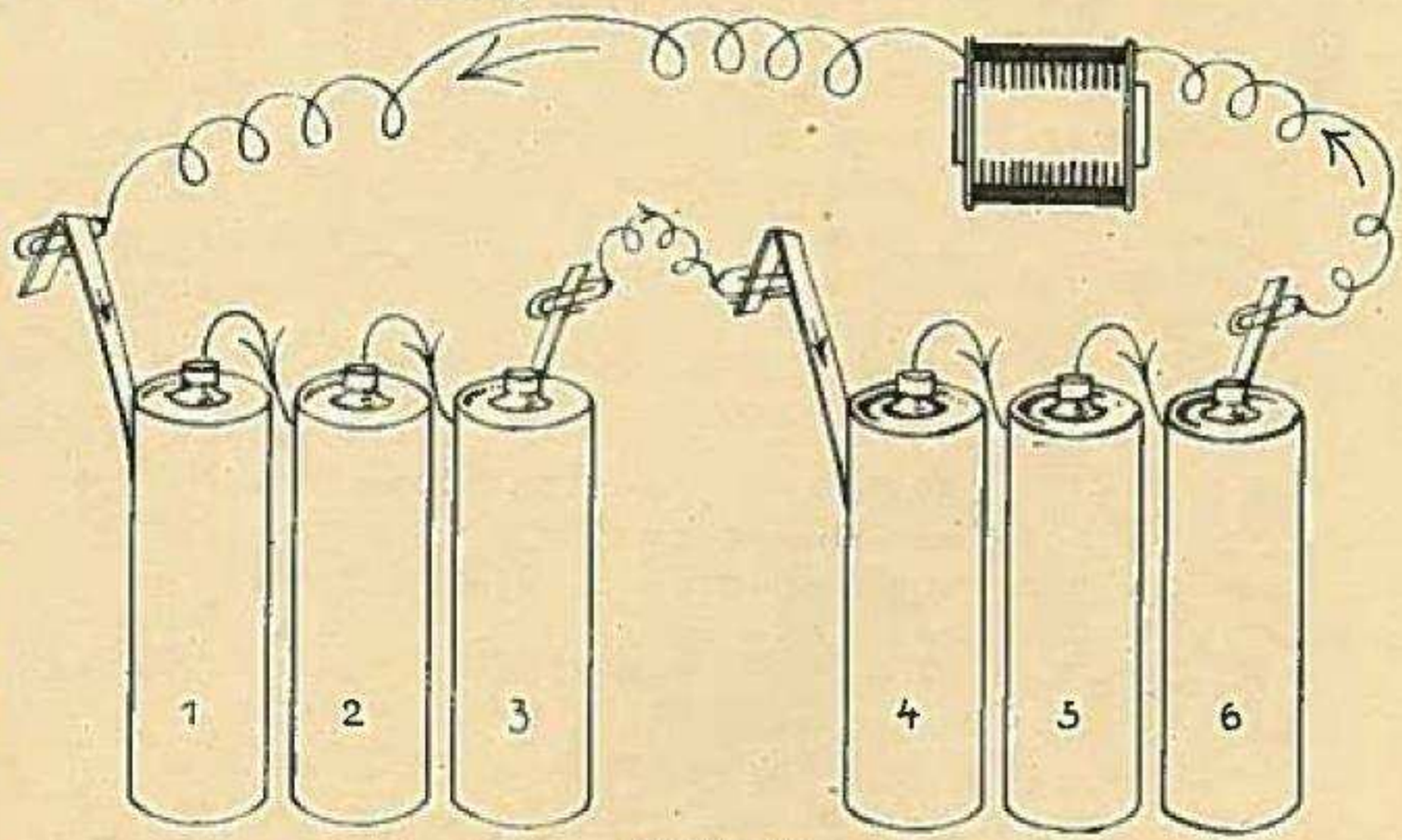


Abbildung 58

3. mit der Anzahl der um den Eisenkern herumgeführten Windungen.

Steht uns ein starker Strom zur Verfügung, z. B. aus einem Akkumulator, so kommen wir mit entsprechend weniger Windungen aus. Bei einem schwachen Strom

Abbildung 59

müssen wir mehr Windungen nehmen, wenn wir den gleichen Magnetismus erzeugen wollen. Bei einem Eisenkern von großem Querschnitt brauchen wir entsprechend weniger Strom usw. Der Elektroingenieur, der einen elektrischen Apparat oder eine elektrische Maschine zu entwerfen hat, kann hiernach das für ihn Günstigste heraussuchen. Steht ihm z. B. für den Eisenkern nur wenig Platz zur Verfügung, so kann er durch stärkeren Strom oder größere Windungszahl einen Ausgleich schaffen.

58. Versuch Wie ist es zu erklären, daß bei unserem Elektromagneten, wenn wir seine Spule vom Strom durchfließen ließen, sich gerade an dem einen Ende des Kerns ein S-, an dem anderen Ende ein N-Pol ausbildete? Das Gesetz, nach dem die Pole entstehen, sei gleich vorweggenommen:

Der Strom umfließt den Südpol eines Elektromagneten im Uhrzeigersinne (rechtsherum), den Nordpol im entgegengesetzten Uhrzeigersinne.

Die Abb. 60 und 61 zeigen einen Eisenstab, um den eine einzige Windung gelegt ist, durch diese

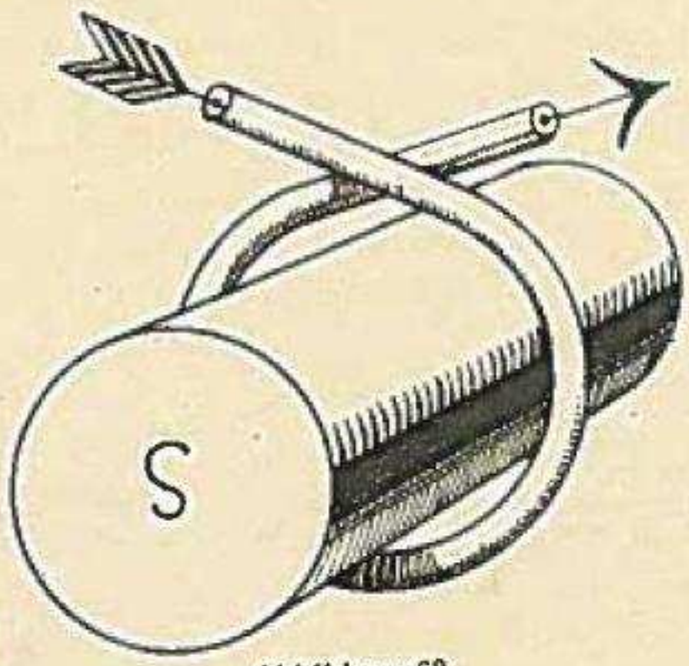


Abbildung 60

fließt der Strom, und zwar tritt er in die Drahtwindung an der Stelle des Pfeilgefieders hinein, an der Pfeilspitze heraus. Nach dem soeben angeführten Gesetz ist leicht zu erkennen, warum wir in dem einen Falle den Nord-, im anderen Falle den Südpol auf der Stirnfläche des Rundeisenstükkes erblicken. Greifen wir zurück auf die Abb. 59, so ist leicht einzuse-

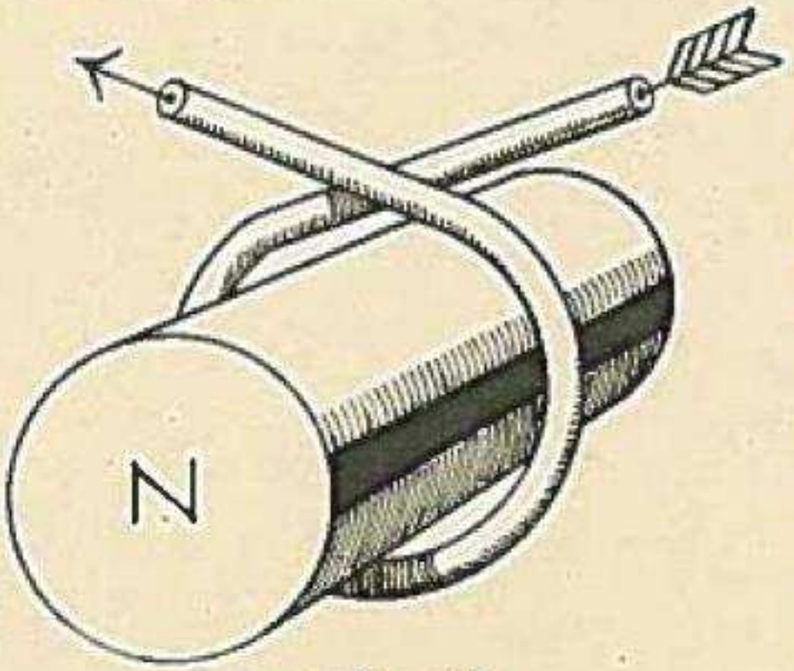


Abbildung 61

hen, warum hier der Nordpol rechts, der Südpol links an der Spule und dem Eisenkern entstanden ist. Eine Begründung dieses Gesetzes würde den Rahmen dieses Büchleins überschreiten.

59.Versuch Die Abb. 62 und 63 zeigen unsere mit der Batterie verbundene Spule. Wir sehen den Eisenkern, um den herum wir der größeren Deutlichkeit halber aber nur drei Drahtwindungen gezeichnet haben. Beide Abbildungen unterscheiden sich dadurch, daß wir das einemal den langen aus der Batterie ragenden Messingstreifen mit dem linken Drahtende der Spule verbunden haben, das zweite Mal verbanden wir den langen Messingstreifen mit dem rechten Drahtende der Spule. Wir müssen uns vorstellen, daß wir in beiden Fällen die Spule auf dem Tische in gleicher Lage beließen, bei dem zweiten Bild jedoch die Batterie umwendeten, so daß ihre Pole nunmehr vertauscht sind. Wie wir aus den Pfeilen ersehen, wird die Spule in beiden Fällen in verschiedener Richtung vom Strome durchflossen. Daher ist die Polarität des Eisenkerns auf beiden Bildern verschieden. Wo gem. Abb. 62 der Nordpol ist, da ist bei Abb. 63 der Südpol und umgekehrt.

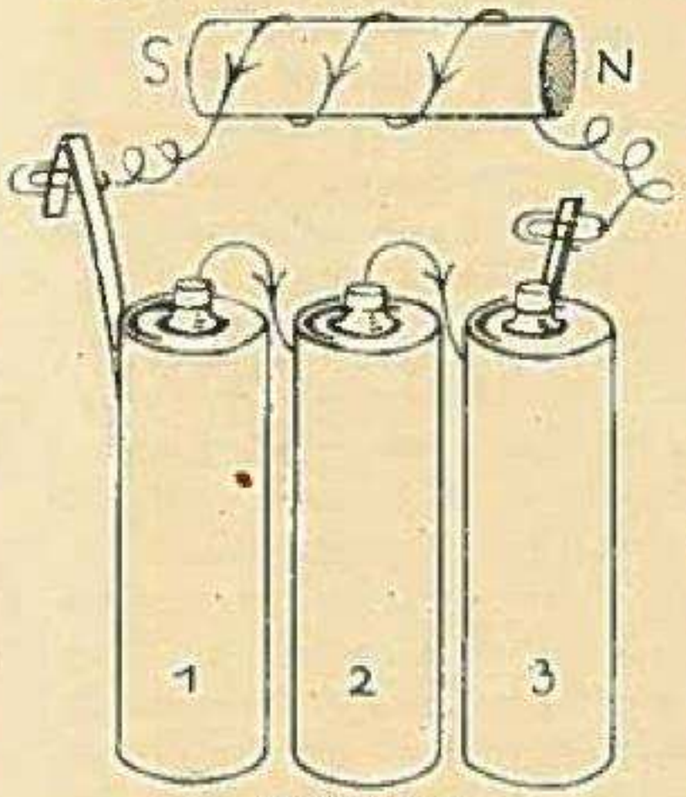


Abbildung 62

Der Elektromagnet ist durch die Umkehrung der Richtung des ihn durchfließenden Stroms umgepolt worden.

Gleich- und Wechselstrom

Wie die Abb. 54 bis 58, 62 und 63 zeigen, fließt der Strom einer Batterie stets in gleicher Richtung, und zwar innerhalb eines jeden Elementes vom Zink durch die Flüssigkeit (den Elektrolyt) zur Kohle, außerhalb des Elementes von der Kohle durch den Stromverbraucher (z. B. Glühlampe, Spule usw.) zum Zink zurück. Der Strom eines Elementes kann niemals in der umgekehrten Richtung fließen, er fließt stets in der gleichen Richtung, daher nennt man ihn Gleichstrom. Unsere Batterie ist eine Stromquelle, und zwar eine Gleichstromquelle. Es gibt noch andere Gleichstromquellen:

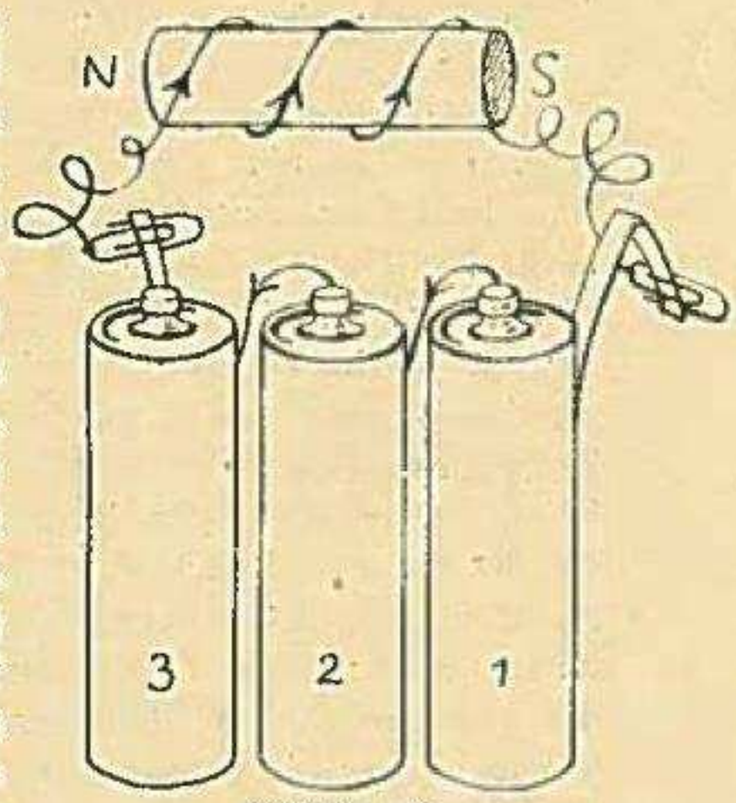


Abbildung 63

1. Akkumulator (lat. accumulare = anhäufen). Der Akkumulator hat mit dem galvanischen Element das gemeinsam, daß der elektrische Strom in ihnen durch chemische Vorgänge, deren Beschreibung hier zu weit führen würde, erzeugt wird. Er unterscheidet sich von dem galvanischen Element dadurch, daß er von sich

aus zunächst keinen Strom liefert, sondern daß ein Gleichstrom erst längere Zeit von außen her in ihn geschickt werden muß, den er dann wieder abgeben kann. Er muß geladen werden. Man nennt diesen Vorgang daher auch die Ladung des Akkumulators, seine Stromabgabe bezeichnet man daher sinngemäß auch mit Entladung.

2. Gleichstromdynamo (griech. dynamis = Kraft), auch Gleichstromgenerator genannt (lat. generare = erzeugen). Dies ist eine elektrische Maschine, die von einer Dampfmaschine, einem Gasmotor oder dergl. angetrieben wird. Die Dynamomaschine setzt die ihr zugeführte mechanische Energie in elektrische Energie um, d. h. in elektrischen Strom. Derartige Dynamomaschinen finden wir in den Elektrizitätswerken. Der von ihnen erzeugte Strom spielt in der Technik eine viel größere Rolle, als der von einer Batterie erzeugte. Trotzdem hat die Batterie auch ihre Vorteile, indem sie uns entweder gestattet, in handlicher Form eine kleine Stromquelle mitzuführen, z. B. in der Taschenlampe, dann aber auch, weil wir mit ihr einfach, billig und gefahrlos die Versuche unseres Electric-Baukastens anstellen und unsere Modelle antreiben können.

Der von einem Gleichstromgenerator erzeugte Strom fließt stets aus derselben Klemme des Generators in die Drähte auf der Straße (das sog. Netz), ferner durch irgendeinen Stromverbraucher in unserem Hause, z. B. eine Plättglocke oder Glühlampe, und zurück in die zweite Klemme des Generators. Er fließt dann durch den ganzen Generator und in die Ausgangsklemme zurück. Auch hier können wir einen inneren Teil des Stromkreises (wie bei dem galvanischen Elemente) unterscheiden, der im Generator, und einen äußeren Teil, der im Netz und Stromverbraucher verläuft.

Während ein Gleichstrom stets seine Richtung beibehält, besteht das Wesen des Wechselstroms darin, daß er dauernd seine Richtung ändert. Diese Richtungsänderung erfolgt bei den modernen Wechselstromgeneratoren in der Regel 100mal in der Sekunde, d. h. in einem Wechselstromkreis, der z. B. aus einem Klingeltransformator, der Zuleitung und unserer Spule besteht, fließt der Strom in der Sekunde 50mal in der einen, 50mal in der anderen Richtung.

60. Versuch Wir verbinden unsere Spule mit einer Wechselstromquelle, z. B. einem Klingeltransformator, und nähern ein beliebiges Eisenstück, z. B. die Gewindewelle unseres Baukastens, einem beliebigen Pol unseres Elektromagneten. Wir fühlen ein leises Zittern, das um so kräftiger ist, je geringer die Entfernung zwischen dem Elektromagneten und der Gewindewelle wird. Berühren wir gar mit der Gewindewelle den Pol, so vernehmen wir ein heftiges Brummen oder Schnarren. Worauf sind diese Erscheinungen zurückzuführen?

Am anschaulichsten können wir die Ursache dieser Bewegungen des Eisenstabes an Hand einer sog. graphischen Darstellung erkennen. Die gerade Linie a, c, e gem. Abb. 68 zeigt den Ablauf der Zeit, und zwar verstreicht zwischen a und c das erste Hundertstel Sekunde, von c bis e das zweite Hundertstel Sekunde. Die Abb. 64 bis 67 zeigen die Einwirkung des Wechselstroms auf einen von ihm umflossenen Eisenkern (unseren Elektromagneten), wobei wir, wie schon früher, der größeren Deutlichkeit halber nur drei Windungen um den Kern gelegt haben. Die Wechselstromquelle (Klingeltransformator) ist nicht mit eingezeichnet worden.

1. Der Strom beginnt gem. Abb. 68 bei a in der e i n e n Richtung zu fließen, seine Stärke nimmt zu und erreicht bei b ihren höchsten Wert. Hierauf nimmt die Stromstärke wieder ab. Abb. 64 zeigt die Einwirkung des Stromes, wie er soeben beschrieben wurde, auf unseren Elektromagneten. Er erzeugt an den Enden von dessen Kern die beiden Pole N und S. Unsere Gewindewelle wird vom N-Pol des Elektromagneten angezogen.

3. Jetzt beginnt bei c das zweite Hundertstel Sekunde. Der Strom beginnt wieder zu fließen, aber in der u m g e k e h r t e n R i c h t u n g. Dies deuteten wir auf der Abb. 68 dadurch an, daß wir jetzt die Kurve u n t e r die Zeitlinie a — e zeichneten. Die Stromstärke nimmt zu, erreicht bei d ihren höchsten Wert und nimmt wieder ab. Bei Abb. 66 sehen wir die Einwirkung des in umgekehrter Richtung fließenden Stromes auf unseren Elektromagneten

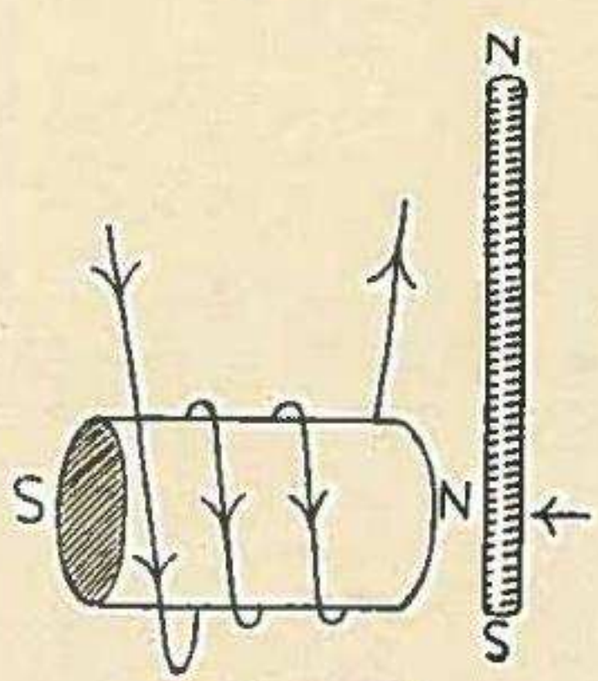


Abbildung 64

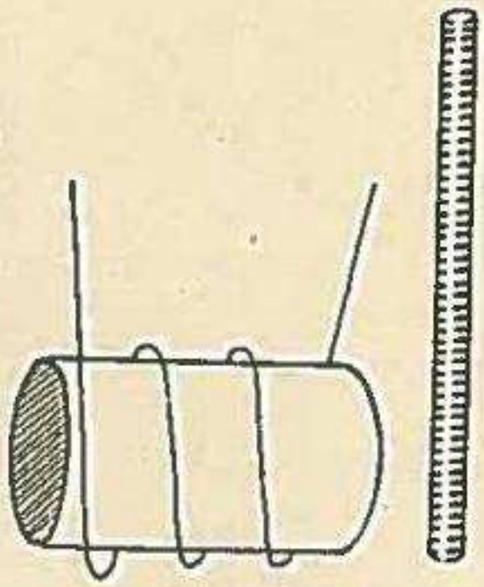


Abbildung 65

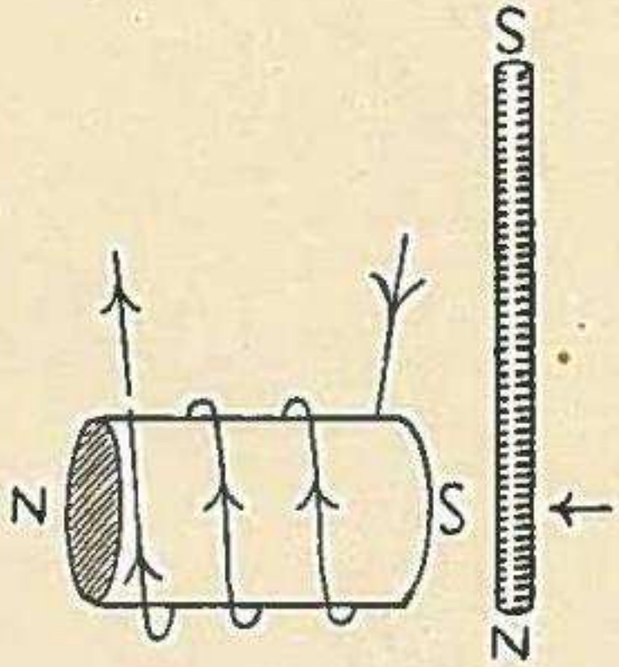


Abbildung 66

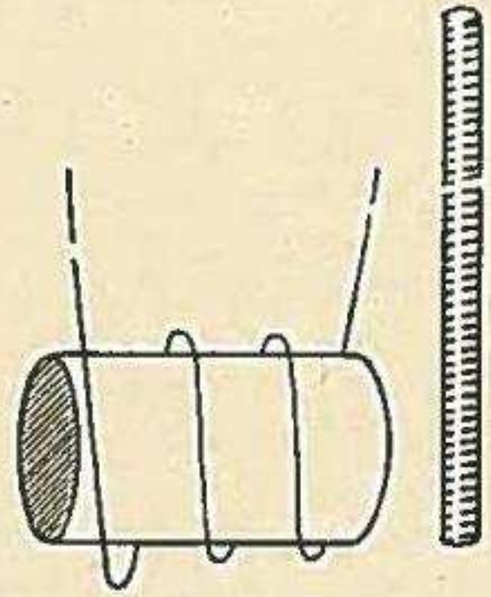


Abbildung 67

2. Die Stromstärke wird bei c, also gerade, nachdem das erste Hundertstel einer Sekunde verstrichen ist = 0, d. h. jetzt fließt, wie auch Abb. 65 zeigt, in dem Wechselstromkreis überhaupt kein Strom. Die Pole an dem Elektromagneten sind daher verschwunden, der Kern ist unmagnetisch geworden, die Welle wird nicht mehr vom Elektromagneten angezogen, sie wird von ihm f r e i g e g e b e n.

(beachte die Richtung der Pfeile in Abb. 64 und 66). Die Pole sind gegenüber Abb. 64 vertauscht (beachte die Bezeichnungen der Pole!). Der Eisenstab wird wieder angezogen.

4. Bei e, also nach Ablauf des zweiten Hundertstel einer Sekunde, wird die Stromstärke wieder gleich 0. Gem. Abb. 67 fließt in der Spule unseres Elektromagneten kein Strom, was wir wiederum durch Weglassen der Pfeile an

den Drähten andeuteten. Der Magnetismus ist verschwunden. Der Eisenstab wird nicht mehr angezogen, sondern freigegeben.

Wäre die graphische Darstellung nach Abb. 68 fortgesetzt worden, so würden wir sehen, daß der Strom wieder gemäß a, b, c und dann wieder gemäß c, d, e verläuft usw.

Abbildung 68

Die Kurve a, b, c, d, e nennt man eine Periode; die Hälfte einer Periode (a, b, c, oder c, d, e) nennt man eine Halbperiode. Wenn ein Wechselstrom 100 mal in der Sekunde seine Richtung ändert, so hat er 50 Perioden; man sagt auch, er habe die Frequenz 50 (lat. frequentia = Häufigkeit).

Die Frequenz des in einem Wechselstromnetz fließenden Stromes hängt ab von der Umdrehungszahl des Wechselstromgenerators. Würde man diesen doppelt so schnell laufen lassen, so wäre die Frequenz ebenfalls die doppelte. Aus verschiedenen Gründen ist man aber bemüht, die Frequenz möglichst genau auf 50 zu halten. Betrachten wir das auf jedem Elektrizitätszähler angebrachte Schild, so bemerken wir entweder ein „=", d. i. das Gleichheitszeichen in der Mathematik. Es bedeutet hier „Gleichstrom". Oder wir bemerken hier eine Figur ähnlich unserer Abb. 68. Diese Kurve nennt man Sinuskurve. In der Elektrotechnik ist sie das Zeichen für Wechselstrom. Häufig finden wir auch die Bezeichnung: 50 Per. oder Frequenz = 50.

Ohne auf die Gründe hier näher eingehen zu können, wollen wir darauf aufmerksam machen, daß ein Transformator, gleichviel welcher Art und Größe, nur an ein Wechselstromnetz angeschlossen werden darf, niemals an ein Gleichstromnetz. Wenn Ihr also an dem Zähler in eurer Wohnung das Zeichen „=" bemerkt, dann dürft Ihr niemals einen Transformator mit der Steckdose verbinden. Er würde in wenigen Sekunden durchbrennen.

Es sei erwähnt, daß die an sich geringe Zahl der Gleichstromnetze ständig im Abnehmen begriffen ist. Sie werden allmählich durch Wechselstromnetze ersetzt. Die sog. Ueberlandzentralen führen nur Wechselstrom. Der Grund dafür ist eben die Transformierbarkeit des Wechselstroms, d. h. man kann ihn durch Transformatoren umwandeln (lat. transformator = Umwandler), z. B. kann man die Spannung des Netzes beliebig hinauf- oder heruntersetzen. In einem Klingeltransformator z. B. wird die Netzspannung von 220 oder 110 Volt auf 8 Volt, in einem sog. Spielzeug-Eisenbahn-Transformator auf 14 bis 20 Volt herabgesetzt.

Da ein Transformator keine bewegten Teile besitzt, sondern einen ruhenden Apparat darstellt, ist sein sog. Wirkungsgrad ein sehr günstiger. Ein großer Transformator hat unter Umständen einen Wirkungsgrad von 98 %. Dies bedeutet, daß von 100 in ihn primärseitig hineingesandten elektrischen Energieeinheiten (z. B. Kilowatt) 98 wieder als elektrische Energie auf der Sekundärseite zum Vorschein kommen, während nur 2 % in Wärme, die an sich unerwünscht ist, umgewandelt werden und somit einen Verlust bedeuten. Schlechter ist der Wirkungsgrad von Elektromotoren, bei denen von 100 hineingeschickten elektrischen Einheiten nur 80 bis 90 in mecha-

nische Energie umgewandelt werden (bei Kleinmotoren 50 % und weniger), während 10 bis 20 % als Wärme- und Lagerreibungsverluste in dem Motor vernichtet werden. Noch schlechter ist der Wirkungsgrad von Dampfmaschinen mit etwa 15 % und am allerschlechtesten der einer Dampflokomotive, die nur 5 % der in den Kohlen enthaltenen Wärmeenergie in Bewegung umsetzt, während etwa 95 % durch den Schornstein entweichen, teils auch vom Kessel, den Rohren, Zylindern usw. nutzlos ausgestrahlt werden. Im allgemeinen kann man sagen, daß große Maschinen stets wirtschaftlicher arbeiten als die entsprechenden kleinen Maschinen.

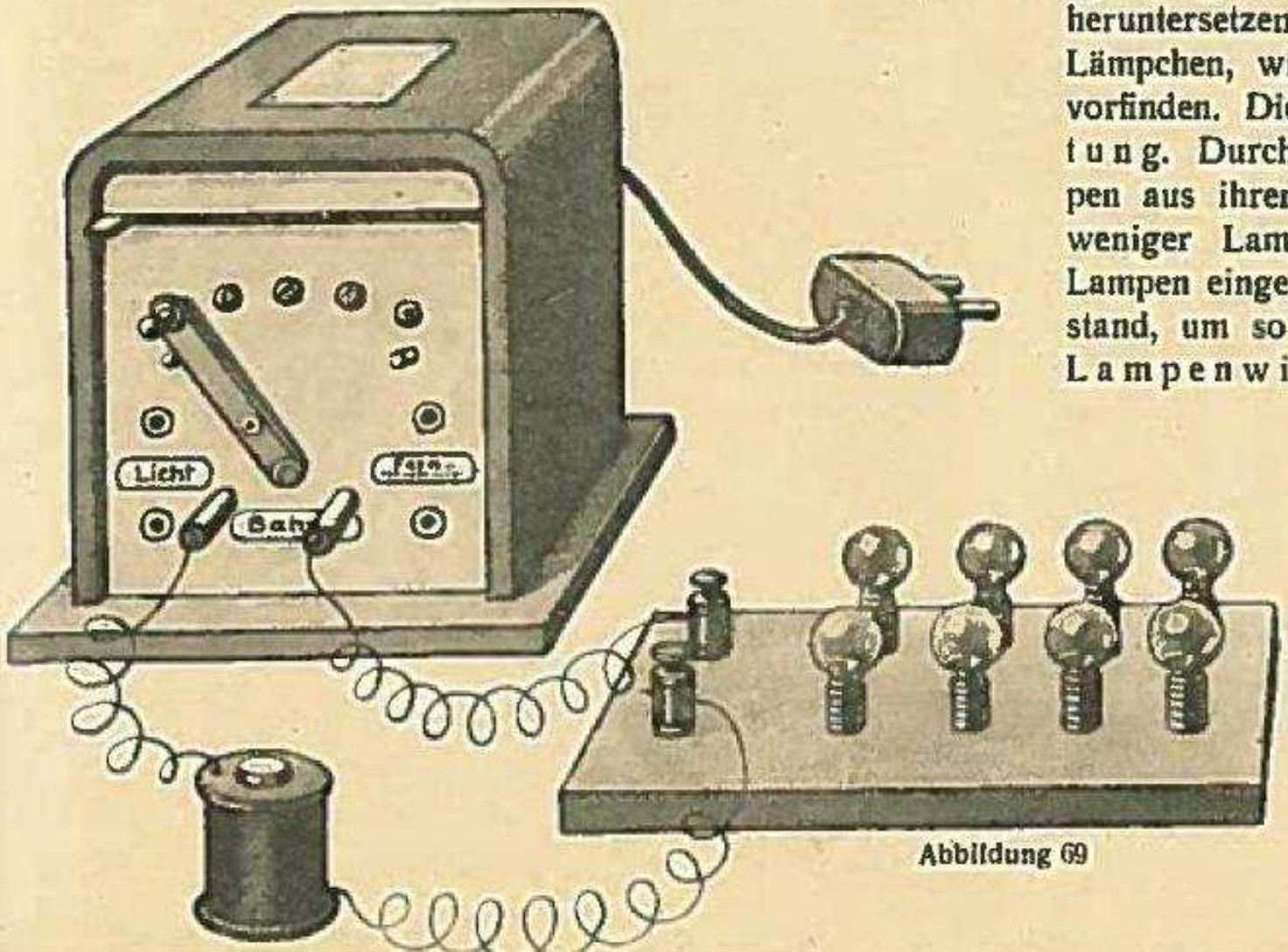


Abbildung 69

61. Versuch

Da alle folgenden Modelle sich auch mit Wechselstrom betreiben lassen, wird es bei Vorhandensein eines sog. Eisenbahntransformators erwünscht sein, wenn dieser an Stelle der Taschenlampenbatterie oder eines Klingeltransformators verwendet werden kann. Ein solcher Eisenbahntransformator setzt die Netzspannung, die in der Regel 220 oder 110 Volt beträgt, auf die ungefährliche Spannung von 14 bis 20 Volt herab. Aber auch diese Spannung ist für unsere Spule noch zu groß, d. h. in ihr würde ein zu starker Strom fließen, der eine zu große Erwärmung zur Folge haben würde. Wie Abb. 69 zeigt, können wir die an der Spule liegende Spannung durch Einschaltung eines Widerstandes leicht heruntersetzen. Dieser besteht aus etwa 8 sog. 18-Volt-Lämpchen, wie wir sie an jeder elektrischen Eisenbahn vorfinden. Die Lampen liegen in sog. Parallelschaltung. Durch Hinein- oder Herausdrehen einzelner Lampen aus ihren Fassungen bewirken wir, daß mehr oder weniger Lampen in dem Stromkreis liegen. Je mehr Lampen eingeschaltet sind, um so geringer ist der Widerstand, um so stärker der in diesem aus Translormator, Lampenwiderstand und Spule gebildeten Stromkreis fließende Strom. Wir können also den durch unsere Spule fließenden Strom und damit die Stärke ihres Magnetismus regulieren:

1. Durch Betätigung des Regulierhebels an dem Transformator;
2. Durch Ein- und Ausschalten einzelner Lampen.

Stehen nicht genügend Lampen zur Verfügung, so kann statt des Lampenwiderstandes auch eine zweite, evtl. auch eine

dritte Spule an deren Stelle eingeschaltet werden, die dann als Widerstand dienen.

62. Versuch

Gemäß Abb. 70 besteht der Stromkreis aus einem Klingeltransformator, einer 4-Volt-Glühlampe, die wir einer Taschenlampe entnahmen, und unserer Spule. Von den drei Zapfstellen des Klingeltransformators haben wir die beiden angeschlossen, an denen eine Spannung von 3 Volt liegt. Wir schieben in die Spule unseren Eisenkern, in den wir vorher die Welle geschraubt haben, und beobachten, daß die Lampe dunkler brennt als vorher. Dies ist ein Zeichen dafür, daß in ihr ein schwächerer Strom fließt als vorher, ehe wir den Eisenkern in die Spule geschoben hatten. Sie brennt noch schwächer, wenn wir — ähnlich wie bei Abb. 39 — außerhalb der Spule einen geschlossenen magnetischen Eisenkreis durch einige Flacheisenstücke herstellen. Wir sehen also, daß wir durch mehr oder weniger tiefes Hineinschieben des Eisenkerns in die Spule den durch sie fließenden Wechselstrom drosseln können. Die ganze Vorrichtung nennt man daher Drosselspule.

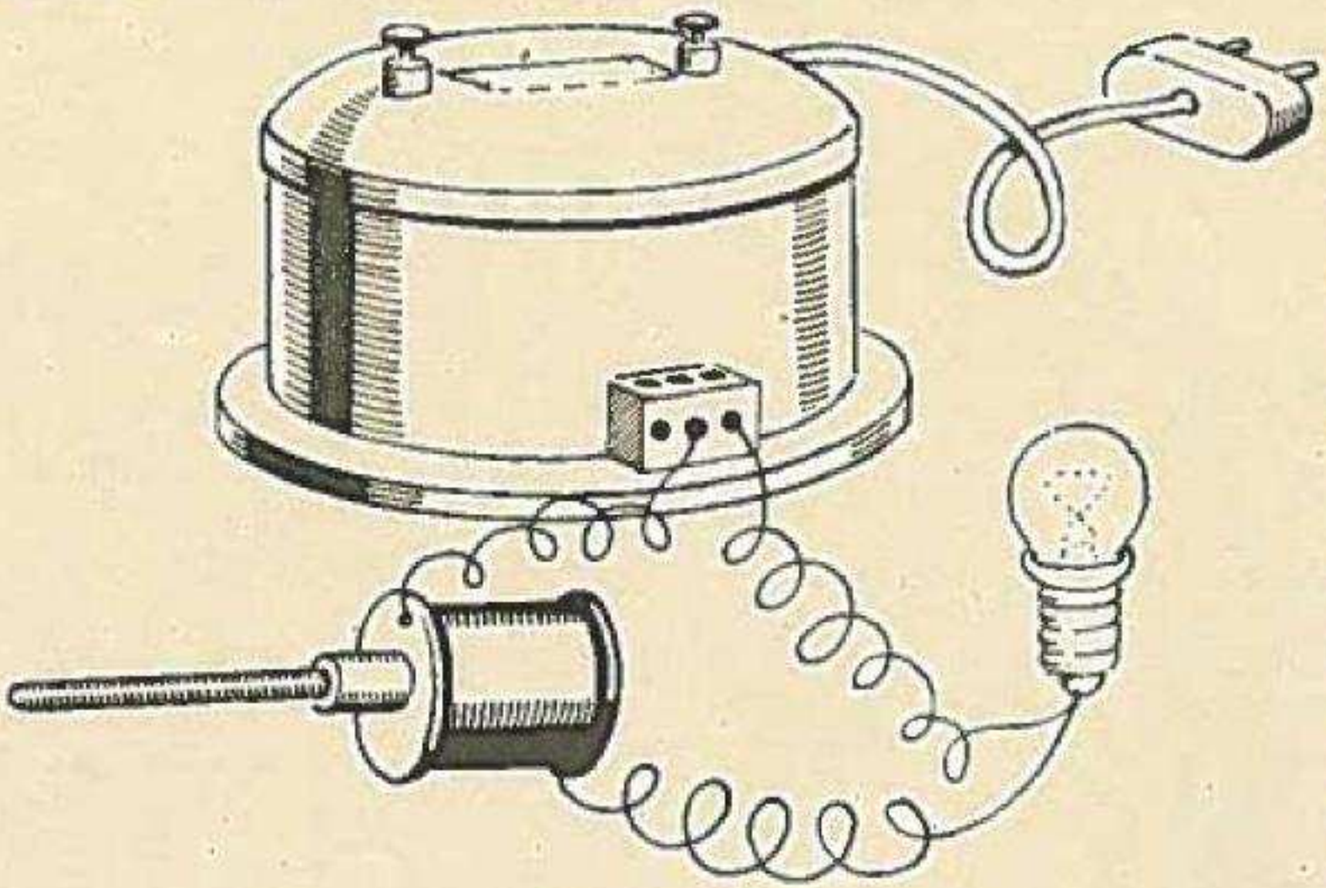


Abbildung 70

Ersetzen wir den Klingeltransformator durch eine Gleichstromquelle z. B. eine Taschenlampenbatterie, so fließt in dem aus dieser, der Spule und der Glühlampe gebildeten Stromkreis ein Gleichstrom. Wir stellen fest, daß die Glühlampe ebenso hell brennt, ob wir nun den Eisenkern ganz oder gar nicht in sie hineinschieben.

Mittels einer Drosselspule kann man den in einem Wechselstromkreis fließenden Strom abdrosseln.

Wir hatten bei Abb. 69 darauf hingewiesen, daß wir an Stelle der 8 Glühlampen noch eine zweite oder dritte Spule als Widerstand benutzen können. Auch hier können wir eine größere Drosselwirkung erzielen, wenn wir eine oder alle Spulen mit Eisenkernen versehen.

1. Modell. Hebelschalter

Abb. 71 zeigt einen Hebelschalter, wie man sie für dauernde Ein- und Ausschaltungen verwendet, z. B. also zum Einschalten des Lasthebemagneten nach Abb. 74, des Motors nach Abb. 119 usw. Das Fundament

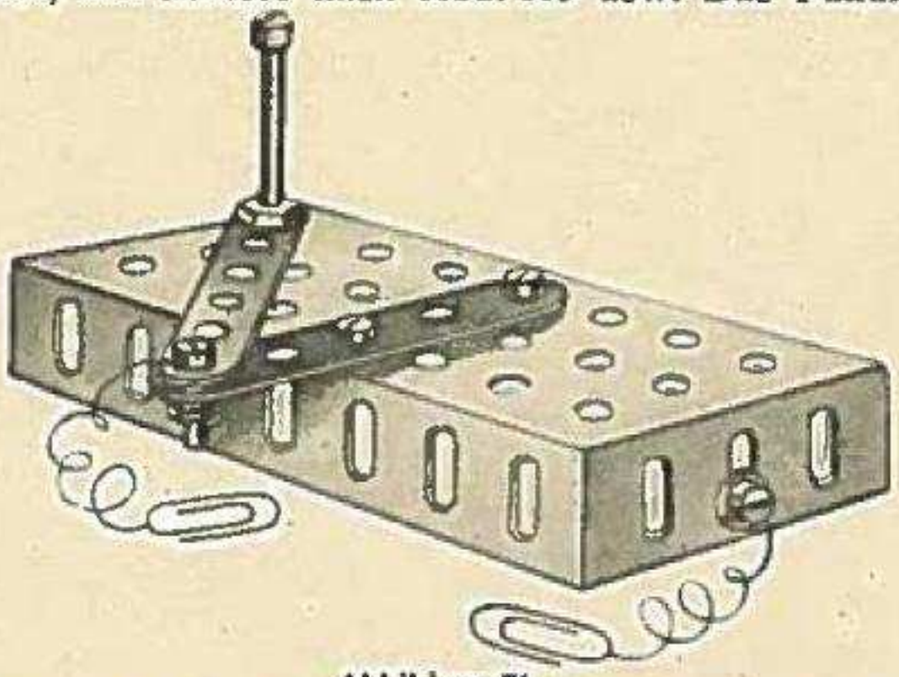


Abbildung 71

trägt als Isolierteil das 5-Loch-Vulkanfiberstück. In dessen freiem Ende ist ein 6-Loch-Flacheisenstück mittels einer Schraube drehbar gelagert. Die an diesem befestigte lange Schraube dient als Handgriff. Das Vulkanfiberstück bildet die Unterbrechungsstelle. In der gezeichneten Stellung kann kein Strom durch den Schalter fließen: Der Schalter ist geöffnet. Wird der Hebel so gedreht, daß er die eine der Schrauben berührt, die das Vulkanfiberstück auf dem Fundament halten, so ist der Schalter geschlossen; der Strom fließt dann durch den Schalter.

2. Modell. Klingeltaster bzw. Telegraphenschlüssel

Die Abb. 72 zeigt einen Schalter für kurzzeitige Stromgabe. Ein solcher Schalter wird vorzugsweise verwendet zur Stromabgabe für die elektrischen Läutewerke nach den Abb. 101 oder 125, für den Telegraphenapparat nach Abb. 109, das Eisenbahnsignal nach Abb. 105, die Barrière nach Abb. 104 und die verschiedenen Phantasie- und Gesellschaftsspiele, also überall dort, wo der Strom nur kurze Zeit fließen soll. An dem Fundament ist mittels einer Schraube das 5-Loch-Vulkanfiberstück befestigt. Dieses trägt das 6-Loch-Flacheisenstück. Gemäß Zeichnung ist der Stromkreis unterbrochen. Drückt man auf das 6-Loch-Flacheisen, so berührt dieses die das Vulkanfiberstück haltende Schraube und schließt hierdurch den Stromkreis. Dieser würde z. B. folgendermaßen aussehen: Der Strom fließt aus der Batterie in den rechts an dem Fundament befestigten Draht, durch den Schalter, tritt links heraus, geht in die elektrische Glocke und von dieser in die zweite Klemme der Batterie.

3. Modell. Unterbrecherrad

Abb. 73 zeigt ein Unterbrecherrad, auch rotierender Unterbrecher genannt. Es wird dort verwendet, wo schnell aufeinanderfolgende Stromkreisschlie-

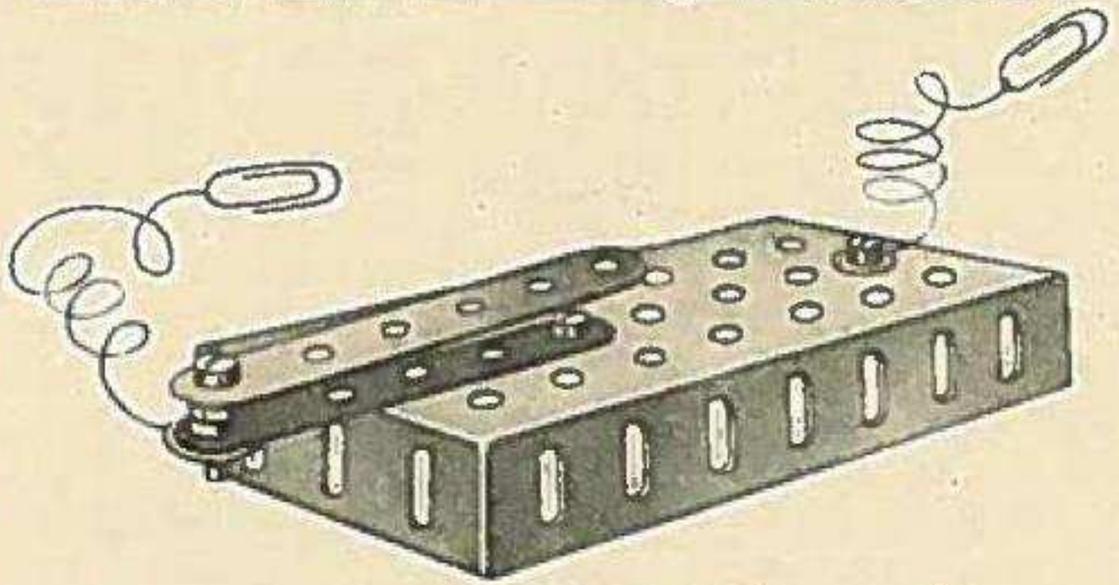


Abbildung 72

ßungen und -öffnungen gewünscht werden, z. B. bei einem Elektrisierapparat nach Abb. 128 und 129 oder bei dem elektrischen Läutewerk nach Abb. 100 und 101, welches keinen eigenen Unterbrecher besitzt. Das Fundament trägt zwei 6-Loch-Flacheisen. Diese dienen als Lager für

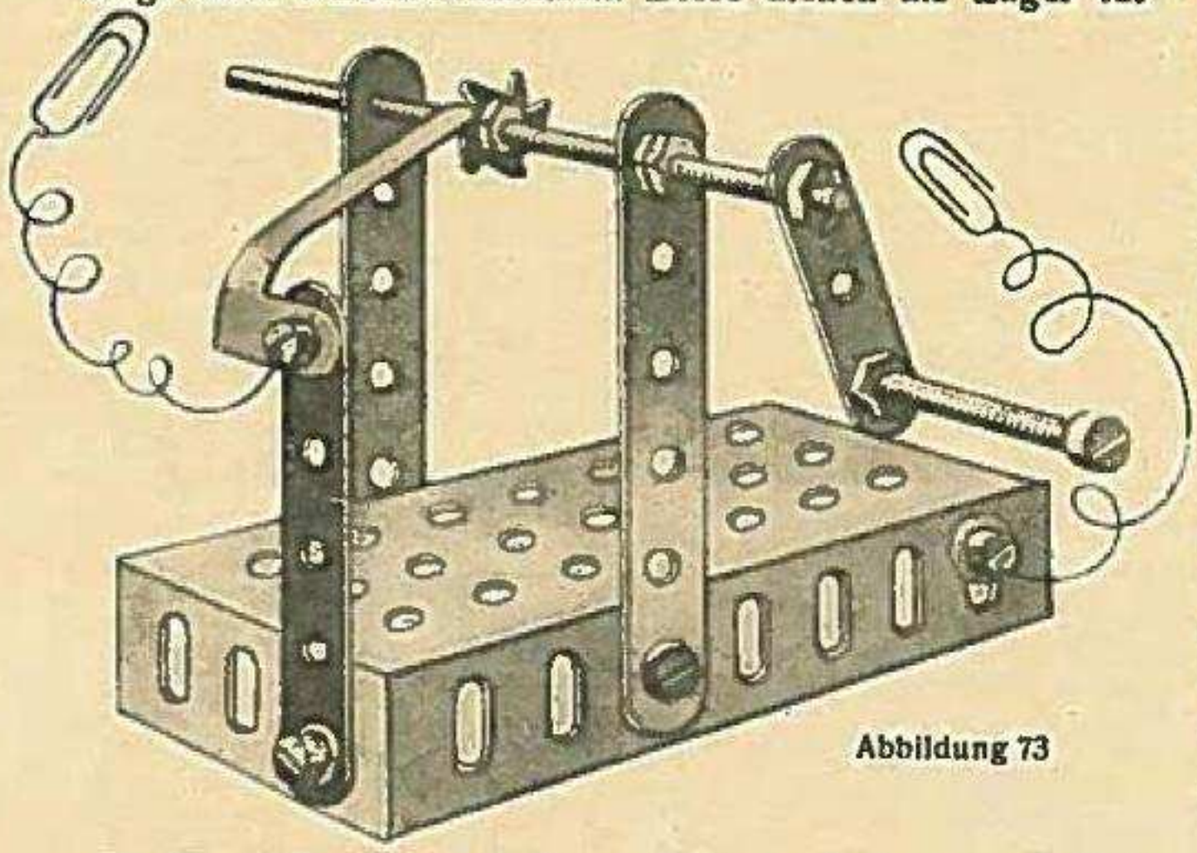


Abbildung 73

die Gewindewelle, auf deren Mitte, zwischen zwei Muttern geklemmt, das eigentliche Unterbrecherrädchen sitzt. Die Kurbel wird gebildet aus dem 3-Loch-Bronzestück und einer langen Schraube als Handgriff. An der linken Stirnseite des Fundaments ist das 5-Loch-Vulkanfiberstück angeschraubt, das an seinem freien Ende die Winkel-Messingfeder trägt. Berührt diese eine beliebige Zacke des Unterbrecherrädchens, so ist der Stromkreis geschlossen. Der Strom nimmt dann folgenden Verlauf: vom rechten Draht in das Fundament, durch die 6-Loch-Flacheisen in die Welle und das Unterbrecherrädchen, durch eine Zacke in die Messingfeder und in den linken Draht. Wird die Kurbel gedreht, so schnappt die Messingfeder zur nächsten Zacke des Rädchens. Während dieses Schnappens berührt sie keinen Teil des Rädchens: Der Stromkreis ist jetzt unterbrochen. Während jeder vollen Umdrehung der Kurbel erhalten wir also sechs Stromkreisschließungen und sechs Unterbrechungen.

4. Modell. Lasthebemagnet

Der Lasthebemagnet wird im Großbau meist in Verbindung mit einem Kran dort verwendet, wo große unregelmäßig geformte Eisenmassen umgeladen oder sonstwie befördert werden müssen. Dies ist z. B. der Fall in Eisengießereien, wo die in Eisenbahnwaggons ankommenden Eisenabfälle aller Art, Größe und Form, der sog. Schrott aus den Waggons in die Schmelzöfen gebracht werden. Infolge des sehr starken Magnetismus eines solchen Elektromagneten bleiben Eisenlasten im Gewichte von mehreren hundert Kilogramm an den Polen hängen. Wird dann der den Magneten speisende Strom ausgeschaltet, so gibt dieser die Last frei.

Das Fundament trägt gem. Abb. 74 ein 5-Loch-Eisenstück und das Vulkanfiberstück. Diese bilden das Lager für die Gewindewelle. Auf deren Mitte sind die beiden Polräder mit den Zacken nach außen befestigt. Als Distanzstück ist zwischen den beiden Polrädern eine Mutter angeordnet, auf der der Faden durch Drehen an der Kurbel aufgespult wird. Die Polräder wirken so als Bordscheiben. (Bordscheiben nennt man an einer Seiltrommel die beiden Scheiben, die das Herabfallen des Seils von der Trommel verhindern.) Links am Fundament sind die beiden 6-Loch-Flacheisenstücke befestigt. Ihre oberen Enden werden durch eine lange Schraube zusammengezogen. Diese trägt

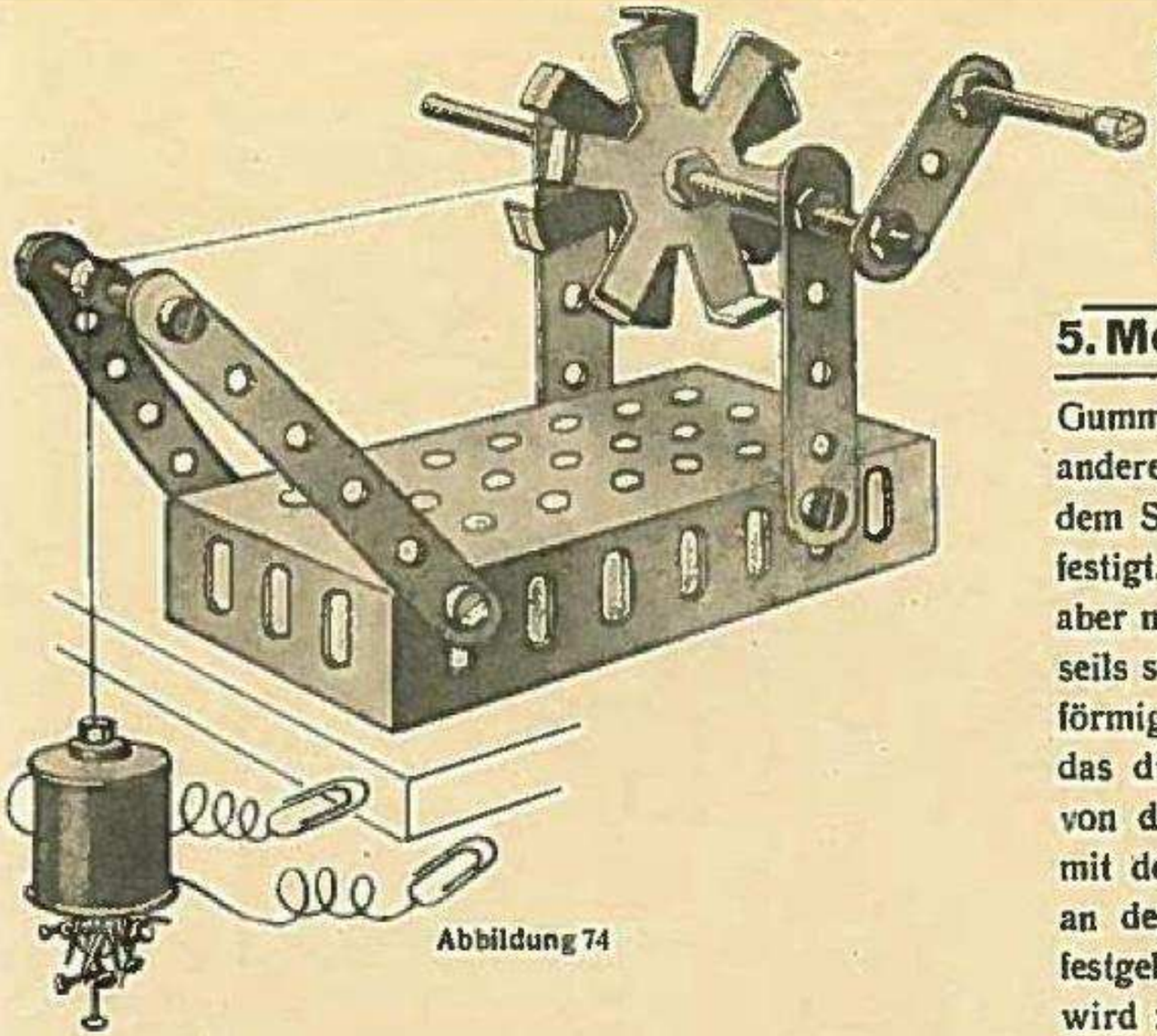


Abbildung 74

in der Mitte die Schnurenscheibe. Ueber diese läuft der Faden nach dem Spulenkern, an dem er mittels der Schraube befestigt ist. Die Spule selbst ist mit einem Hölzchen auf den Kern gekeilt. Die aus der Spule heraustretenden Drähte werden zweckmäßig durch zwei andere beliebige Drahtstücke verlängert, die zur Stromquelle (Batterie oder Transformator) führen, gegebenenfalls über einen Hebelschalter nach Abb. 71. Zum Spielen wird ein kleiner Wagen auf dem Fußboden mit Nägeln, Schrauben u. dgl. gefüllt. Der Kran wird auf den Tisch an die Kante gesetzt. Durch Hochwinden und Herunterlassen des Lasthebemagneten in Verbindung mit sinngemäßer Stromschließung und Unterbrechung wird der Wagen auf dem Fußboden entladen bzw. die Eisenlast in einen anderen Wagen umgeladen.

5. Modell. Stoßball

Der Stoßball dient zum Trainieren der Boxer. Ein starkes Gummiseil ist mit einem Ende an der Decke, mit dem anderen Ende am Fußboden befestigt. In Augenhöhe ist an dem Seil der den Kopf des Gegners darstellende Ball befestigt. Er wird von dem Trainierenden fortgeboxt, kehrt aber natürlich unter der Einwirkung des elastischen Gummiseils stets wieder in seine alte Lage zurück. — Das galgenförmige Gestell gem. Abb. 75 besteht aus dem Fundament das die drei Flacheisenstücke trägt. Das Querstück wird von der Gewindewelle gebildet. Die Gewindewelle wird mit dem Fundament durch einen Gummifaden verbunden, an dessen Mitte unser Blechball mittels eines Hölzchens festgekeilt ist. Gegenüber ist die Spule angeordnet. Diese wird zweckmäßig über den Klingeltaster nach Abb. 72 mit Gleich- oder Wechselstrom gespeist. Ist sie vom Strom durchflossen, so zieht ihr dem Ball gegenüberliegender Pol diesen an. Wird der Stromkreis am Klingeltaster unterbrochen, so schnellt der Ball unter dem Einfluß der mäßig gespannten Gummischnur in seine Ruhestellung zurück. Wenn man, ähnlich wie die Abbildung zeigt, in der Nähe des Balles eine Figur mit beweglichen Gliedern aufbaut, so wird bei richtiger Kontaktgebung der Eindruck erweckt, als ob diese den Ball hinwegboxt, während natürlich umgekehrt der Ball die Figur bewegt.

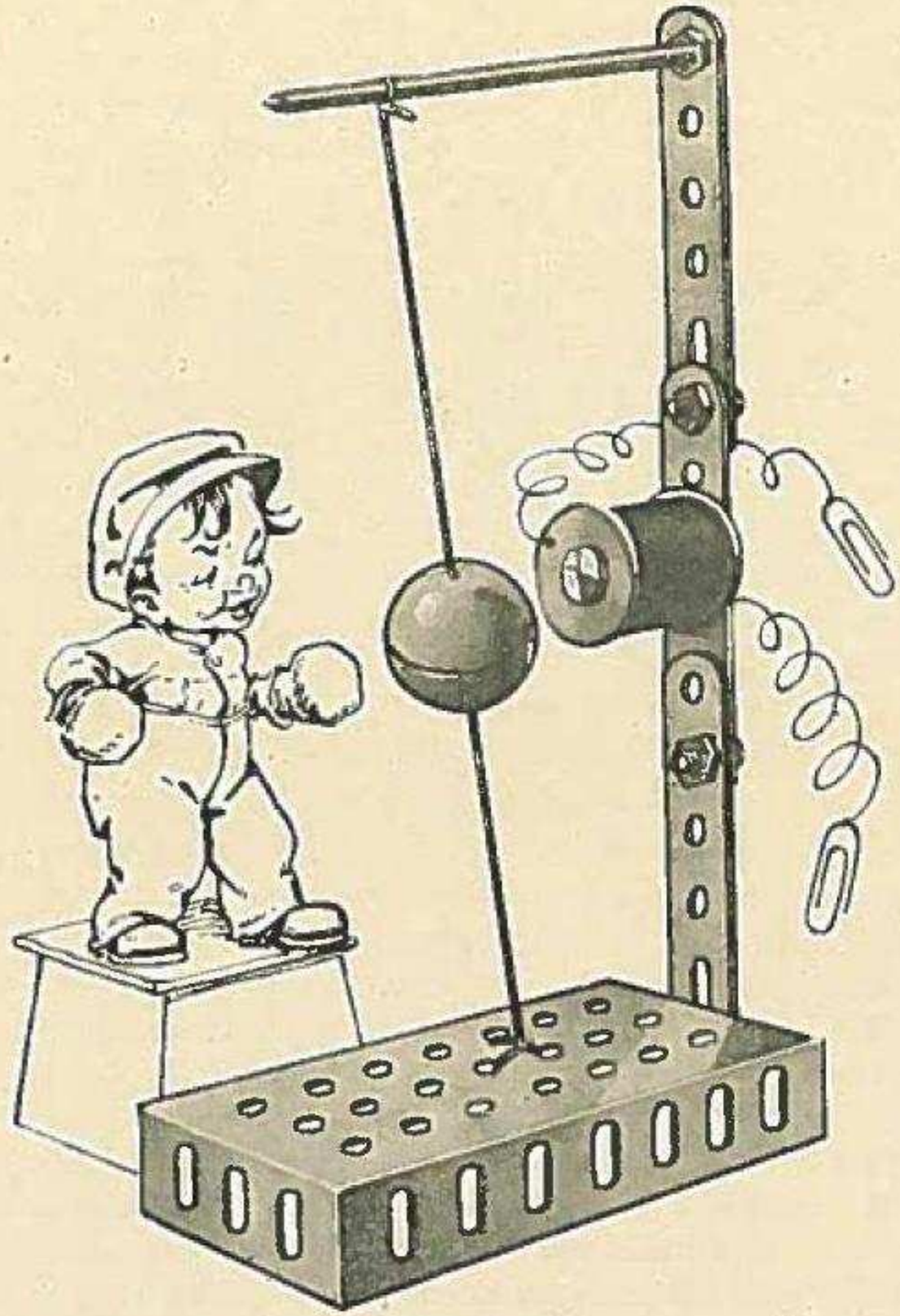


Abbildung 75

6. Modell. Zauberkreisel

Man ist gewöhnt, daß ein Kreisel auf seiner Spitze s t e h e n d, sich dreht. Der Zauberkreisel steht nicht, sondern er dreht sich h ä n g e n d. Das Fundament trägt

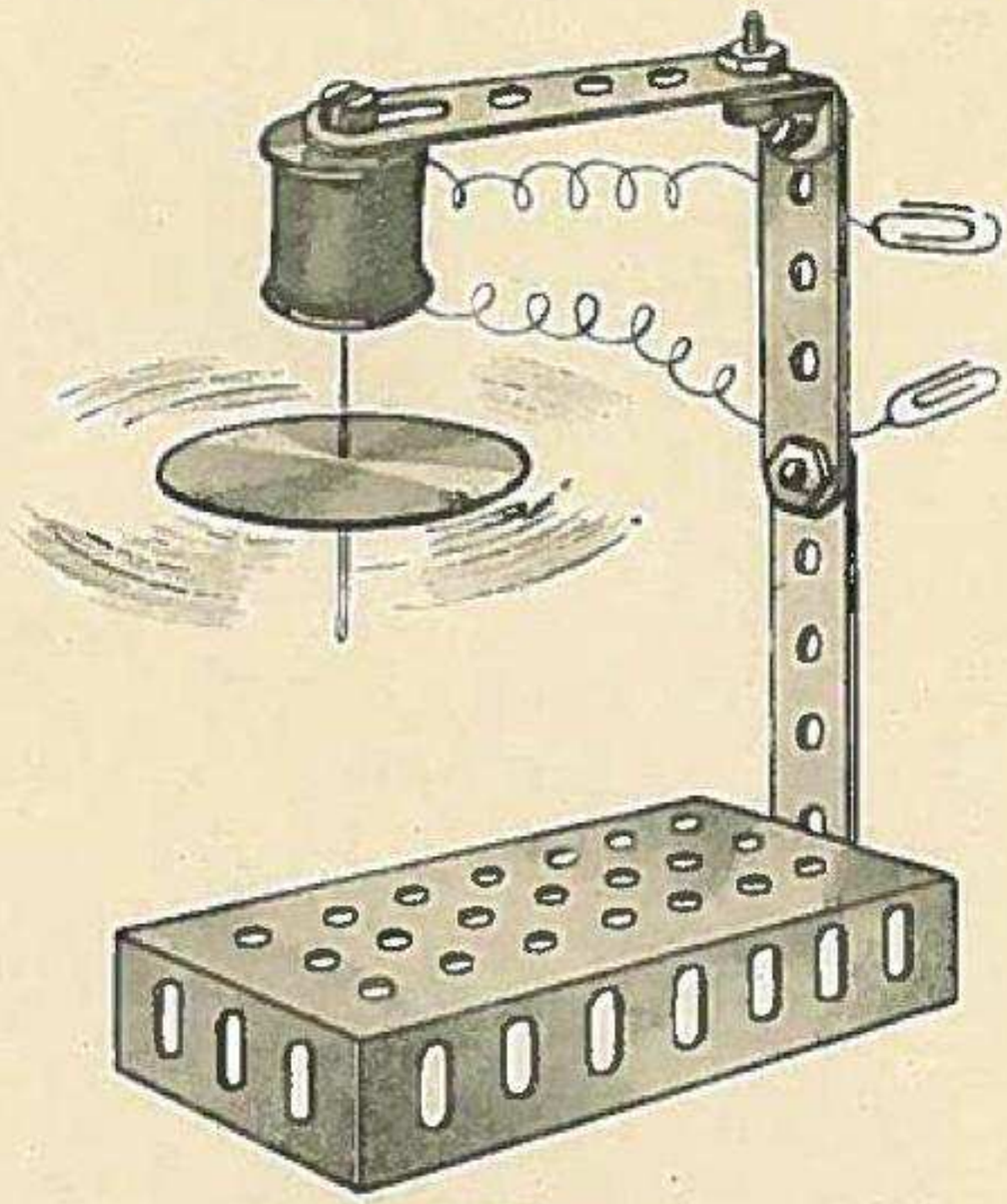


Abbildung 76

gem. Abb. 76 ein 6-Loch-Flacheisen, dieses ein 5-Loch-Flacheisen. Rechtwinklig an letzterem ist mittels eines 2-Loch-Winkels ein weiteres 6-Loch-Flacheisen befestigt.

Dessen freies Ende trägt den Eisenkern, auf dem die Spule festgekeilt ist. Den Kreisel fertigen wir uns in einfachster Weise selbst an, indem wir eine Näh- oder Stopfnadel durch die Mitte eines kreisrunden Pappstückes von 5 bis 10 cm Durchmesser stecken. Wir lassen die Spule vom Strome durchfließen und hängen, wie die Abbildung zeigt, den Kreisel mit der Spitze an den unteren Pol des Elektromagneten. Dort bleibt er haften. Wir versetzen ihn in Drehung und beobachten, daß er im Gegensatz zu einem gewöhnlichen Kreisel sich außerordentlich lange dreht, u. U. mehrere Minuten lang. Dies rührt daher, daß er auf der sehr feinen Nadelspitze läuft und daher nur eine sehr geringe Reibung erfährt. Ein gewöhnlicher Kreisel fällt um, sowie er sich langsam dreht. Dies Umfallen ist aber bei unserem h ä n g e n d e n Kreisel ausgeschlossen, weswegen er sich um so viel länger dreht.

7. Modell. Kegelspiel

Das Fundament trägt gem. Abb. 77 das aus drei Flacheisen und der Gewindewelle bestehende galgenförmige Gestell. Wir könnten dies noch höher machen, wenn wir noch unser Vulkanfiberstück zu seinem Aufbau verwenden würden. An dem Boden, innen, des verkehrt stehenden Fundamentes ist der Eisenkern angeschraubt, über den die Spule geschoben wird. Mittels der beiden 2-Loch-Winkel ist ein Stück Pappe oder ein Zigarrenkistendeckel so an dem Fundament befestigt, daß es auf dem oberen Pol des Elektromagneten gut aufliegt (ähnlich wie bei Abb. 79). Von der Gewindewelle hängt an einem dünnen Faden der Blechball herab, so, daß er die Pappe nicht berührt, daß aber andererseits auch kein zu großer Luftspalt vorhanden ist. Im Ruhezustande gemäß Abb. 77 darf er n i c h t genau über der Mitte des Elektromagneten hängen, sondern etwas seitlich von diesem. Wird der Elektromagnet nun vom Strom durchflossen, so zieht er den Blechball an. In diesem Augenblick müssen wir den Strom unterbrechen (zweckmäßig über den Klingeltaster gem. Abb. 72). Durch Kontaktgebung im richtigen R h y t h m u s können wir den Ball sehr weit schwingen lassen. Wenn wir auf die Pappe neun Kegel in der üblichen Anordnung stellen, so können wir diese durch den elektromagnetisch betätigten Ball umwerfen, so daß wir

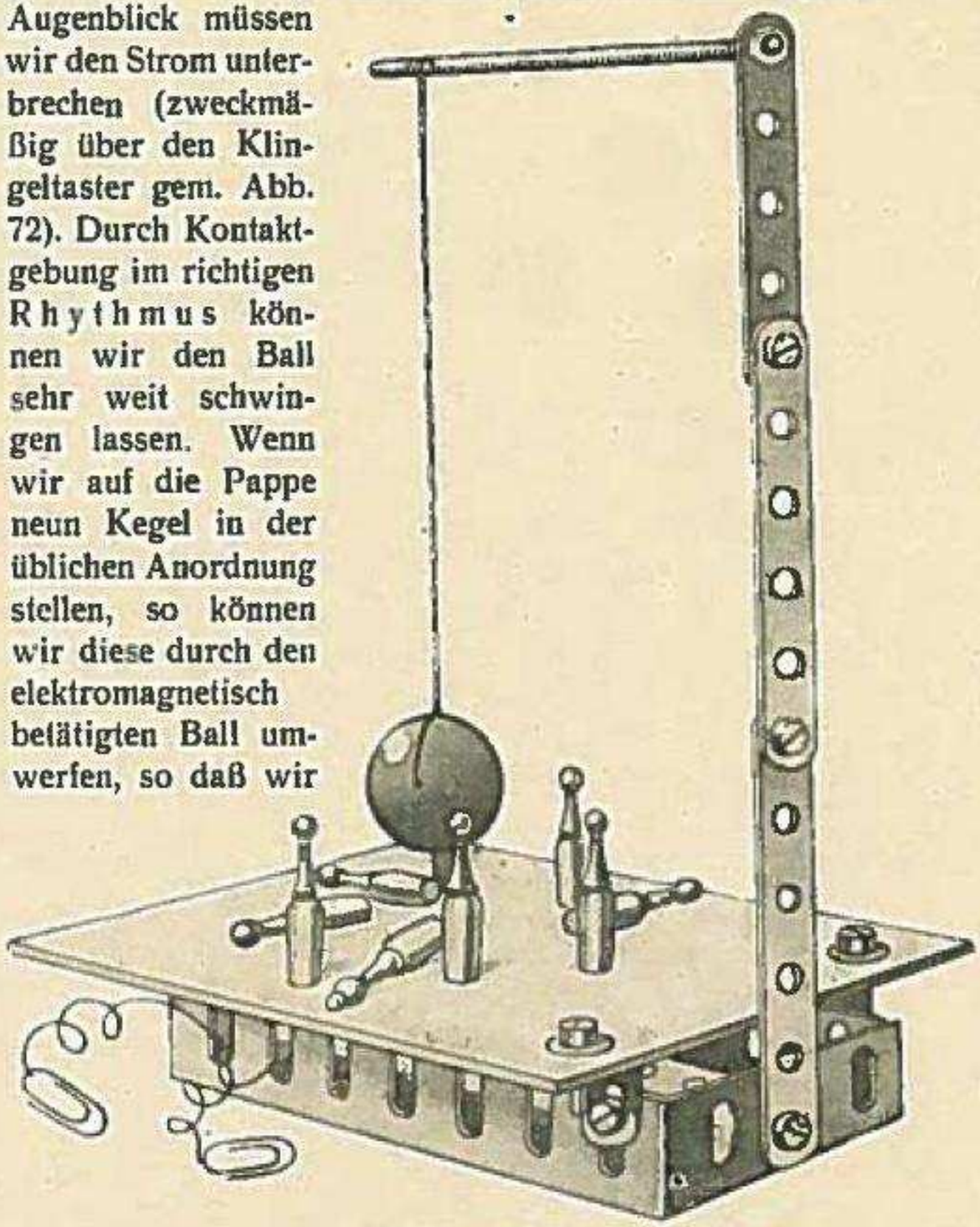


Abbildung 77

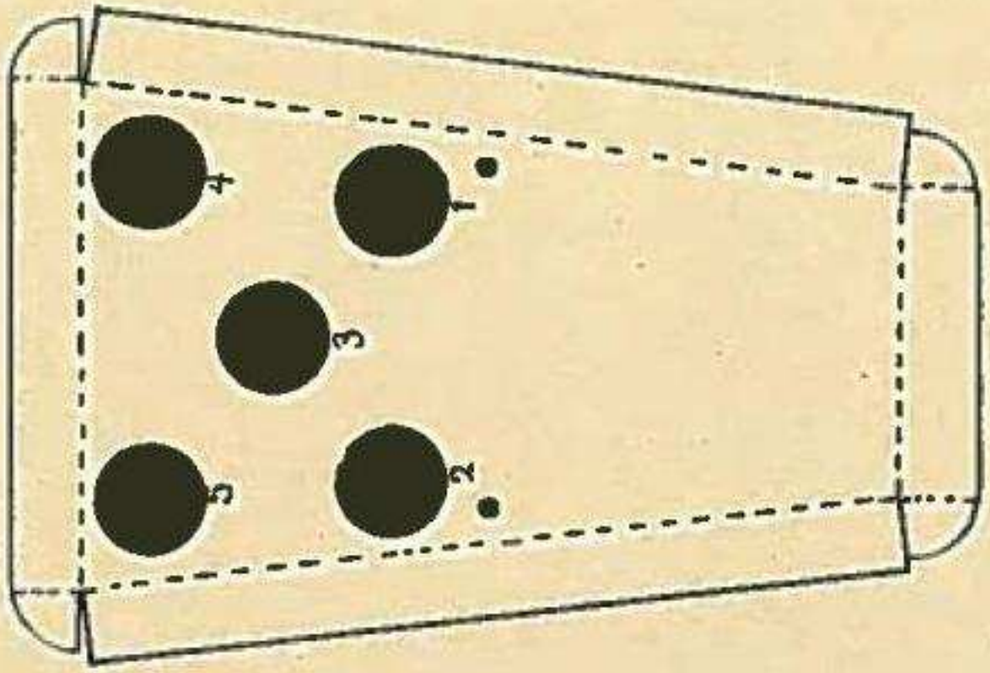


Abbildung 78

hier ein sehr amüsantes Kegelspiel gebaut haben. Falls richtige kleine Kegel nicht vorhanden sind, können statt deren auch Halma- und ähnliche Steine, Schachfiguren und dergl. verwendet werden. Legen wir den Blechball vor seiner Befestigung an dem Faden einige unserer Eisenschrauben oder Muttern, so werden seine Bewegungen entsprechend seinem größeren Gewicht auch wuchtiger.

8. Modell. Roulettespiel.

Wir schneiden uns aus starkem Karton oder aus Pappe ein Viereck gem. Abb. 78, etwa 8 × 15 cm. Die punktierten Linien werden mit dem Messer angeritzt, die 4 Seitenstreifen umgebogen und an den Ecken verleimt. Hierauf schneiden wir 5 Löcher in den so entstandenen Karton von ca. 2 cm Durchmesser, also etwas kleiner als unser Blechball. Die Löcher werden mit den Ziffern von 1 bis 5 versehen. Gem. Abb. 79 wird in das Fundament der Elektromagnet angeschraubt, links an den Fundamentboden werden 2 Schrauben angebracht, damit dieses feststeht. Mittels der beiden 2-Loch-Winkel wird der Karton an dem Fundament befestigt, so daß die nunmehr fertige Roulette aussieht, wie Abb. 80 zeigt. Die auf eine ebene Unterlage gestellte Roulette muß etwas schief stehen, so daß der sich selbst überlassene Blechball stets die Lage gem. Abb. 80 einnimmt. Diese schiefe Ebene erreichen wir, indem wir entweder gem. Abb. 79 die 2-Loch-Winkel am Fundament hochziehen oder indem wir die Schrauben links am Fundamentboden etwas länger herausstehen lassen als den Schraubenkopf der den Spulenkern haltenden Schraube. Die Drahtenden der Spule verbinden wir mit der Batterie oder dem Transformator, zweckmäßig wieder über den Klingeltaster gem. Abb. 72. Geben wir jetzt Strom, dann zieht der obere Pol des Elektromagneten den Ball an, so daß dieser genau über ihn zu stehen kommt (Abb. 79). In dieser Stellung würde er verharren, solange die Spule vom Strome durchflossen ist. Der Stromkreis muß also vorher unterbrochen werden, d. h. e h e der Blechball die Lage gem. Abb. 79 über dem Elektromagneten einnimmt. Daher

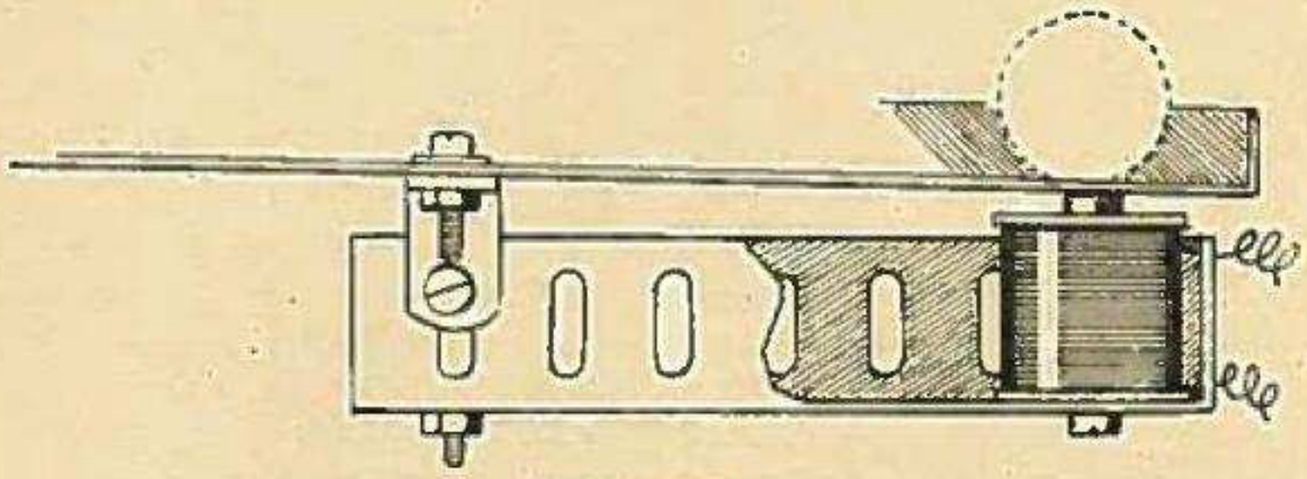


Abbildung 79

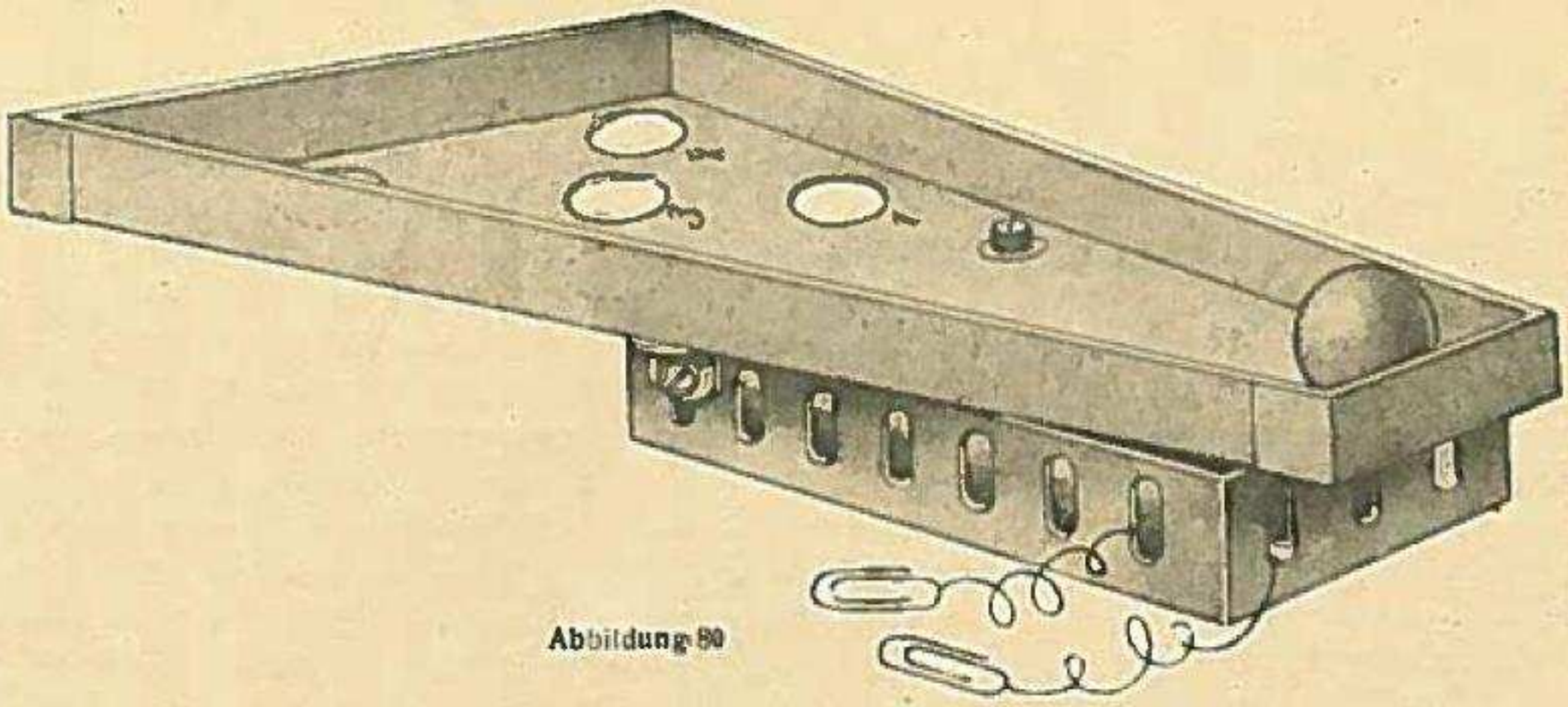


Abbildung 80

läuft der Ball durch seinen Schwung, oder wie man besser sagt, durch seine lebendige Kraft, über diesen Punkt hinweg, die schiefe Ebene hinauf, und wenn man Glück hat, in eins der 5 Löcher. Fällt er in keines der Löcher, so rollt er die schiefe Ebene hinab und bleibt am Ende des Kartondeckels liegen (Abb. 80). Durch nochmalige Stromgabe kann der Versuch wiederholt werden, ihn in eins der Löcher hineinzuspielen. Beim Spiel kommt es darauf an, mit möglichst wenig Kontaktgebungen an dem Klingeltaster möglichst oft den Ball in ein Loch, und zwar in eins mit hoher Ziffer, hineinzuspielen. — Auch hier ist beim Zusammenbau auf einen möglichst geringen Luftspalt zu achten, d. h. die Pappe muß, wie Abb. 79 zeigt, gut auf dem oberen Pol des Elektromagneten aufliegen.

9. Modell. Pickvogel

Der Pickvogel wird aus starkem Karton oder Pappe ausgeschnitten; wir können seine Umrisse auch mittels der Laubsäge aus einem Zigarrenkistendeckel aussägen. Er besteht aus einem beweglichen Teile, dem Kopf, und einem feststehenden, dem Rumpf. Abb. 81 zeigt die Rückseite des Pickvogels.

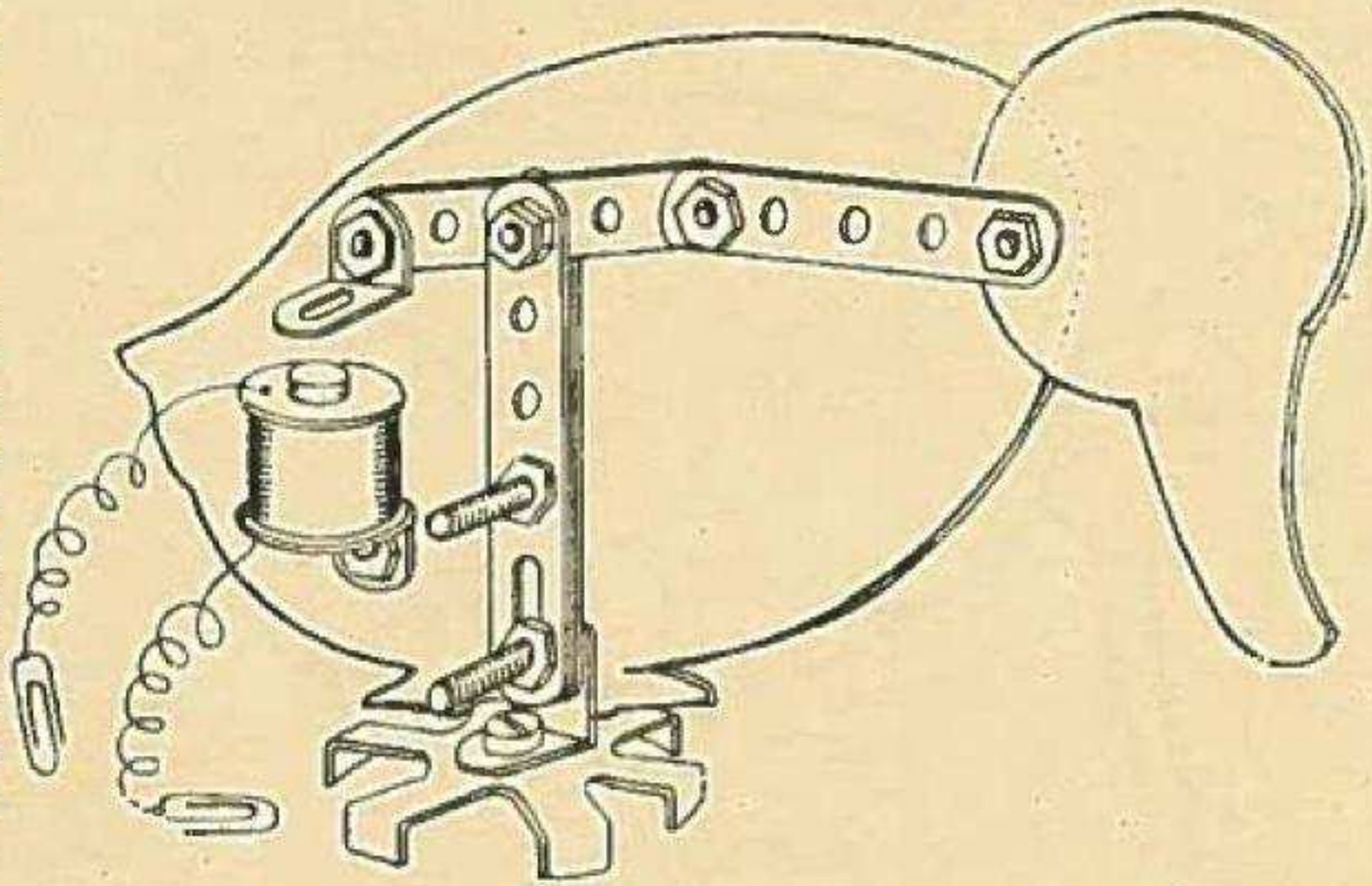


Abbildung 81

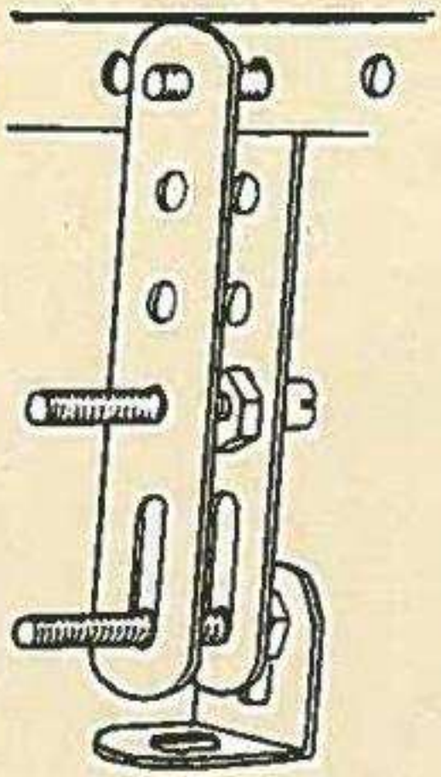


Abbildung 82

Der Rumpf ist mittels eines 2-Loch-Winkels an einem Polrad angeschraubt, das so als Fuß dient. Wie Abb. 82 vergrößert zeigt, sind an dem Zweilochwinkel ferner die beiden 6-Loch-Flacheisenstücke befestigt, die die Lager für den beweglichen Teil der ganzen Vorrichtung bilden. Damit der bewegliche Teil nicht zwischen den beiden 6-Loch-Flacheisen klemmt, ist, wie Abb. 82 zeigt, eine zweite lange Schraube angeordnet, auf die 2 Muttern so geschraubt sind, daß sie zwischen den beiden 6-Loch-Flacheisen liegen. Der bewegliche Teil besteht aus dem oben in den beiden 6-Loch-Flacheisen gelagerten 5-Loch-Flacheisen. Dieses trägt links einen 2-Loch-Winkel, der als Anker für den Elektromagneten dient, während es rechts heraus durch das Vulkanfiberstück verlängert ist, an dessen freiem Ende dann der Kopf angeschraubt ist. Es ist hier ein 2-Loch-Winkel mehr verarbeitet worden, als unser Kasten enthält. Dies läßt sich vermeiden, wenn man statt des Polrades das Fundament als Fuß verwendet, wodurch außerdem erreicht wird, daß der Vogel besseren Stand hat. Stromquelle: Batterie oder Transformator. Die Kontaktgebung erfolgt wiederum zweckmäßig über den Klingeltaster nach Abb. 72. Fließt der Strom durch die Spule, so zieht der obere Pol des Elektromagneten den 2-Loch-Winkel an. Der Kopf geht dadurch in die Höhe. Bei Stromunterbrechung verliert der Elektromagnet seinen Magnetismus, er gibt den 2-Loch-Winkel frei. Der Vogel senkt den Kopf. Diese Bewegungen des Kopfes rufen den Eindruck des Pickens hervor. Dieser Eindruck läßt sich noch dadurch verstärken, daß man unter dem Schnabel einige Körner hinlegt. Das bewegliche System (vom Kopf bis zum 2-Loch-Winkel) muß gut ausbalanciert werden, damit das Uebergewicht des Kopfes nicht zu groß wird. Desgleichen ist der richtige Abstand des oberen Poles des Elektromagneten von dem als Anker dienenden 2-Loch-Winkel durch Ausprobieren festzustellen.

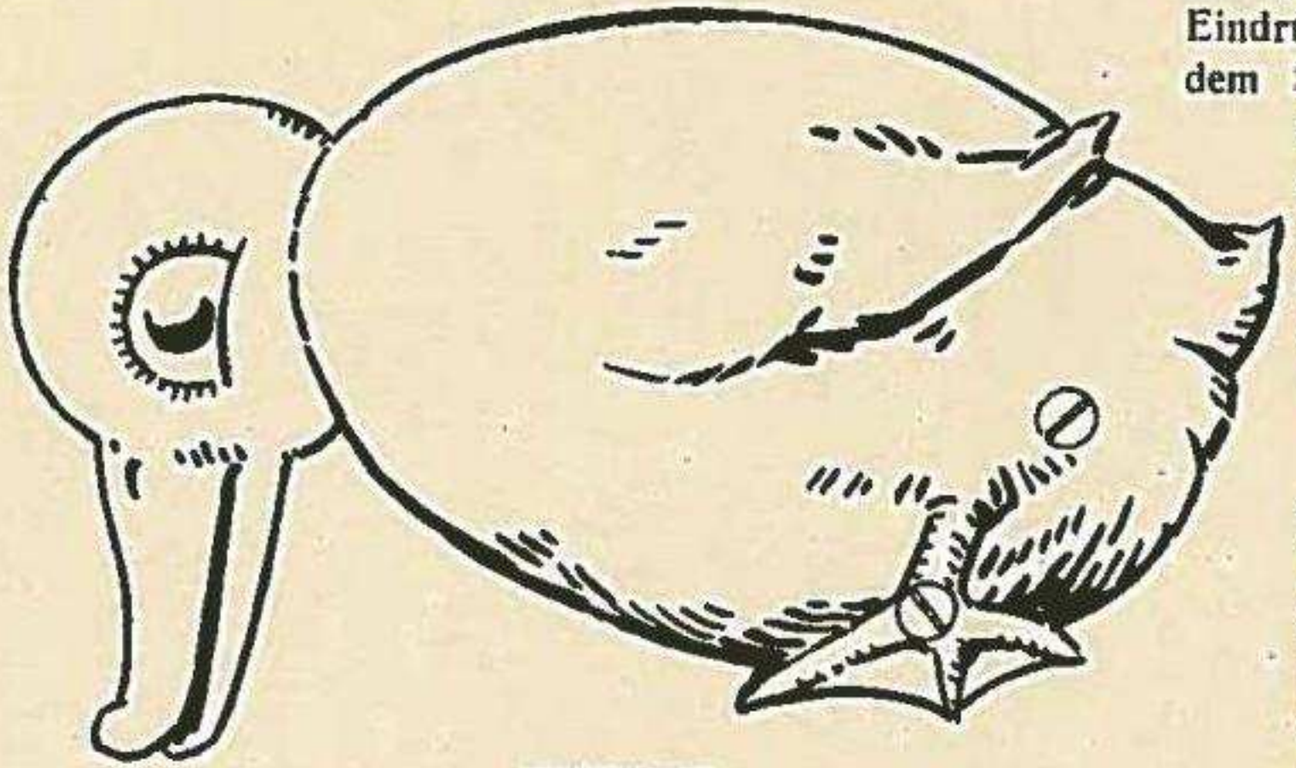


Abbildung 83

10. Modell. Verkehrsregelnder Schupo

(Abb. 84 bis 86.) Aufbau wie beim Pickvogel nach Abb. 81 bis 83. Auch hier kann es zweckmäßig sein, dem Schupo als Fuß das Fundament statt des Polrades zuzuordnen.

Abbildung 84

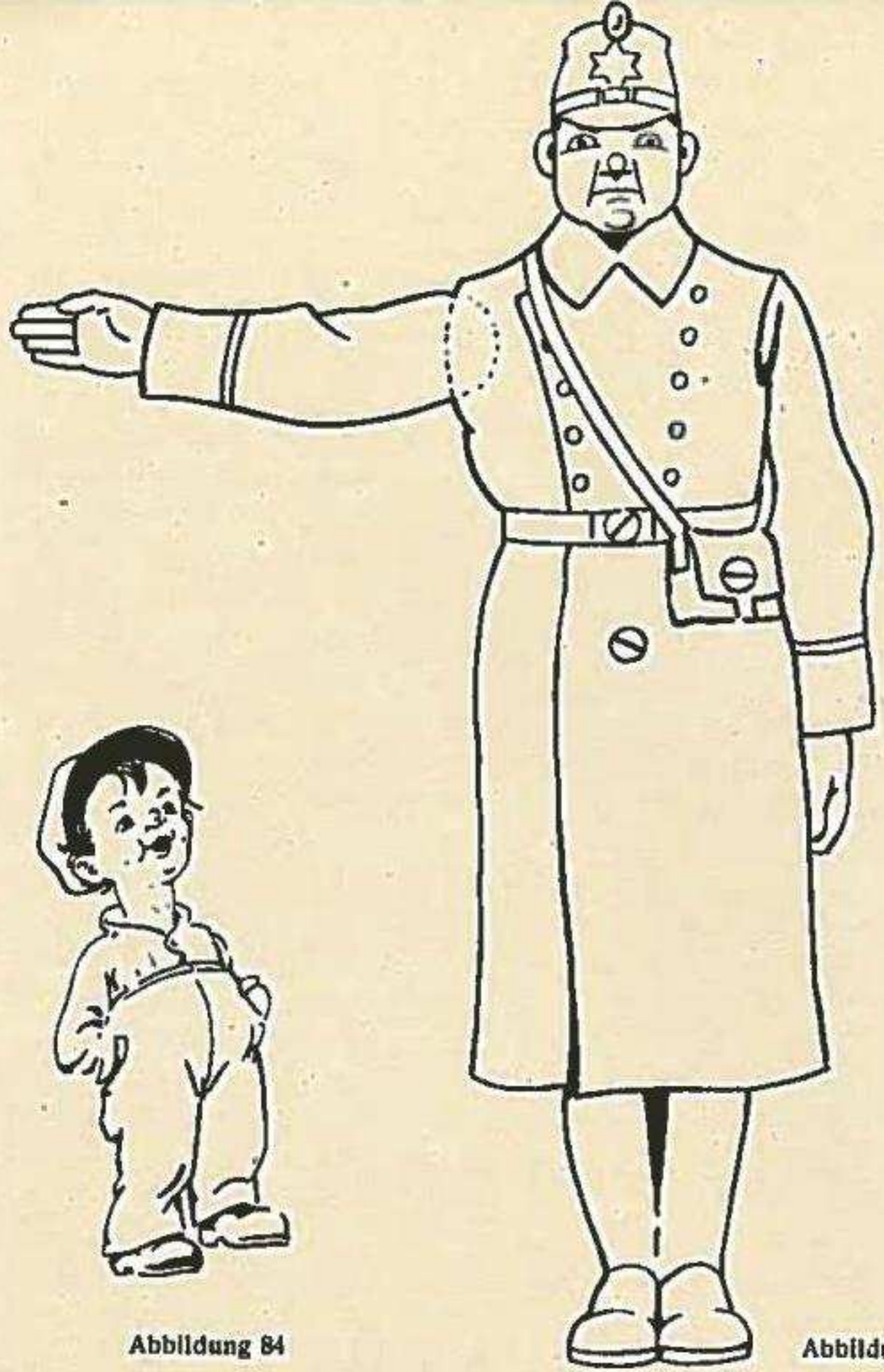


Abbildung 85

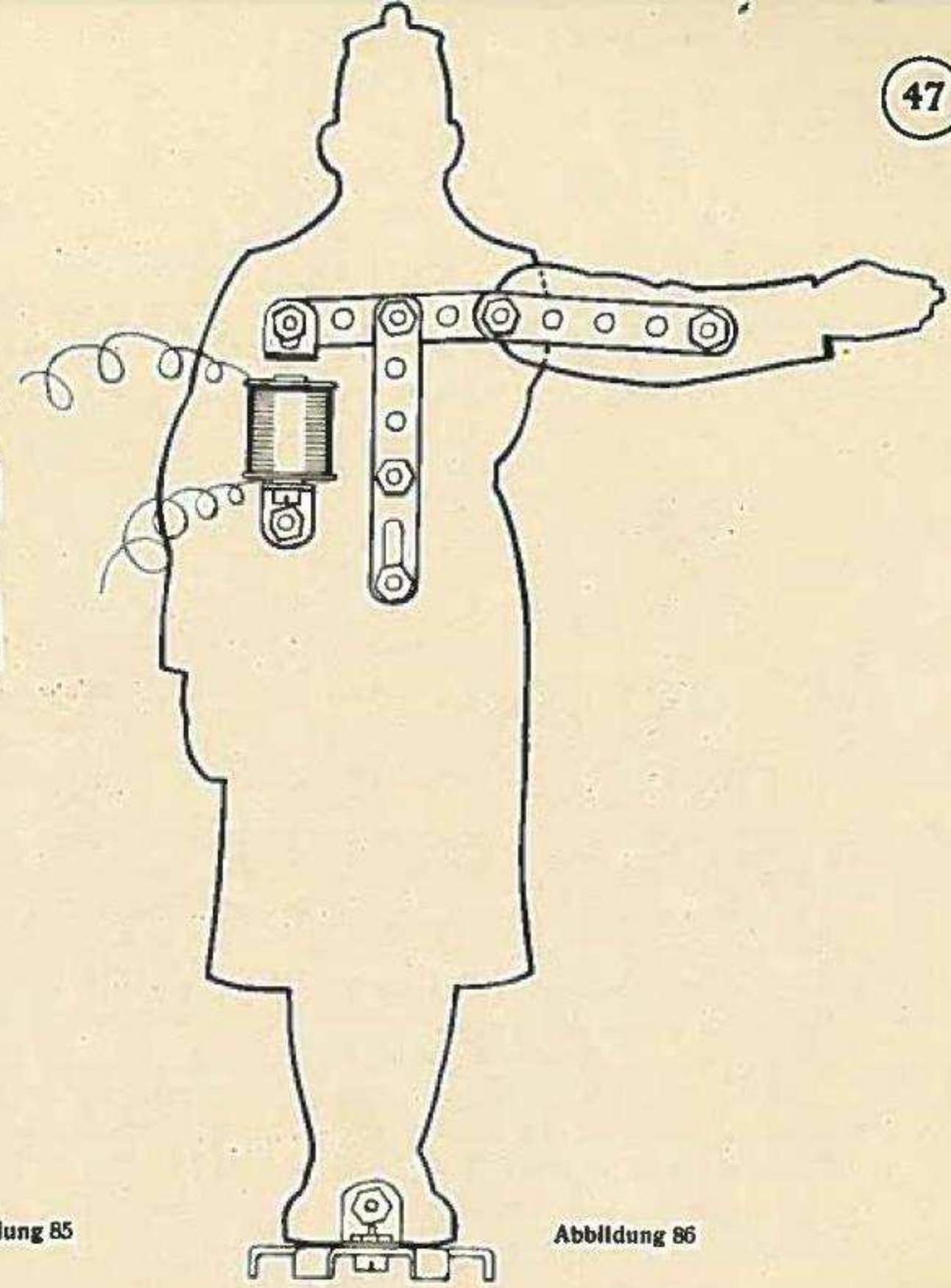


Abbildung 86

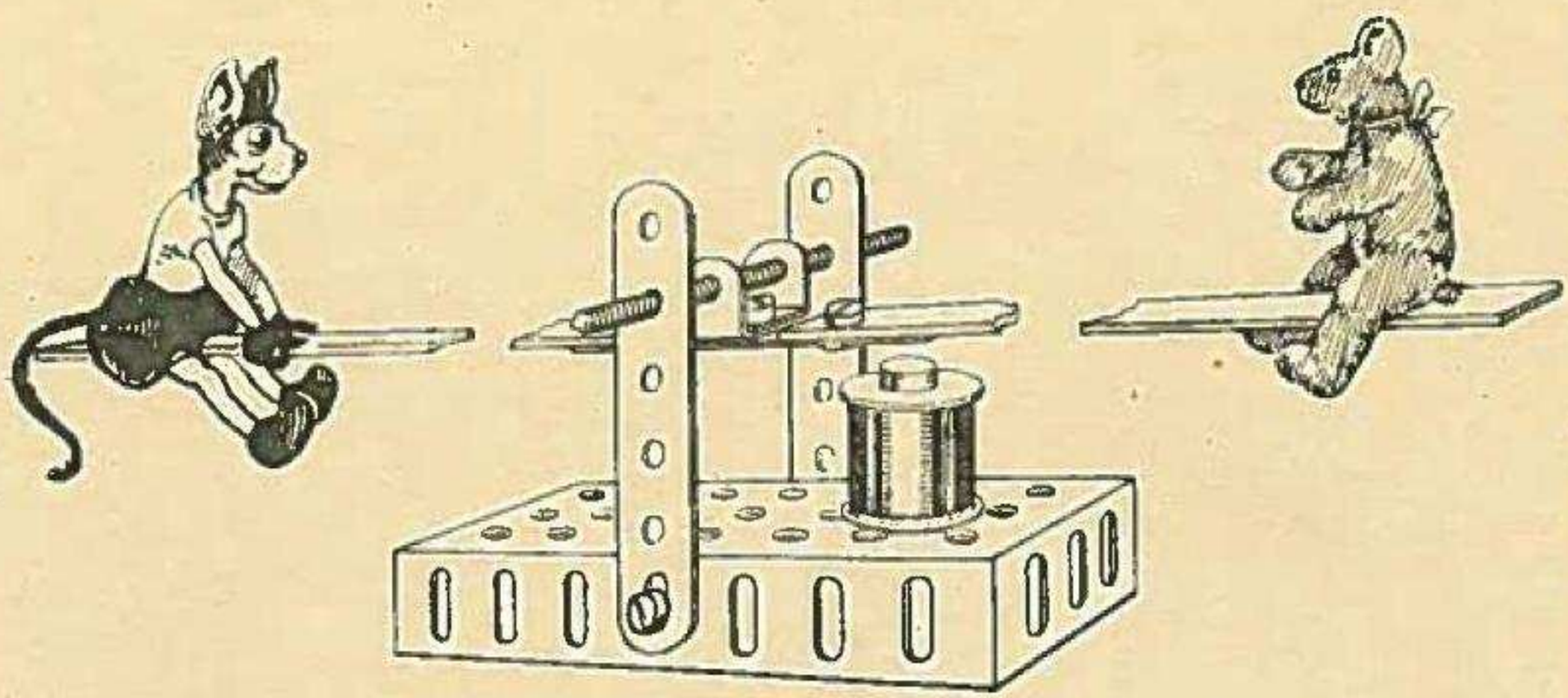


Abbildung 87

11. Modell. Wippe Gem. Abb. 87 trägt das Fundament zwei 6-Loch-Flacheisenstücke. Diese bilden das Lager für die Gewindewelle. An dieser Welle ist ein 5-Loch-Flacheisenstück mittels der beiden 2-Loch-Winkel drehbar gelagert. An dieses 5-Loch-Flacheisen ist ein Holzstab von etwa 40 cm Länge geschraubt, auf dessen Enden 2 Püppchen oder dergl. angebunden werden können. Wie die Abbildung zeigt, ist der Elektromagnet etwas außerhalb der Mitte auf das Fundament aufgeschraubt. Die Hälfte der Wippe, auf der die Mickymaus sitzt, muß etwas schwerer sein, als die andere Hälfte, so daß die linke Hälfte im Ruhezustande links abwärts neigt. Wird die Spule vom Strome durchflossen, so zieht ihr oberer Pol das rechte Ende des 5-Loch-Flacheisens an. Die rechte Häffte der Wippe senkt sich infolgedessen. Bei Stromunterbrechung macht sich die schwerere linke Hälfte der Wippe bemerkbar. Diese senkt sich wieder. Durch Stromkreis-Schließungen und -Unterbrechungen im richtigen Rhythmus kommt ein dauerndes Pendeln der Wippe zustande. Auch hier dient vorteilhaft der Klingeltaster nach Abb. 72 zur Kontaktgebung. Das linke Uebergewicht der Wippe darf nicht zu groß sein. Es ist durch Versuche festzustellen, ebenso wie der richtige Abstand des oberen Pols des Elektromagneten von dem rechten Ende des 5-Loch-Flacheisenstückes, dem Anker.

12. Modell Gemäß Versuch 3 hatten wir die Wirkung der Remanenz besprochen, die darin besteht, daß Flacheisenstücke an den Polen eines Elektromagneten unter Umständen auch dann noch haften bleiben, wenn die Spule nicht mehr vom Strome durchflossen wird. Der Elektrotechniker sagt dann „Der Anker klebt". Diese Remanenz kann bei vielen Vorrichtungen, auch bei der soeben beschriebenen Wippe, unangenehm werden, indem gem. Abb. 87 z. B. das rechte Ende des als Anker wirkenden 5-Loch-Flacheisens an dem oberen Pol des Elektromagneten auch nach Stromkreisunterbrechung kleben bleibt. Trotzdem die linke Hälfte der Wippe schwerer ist als die rechte, senkt sie sich alsdann nicht, wodurch das

ganze Spiel gestört wird. Dies kann uns auch bei dem Pickvogel oder dem Schupo passieren. Da das Kleben nur dann eintreten kann, wenn der Pol und der Anker sich berühren, können wir gem. Abb. 88 leicht Abhilfe schaffen, indem wir eine Berührung dieser beiden Eisenstücke verhindern. Wir legen auf den Pol a ein etwa pfenniggroßes Stück frisches Isolierband b und drücken auf dieses ein Stück dünne Pappe c, z. B. von einer Postkarte. Damit ist die Berührung von Pol und Anker ausgeschlossen und somit auch das Kleben. Es sei darauf hingewiesen, daß dieses „Kleben" nichts mit dem zu tun hat, was man sonst darunter versteht. Dieses „Kleben" ist rein magnetischer Art und eben eine Wirkung des im Versuch 3 ausführlich besprochenen remanenten Magnetismus.

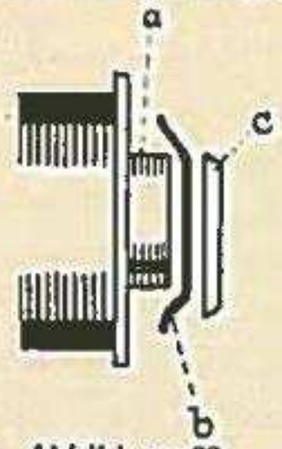


Abbildung 88

13. Modell. Zauberball

Wir schrauben gem. Abb. 89 in die Mitte des Fundamentes unseren Elektromagneten. Damit trotz des herausragenden Kopfes der den Eisenkern haltenden Schraube das Fundament sicher steht, bringen wir noch 4 weitere Schrauben an dem Fundamentboden an, von denen die Abbildung zwei zeigt. Auf die Mitte des Elektromagneten stellen wir einen Suppenteller. Damit er besser steht, lassen wir ihn außerdem auf zwei 2-Loch-Winkeln ruhen. In den Teller legen wir unseren Blechball. Durch geeignete Stromgebung über den Klingeltaster nach Abb. 72 erreichen wir, daß der Ball die eigenartigsten und amüsantesten Bewegungen in dem leeren Suppenteller ausführt. Die Sache wird noch rätselhafter, wenn der kleine Zauberkünstler nur den Suppenteller sehen läßt. Dies erreicht er leicht, indem er ähnlich wie gem. Abb. 97 zwischen den Suppenteller und die übrige Apparatur eine Tischdecke legt, durch die ja der Magnetismus, wie wir wissen, ebenso gut hindurchwirkt wie durch den Suppenteller. Auch hier kommt es darauf an, daß der Elektromagnet dann stromlos ist, wenn der Ball gerade über ihm steht. Wir empfehlen dem kleinen Zauberkünstler, sich etwas einzuüben, bevor er seine Künste zeigt. Statt des Suppentellers kann er auch eine flache Schale, z. B. eine Untertasse, nehmen. Hieraus ergibt sich dann ein sehr nettes Gesellschaftsspiel, bei dem die Aufgabe heißt: Versetze den Ball in kürzester Zeit, z. B. binnen 10 Sekunden, durch richtige Kontaktgebung in so heftige Bewegungen, daß er über den Rand der Untertasse hinausgeschleudert wird.

Noch schönere Bewegungen lassen sich erzielen, wenn man an Stelle des Blechballs ein Blechei nimmt, wie es die sog. Hühnerautomaten spendieren. Infolge der Unsym-

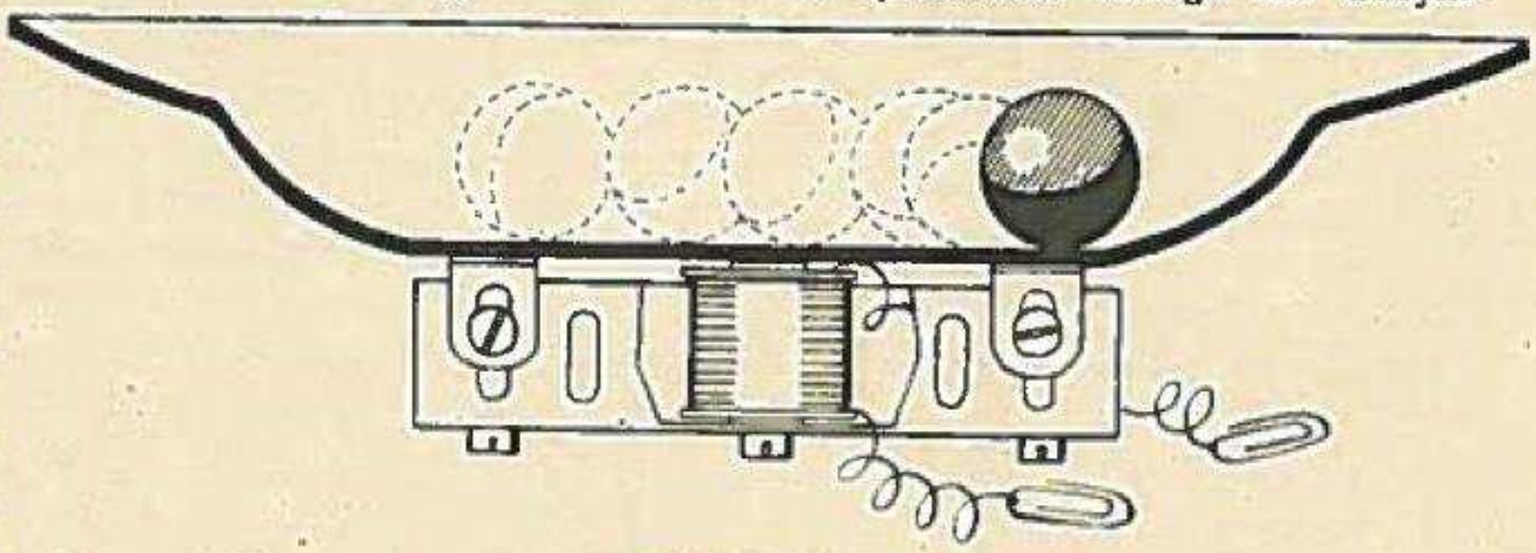


Abbildung 89

metrie, d. h. der ungleichmäßigen Gewichtsverteilung bei einem solchen Ei torkelt es mehr als daß es rollt; die Bewegungen sind daher viel unerwarteter und schwerer vorauszuberechnen.

14. Modell. Der von selbst schaukelnde Stuhl

In das Fundament wird außerhalb der Mitte der Elektromagnet geschraubt. Zwei weitere Schrauben sorgen, wie Abb. 90 zeigt, dafür, daß die Vorrichtung gut steht. Mittels

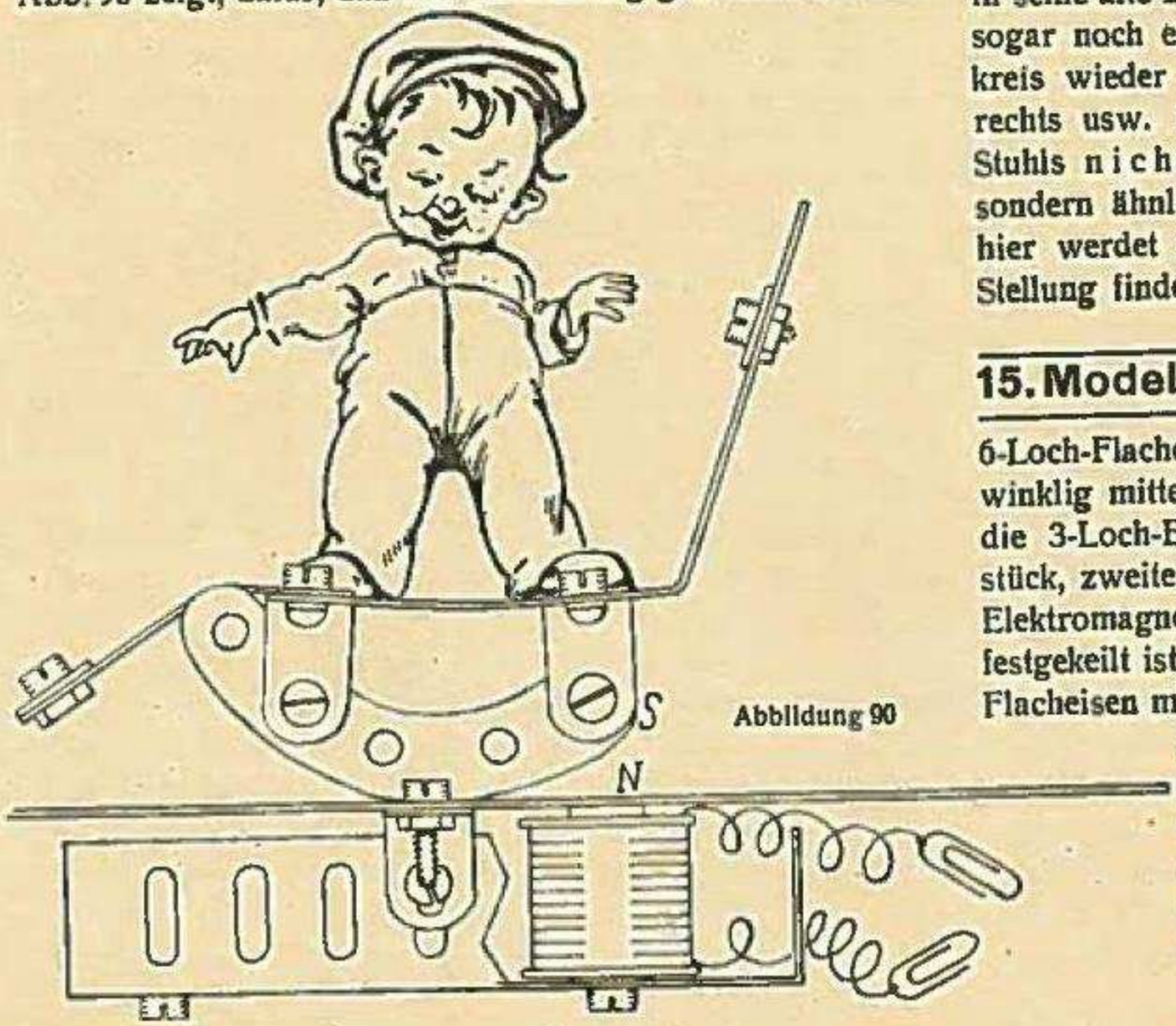


Abbildung 90

je eines an den Langseiten des Fundamentes befestigten 2-Loch-Winkels wird ein Stück Pappe oder ein Zigarrenkistendeckel mit dem Fundament verbunden. Auf dieses Brett wird der Schaukelstuhl gesetzt, dessen Aufbau aus Abb. 91 leicht zu ersehen ist, und auf diesen ein Püppchen. Wird die Spule von einem beliebigen Strome durchflossen, so zieht sein oberer Pol, wie die Abb. 90 zeigt, das hintere Ende des Schaukelstuhls an, so daß sich dieser nach rechts neigt. Jetzt wird der Strom unterbrochen, der Stuhl kehrt in seine alte Lage zurück und schaukelt durch den Schwung sogar noch etwas darüber hinaus. Jetzt wird der Stromkreis wieder geschlossen, der Stuhl pendelt wieder nach rechts usw. Es ist darauf zu achten, daß die Mitte des Stuhls n i c h t über der Mitte des Elektromagneten steht, sondern ähnlich, wie N und S der Abb. 90 zeigen. Auch hier werdet Ihr bei einiger Uebung bald die günstigste Stellung finden.

15. Modell. Tanzpüppchen

Gem. Abb. 92 trägt das Fundament zwei 6-Loch-Flacheisenstücke. An dem oberen Stück sind rechtwinklig mittels der beiden 2-Loch-Winkel angebaut erstens die 3-Loch-Bronzefeder und an diese das 5-Loch-Eisenstück, zweitens das Vulkanfiberstück. An letzterem ist der Elektromagnet befestigt, dessen Spule auf dem Eisenkern festgekeilt ist. Wie die Abbildung zeigt, ist an dem 5-Loch-Flacheisen mittels einer schwachen Gummischnur ein Püppchen angehängt. Wird die Spule vom Strom durchflossen, so wird das 5-Loch-Flacheisen von dem unteren Pol des Elektromagneten and. h. also hochgezogen. Damit es an diesem nicht „kleben“ bleibt, haben wir den Pol gem. Abb. 88 präpariert. Wird der Strom unter-

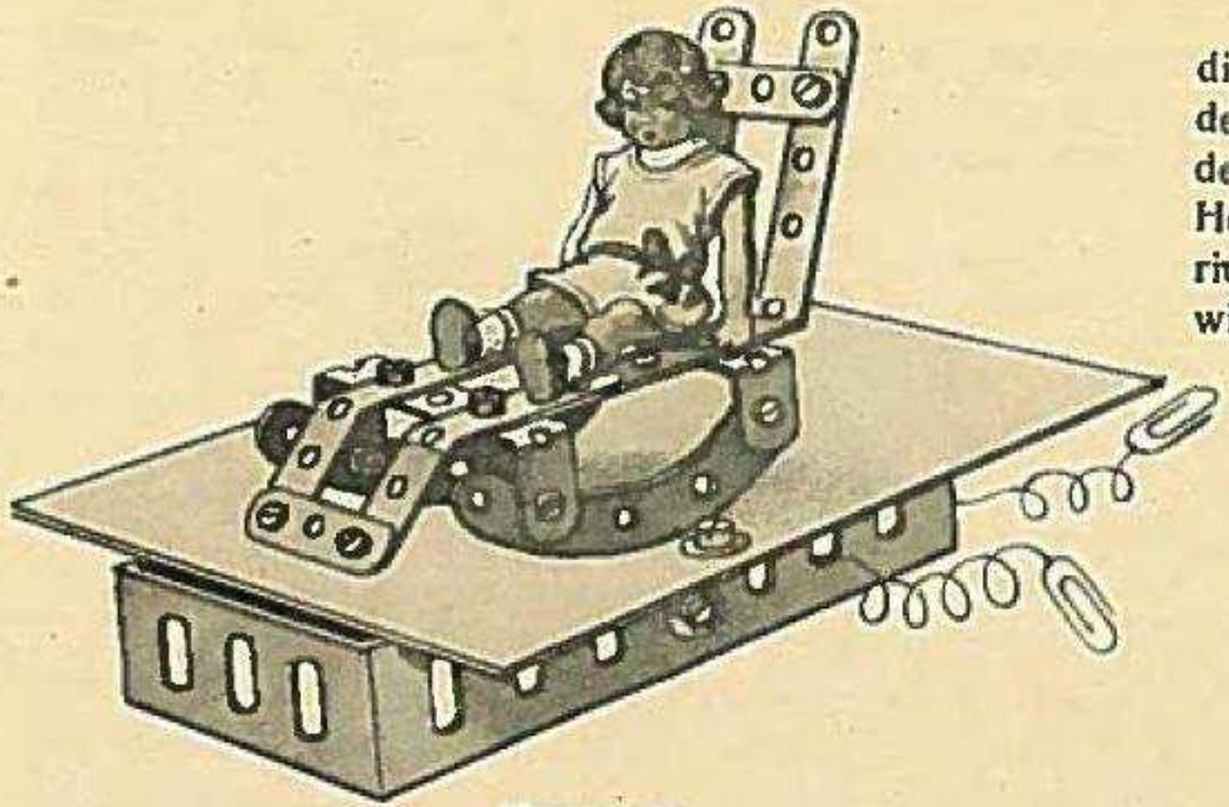


Abbildung 91

brochen, so wird das 5-Loch-Flacheisen wieder freigegeben und senkt sich unter dem Gewicht der daran hängenden Puppe. Die Bronzefeder im Verein mit der dünnen Gummischnur sorgen für eine gute Federung des Systems. Auch hierbei kommt es darauf an, im richtigen Moment Strom zu geben, damit das Püppchen recht lebhaft tanzt.

16. Modell. Der heulende Hund

An das Fundament sind gem. Abb. 93 ein 5-Loch-Flacheisen und das Vulkanfiberstück geschraubt. Beide bilden das Lager für die Gewindewelle. Diese trägt die beiden 2-Loch-Winkel, an die ein aus den beiden 6-Loch-Flacheisenstücken zusammengesetztes Stück angeschraubt ist. Der Elektromagnet ist ungefähr auf der Mitte des Fundaments befestigt. Auf das Fundament setzen wir, wie die Abbildung zeigt, einen Hund oder eine andere Figur aus Gummi, die beim Zusammengedrücktwerden die Luft durch ein kleines Lärminstrument entweichen läßt und so einen quietschenden Ton erzeugt. Lassen wir jetzt die Spule vom Strom durchfließen, so zieht der obere Pol des Elektromagneten den über ihm angeordneten Anker an, der dann den Hund zusammendrückt, wobei dieser sein Heulen ertönen läßt. Unterbrechen wir den Stromkreis, so richtet sich der Hund infolge der Elastizität des Gummis wieder auf, wodurch der Anker von dem oberen Pol des

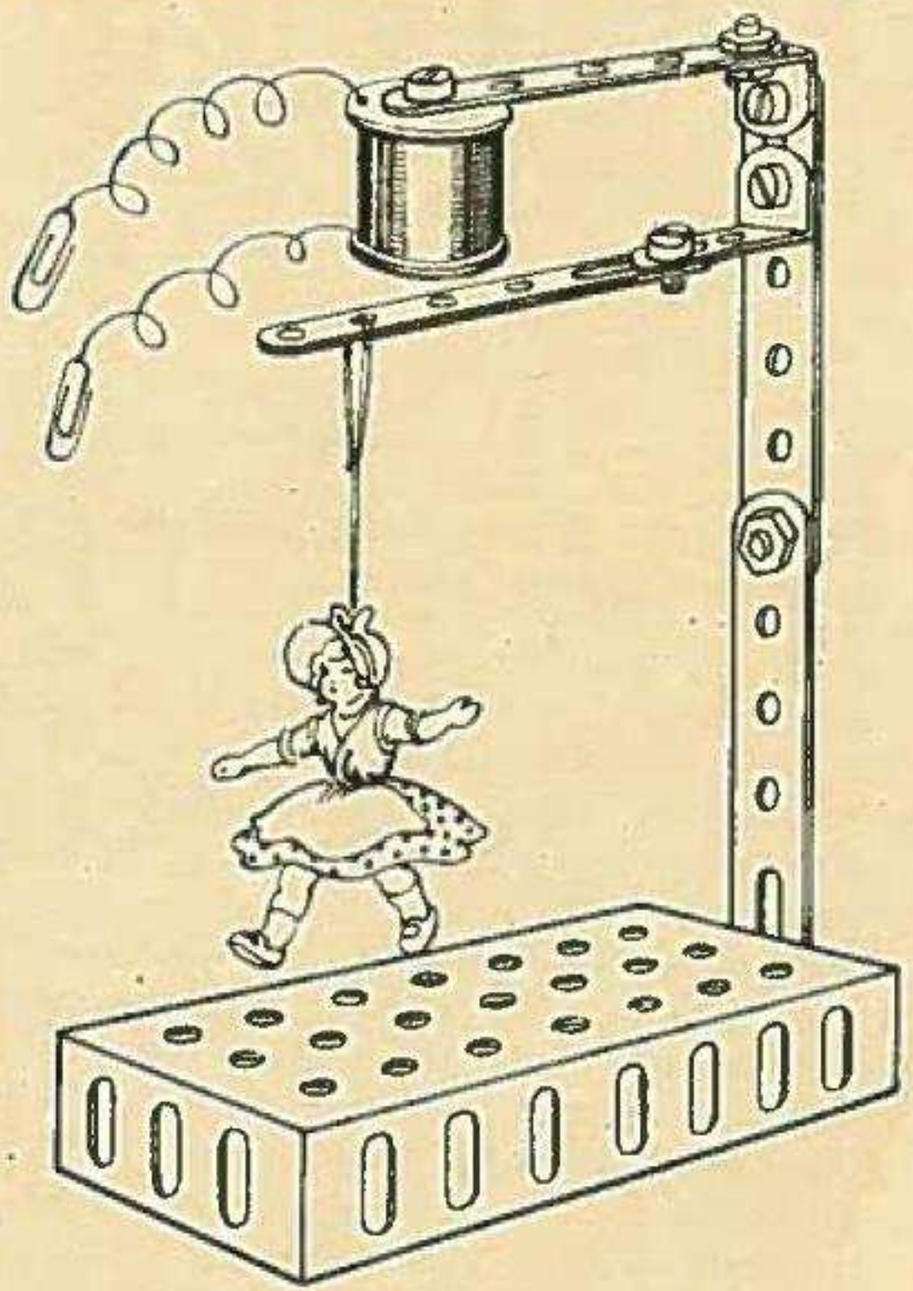


Abbildung 92

Elektromagneten entfernt wird. Durch erneute Stromzuführung kann das Spiel wiederholt werden.

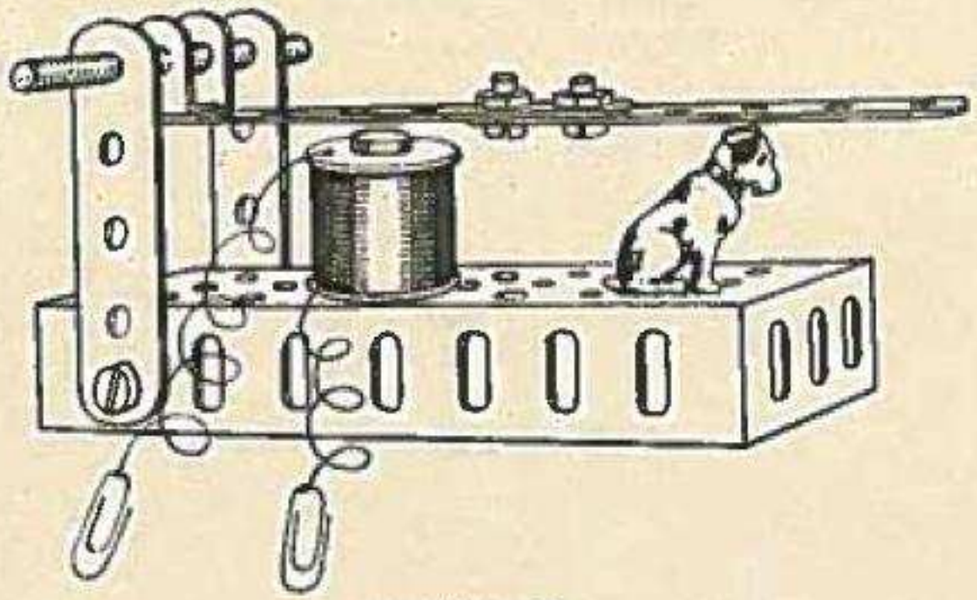


Abbildung 93

17. Modell. Der auf Kommando schwimmende Schwan

Gem. Abb. 94 bauen wir uns aus dem Fundament und 4 Flacheisenstücken ein Gestell und klemmen an dieses mittels der beiden langen Eisenschrauben und der 3-Loch-Bronzefeder unsere mit dem Eisenkern versehene Spule. Unter den Elektromagneten stellen wir eine sog. photographische Schale und füllen diese mit Wasser. In Ermangelung einer solchen können wir auch einen Suppenteller nehmen. Auf das Wasser setzen wir einen Schwan, einen Fisch oder ein beliebiges anderes Tier, durch das wir eine gemäß Versuch 5 polarisierte Stopfnadel gesteckt haben. Schicken wir jetzt einen Gleichstrom durch die Spule, so daß sich wie bei der Abbildung gleichnamige Pole gegenüberliegen, so stoßen sich diese ab und der Schwan dreht sich, bis sich wieder ungleichnamige Pole gegenüberliegen. Vertauschen wir nunmehr die Anschlußklammern an der Batterie, so liegen sich wieder gleichnamige Pole gegenüber und der Schwan dreht sich von neuem. Durch geschicktes d. h. recht-

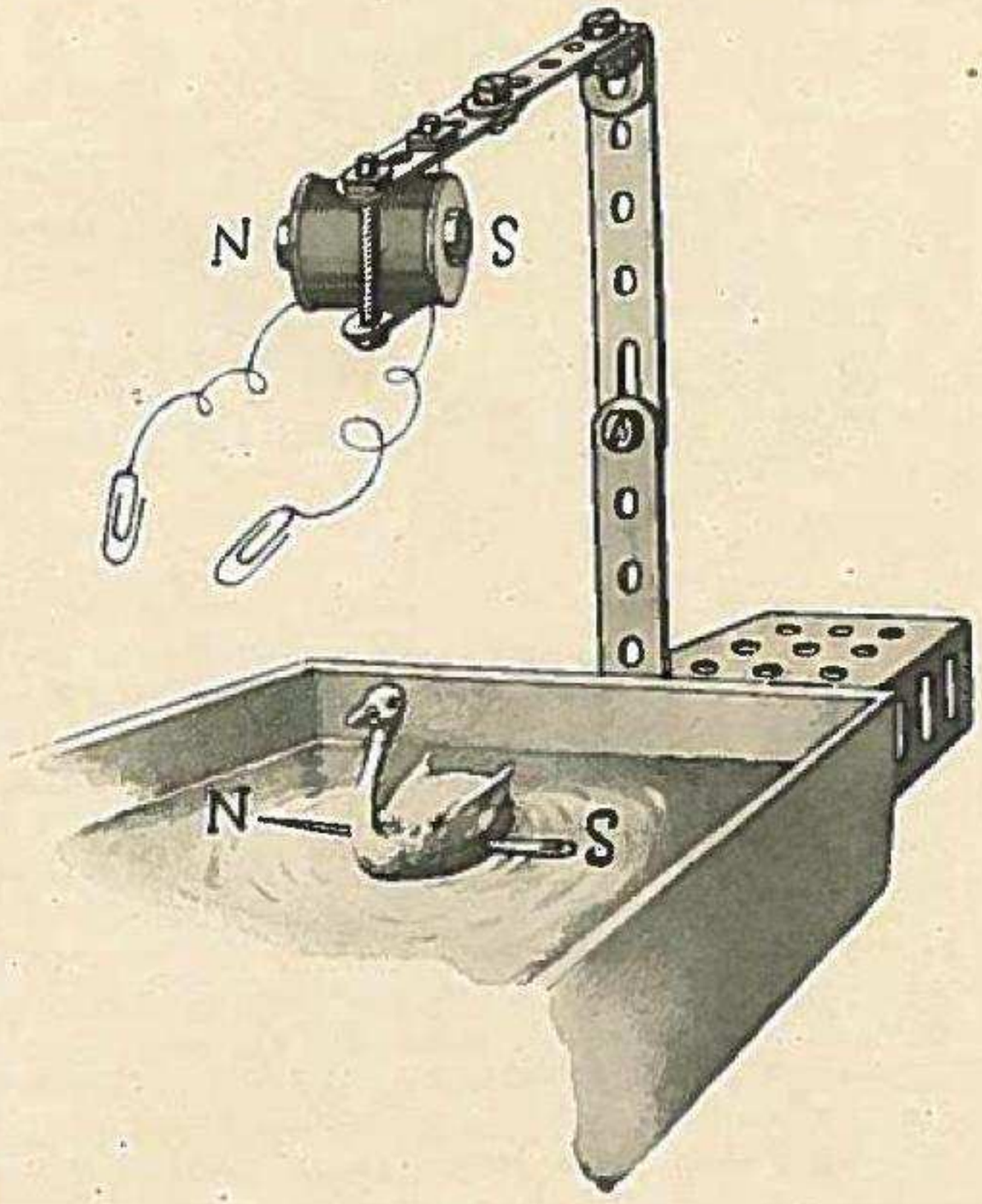


Abbildung 94

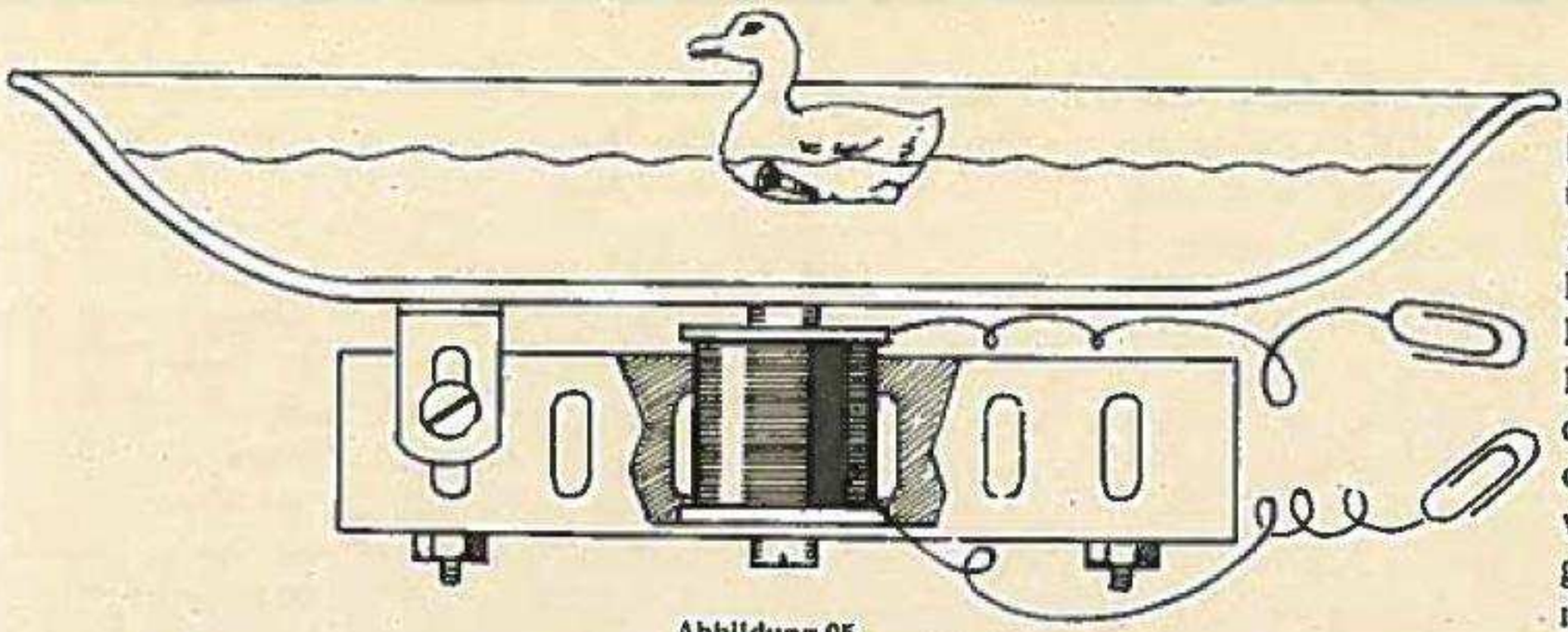


Abbildung 95

zeitiges Stromgeben bzw. Umpolen unseres Elektromagneten können wir erreichen, daß der Schwan sich dauernd im Kreise herumdreht. — Mit Wechselstrom gelingt dieser Scherz nicht, weil ja von vornherein, wie wir aus Versuch 60 wissen, die Pole an dem Elektromagneten wechseln, und zwar 100 mal in der Sekunde. Diesem schnellen Polwechsel kann der Schwan natürlich nicht folgen. Er bleibt daher in Ruhe.

18. Modell. Die tauchende Ente

Gem. Abb. 95 setzen wir auf das Fundament, das wir in der Art der Abb. 89 mit dem Elektromagneten versehen haben, einen Suppenteller, den wir mit Wasser füllen. Wir machen in den Rücken einer kleinen Celluloidente mit einem scharfen Federmesser einen kleinen Schnitt, durch den wir eine unserer Schrauben in die Ente führen. Die so vorbereitete Ente setzen wir auf das Wasser. Geben wir jetzt Strom, so schwimmt die Ente auf den oberen Pol des Elektromagneten zu. Unterbrechen wir den Strom rechtzeitig, so schwimmt die Ente unter dem Einfluß ihrer lebendigen Kraft über den Elektromagneten hinaus. Durch erneute Stromgabe können wir sie zurückholen. Geben wir längere Zeit Strom, so bleibt die Ente nicht nur über dem Elektromagneten stehen, sondern sie taucht sogar unter, was wir Fachleute ja nach dem eifrigen Studium der vorangegangenen Versuche auch gar nicht anders erwarten können. Ob sie mit dem Kopf oder dem Hinterteil untertaucht, hängt natürlich davon ab, an welcher Stelle ihres Körpers die Eisenschraube sich gerade befindet. Statt der Ente können wir auch unseren Blechball oder das Blechei verwenden. Der Teller darf nicht zu groß sein, er darf auch nicht zu viel Wasser enthalten, damit die Entfernung der Schraube in der Ente von dem oberen Pol des Elektromagneten nie zu groß werden kann. Auch

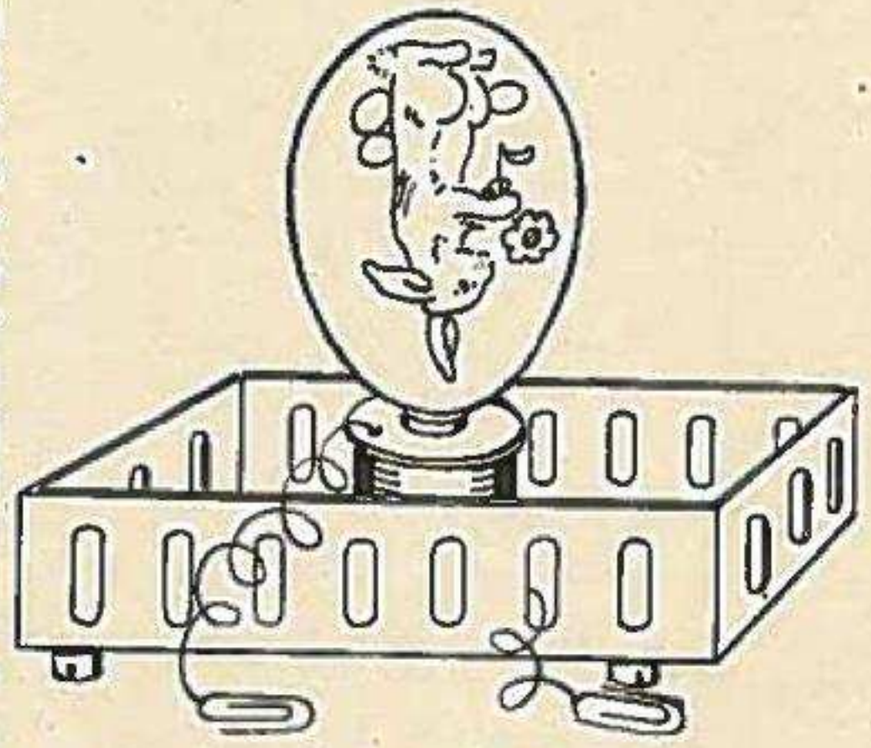


Abbildung 96

dieses Kunststückchen wirkt verblüffender, wenn wir zwischen Suppenteller und das Fundament ein Tischtuch legen und mit diesem auch die Stromquelle verdecken, damit der Nichteingeweihte die Zusammenhänge nicht sofort erkennt. Das Modell arbeitet mit Gleich- oder Wechselstrom gleich gut.

19. Modell. Das Columbusei

Wie Ihr wißt, verdankt das Columbusei seinen Ruhm dem Umstande, daß es Columbus gelang, ein gewöhnliches Hühnerei auf der Spitze balancieren zu lassen. Allerdings stellte er es so energisch auf den Tisch, daß er dadurch die Spitze eindrückte. Auf der so entstandenen Fläche war es nicht schwer, das Ei stehen zu lassen. Wir bedienen uns zu demselben Zwecke eines Blecheis und lassen dies balancieren, aber ohne daß wir die Spitze eindrücken oder das Ei sonstwie verändern. Abb. 96 und 97 zeigen die Anordnung. Innen auf dem Boden des Fundaments ist der Elektromagnet aufgeschraubt. Wird er vom Strom durchflossen, so zieht sein oberer Pol die Spitze des darauf gelegten Eis so stark an, daß dieses kleben bleibt und daher nicht herunterfallen kann. Gemäß Abb. 97 legen wir zwischen Ei und die übrige Apparatur eine Tischdecke, wodurch das Kunststückchen um so geheimnisvoller wirkt. — Wir können in dieser Weise auch ein gewöhnliches Hühnerei balancieren lassen. Zu diesem Zwecke versehen wir es an den beiden Spitzen mit je einem Loche. In das eine Loch blasen wir kräftig, worauf der flüssige Inhalt aus dem anderen Loche herausfließt. Durch das eine Loch führen wir eine unserer Schrauben oder ein kleines Quantum Eisenfeilspäne ein. Die Oeffnungen verschließen wir sorgfältig durch Bekleben mit kleinen weißen Papierstücken. Stellen wir das so vorbereitete Ei auf den oberen Pol unseres Elektromagneten, so bleibt es genau so gut stehen wie ein Blechei.

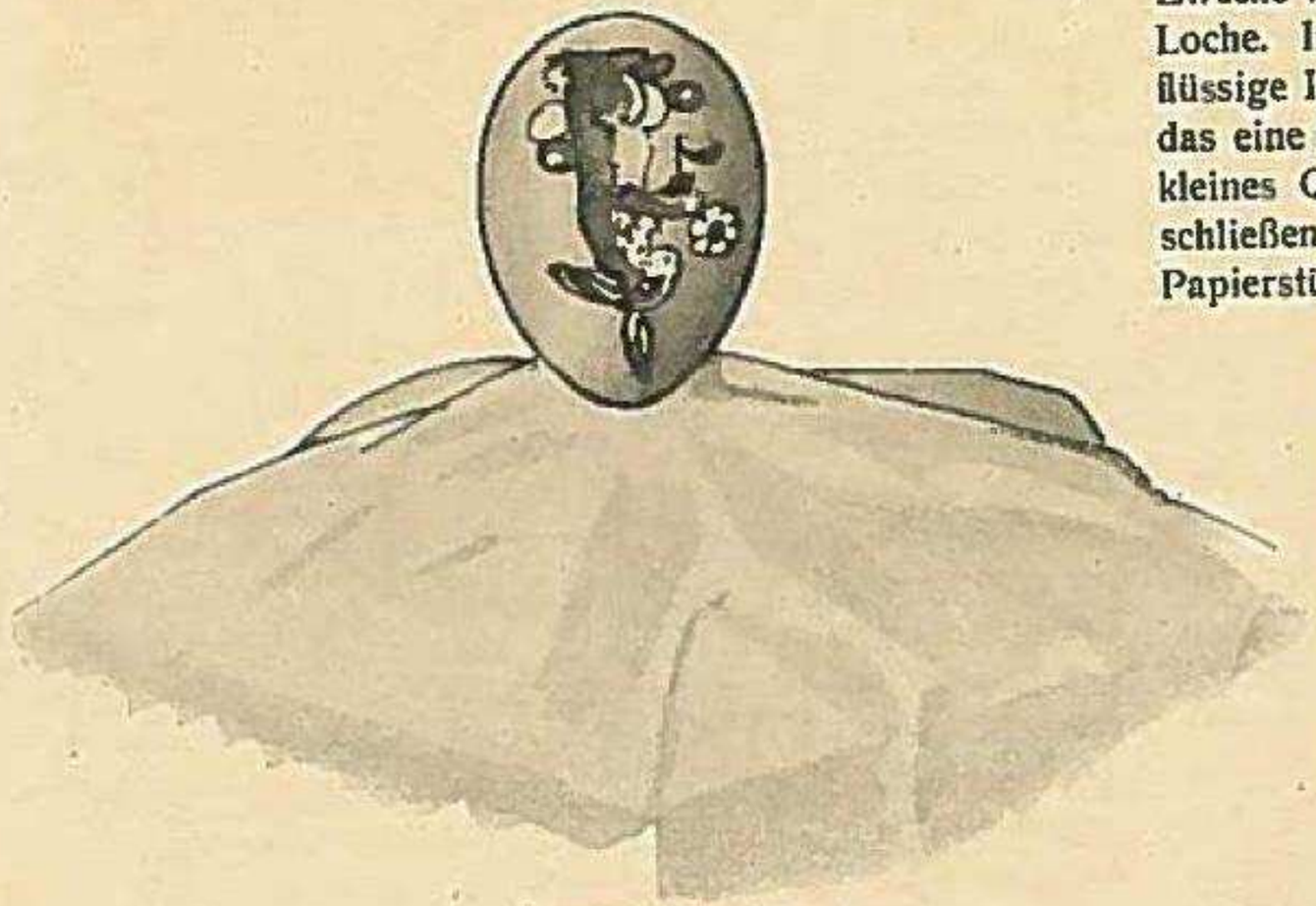


Abbildung 97

20. Modell. Die elektromagnetische Schaukel

Gem. Abb. 98 befestigen wir innen in der Mitte unseres Fundamentes den Elektromagneten. Außen an die Längsseiten schrauben wir die beiden 6-Loch-Flacheisen an. Diese bilden das Lager für die Gewindewelle. An diese klemmen wir zwischen zwei Muttern ein 6-Loch-Flacheisen. An jeder Seite des letzteren befestigen wir mittels einer einzigen Schraube

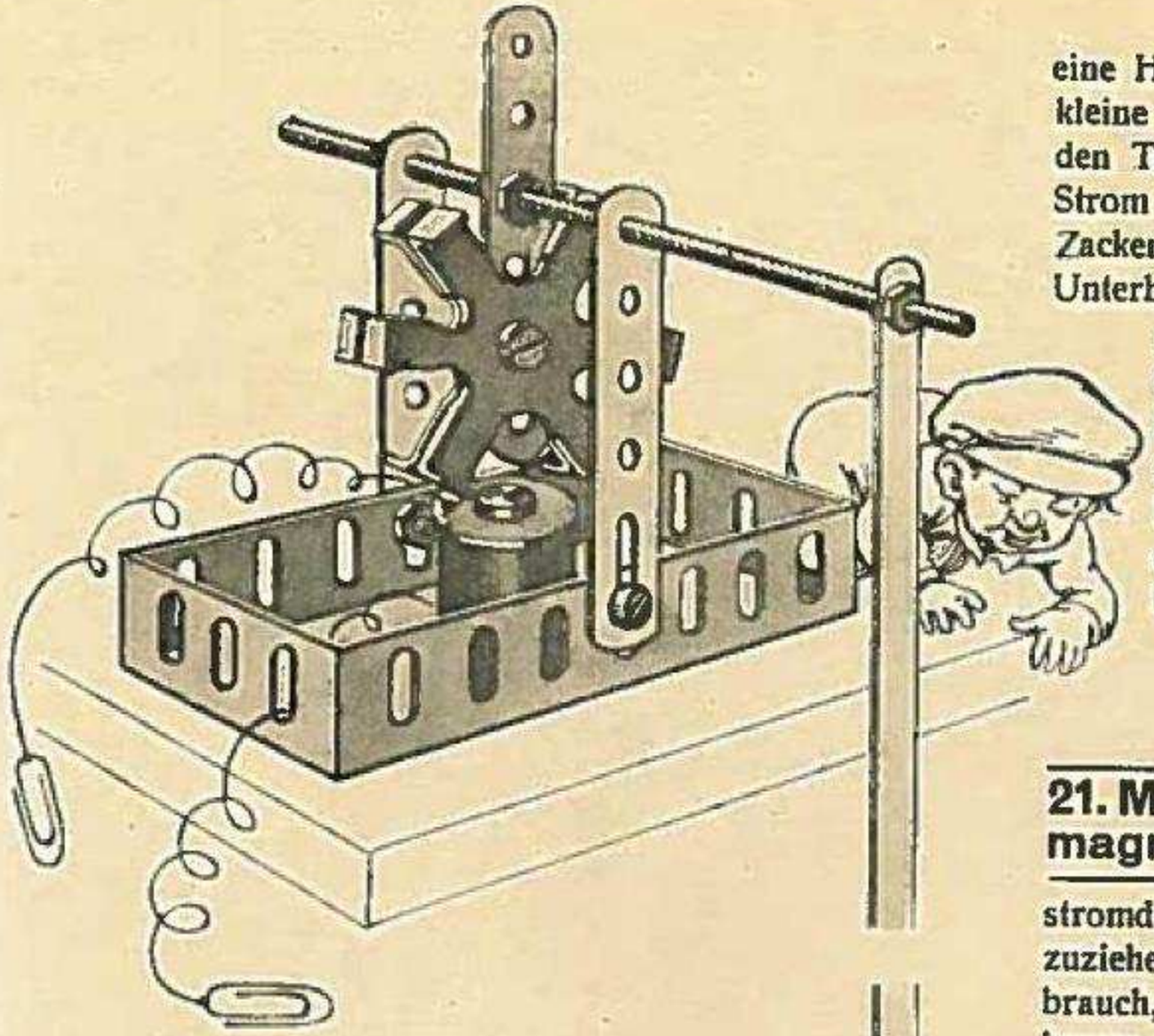


Abbildung 98

unsere beiden Polräder so, daß deren Zacken nach außen stehen. Außerhalb der beiden Lager klemmen wir an die Welle zwischen 2 Muttern einen langen Pappenstreifen oder eine Holzleiste. An deren unterem Ende binden wir eine kleine Figur an. Die ganze Vorrichtung setzen wir auf den Tisch in die Nähe der Kante. Wird die Spule vom Strom durchflossen, so zieht sie die ihr zunächst gelegenen Zacken der beiden Polräder an. Das Pendel schlägt aus. Unterbrechen wir den Strom, so schwingt das Pendel zurück. Durch Kontaktbetätigung im richtigen Moment erreichen wir, daß die Schaukel beliebig lange weiterschwingt. Es ist im Sinne des Versuchs 14 auf möglichst geringen Luftspalt zwischen Polradzacke und dem Pol des Elektromagneten zu achten. Als Stromquelle dienen Batterie oder Transformator.

21. Modell. Der elektromagnetische Hampelmann

Aus Versuch 47 hatten wir erkannt, daß eine stromdurchflossene Spule einen Eisenkern in sich hineinzuziehen vermag. Von dieser Tatsache machen wir Gebrauch, indem wir gem. Abb. 99 einen Hampelmann zappeln lassen. Wir hängen diesen an der Wand auf und befestigen am unteren Ende des Fadens unseren Eisenkern. Unter den Eisenkern stellen wir unser Fundament mit der Spule. Wird diese vom Strom durchflossen, so zieht sie den Eisenkern in sich hinein, wodurch Arme und Beine des Hampelmanns hochsteigen. Diese 4 Stücke — Arme und Beine — hochzuziehen, erfordert eine gewisse Kraft. Falls die Spule diese nicht aufbringt, empfiehlt es sich, ein Gegengewicht anzubringen. Dies kann in einigen an den Faden gebundenen Eisenstücken bestehen. Als Stromquelle dienen die Batterie oder der Transformator.

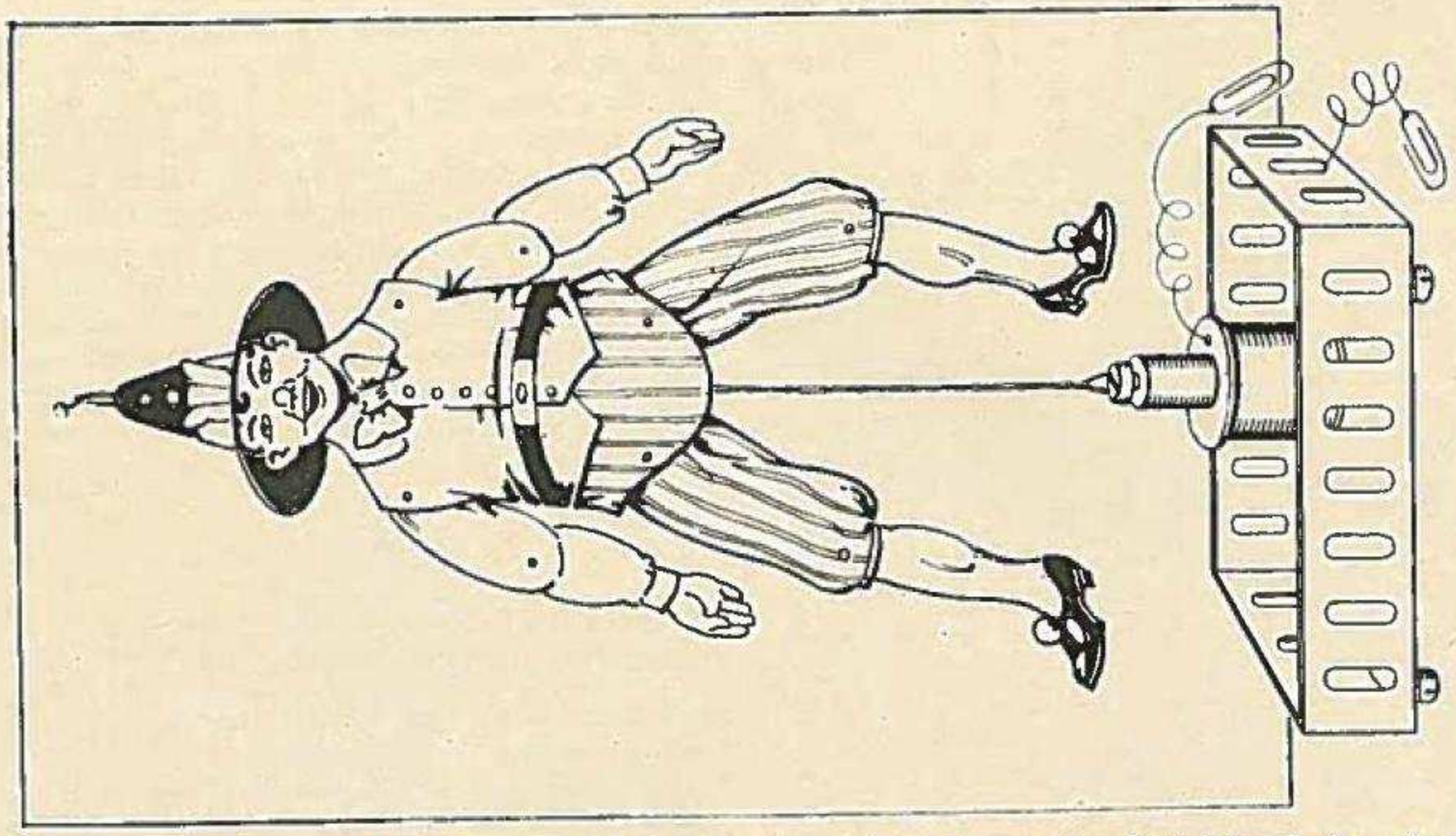


Abbildung 99

22. Modell. Das elektrische Läutewerk

Die Abb. 100 zeigt die Art der Befestigung unserer Glocke an einer der beiden langen Schrauben. Zunächst wird die Schraube — Kopf nach außen — durch die Glocke gesteckt. Dann wird eine Mutter auf die Schraube aufgebracht und die Glocke zwischen Mutter und Schraubenkopf s e h r f e s t geklemmt. Wir klemmen dann die Schraube mit der Glocke in ein Eckloch des Fundaments zwischen 2 weiteren Muttern fest. Mittels zweier Schrauben befestigen wir gem. Abb. 101 und 102 ein 6-Loch-Flacheisen an dem Deckel des Fundaments. An das freie Ende des 6-Loch-Flacheisens schrauben wir einen 2-Loch-Winkel und an diesen unsere 3-Loch-Bronzefeder. An das freie Ende der Bronzefeder schrauben wir ein 6-Loch-Flacheisen. In dem vorletzten Loch dieses Flacheisens befestigen wir mittels einer Mutter eine unserer Schrauben. Diese wirkt als Klöppel. In einem anderen Eckloch wird mittels eines 2-Loch-Winkels der Elektromagnet befestigt. Zwecks Vermeidung eines „Klebens" zwischen dessen freiem Pol und dem als Anker wirkenden Schraubenkopf präparieren wir

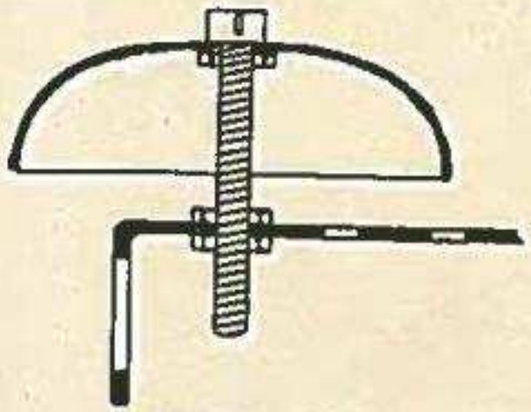


Abbildung 100

den freien Pol, wie wir es aus Abb. 88 gelernt hatten. Schicken wir einen Strom durch die Spule, so wird die dem Pol des Elektromagneten gegenüberliegende Klöppelschraube von diesem angezogen. Unterbrechen wir den Strom, so wird diese Schraube wieder freigegeben. Unter dem Einfluß der Federkraft der Bronzefeder schlägt die Schraube mit ihrem Gewindeende an die Glocke, so daß diese ertönt. Durch schnellere oder langsamere Kontaktgebung haben wir es in der Hand, die Bewegungen des

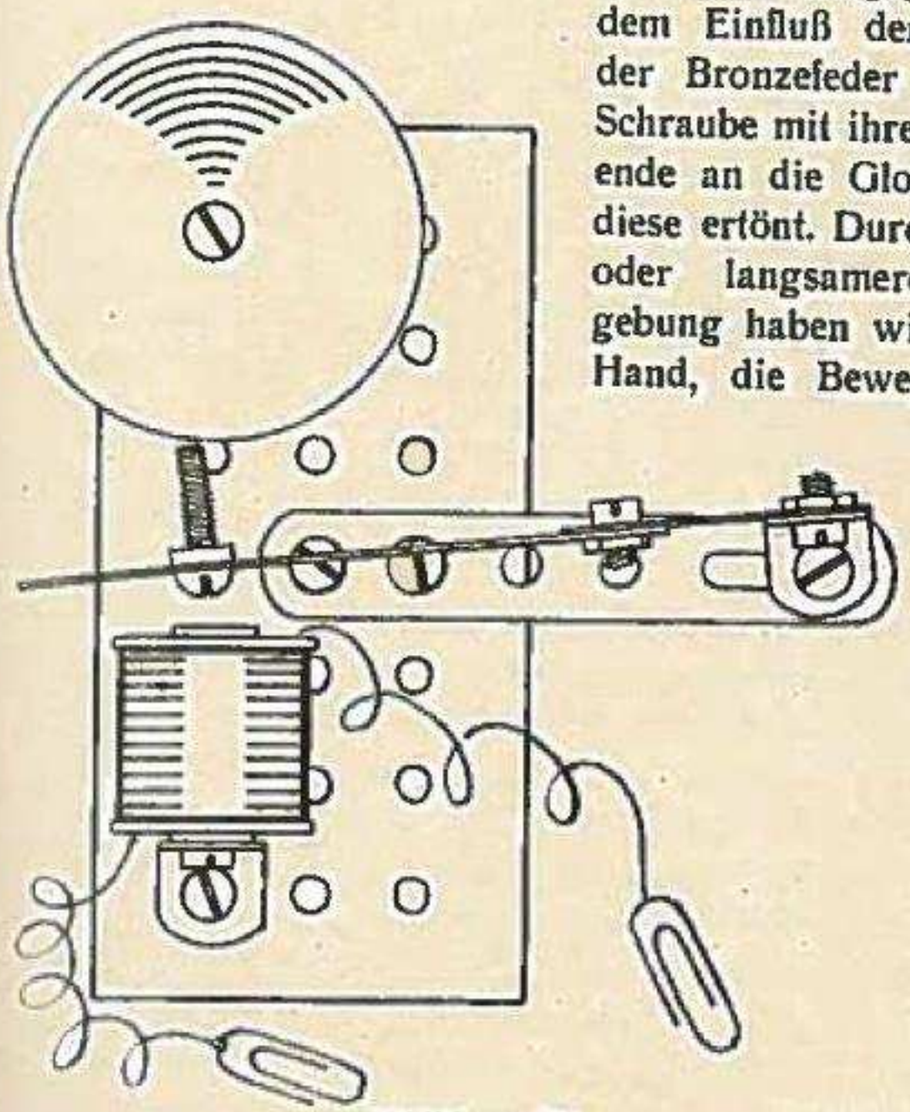


Abbildung 101

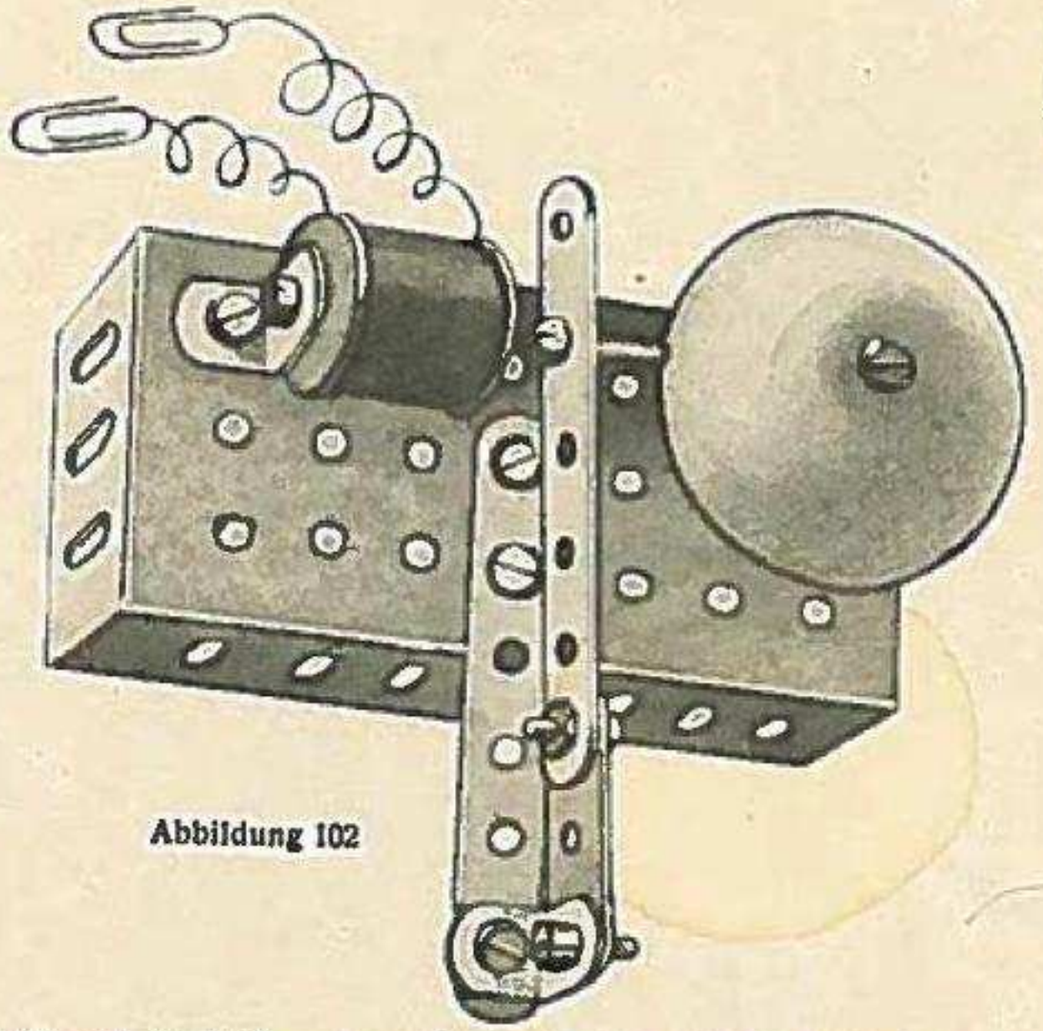


Abbildung 102

Klöppels zu beeinflussen und damit die Art des Läutens. Sehr vorteilhaft ist es hier, zwecks Kontaktgebung sich des Unterbrecherrades nach Abb. 73 zu bedienen. Durch schnelleres oder langsameres Drehen der Kurbel können wir die Glocke entsprechend betätigen.

23. Modell. Signal-Tableau

Gemäß Abb. 103 trägt das Fundament zwei 6-Loch-Flacheisen, die das Lager für die Gewindewelle bilden. Auf diese sind zwischen zwei Muttern die beiden Polräder geklemmt. Außerhalb der beiden Lager ist auf der einen Seite zwischen zwei Muttern das 5-Loch-Flacheisen geklemmt, das an seinem freien Ende die aus

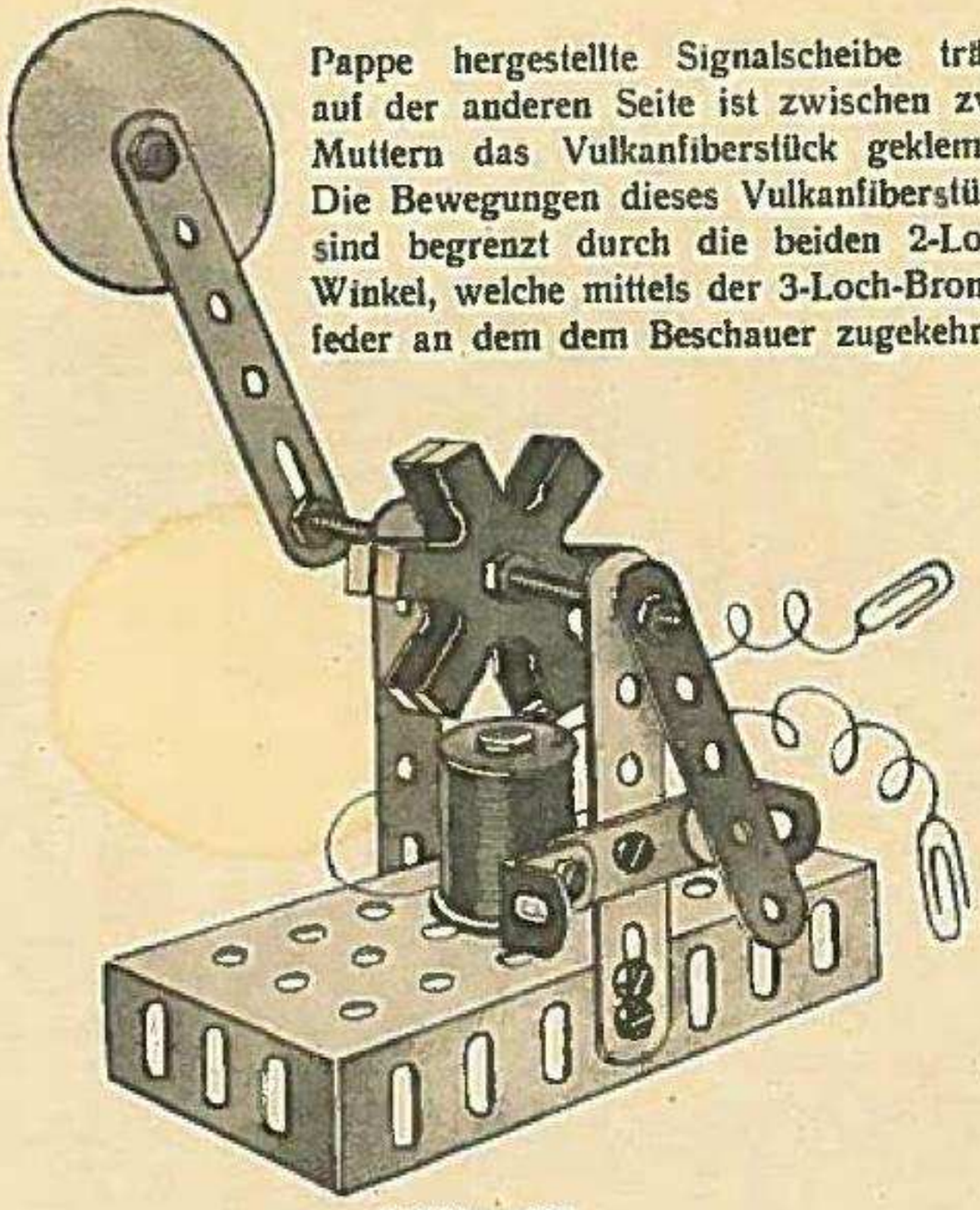


Abbildung 103

Pappe hergestellte Signalscheibe trägt; auf der anderen Seite ist zwischen zwei Muttern das Vulkanfiberstück geklemmt. Die Bewegungen dieses Vulkanfiberstücks sind begrenzt durch die beiden 2-Loch-Winkel, welche mittels der 3-Loch-Bronzefeder an dem dem Beschauer zugekehrten 6-Loch-Flacheisen befestigt sind. Der Elektromagnet ist auf der Mitte des Fundamentes angeschraubt. Wird er vom Strome durchflossen oder wie wir auch sagen können: wird er erregt, so zieht sein oberer Pol das nächstliegende Zackenpaar der Polräder an. Wird der Strom rechtzeitig unterbrochen, so klappt die Signalscheibe nach rechts um. Diese Bewegung findet darin ihre Begrenzung, daß das Vulkanfiberstück an den linken 2-Loch-Winkel anstößt. Bei nochmaliger Stromgabe klappt die Signalscheibe wieder nach links usw. — Aehnliche Signalvorrichtungen, die man Tableau nennt, werden dort verwendet, wo mittels vieler Klingeltaster eine einzige elektrische Glocke zum Tönen gebracht werden soll, z. B. in großen Hotels. In dem Stromkreis eines jeden Klingeltasters liegt ein solches Tableau. Liegen die Signalscheiben sämtlicher Tableaux nach links, ein einziges nur nach rechts, so weiß der Kellner, daß durch den mit diesem Tableau verbundene Klingeltaster die Glocke zum Tönen gebracht worden war. Aus der auf der Signalscheibe angebrachten Nummer kann er dann leicht das entsprechende Zimmer ersehen. Er muß dann von Hand die Signalscheibe wieder nach links klappen. Sobald dann durch einen beliebigen anderen Klingeltaster die Glocke zum Ansprechen gebracht wird, fällt die zu ihm gehörende Signalscheibe ebenfalls nach rechts.

24. Modell. Eisenbahnbarriere

Das Fundament trägt nach Abb. 104 das Vulkanfiberstück und das 5-Loch-Flacheisen. Beide bilden das Lager für die Gewindewelle. Auf dieser werden die nachstehenden Teile in folgender Reihenfolge aufgeschoben und zwischen zwei Muttern geklemmt:

6-Loch-Flacheisen, letztes Loch,
3-Loch-Bronzefeder, Mittelloch,
6-Loch-Flacheisen, letztes Loch.

Die kleine Skizze veranschaulicht diese Anordnung. Wie die Skizze ferner zeigt, werden zwischen die 6-Loch-Flacheisen die beiden 2-Loch-Winkel geklemmt, die dann den Anker für den auf der Mitte des Fundamentes angeschraub-

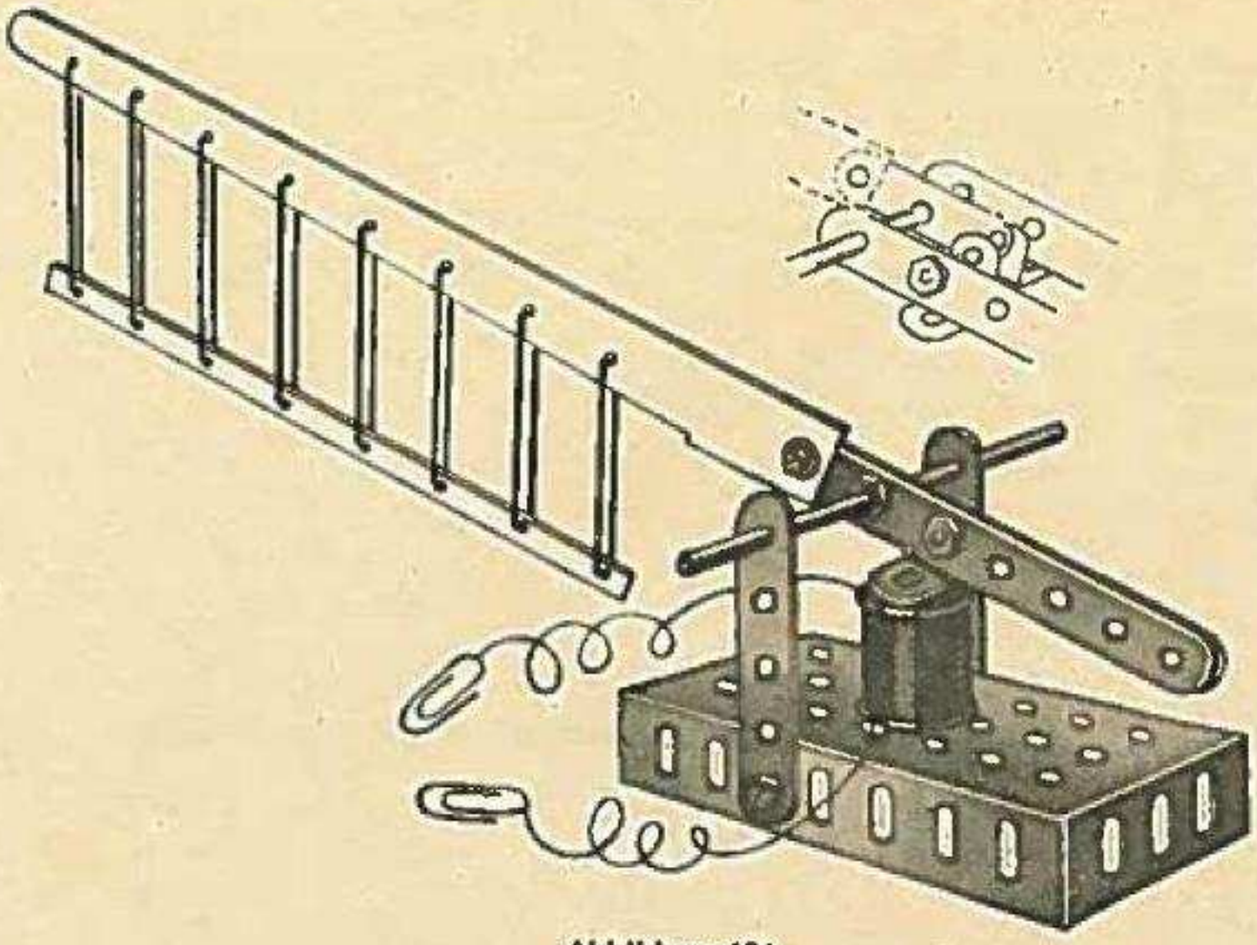


Abbildung 104

ten Elektromagneten bilden. Der obere Teil des Elektromagneten wird zweckmäßig zur Verhinderung des Anklebens des Ankers gemäß Abb. 88 vorbereitet. An das freie Ende der 3-Loch-Bronzefeder wird die eigentliche Barriere angeschraubt. Diese stellen wir im einfachsten Falle aus einem Stück Pappe her, das wir mit Tusche entsprechend bemalen. Schöner wirkt die Barriere, wenn wir sie aus zwei Pappstreifen oder zwei Holzleisten anfertigen, die durch 8 Drahtbügel locker verbunden werden. Die so fertiggestellte Barriere muß gut ausbalanciert werden. Ihre linke Hälfte muß etwas schwerer sein als die rechte, damit sie im Ruhezustande sich nach links senkt. Wird der Elektromagnet erregt, so zieht sein oberer Pol die beiden 2-Loch-Winkel an. Die Barriere steigt hoch.

Die Barriere stellt eine schöne Ergänzung einer kleinen Spielzeugeisenbahn dar.

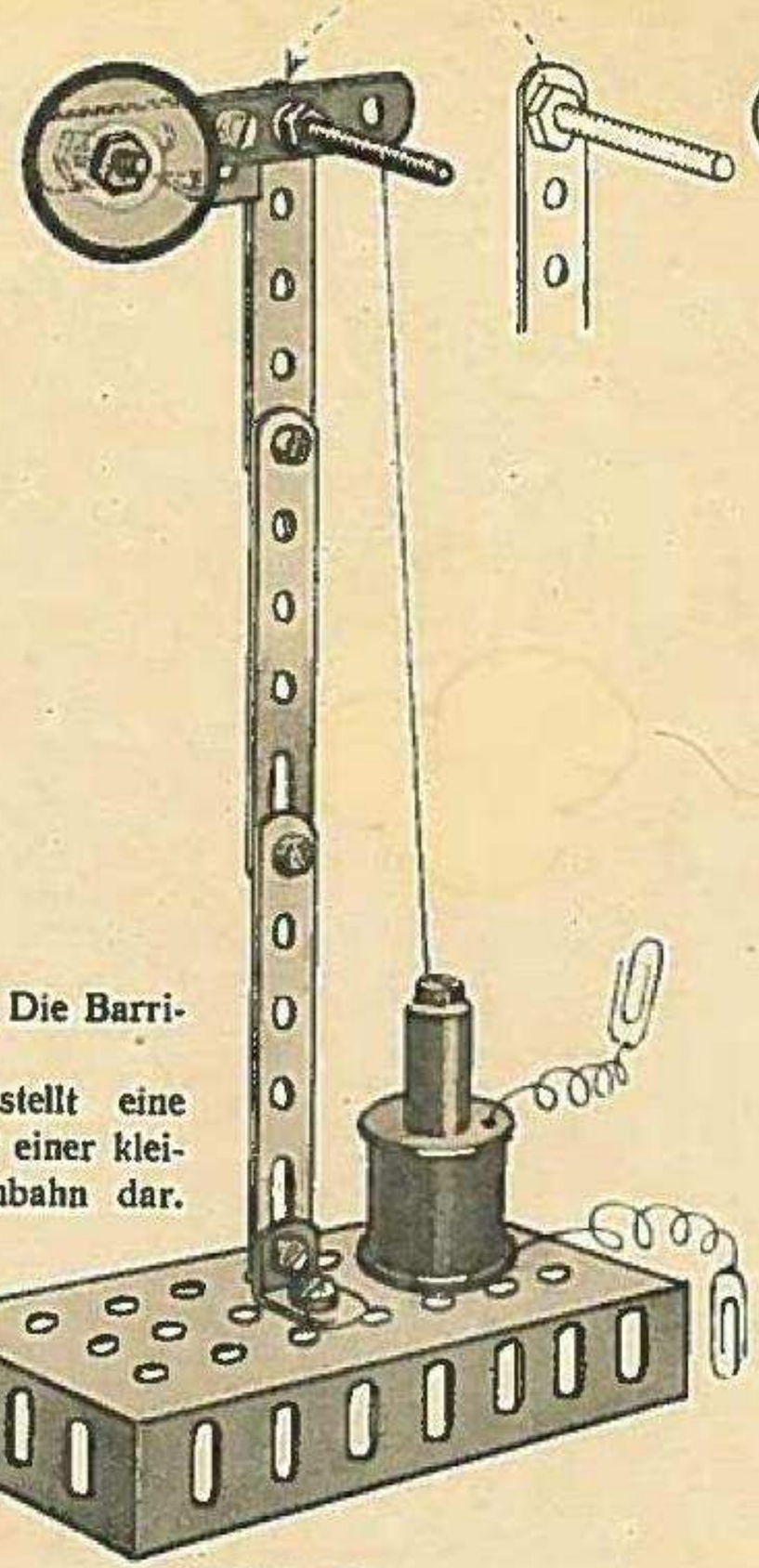


Abbildung 105

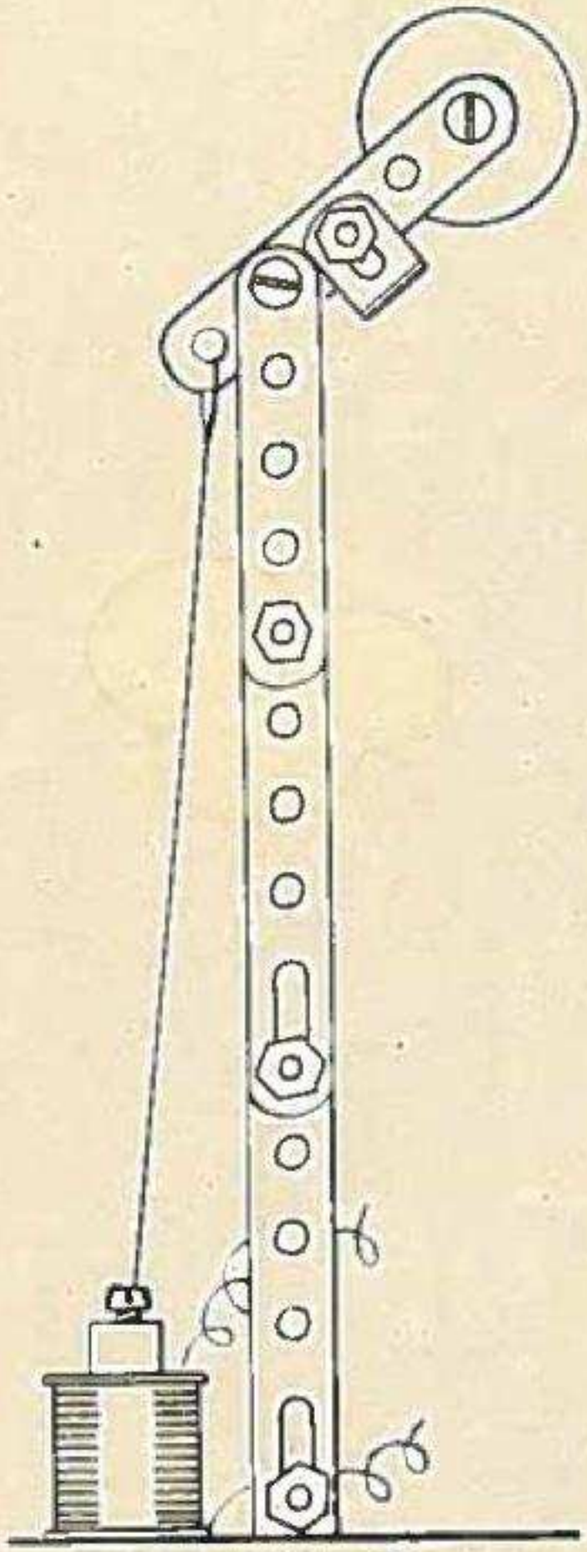


Abbildung 106

25. Modell. Eisenbahnsignal

Bei diesem Signal bedienen wir uns der aus Versuch 47 kennengelernten Fähigkeit einer stromdurchflossenen Spule, einen Eisenkern in sich hineinzuziehen. Auf das Mittelloch des Fundamentes schrauben wir gem. Abb. 105 einen 2-Loch-Winkel und an diesen durch Zusammenfügen von zwei 6-Loch-Flacheisen und einem 5-Loch-Flacheisen die Stange. In das oberste Loch schrauben wir eine unserer langen Schrauben mittels einer Mutter fest (vgl. die kleine Skizze 105). Auf diese so befestigte Schraube schieben wir unser Vulkanfiberstück, dessen freies Ende die entsprechend bemalte Signalscheibe, die wir aus Pappe ausschneiden, trägt. Gem. Abb. 107 schrauben wir auf das Fundament die Schnurenscheibe unseres Baukastens und schieben über diese die Spule. Den Eisenkern verbinden wir gem. Abb. 106 mit dem linken Hebelarm des Signals durch einen dünnen Faden. Wird die Spule vom Strome durchflossen, so zieht sie den Eisenkern in sich hinein und hält ihn solange fest, wie der Strom durch sie fließt. Dadurch wird die

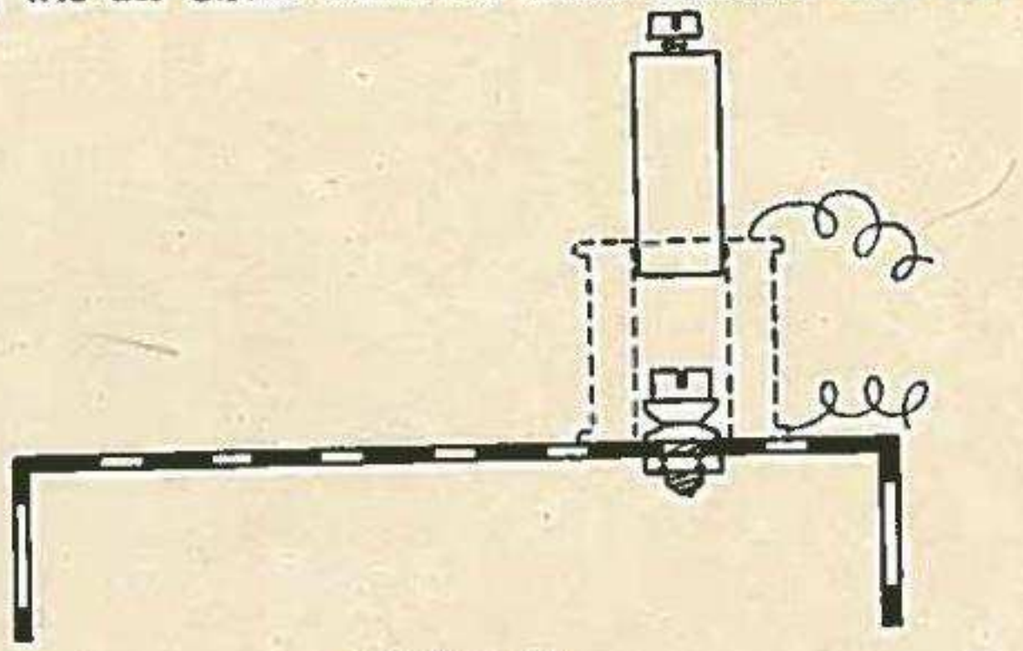


Abbildung 107

Signalscheibe hochgezogen. Abb. 106 zeigt das Signal in diesem Zustande. Wird der Stromkreis unterbrochen, so senkt sich die Scheibe und zieht, wie Abb. 105 zeigt, den Eisenkern aus der Spule. Gem. Abb. 106 trägt der Signalarm noch einen 2-Loch-Winkel. Dieser dient als Anschlag, d. h. er verhindert, daß die Signalscheibe sich weiter senkt als es Abb. 105 zeigt. Ist also die Spule nicht vom Strome durchflossen, so muß der Signalarm waagerecht stehen. Auch diese Vorrichtung ist gut auszubalancieren. Die Signalscheibe darf nicht zu schwer sein, damit der Magnetismus sie auch wirklich hochzuziehen vermag; sie darf nicht zu leicht sein, sonst senkt sie sich nicht. Auch dieses Modell läßt sich vortrefflich in Verbindung mit einer Spielzeugeisenbahn verwenden.

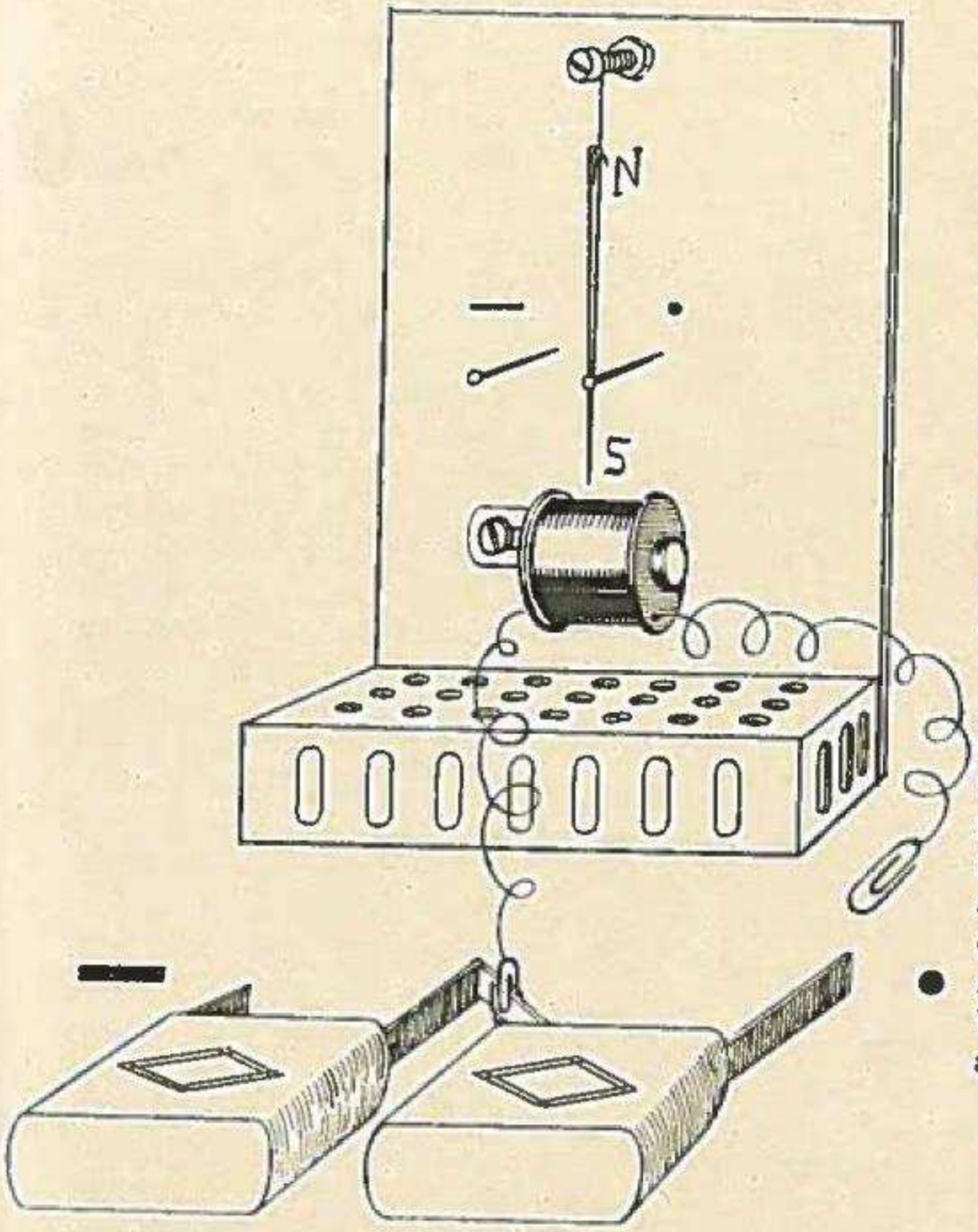


Abbildung 108

26. Modell. Elektromagnetischer Telegraphenapparat

Man nennt eine jede Vorrichtung, die dazu dient, Nachrichten in die Ferne zu übermitteln, Telegraphen (griech. tele = fern, graphein = schreiben). Als Troja gefallen war, übermittelten die siegreichen Griechen diese frohe Botschaft durch Feuersignale nach der Heimat. Dies ist die älteste Kunde, die wir von einer optischen Telegraphie haben. 1840 entwickelte der amerikanische Maler Morse seinen ersten Schreibtelegraphen, der noch heute im Gebrauch ist. Dort wird über einen Farbstift ein Papierstreifen mittels eines Uhrwerks hinweggezogen. Mit dem Farbstift ist der Anker eines Elektromagneten verbunden. Wird dieser durch den Strom erregt, so drückt er den Farbstift gegen den Papierstreifen. Solange der Strom andauert, drückt also der Farbstift gegen den bewegten Papierstreifen und hinterläßt dort einen Strich. Je länger die Kontaktgebung erfolgt, um so längere Zeit drückt der Anker den Farbstift gegen den Papierstreifen, um so länger wird der Strich. Bei kurzer Kontaktgebung, die über einen Telegraphenschlüssel ähnlich einem solchen gem. Abb. 72 erfolgt, ergibt sich ein kurzer Strich auf dem Papierstreifen. Aus langen und kurzen Strichen oder wie man sagt: aus Strichen und Punkten ist das Alphabet zusammengesetzt; man kann also jedes beliebige Wort telegraphieren. Das noch heute gültige Morsealphabet sieht folgendermaßen aus:

a	· —	g	— — ·	m	— —
b	— · · ·	h	· · · ·	n	— ·
c	— · — ·	i	· ·	o	— — —
d	— · ·	j	· — — —	p	· — — ·
e	·	k	— · —	q	— — · —
f	· · — ·	l	· — · ·	r	· — ·

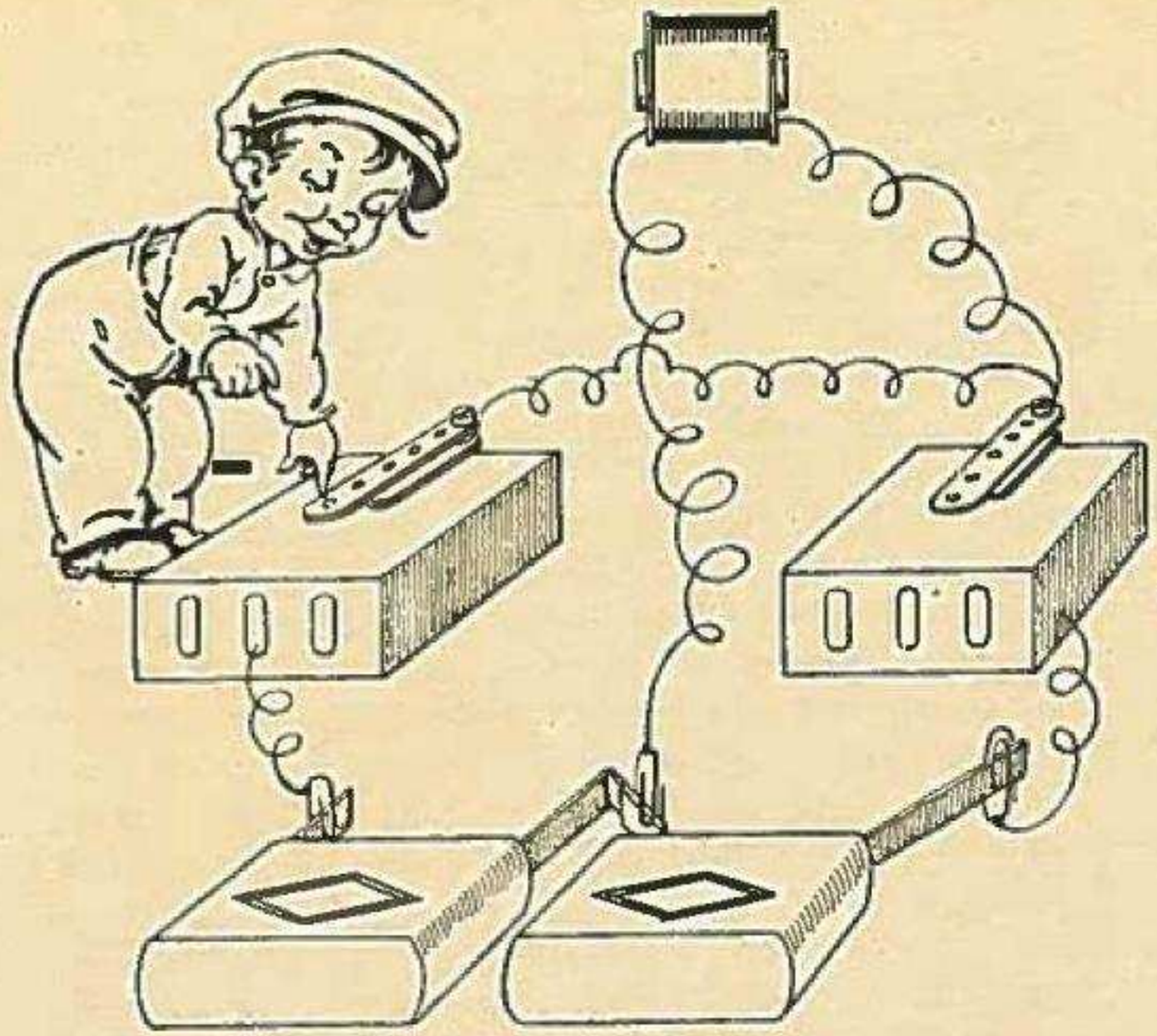


Abbildung 109

s	· · ·	v	· · · —	y	— · — —
t	—	w	· — —	z	— — · ·
u	· · —	x	— · · —		

Wir bauen den Vorläufer des Schreibtelegraphen, den sog. Zeigertelegraphen. Hinten an das Fundament schrauben wir gemäß Abb. 108 einen Zigarrenkistendeckel. Mittels des 2-Loch-Winkels schrauben wir an diesen den Elektromagneten. Oben am Brett befestigen wir gerade über der Mitte des Elektromagneten eine Schraube und hängen an diese mittels eines dünnen Seidenfadens eine gemäß Versuch 5 polarisierte Stopfnadel. Zu beiden Seiten der Stopfnadel stecken wir in das Brett zwei Stecknadeln aus Messing. Diese dienen als Anschlagstifte. Sie verhindern, daß die Nadel zu weit ausschlägt und bewirken, daß sie nicht zu lange pendelt, sondern sofort bei Kontaktgebung zur Ruhe kommt. Ueber die rechte Nadel haben wir einen Punkt gemalt; dieser besagt: Das Ausschlagen der Nadel nach rechts bedeutet nach dem Morsealphabet einen Punkt. Sinngemäß bedeutet ein Ausschlag der Nadel nach links einen Strich. Diese Vorrichtung ist die Empfangsstation. Die Sendestation, die zweckmäßig in einem anderen Zimmer untergebracht ist, besteht im einfachsten Falle aus zwei Taschenlampenbatterien. Gem. Abb. 108 sind diese so zusammengeschaltet, daß der lange Messingstreifen der linken mit dem kurzen der rechten Batterie durch eine Klammer verbunden ist. Von dieser Klammer aus geht ein Draht nach der Empfangsstation in die Spule. Das andere Spulendrahtende verlängern wir ebenfalls durch einen sog. Klingeldraht (d. i. ein mit Baumwolle isolierter und gewachster Kupferdraht) und befestigen an dem freien Ende eine zweite Klammer. Berühren wir jetzt in der Sendestation mit dieser den rechten freien Messingstreifen der rechten Batterie, so schlägt die Nadel in der Empfangsstation nach rechts aus; berühren wir den linken freien Messingstreifen der linken Batterie, so schlägt die Nadel nach links aus. Wir verabreden uns mit einem Freunde, den wir an den Empfangsapparat setzen. Er muß die Zeichen, die wir ihm telegraphieren, nach Punkten und Strichen aufschreiben und sie dann mit Hilfe des Morsealphabets entziffern. Geben wir unserem Freunde eine zweite Sendestation in Gestalt zweier Batterien in sein Zimmer und verbinden diese mit einer zweiten

Empfangstation in unserem Zimmer, so haben wir eine vollständige Telegraphenanlage geschaffen. Wir können uns gewissermaßen mit Hilfe des Morsealphabets unterhalten.

Schöner noch sind die Spielmöglichkeiten, wenn wir zwei Telegraphenschlüssel für jede Sendestation verwenden, wie es Abb. 109 zeigt. Ein Druck auf den rechten Telegraphenschlüssel (dessen Zusammenbau Abb. 72 zeigt) läßt die Nadel nach rechts, ein Druck auf den linken Schlüssel läßt sie nach links ausschlagen. Die Abb. 109 zeigt also die aus 2 Batterien und 2 Telegraphenschlüsseln gebildete Sendestation sowie die durch die Spule angedeutete Empfangsstation. Die nach der Spule der Empfangsstation führenden beiden Drähte sind natürlich viel länger als auf der Abbildung. Bei Verwendung von sog. Klingeldraht können wir sie gut 50 Meter lang und mehr machen.

Was bedeutet das folgende Telegramm?

· ·—·· · —·—· — ·—· ·· —·—· —···

·— ··— —·— ·— ··· — · —·

Die Wirkungsweise unseres Apparats ist folgende: Berühren wir gem. Abb. 108 mit der Klammer den freien Pol der rechten Batterie, so fließt der Strom in einer solchen Richtung durch die Spule, daß rechts ein N-, links ein S-Pol entsteht. Der N-Pol zieht die S-Pol-Spitze der Nadel an, sie schlägt nach rechts aus. Wir können uns statt dessen auch vorstellen, daß der S-Pol links am Elektromagneten die S-Spitze der Nadel abstößt, wodurch sie ebenfalls nach rechts bewegt werden würde. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn wir den linken Pol der linken Batterie mit der Klammer berühren. Die Spule wird dann in umgekehrten Sinne vom Strome durchflossen, ihre Pole werden vertauscht und die Nadel muß aus denselben Gründen nach links ausschlagen. Wir machen also bei diesem Modell wiederum Gebrauch von dem aus den Versuchen 17 bis 26 gelernten Gesetz: Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an. Dieser Telegraphenapparat kann natürlich wie alle Apparate, die einen Dauermagneten (das ist die magnetisierte Stopfnadel) enthalten, nur mit Gleichstrom betrieben werden.

27. Modell. Elektromagnetische Briefwaage

Aus dem Versuch 55 wissen wir: Je größer die Spannung, desto stärker der Strom, desto stärker der von ihm erzeugte Magnetismus. Wir können also aus der Anziehungskraft eines Elektromagneten bis zu einem gewissen Grade auf die Stärke des ihn erzeugenden Stroms schließen. Gemäß Abb. 110 schrauben wir an das Fundament ein 5-Loch-Flacheisen und ein Vulkanfiberstück. Beide Teile bilden das Lager für die Gewindewelle, auf die die beiden 2-Loch-Winkel geschoben sind. An diese ist ein Stab geschraubt, der aus zwei 6-Loch-Flacheisen besteht. Das Ende des Stabes trägt die Glocke unseres Baukastens. Unter dem aus den beiden 6-Loch-Flacheisen gebildeten Stab ist der Elektromagnet auf das Fundament geschraubt. Unter die Glocke stellen wir eine gewöhnliche Briefwaage. Zur Ausgleichung der Höhenunterschiede legen wir unter das Fundament einige Bücher. Erregen wir den Elektromagneten, so zieht er das als Anker wirkende 6-Loch-Flacheisenstück an. Die Glocke drückt auf die Briefwaage und deren Zeiger schlägt aus, so daß er auf der Skala der Briefwaage eine bestimmte Anzahl von Gramm anzeigt. Es wäre nun natürlich falsch zu sagen, wir hätten die Spannung unserer Batterie, oder den Strom oder den Magnetismus g e w o g e n. Elektrizität und Magnetismus lassen sich nicht wägen, weswegen man sie auch Imponderabilien (lat. imponderabilis = unwägbar) nennt. Wir haben aber

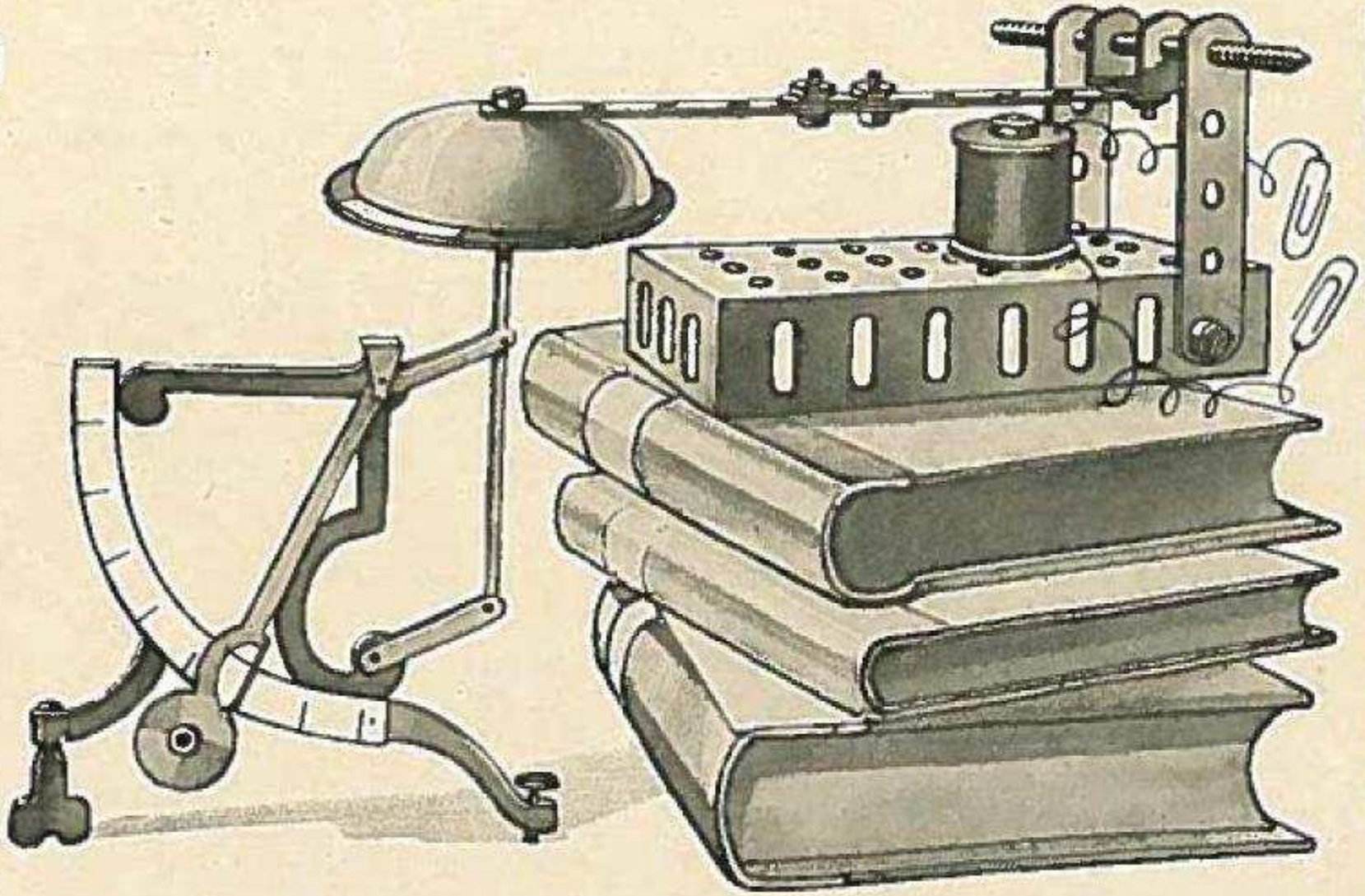


Abbildung 110

diese Kräfte gemessen. Es wäre nun aber wiederum falsch, z. B. von 10 Gramm Magnetismus zu sprechen, sondern die Stärke des Magnetismus wird durch andere Größen als Gramm gemessen und bestimmt. Wir können aber sagen: Die an dem Anker befindliche Glocke drückt auf unsere Briefwaage mit demselben Gewicht wie ein 10-Gramm-Gewicht. Gemäß Versuchen 51 bis 55 schicken wir durch die Spule den Strom eines einzigen Elementes, dann den Strom von 6 Elementen (2 Batterien), ferner den Strom unseres Transformators usw. und finden, daß diese Vorrichtung uns gestattet, die Stärke verschiedener Stromquellen miteinander zu vergleichen. An dieser Vorrichtung können wir sehr gut einen Klingeltransformator mit einer Taschenlampenbatterie vergleichen, ferner die Spannung einer neuen Batterie mit der einer verbrauchten usw. Die Vorrichtung läßt sich mit Wechsel- und Gleichstrom betreiben.

28. Modell. Meßinstrument

Wir schrauben, wie Abb. 111 zeigt, an das Fundament eine starke Pappe oder besser noch einen Zigarrenkistendeckel. An diesen schrauben wir mittels eines 2-Loch-Winkels den Eisenkern und schieben über diesen unsere Spule. Wir magnetisieren gemäß Versuch 5 eine Stopfnadel und hängen diese mittels eines dünnen Seidenfadens an eine oben am Brett angebrachte Schraube auf. Erregen wir jetzt den Elektromagneten mittels Gleichstrom, so, daß den Polen des Elektromagneten gleichnamige Pole an der Stopfnadel gegenüberliegen, so wird diese abgestoßen, wie es die punktierte Nadel zeigt. (Wird die Nadel angezogen statt abgestoßen, so müssen wir die Stromrichtung in der Spule umkehren.) Die Größe des Ausschlagwinkels, den die abgestoßene Nadel mit der

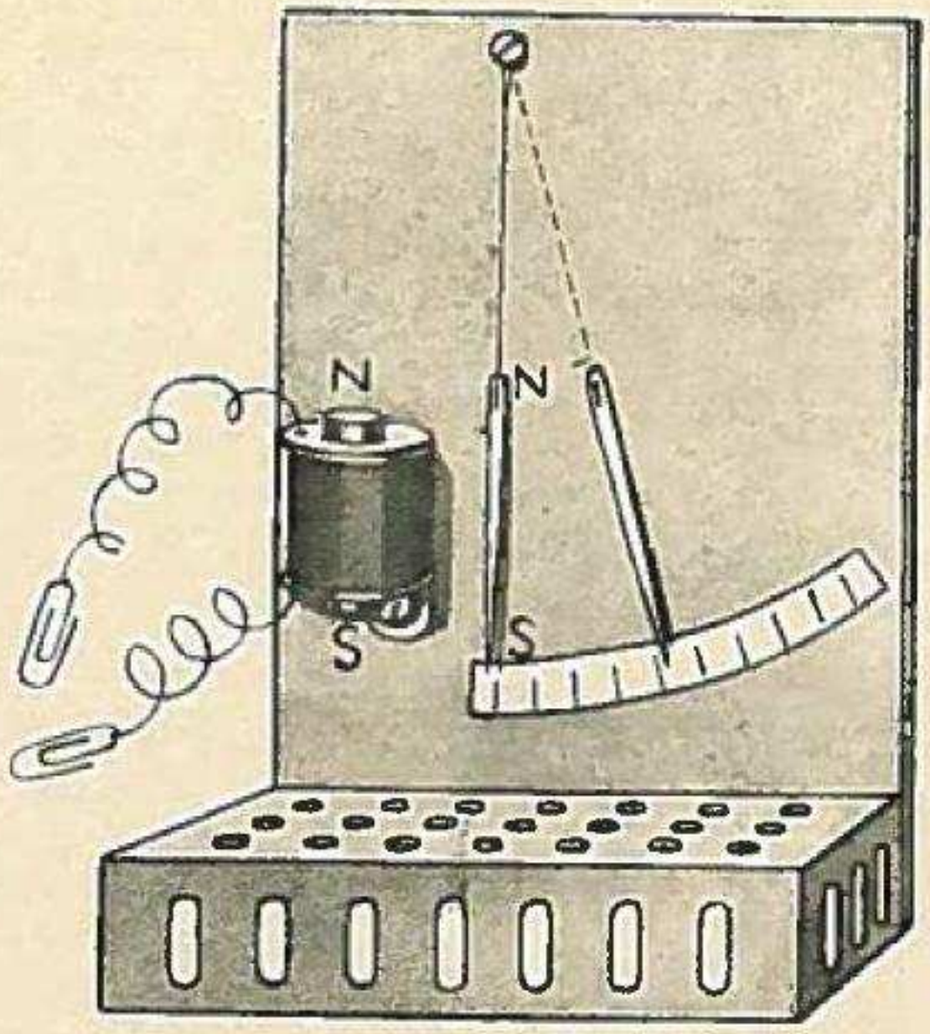


Abbildung 111

in Ruhe befindlichen einnimmt, ist eine geeignete Grundlage zum Messen von Magnetismus, Strom und Spannung; denn die zwischen Elektromagneten und Nadel herrschende abstoßende Kraft ist umso größer, je stärker der Magnetismus an den Polen des Elektromagneten ist. Wir wissen, daß an den Polen einer neuen Taschenlampenbatterie eine Spannung von 4½ Volt herrscht. Wir verbinden eine solche mit der Spule, die Nadel schlägt aus und wir schreiben an die Stelle der Skala, an der sich jetzt der Zeiger befindet, die Zahl 4½. Wir verbinden die Spule mit zwei Elementen der geöffneten Taschenlampenbatterie, dann mit einem und schreiben dann sinngemäß auf die Skala eine 3 bzw. 1½. Mit Hilfe dieser Notierungen können wir feststellen, ob eine Batterie schwächer ist als eine andere; denn in diesem Falle werden die von uns auf der Skala notierten Werte von 4½, 3 und 1½ Volt nicht erreicht. Falls vorhanden, verbinden wir einen Akkumulator mit unserer Spule und finden auch für dessen Spannung die ungefähren Werte in Volt. Bei ein und demselben Akkumulator können wir durch Messungen innerhalb größerer Zeitabschnitte den Stand seiner Entladung feststellen. Je mehr er entladen ist, umso geringer ist der Ausschlag der als Zeiger dienenden Nadel. — Es ist darauf zu achten, daß die Nadel im Ruhezustande sich nicht zu nah an dem Elektromagneten befindet. Es könnte sonst passieren, besonders wenn wir den Elekromagneten durch starke Ströme zu stark erregen, daß die Nadel nicht abgestoßen würde, sondern angezogen. Hieraus müßten wir dann schließen, daß sie, ehe die Abstoßung eintrat, ummagnetisiert worden sei. (Vgl. Versuch 44.) Diese Vorrichtung geht mit Wechselstrom nicht, weil ja dann die Polarität des Elektromagneten 100mal in der Sekunde wechseln würde. Die magnetisierte Nadel würde so schnell weder angezogen noch abgestoßen, so daß sie höchstens in leises Zittern geraten würde (vgl. Abb. 64 bis 67).

29. Modell. Apparat zur Feststellung des Einflußes eines Luftspaltes auf die Tragkraft eines Elektromagneten

Gemäß Abb. 112 versehen wir das Fundament mit einem 5-Loch-Flacheisen und dem Vulkanfiberstück, die das Lager für die Gewindewelle bilden. Diese trägt die beiden 2-Loch-Winkel, an die die beiden 6-Loch-Flacheisen geschraubt

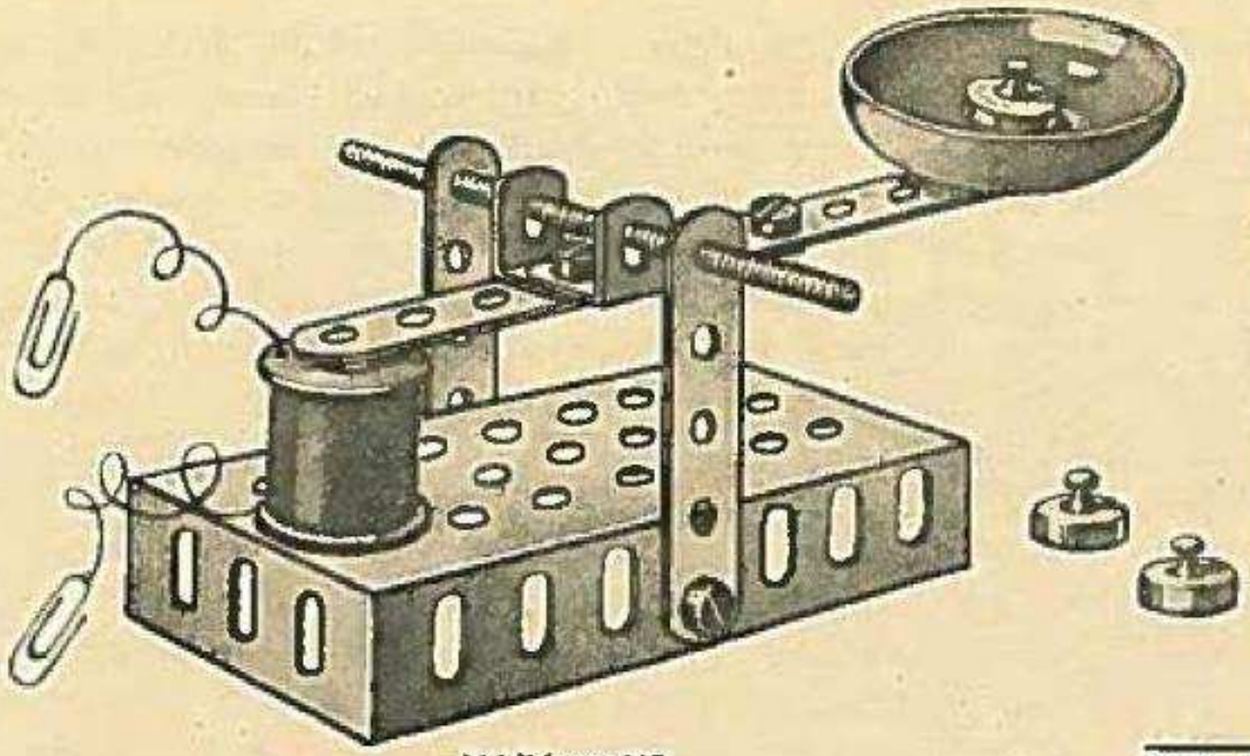


Abbildung 112

sind. Unter dem linken Ende des linken Flacheisenstücks, das so als Anker wirkt, ist der Elektromagnet auf das Fundament angeschraubt. Am rechten Ende des rechten Flacheisenstücks ist die Glockenschale befestigt. Sie dient zur Aufnahme verschiedener Gewichte. Wir erregen den Elektromagneten. Der Anker haftet fest an seinem oberen Pol. Wir belasten die Glockenschale solange mit Gewichten, bis der Anker vom Pol **abreißt**. Die Gewichtzahl in Gramm, die hierzu erforderlich war, notieren wir uns. Wir wiederholen den Versuch, legen aber zwischen Anker und Pol eine Postkarte, dann zwei usw. und finden, daß bald viel weniger Gramm genügen, um das Abreißen zu bewirken. Wir sehen hier sehr schön das uns aus Versuch 13 bis 15 bereits bekannte Gesetz wiederum bewiesen: Die Anziehungskraft eines Magneten nimmt mit der Entfernung ab.

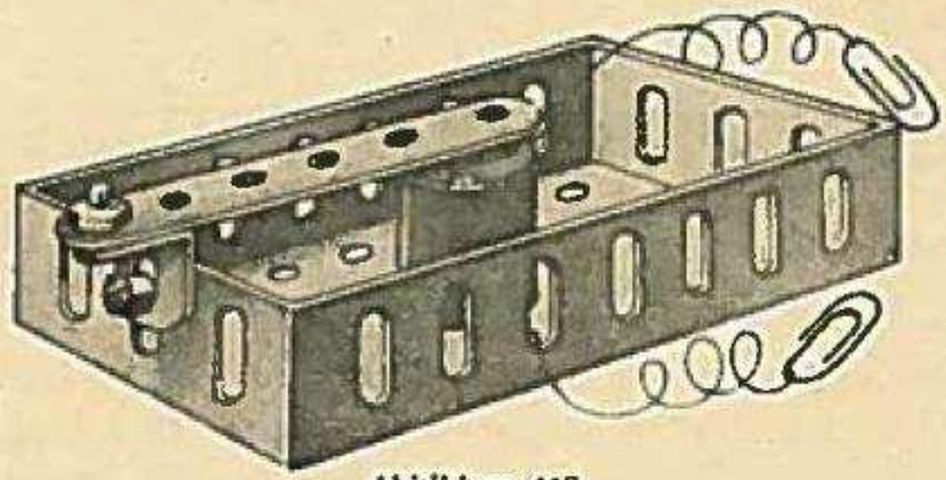


Abbildung 113

30. Modell. Wechselstromhupe ohne Unterbrecher

Innen in die Mitte des Fundamentes schrauben wir unseren Elektromagneten gem. Abb. 113. Außen an die links aus der Abbildung ersichtliche Stirnseite schrauben wir den 2-Loch-Winkel und an diesen das 6-Loch-Flacheisen. Den Winkel stellen wir so ein, daß zwischen dem freien Ende des 6-Loch-Flacheisens und dem oberen Pol des Elektromagneten ein Luftspalt von etwa 3 mm vorhanden ist. Erregen wir nun den Elektromagneten mittels Wechselstroms z. B. aus einem Klingeltransformator, so gerät das 6-Loch-Flacheisen in Schwingungen und die Hupe brummt. Verringern wir den Luftspalt durch Verstellen des 2-Loch-Winkels, so wird das Brummen lauter; es geht schließlich in Schnarren über, nämlich dann, wenn der Luftspalt so klein wird, daß das rechte Ende des 6-Loch-Flacheisens an den oberen Pol des Elektromagneten anstößt. Zur Betätigung der Hupe verwenden wir am besten wiederum den Klingeltaster nach Abb. 72. Woher kommen diese Schwin-

gungen des 6-Loch-Flacheisens? Erklärt Euch diese selbst aus den Abb. 64 bis 67. Diese Hupe geht n i c h t mit Gleichstrom. Wir verbinden die Spule mit einer Gleichstromquelle z. B. der Batterie und finden, daß der Anker einfach an den oberen Pol des Elektromagneten angezogen wird und dort k l e b e n bleibt.

31. Modell. Gleichstromhupe mit Unterbrecher

Wir schrauben, wie Abb. 114 zeigt, an die linke Schmalseite des Fundaments das Vulkanfiberstück, an die rechte das 5-Loch-Flacheisen. Mittels eines 2-Loch-Winkels befestigen wir an dem Vulkanfiberstück die 3-Loch-Bronzefeder, an dem 5-Loch-Flacheisenstück ebenfalls mittels eines Winkels ein 6-Loch-Flacheisen. Unter dessen freiem Ende wird der Elektromagnet aul das Fundament geschraubt. Zwischen seinem oberen Pol und dem 6-Loch-Flacheisen lassen wir wiederum einen Luftspalt von 2 bis 3 mm. Diese Bronzefeder berührt l e i c h t das 6-Loch-Flacheisen. Die S c h a l t u n g wird so vorgenommen, daß der Strom aus der Batterie in das eine Spulendrahtende fließt, dann durch die Spule und das zweite Drahtende in die Bronzefeder, von da in das 6-Loch-Flacheisen, durch das Fundament und in die Batterie zurück. Der Stromkreis ist damit geschlossen, der Elektromagnet erregt. Sein oberer Pol zieht das als Anker dienende 6-Loch-Flacheisen an. Damit wird aber zwischen 6-Loch-Flacheisen und 3-Loch-Bronzefeder der Stromkreis unterbrochen. Der Elektromagnet wird stromlos, verliert seinen Magnetismus und gibt das 6-Loch-Flacheisen frei. Dieses federnde Stück bewegt sich wieder nach oben, stößt wieder an die Bronzefeder an, schließt den Strom, der Eisenkern wird magnetisch, zieht das 6-Loch-Flacheisen wieder an usw. Die Berührungsstelle zwischen Bronzefeder und 6-Loch-Flacheisen nennt man auch Kontaktstelle (lat. contingere = sich berühren), die beiden Teile, die durch ihre Berührung den Stromkreis schließen (in diesem Falle Bronzefeder und 6-Loch-Flacheisen) nennt man auch kurz K o n t a k t e. Diese Hupe läßt sich mit Gleich- und Wechselstrom betreiben.

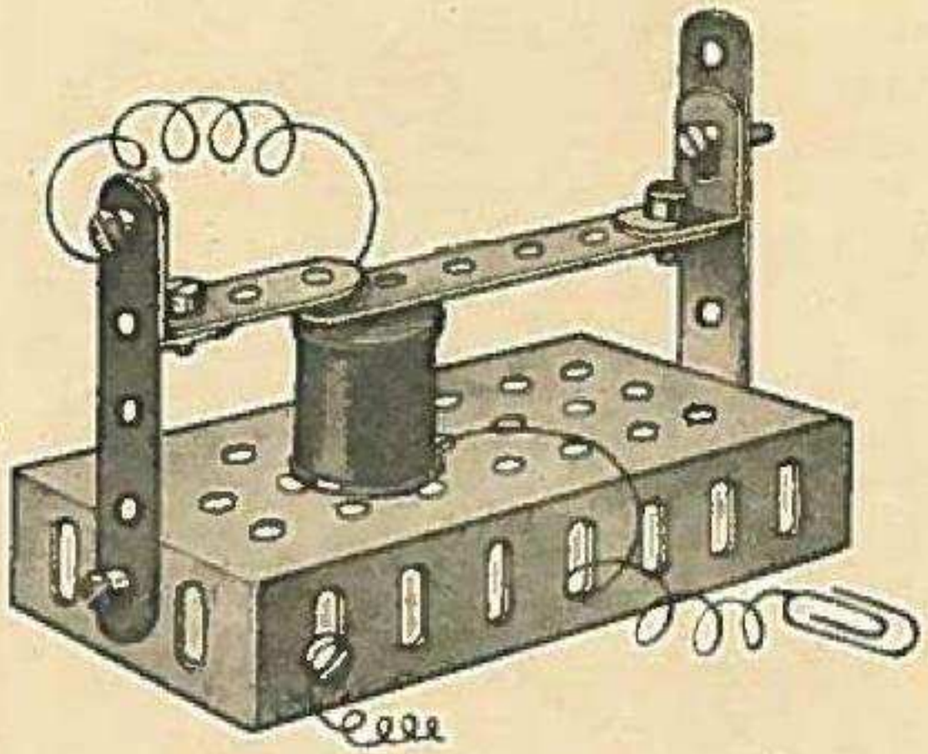


Abbildung 114

32. Modell. Polräder

Die Polräder benutzen wir als Rotoren, Läufer oder Anker unserer Elektromotoren. Dem Baukasten liegen zwei solcher Polräder bei. Für einen Motor würde an sich ein einziges solches Polrad genügen. Er läuft aber kräftiger, wenn wir stets zwei verwenden. Wir können sie so auf der Gewindewelle anordnen, daß die Zacken gem. Abb. 115 voneinander wegstehen, oder gem. Abb. 116 so, daß die

Zacken einander zugekehrt sind. Die Polräder werden zwischen mindestens zwei Muttern festgeklemmt. Es ist aber zweckmäßiger, wenn wir gem. Abb. 116 im ganzen vier Muttern verwenden, von denen die beiden äußeren als sog. Kontermuttern wirken. Sie verhindern, daß

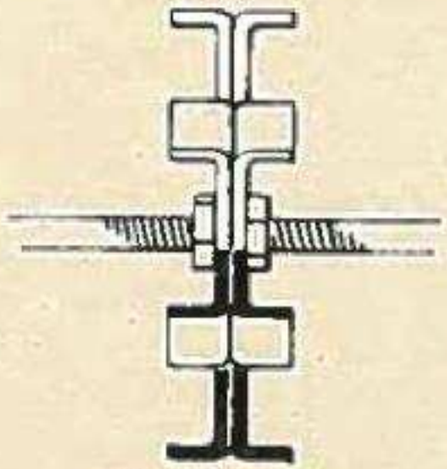


Abbildung 115

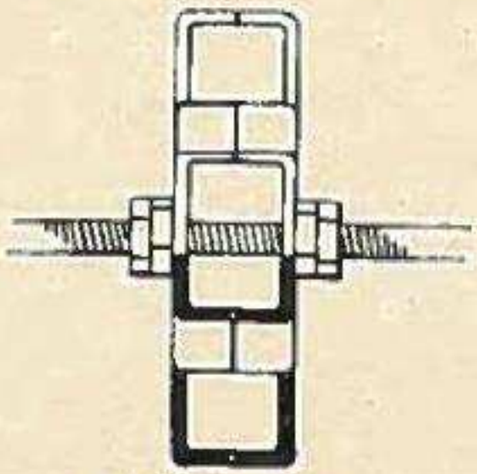


Abbildung 116

sich die Polräder während des Laufens des Elektromotors auf der Welle losdrehen. Ordnen wir die Polräder gem. Abb. 115 aul der Welle an, so können wir die beiden Muttern beliebig scharf anziehen. Bei einer Anordnung gem. Abb. 116 dagegen müssen wir vorsichtiger sein, da wir sonst die Polräder eindrücken könnten. Wir würden zwar hieraus ersehen, eine wie große Gewalt wir mit einer Mutter oder Schraube ausüben können; jedoch wäre diese Lehre mit der Zerstörung der beiden Polräder zu teuer bezahlt.

33. Modell. Synchronmotor

An das Fundament schrauben wir gem. Abb. 117 unsere beiden 6-Loch-Flacheisenstücke, die das Lager für die Gewindewelle bilden. Auf deren Mitte befestigen wir die beiden Polräder. Außerhalb der Lager klemmen wir ferner zwischen zwei Muttern die Schnurenscheibe. Auf die Mitte des Fundaments unter das Polrad schrauben wir den Elektromagneten. Diesen erregen wir mit Wechselstrom z. B. aus einem Klingeltransformator oder Eisenbahntransformator. Nun schnellen wir das Polrad mit dem Finger an, nach welcher Richtung ist gleichgültig. Wir versuchen dies erst schwach, dann immer stärker. Schließlich läuft das Polrad von allein weiter, d. h. unter dem Einfluß des an dem oberen Pole des Elektromagneten herrschenden Wechsel-Magnetismus; denn da der Strom seine Richtung hundertmal in der Sekunde ändert, wechselt auch der Elektromagnet hundertmal in der Sekunde seine Polarität (vgl. Abb. 64 bis 68). Das Polrad dreht sich also so schnell, daß bei jeder Wechselstrom-

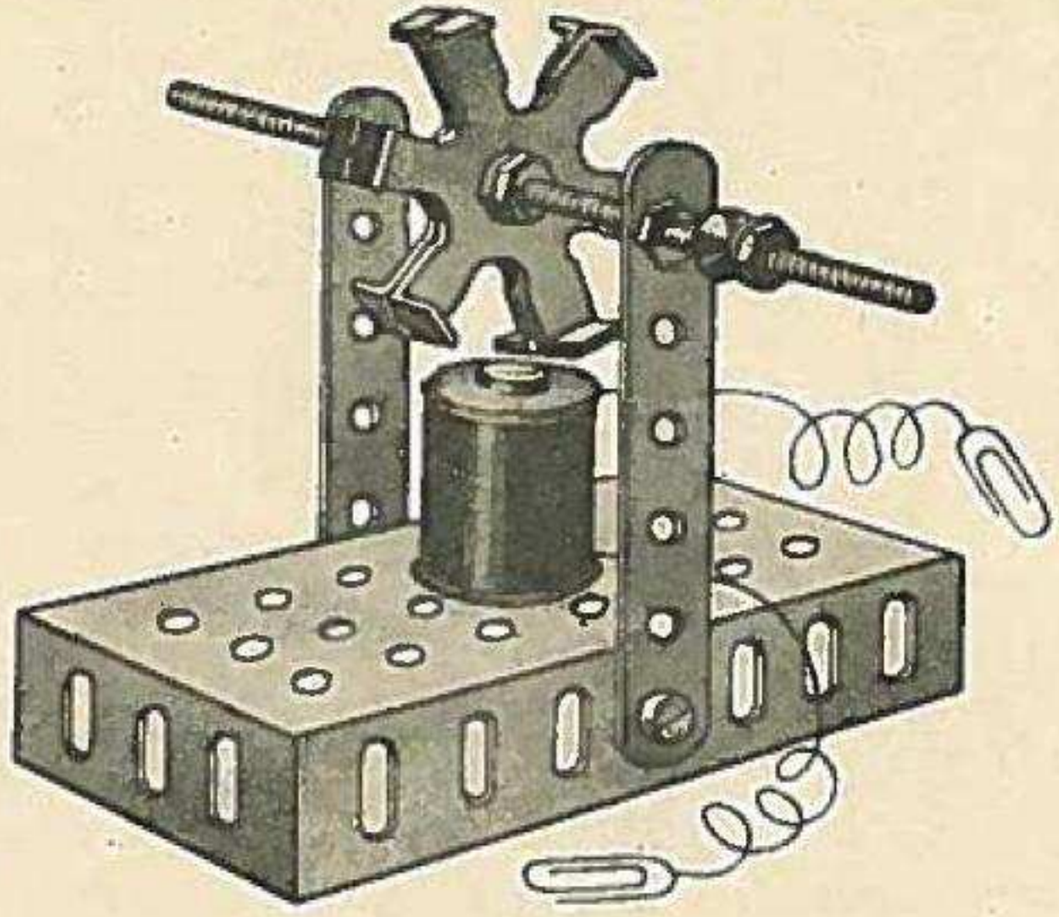


Abbildung 117

periode (Abb. 68) eine Polzacke an ihm vorbeigleitet. Das Polrad hat 6 Zacken. Mithin dreht es sich während sechs Wechselstromperioden einmal um sich selbst (wir setzen hierbei die übliche Frequenz von 50 per sec. voraus), folglich während 48 Perioden 8mal und während 50 Perioden oder während einer Sekunde 8⅓mal. Da man die Umdrehungszahl aller Maschinen auf die Minute bezieht, können wir auch sagen, das Polrad dreht sich 8⅓ × 60 = 500mal in der Minute um sich selbst. Die Umdrehungszahl einer Maschine bezeichnet man in der Technik mit „n". Wir können daher sagen, bei unserem Motor ist n = 500. — Wir sind hierbei von einer Frequenz von 50 per sec. ausgegangen. Daher müssen wir dies bei dieser Bezeichnung mit angeben; denn es gibt an einigen wenigen Orten auch andere Frequenzen. Wir müssen daher genauer sagen:

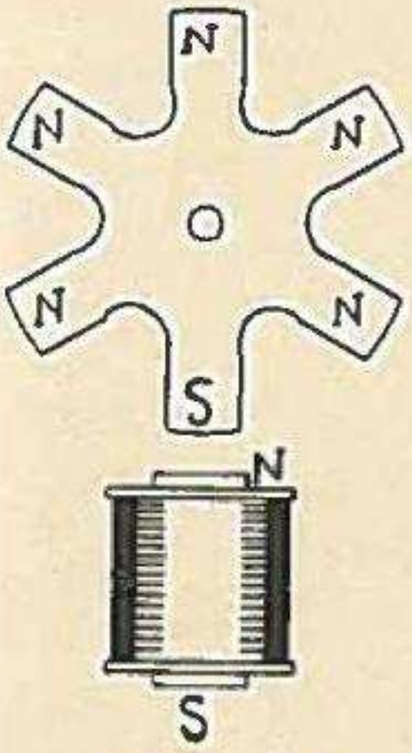


Abbildung 118

Bei unserem Motor ist n = 500 bei 50 per sec. Ein solcher Motor hat bei gleicher Frequenz immer die gleiche Tourenzahl. Er kann weder schneller noch langsamer laufen. Er ist in seiner Drehzahl, wie wir soeben entwickelt hatten, abhängig von der Netzfrequenz. Bremsen wir ihn zu stark, überlasten wir ihn z. B. indem wir ihm zumuten, eine zu schwere Maschine anzutreiben, so läuft er nicht, wie jede andere Kraftmaschine langsamer, sondern er bleibt stehen. Man sagt dann „der Motor ist aus dem Tritt gefallen". Solche Motore, deren Drehzahl von der Netzfrequenz abhängig ist, nennt man daher „Synchronmotore" (griechisch = gleichzeitig). Mit Gleichstrom geht, wie nach dem soeben Gesagten leicht zu verstehen ist, ein solcher Motor überhaupt nicht.

Bei diesem Motor darf der Luftspalt **nicht zu klein** gewählt werden.

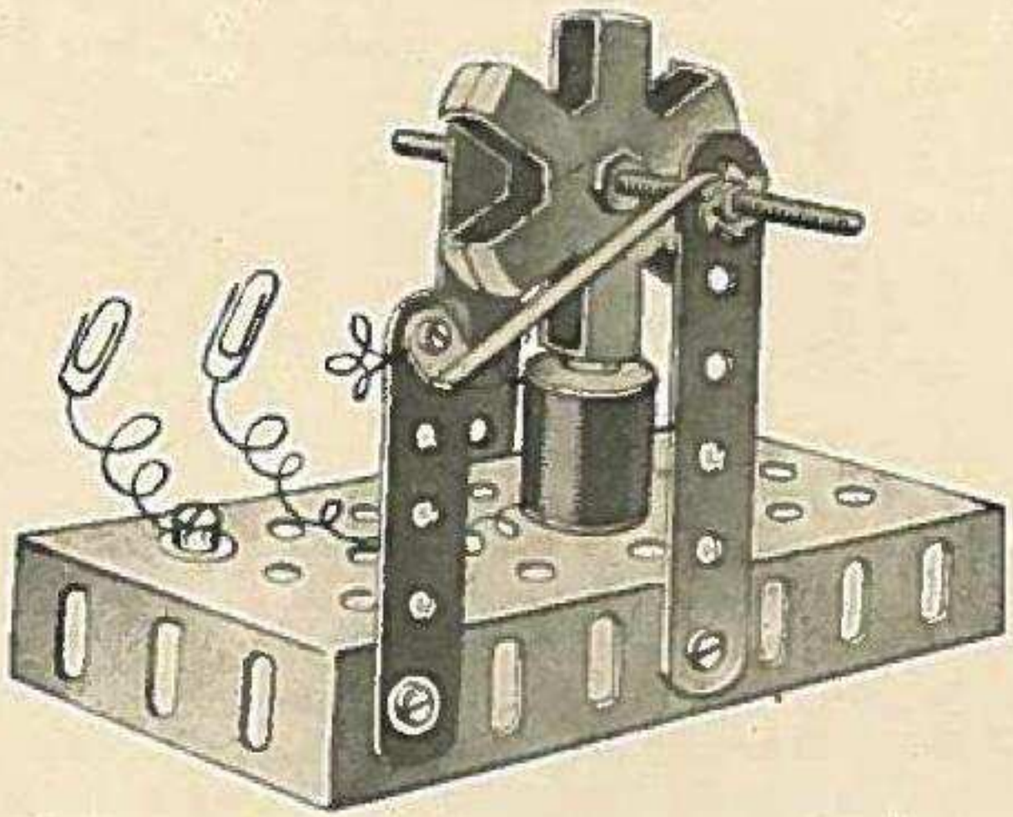


Abbildung 119

34. Modell. Elektromotor mit Unterbrecher

Gem. Abb. 119 bauen wir einen Motor auf genau wie bei Modell 33 näher beschrieben. Ob wir das Polrad nach Abb. 115 oder 116 zusammenbauen, ist gleichgültig. Ferner schrauben wir an das Fundament (auf der Abbildung links vorn) das Vulkanfiberstück an und an dessen oberes Ende die

Messingwinkelfeder. Diese wird so eingestellt bzw. gebogen, daß ihr freies Ende das Unterbrecherrädchen, das auf der Gewindewelle zwischen zwei Muttern festgeklemmt ist, leicht berührt. Der Stromweg ist folgender: Von der Stromquelle in die Spule, von der Spule in die Messing-

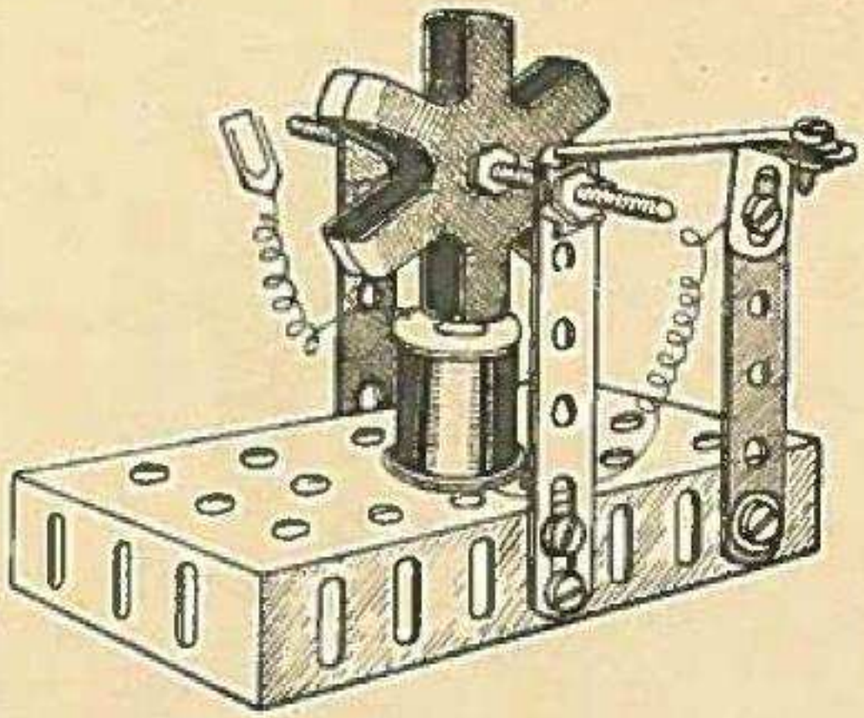


Abbildung 119a

Winkelfeder, dann in das Unterbrecherrad, Gewindewelle, 6-Loch-Flacheisen, Fundament, Drahtende, in die Stromquelle zurück. Abb. 118 zeigt die Wirkungsweise dieses Motors. Der obere Pol des Elektromagneten sei ein Nord-Pol. Dieser erzeugt in der gegenüberliegenden Zacke des Polrades einen Süd-Pol. Die übrigen Zacken des Polrades werden dadurch zu N-Polen (vgl. Abb. 45). Wie wir sehen, haben Polrad und Unterbrecherrädchen die gleiche Anzahl von Zacken, nämlich je 6. Unterbrecherrädchen und Messing-Winkelfeder bilden die beiden Kontakte. Der Stromkreis ist geschlossen, solange die Messingfeder eine der Zacken des Unterbrecherrädchens berührt. Die Einstellung muß nun so vorgenommen werden, daß der Stromkreis dann unterbrochen ist, wenn eine Zacke des Polrades gerade über dem oberen Pol des Elektromagneten steht, also bei einer Stellung des Stators zum Rotor gemäß Abb. 118 und 119. Es ist sogar besser, wenn die Unterbrechung schon kurz vorher stattfindet, damit die Zacke des Polrades über dem oberen Pol des Elektromagneten sich hinwegdrehen kann. Geschlossen muß an der Kontaktstelle (zwischen Unterbrecherrädchen und Messingfeder) der Stromkreis sein, wenn die nächste Zacke des Polrades sich dem oberen Pole des Elektromagneten nähert. Blickt man auf den Motor gem. Abb. 119, so muß dieser sich stets im Uhrzeigersinne drehen (rechtsherum würde der Laie sagen);

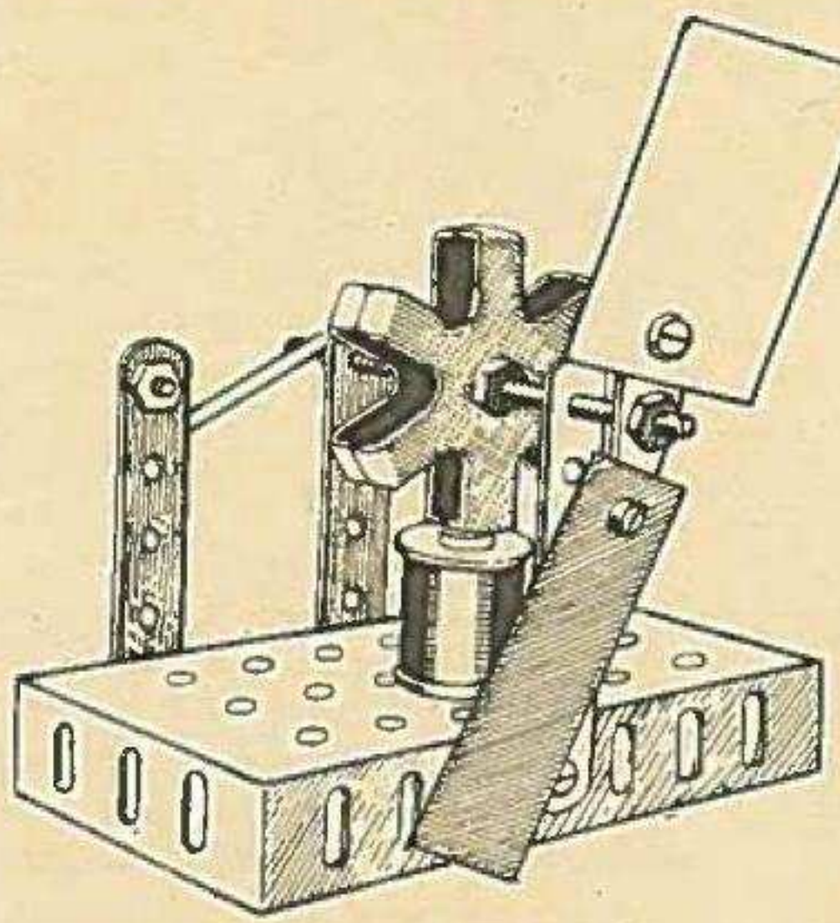


Abbildung 120

Abbildung 121

denn sonst würde das Unterbrecherrädchen die Messingfeder nach links drücken und sie verbiegen. Die Einstellung der Kontakte geschieht entweder durch Hinauf- oder Herunterbiegen der Messingfeder, durch geringes Verdrehen des Vulkanfiberstückes nach links oder rechts oder durch

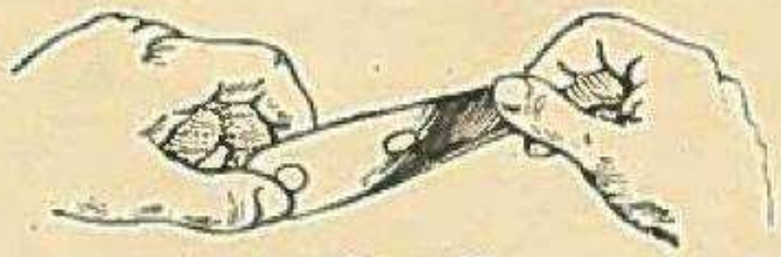


Abbildung 122

Verdrehen des Unterbrecherrädchens auf der Welle, zu welchem Zwecke natürlich die das Rädchen auf der Welle festhaltenden Muttern gelockert werden müssen.

Auf das auf der Abb. 119 nicht sichtbare Ende der Gewindewelle ist die Schnurenscheibe zwischen zwei Muttern geklemmt. Durch sie wird mittels einer als Treibriemen wirkenden Gummischnur eine beliebige Maschine angetrieben. Als Stromquelle dient eine Taschenlampenbatterie oder ein beliebiger Transformator.

Noch zweckmäßiger ist der Aufbau des Motors nach Abb. 119a. Dort ist an das obere Ende des Vulkanfiberstücks ein 2-Loch-Winkel geschraubt und an diesen die Messingfeder. Dieser Aufbau gestattet uns, auf einfache Weise die Messingfeder in jede gewünschte Stellung zu bringen, ohne daß wir sie verbiegen müssen.

Bei allen Elektromotoren muß der Anker über der Mitte des Elektromagneten stehen, da dann die magnetische Anziehung zwischen beiden am kräftigsten ist. Damit die Welle, die ja mit ihrem Gewinde in den Löchern der 6-Loch-Flacheisen gelagert ist, sich nicht in diesen fortschrauben, oder wie man sagt, sich nicht achsial verschieben kann, werden an beide Wellenenden außerhalb der beiden Lage je zwei Kontermuttern aufgeschraubt. Diese können dieselben Muttern sein, die die Schnurenscheibe oder das Unterbrecherrad auf der Welle halten. Es empfiehlt sich, zwischen diese Muttern und die Lager je eine Messing-Unterlegscheibe zu legen. Dies gilt auch für den Synchronmotor nach Abb. 117.

35. Modell. Elektrischer Ventilator bzw. Windmühle

Die 3-Loch-Bronzefeder gem. Abb. 121 nehmen wir gemäß Abb. 122 zwischen unsere Hände und verbiegen sie, bis sie die propellerähnliche Form nach Abb. 123 hat. Mittels zweier Schrauben und Muttern befestigen wir an der Bronzefeder zwei Visitenkarten, so daß sich ein Propeller nach Abb. 124 ergibt. Gem. Abb. 120 und 124 klemmen wir den Propeller zwischen zwei Muttern auf

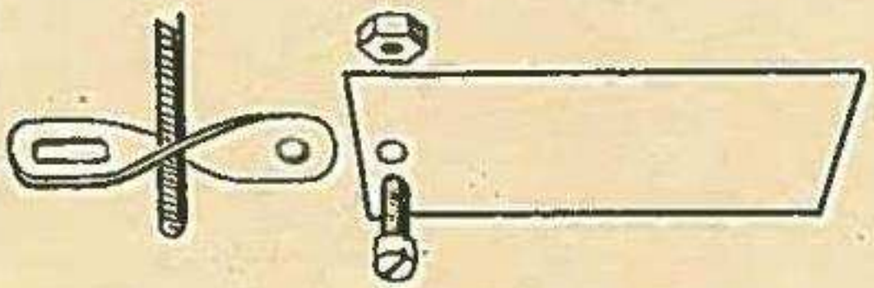


Abbildung 123

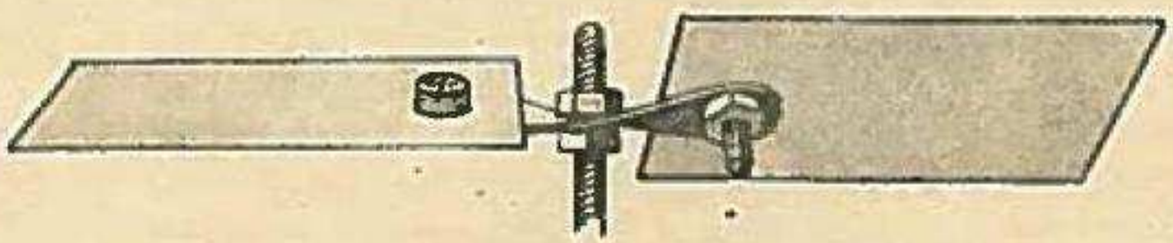


Abbildung 124

die Gewindewelle unseres Synchronmotors nach Abb. 117 oder unseres Unterbrechermotors nach Abb. 120. Lassen wir den Motor laufen, so erzeugt der Propeller in bekannter Weise einen Luftstrom. Lösen wir die Stromquelle von dem Motor und halten im Freien den Propeller gegen den Wind, so wirkt dieser als Windrad und gerät in Drehungen. Amüsant ist es, wenn wir einen Motor nach Abb. 119 verwenden; die auf dem Unterbrecherrädchen schleifende Feder gibt dann ein eigentümliches Geräusch. Wir sehen: Wie so oft in der Physik und überhaupt in der Natur lassen sich auch hier manche Vorgänge umkehren: Der gedrehte Propeller erzeugt einen Luftstrom. Trifft ein Luftstrom den Propeller, so versetzt er ihn in Umdrehung. Die Windmühle wird euren kleinen Geschwistern, die noch nichts von der Elektrizität verstehen, viel Freude machen.

36. Modell. Elektrisches Läutewerk mit Unterbrecher

Wie wir es nach Abb. 100 lernten, befestigen wir die Glockenschale in einem Eckloch des Fundaments (Abbildung 125 bis 127). Ferner wird der Elektromagnet mittels eines 2-Loch-Winkels auf dem Fundament aufgeschraubt. Dann wird, wie Abb. 125 zeigt, links an das Fundament das Vulkanfiberstück befestigt. Dieses trägt die Messingwinkelfeder. Ein zweiter auf das Fundament aufgeschraubter 2-Loch-Winkel trägt, wie Abb. 127 zeigt, die 3-Loch-Bronzefeder, die durch ein 6-Loch-Flacheisenstück verlängert ist. Im vorletzten Loch des 6-Loch-Flacheisens ist eine Schraube befestigt, die als Klöppel wirkt. Der Stromweg ist, wie Abb. 127 deutlich zeigt, folgender: Der Strom fließt von der Stromquelle in die Messing-Winkelfeder, dann in die Schraube an der Bronzefeder (zwischen beiden befindet sich die Kontaktstelle), von der Bronzefeder in das Fundament, von diesem in die Spule und durch deren zweites Drahtende in die Stromquelle zurück. Die Abb. 125 zeigt die fertige Glocke perspektivisch, Abb.

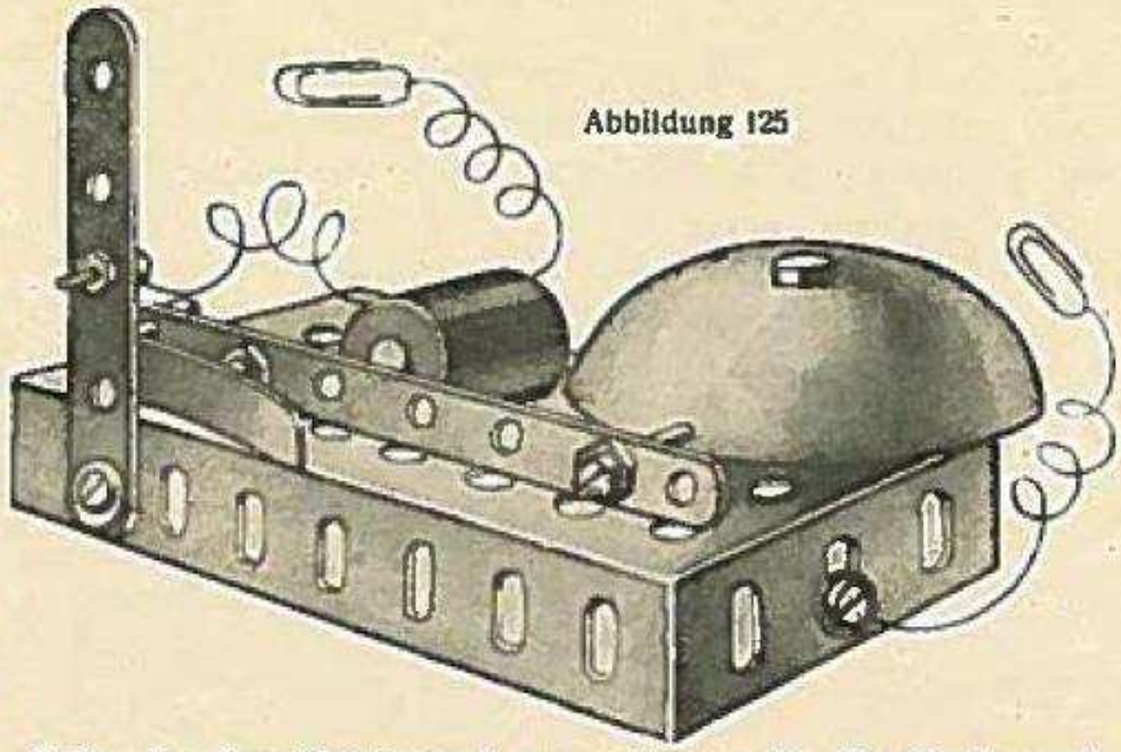


Abbildung 125

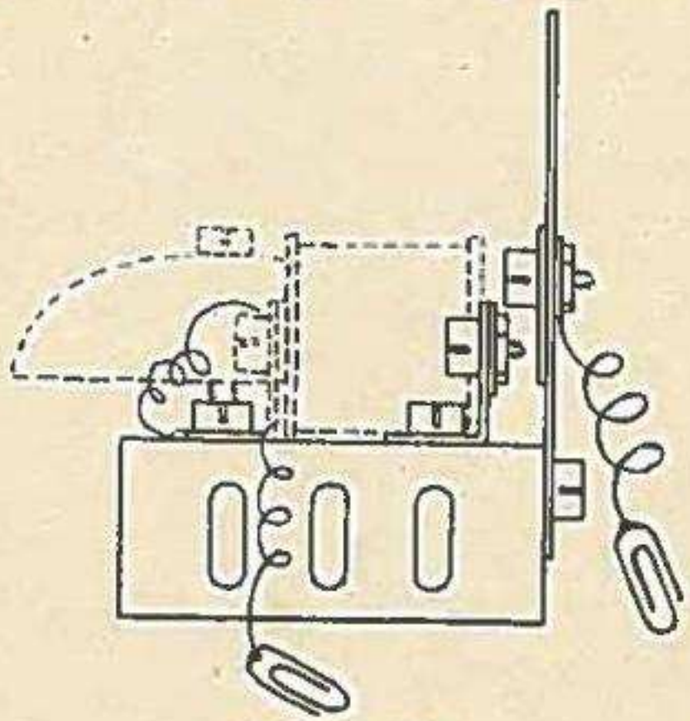


Abbildung 126

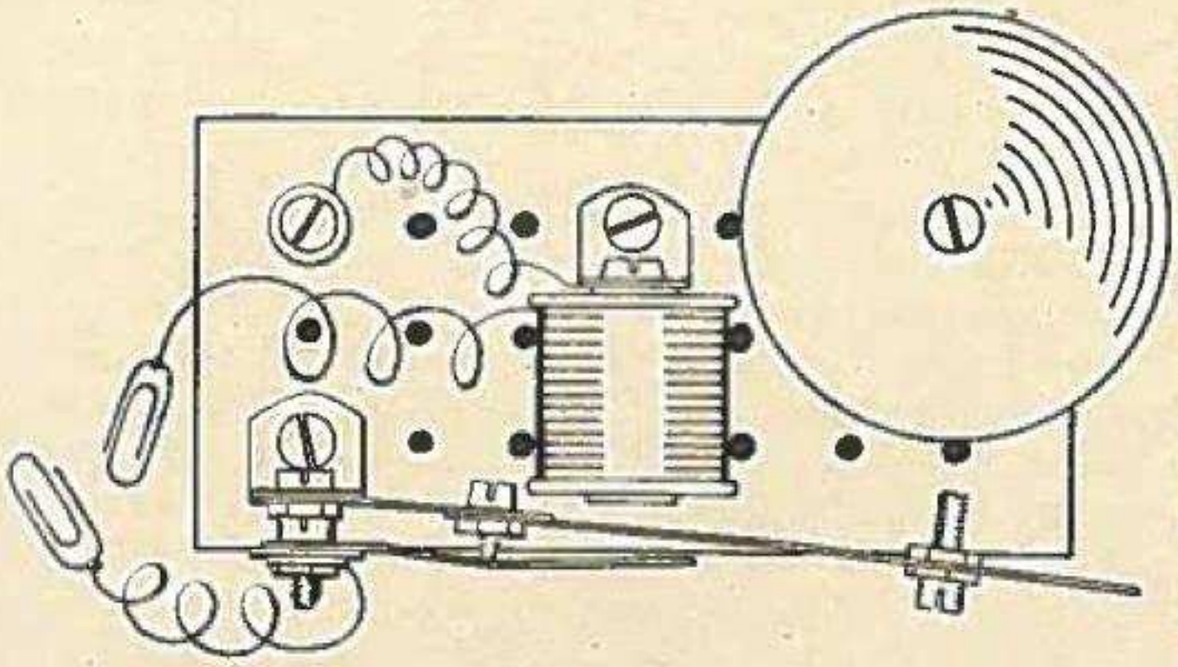


Abbildung 127

126 und 127 zeigen die Glocke als technische Zeichnung von hinten und von oben gesehen. Fließt der Strom durch die Spule, so zieht der Elektromagnet das als Anker wirkende 6-Loch-Flacheisen an. Die Klöppelschraube schlägt gegen die Glocke. Durch diese Bewegung des Ankers wird der Stromkreis an der Kontaktstelle oder wie man auch sagt: an der Unterbrechungsstelle unterbrochen, der Elektromagnet verliert seinen Magnetismus und gibt den Anker frei. Dieser geht unter dem Einfluß der elastischen Bronzefeder in seine Ausgangsstellung zurück, wobei an der Kontaktstelle der Stromkreis zwischen Messingfeder und der am Anker sitzenden Kontaktschraube wieder geschlossen wird. Dadurch wird der Elektromagnet wieder magnetisch, er zieht den Anker an und das Spiel wiederholt sich. Bei jeder Anziehung schlägt die Klöppelschraube gegen die Glocke. Als Stromquellen können Transformator oder Batterie verwendet werden. Auch hier kann der Klingeltaster nach Abb. 72 in den Stromkreis eingeschaltet werden.

37. Modell. Wagnerscher Hammer

Gem. Abb. 128 trägt das Fundament die beiden 6-Loch-Flacheisenstücke, die als Lager für die Gewindewelle dienen. Auf diese ist zwischen zwei Muttern das Vulkanfiberstück geklemmt. Dessen eines Ende trägt die beiden als Anker wirkenden 2-Loch-Winkel, an seinem anderen Ende ist ein 5-Loch-Flacheisen angeschraubt. Mit dem 5-Loch-Flacheisen ist durch eine Schraube die Messing-Winkelfeder verbunden. Darunter ist auf dem Fundament die etwas nach oben gebogene Bronzefeder angeschraubt. Bronze- und Messingfeder bilden die beiden Kontakte; zwischen ihnen befindet sich die

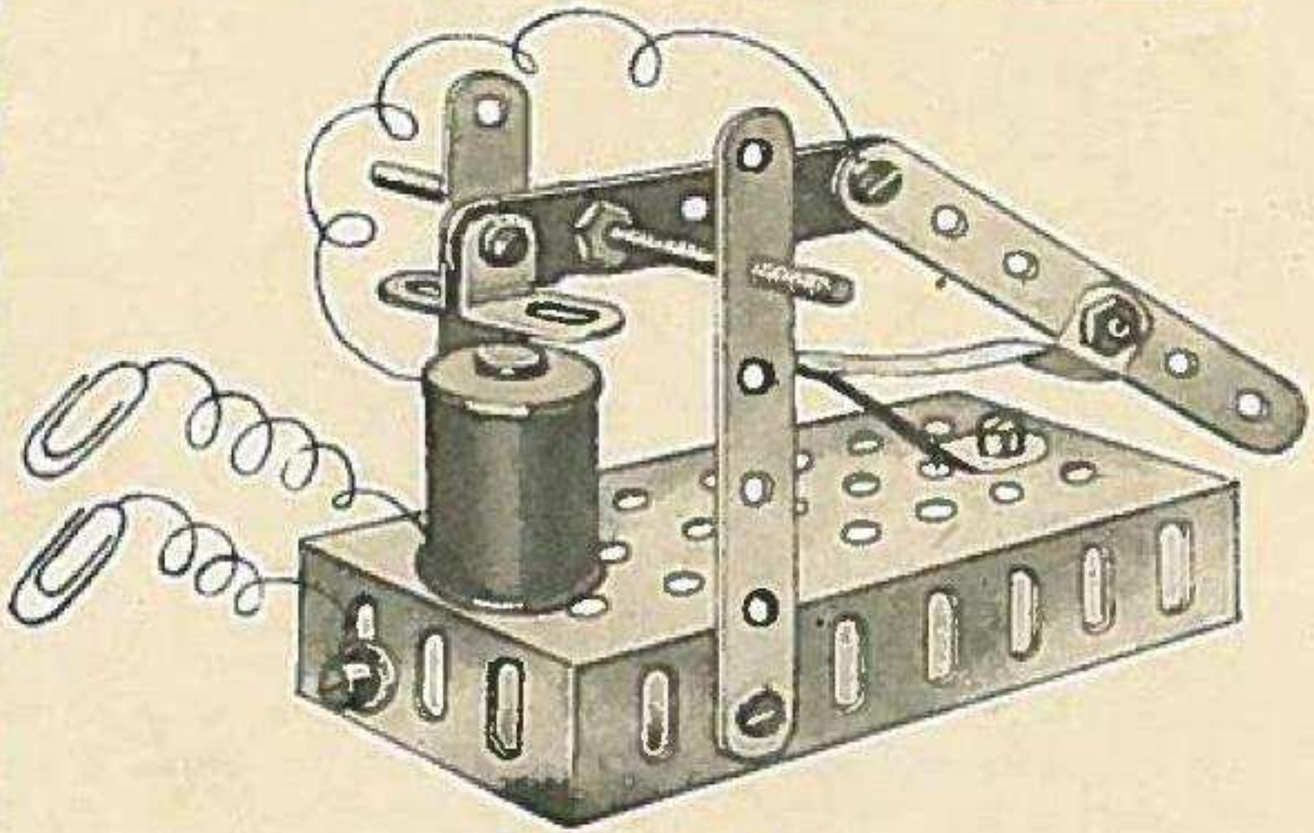


Abbildung 128

Unterbrechungsstelle. Unter den beiden 2-Loch-Winkeln ist auf dem Fundament der Elektromagnet aufgeschraubt. Der Strom fließt von der Stromquelle in die Spule, von dieser in die Messingfeder, nach der Bronzefeder, durch das Fundament und in die Stromquelle zurück. Die Spule ist also vom Strome durchflossen, ihr oberer Pol zieht den Anker an. Das 6-Loch-Flacheisen wird gehoben, mit ihm die Messing-Winkelfeder. Zwischen ihr und der Bronzefeder wird der Stromkreis unterbrochen, der Elektromagnet

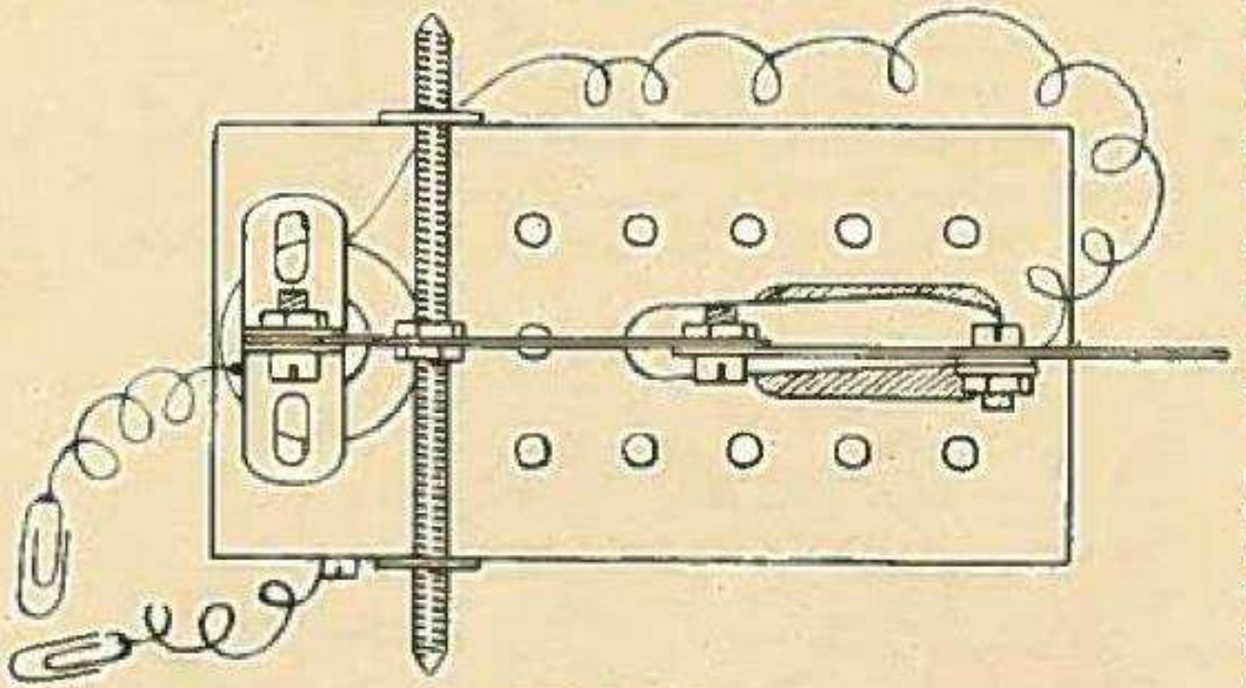


Abbildung 129

wird unmagnetisch, er gibt den Anker (die beiden 2-Loch-Winkel) frei, die Messingfeder berührt die Bronzefeder, schließt dadurch den Stromkreis, der Anker wird wieder angezogen usw. Die Vorrichtung pendelt dauernd auf und nieder. Als Stromquellen können Transformator oder Batterie Verwendung finden. — Berühren wir mit feuchten Fingern die aus der Spule kommenden Drahtenden, so fühlen wir elektrische Schläge, und zwar im Rhythmus des Pendelns dieses Wagnerschen Hammers. Wir können den Apparat als Elektrisierapparat verwenden, indem wir von den aus der Spule heraustretenden Drahtenden zwei neue Drähte abzweigen (d. h. sie mit den Spulenenden leitend verbinden) und die Enden der beiden neuen Drähte zu zwei größeren Blechstücken führen. Halten wir diese fest in den feuchten Händen, so können wir recht empfindliche elektrische Schläge fühlen. Wir können auch mehrere Personen zugleich elektrisieren, z. B. drei. A nimmt das eine Blechstück in die linke Hand und gibt B die rechte Hand, B gibt C die rechte Hand und C erfaßt mit der Rechten das zweite Blechstück. Der Strom ist um so kräftiger, je feuchter alle Hände sind. Auch hier können wir einen elektrischen Stromkreis feststellen: erstes Spulendrahtende, A, B, C, zweites Spulendrahtende. Unterbrechen wir diesen Stromkreis an irgendeiner Stelle, z. B. indem A und B ihre Hände loslassen, so hört der Strom zu fließen auf.

38. Modell. Springball

Wir bauen ein Gestell, indem wir gem. Abb. 130 und 131 rechts an das Fundament ein 6- und an dieses ein 5-Loch-Flacheisen anschrauben. An dessen freiem Ende befestigen wir über einen 2-Loch-Winkel die Messing-Winkelfeder. An der Mitte des Fundamentes befestigen wir ein 6-Loch-Flacheisen und an dieses das Vulkanfiberstück. Dieses trägt einen 2-Loch-Winkel, an dem die 2-Loch-Bronzefeder befestigt ist. Zwischen dieser und dem freien Ende der Messing-Winkelfeder befindet sich die Kontaktstelle. In dem Loch an dem freien Ende der Bronzefeder befestigen wir einen dünnen Faden und an dessen anderem Ende den Blechball. Links vorn an der Ecke des Fundaments ist der Elektromagnet angeschraubt. Der Strom fließt von der

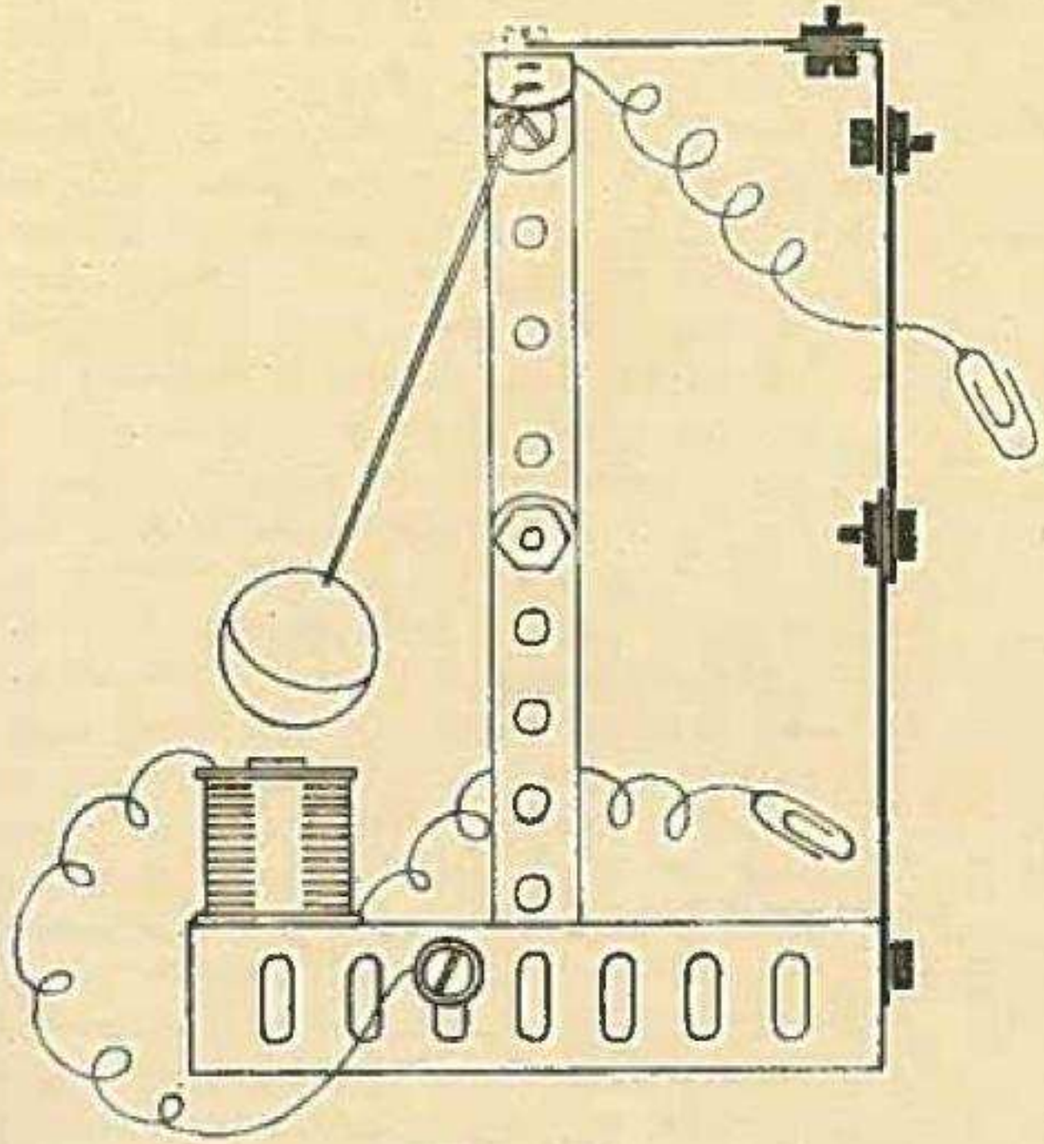


Abbildung 130

Stromquelle in die Spule, von dieser in das Fundament, durch das Fundament und die beiden Flacheisenstücke in die Messing-Winkelfeder, über die Kontaktstelle nach der Bronzefeder und in die Stromquelle zurück. Der obere Pol des Elektromagneten zieht den Blechball an, so daß er die Lage gemäß Abb. 130 einnimmt. Er wird also nach unten gezogen, damit aber auch die Bronzefeder, mit der er ja durch den Faden verbunden ist. Diese verliert die Berührung mit der Messing-Winkelfeder, so daß zwischen beiden jetzt der Stromkreis unterbrochen ist. Der Magnetismus des Elektromagneten verschwindet, der Ball wird freigegeben und er schwingt zurück. Die elastische Bronzefeder bewegt sich wieder nach oben; hierbei berührt sie die Messing-Winkelfeder, der Stromkreis wird wieder ge-

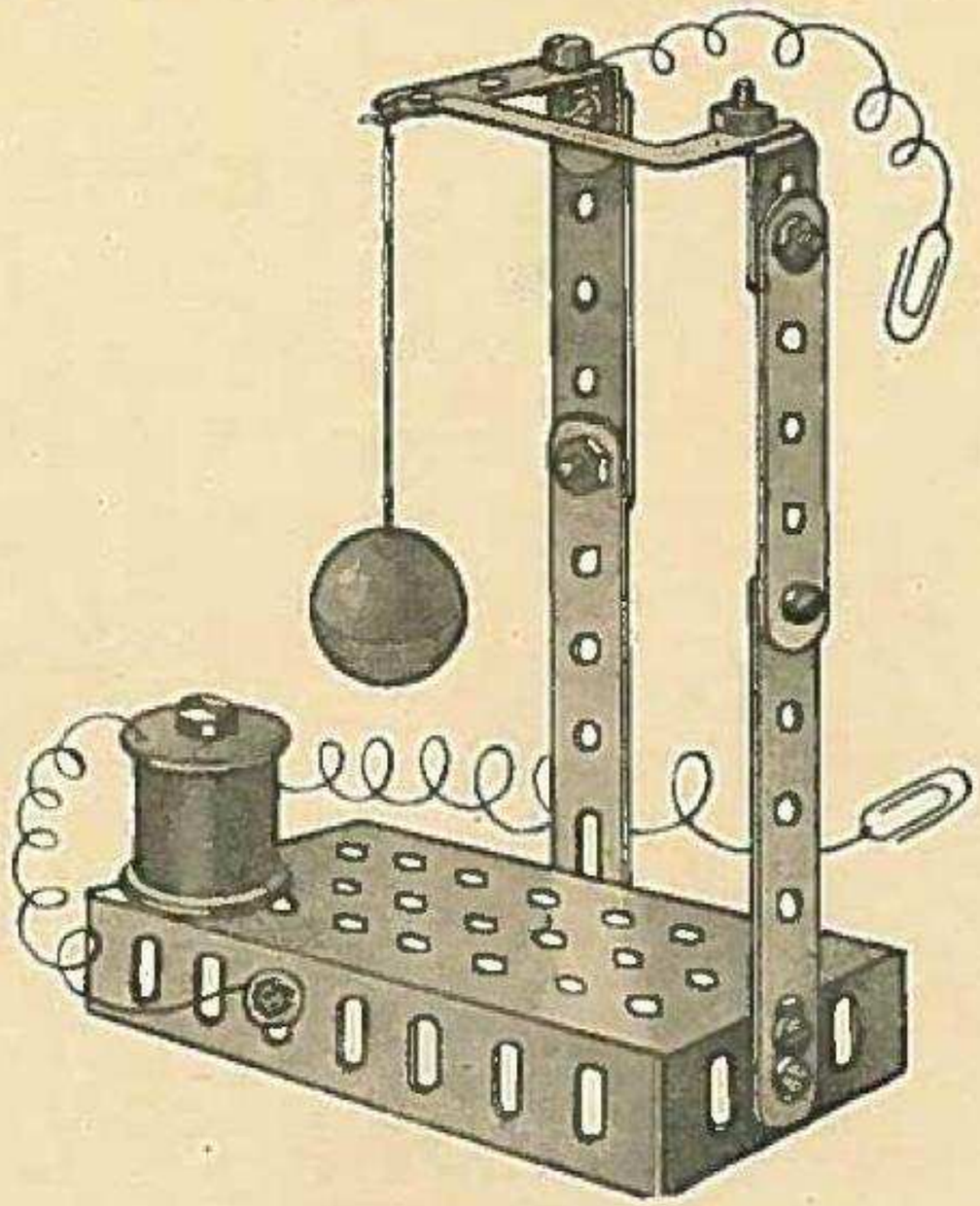


Abbildung 131

schlossen, das Spiel beginnt von neuem. Die richtige Länge des den Ball haltenden Fadens wird zweckmäßig durch Versuche ermittelt. Abb. 130 zeigt deutlich oben die Unterbrechungsstelle zwischen Bronze- und Messingfeder.

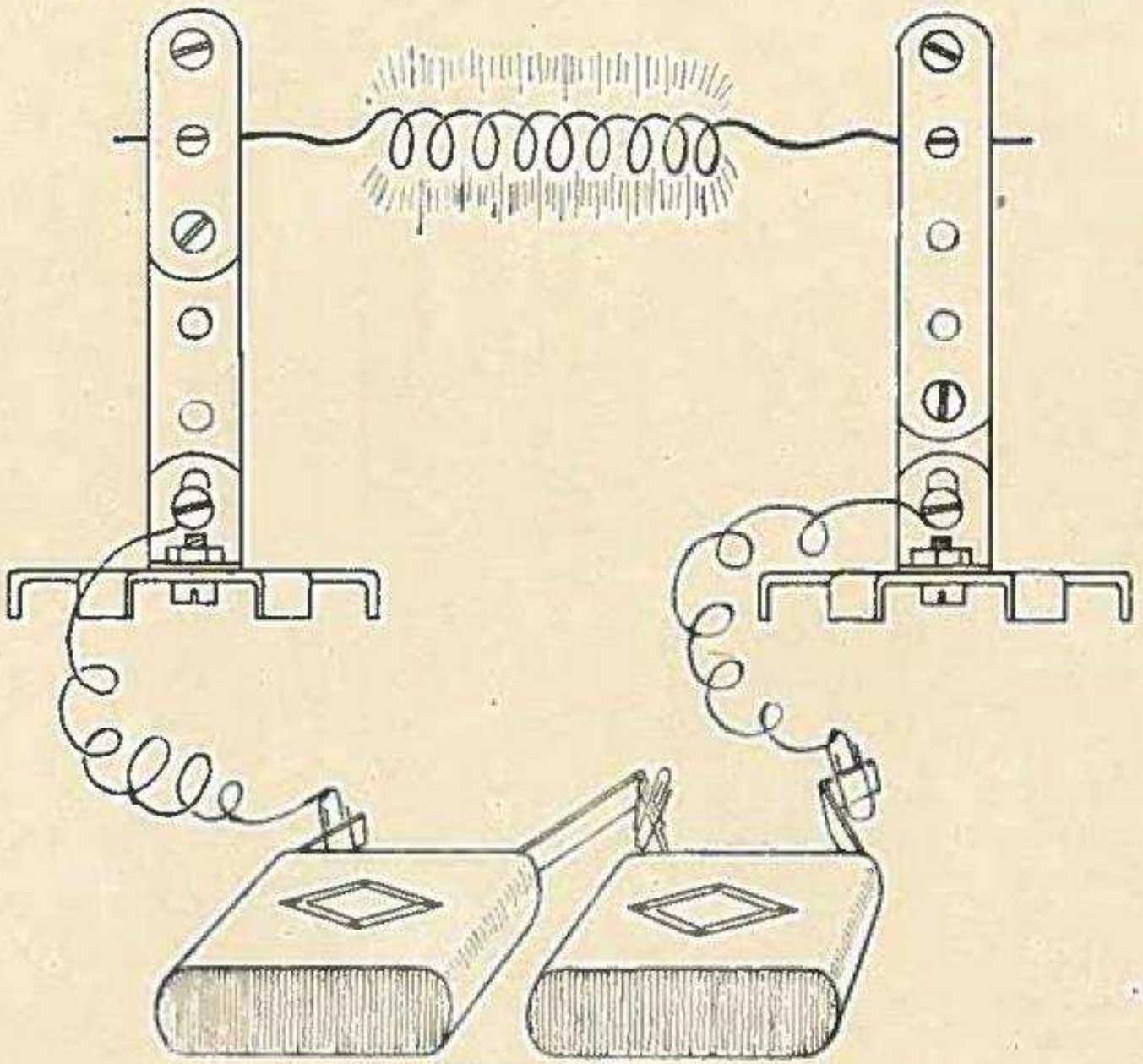


Abbildung 132

39. Modell. Glühender Draht

Wir bauen gem. Abb. 132 zwei von einander unabhängige Gestelle. Auf das als Fuß dienende Polrad schrauben wir einen 2-Loch-Winkel, an diesen ein 6-Loch-Flacheisenstück. Wir verbinden diese beiden Gestelle durch einen möglichst dünnen Eisendraht, der womöglich nicht stärker als $^1/_{10}$ mm ist, indem wir diesen mit seinem einen Ende zwischen 6-Loch-Flacheisen und Bronzefeder, mit dem anderen Ende zwischen 6-Loch-Flacheisen und das 5-Loch-Flacheisen klemmen. Lassen wir jetzt durch den Draht den Strom zweier zusammengeschalteter Batterien fließen, so gerät der Draht in helle Weißglut; er brennt aber nach kurzer Zeit durch. Statt der beiden Batterien können wir auch einen Transformator verwenden. — Der Vorgang ist derselbe wie in einer Glühlampe. Dort kann aber der Draht, gleichviel aus welchem Material er besteht, infolge der Abwesenheit von Luft oder, was das Wichtigere ist, von Sauerstoff, nicht verbrennen. Wiederholen wir den Versuch mit stärkeren Eisendrähten aber der gleichen Stromquelle, so leuchten diese nicht annähernd so hell. Sie sind dicker, ihr Widerstand daher kleiner und damit auch ihre Erwärmung (vgl. Versuch 52).

40. Modell. Bogenlampe

Gem. Abb. 133 spannen wir in zwei Gestelle (wie wir sie bei Abbildung 132 beschrieben) je ein Stück

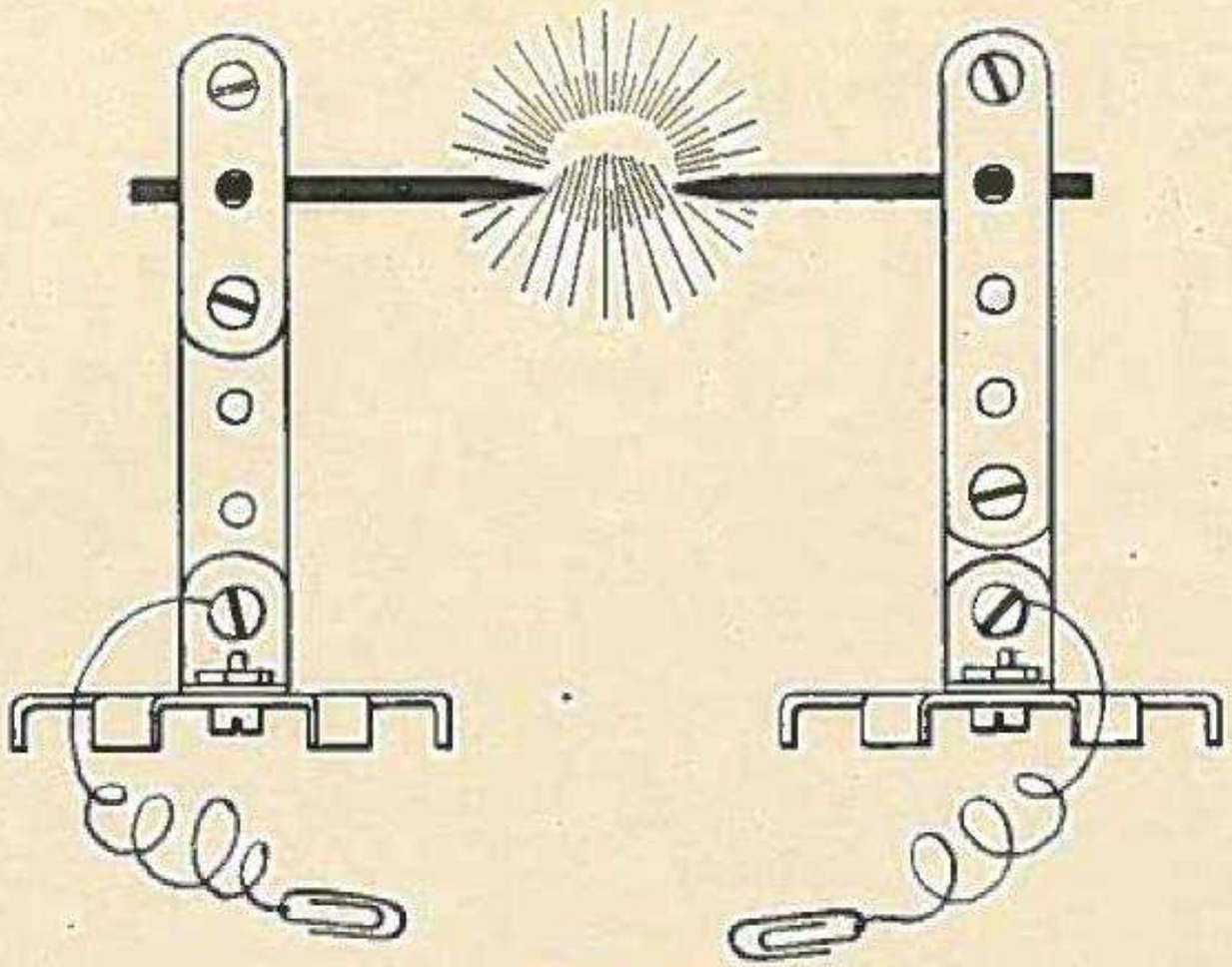


Abbildung 133

sog. Graphitkohle. Entweder kaufen wir uns diese in Gestalt von sog. Bogenlampenkohle oder wir nehmen dazu einfacher eine Bleistifteinlage, eine sog. Mine. Wir nähern die beiden Gestelle einander soweit, daß die Kohlenspitzen einander berühren. Lassen wir jetzt einen kräftigen Strom von mindestens 20 Volt, den wir einer alten Anodenbatterie oder auch einem Eisenbahntransformator entnehmen, durch diesen so gebildeten Stromkreis fließen, so geraten die Kohlenspitzen in helle Glut. Ziehen wir die beiden Gestelle auseinander, so verschwindet die Leuchterscheinung trotz des anscheinend an den Kohlenspitzen unterbrochenen Stromkreises nicht, sondern sie wird im Gegenteil stärker, es bildet sich das sog. Bogenlicht aus, wie es die Abb. zeigt. Wir sehen, daß das Licht zwischen den Kohlenspitzen stets die Form eines Bogens hat. Je größer die Spannung ist, die wir anwenden, um so länger können wir den Lichtbogen ausziehen. Verwenden wir aus der Anodenbatterie eine Spannung von 40 bis 50 Volt, so kann der Lichtbogen ½ bis 1 cm lang werden. Der Lichtbogen ist sehr heiß. Die größte Temperatur, die wir zurzeit überhaupt zu erzeugen in der Lage sind, finden wir hier. Sie beträgt etwa 3700 Grad.

Inhaltsverzeichnis

Abgreifen verschiedener Spannungen V. 55.
Abschrecken V. 47.
Abstoßung, magnetische, V. 17, V. 18, V. 21, V. 23, V. 24, V. 25.
Akkumulator V. 51, S. 34.
Anker V. 2, V. 43.
Anodenbatterie V. 51, V. 55.
Anziehung, magnetische, V. 3, V. 19, V. 22, V. 33.
Anziehungskraft, magnetische, V. 10.
Außenpole V. 51.
Aussortieren von Eisenstücken V. 11.

Bakelit V. 52.
Ball, springender, M. 38.
Bart von Eisenfeilspänen V. 7, V. 41.
Batterie, galvanische, V. 51.
Batteriekohle V. 51.
Batteriepole V. 51.
Berührungsflächen V. 38.
Blechei M. 13, M. 19.
Bogenlampe M. 40.
Bordscheiben M. 4.
Briefwaage, elektromagnetische, M. 27.

Columbusei M. 19.

Darstellung, graphische, V. 60.
Dauermagnet V. 4, V. 31, V. 50 ff.
Divergieren V. 40.
Draht, glühender, M. 39.
Drahtwindungen V. 57.
Drehzahl M. 33.
Drosselspule V. 62.
Durchbrennen von Transformatoren V. 60.
Dynamomaschine V. 51.

Eisen V. 3.
Eisenbahnbarriere M. 24.
Eisenbahntransformator V. 60, V. 61.
Eisenbahnsignal M. 25.
Eisenkreis, magnetischer, V. 35, V. 37.
Eisenfeilspäne V. 7, V. 31, V. 41, V. 43.
Elektrische Energie S. 34.
Elektrisches Läutewerk M. 22, M. 36.
Elektrische Pole V. 51.
Elektrische Ströme V. 51.
Elektrisierapparat M. 37.
Elektrizitätszähler V. 60.
Elektrolyt V. 51.
Elektrolytkupfer V. 52.
Elektromagnet V. 2.
Elektromagnetische Briefwaage M. 27.
Elektromagnetische Schaukel M. 20.
Elektromagnetischer Telegraphenapparat M. 26.
Elektromotor M. 33, M. 34.
Element V. 51.
Empfangsstation M. 26.
Energie, elektrische, S. 34.
Energie, mechanische, S. 34.
Ente, tauchende, M. 18.
Entladung eines Akku, S. 34.
Entmagnetisieren V. 44.
Erregung eines Magneten M. 23.
Erwärmung eines Leiters V. 52, M. 39.

Flansch S. 2.
Fließen eines Stroms V. 51.
Fortleitung des Magnetismus V. 9.
Frequenz V. 60, M. 33.
Fundamentalgesetz, magnetisches, V. 26.

Galvanische Batterie V. 51.
Galvanisches Element V. 51.
Generator S. 34.
Geographische Pole V. 26.
Geschlossener Eisenkreis V. 35
Gleichnamige Pole V. 26, V. 40.
Gleichstrom S. 34.
Gleichstromdynamo S. 34.
Gleichstromgenerator S. 34.
Gleichstromhupe M. 31.
Gleichstromquelle V. 62.
Glocke, elektrische, M. 22, M. 36.
Glühender Draht M. 39.
Glühen eines Magneten V. 45.
Glühlampe V. 52, V. 53, V. 54, V. 61.
Graphische Darstellung V. 60.
Graphitkohle V. 51. M. 40.

Hängender Kreisel M. 6.
Härten eines Stahlstabes V. 47.
Halbleiter V. 52.
Hampelmann, elektromagnetischer, M. 21.
Hebelschalter M. 1.

Heulender Hund M. 16.
Hupe für Gleichstrom M. 30.
Hupe für Wechselstrom M. 31.

Idealer magnetischer Kreis V. 38.
Isolator V. 52.
Isolieren S. 2, V. 51.

Kegelspiel M. 7.
Kette, magnetische V. 32, V. 41.
Kilowatt V. 60.
Kleben, magnetisches, M. 12, M. 15, M. 22, M. 30, M. 31 ff.
Klingel, elektrische, M. 22, M. 36.
Klingeldraht V. 57.
Klingeltaster M. 2.
Klingeltransformator V. 60, V. 62.
Körperschluß S. 2.
Kohle V. 51, M. 40.
Kompaß V. 6.
Kompaßnadel V. 6.
Kolumbusei M. 31.
Kontakt M. 31.
Kontaktgebung M. 31.
Kontermutter M. 32.
Kraft, lebendige, M. 8.
Kraft, magnetische, V. 2.
Kran M. 4.
Kreisel M. 6.
Kupferdraht V. 51.
Kurve eines Wechselstroms V. 60.

Lack als Isolator S. 2, V. 52.
Ladung eines Akku. S. 34.
Läufer V. 43.
Läutewerk, elektrisches, M. 22, M. 36.
Lampenwiderstand V. 61.
Lasthebemagnet M. 4.
Lebendige Kraft M. 8.
Lecken des Rotors V. 43.
Leitfähigkeit V. 52.
Leiter, elektrischer, V. 51.
Luftspalt V. 35, V. 43, M. 20, M. 29, M. 33.

Magnesia V. 26.
Magnetische Anziehung V. 3.
Magnetische Fortleitung V. 9.
Magnetische Kraft V. 9.
Magnetische Kette V. 32, V. 41.
Magnetischer Kreis V. 35.
Magnetischer Widerstand V. 9.
Magnetisches Fundamentalgesetz V. 26.
Magnetisches Schlußstück V. 35.
Magnetisierbar V. 12.
Magnetisieren V. 4, V. 16, V. 28, V. 29, V. 30, V. 50 ff.
Magnetisierungsfähigkeit V. 46.
Magnetismus, remanenter, V. 3.
Magnetnadel V. 6.
Mechanische Energie S. 34.
Meßinstrumente M. 27, M. 28, M. 29.
Minuspol V. 51.
Morsealphabet M. 26.

Naturmagnet V. 26.
Netz S. 34.
Neutrale Stelle V. 7, V. 29, V. 31 ff.
Nichtleiter V. 52.
Nordpol, magnetischer, V. 6 ff.
Nordpol, geographischer, V. 6, V. 26.

Offener magnetischer Kreis V. 35.
Orientieren V. 6.

Parallelschaltung V. 61.
Periode V. 60.
Pickvogel M. 9.
Pluspol V. 51.
Pol, elektrischer, V. 51.
Pol, geographischer, V. 26.
Pol, magnetischer, V. 2, V. 6 ff.
Polarität, magnetische, V. 16, V. 30, V. 44, V. 58 ff.
Polpaar V. 20.
Polrad M. 4, M. 32.
Preßspan V. 52.
Primärseite V. 60.

Querschnitt V. 33, V. 57.

Reibungswiderstand V. 52.
Remanenz V. 3, M. 12, M. 22 ff.
Richtung eines Stromes V. 16, V. 60 ff.
Rotor V. 43, M. 34.
Roulettespiel M. 8.

Salmiaklösung V. 51.
Seiltrommel M. 4.
Sekundärseite V. 60.
Sendestation M. 26.
Signal M. 23, M. 25.
Sinuskurve V. 60.
Spannung V. 51, V. 52.
Spezifischer Widerstand V. 52.
Springball M. 38.
Spule, stromdurchflossene, V. 48, V. 49, V. 50 ff.
Spulenflansch S. 2.
Spulenrohr S. 2.
Ständer V. 43.
Stärke eines Stromes V. 52, V. 54, V. 57.
Stahl V. 3, V. 45.
Stator V. 43, M. 34.
Stopfnadel, polarisierte, M. 17.
Stoßball M. 5.
Stromkreis V. 3, V. 51, M. 37, S. 34.
Stromquelle V. 51.
Stromrichtung V. 16, V. 59.

Stromstärke V. 52, V. 54, V. 57.
Stromunterbrechung V. 4.
Stromverbraucher S. 33.
Stromweg V. 51, V. 52.
Synchronmotor M. 33.
Süden V. 6.
Südpol, geographischer, V. 6, V. 26 ff.
Südpol, magnetischer, V. 6 ff.
Schaukel M. 20.
Schaukelstuhl M. 14.
Schiefe Ebene M. 8.
Schlußstück V. 35.
Schupo M. 10.
Schwimmende Ente M. 18.
Schwimmende Nadel V. 6, V. 16, V. 17, V. 26, V. 28, V. 31, V. 44 ff.
Schwimmender Schwan M. 17.
Tableau M. 23.
Tanzpüppchen M. 15.
Taschenlampenbatterie V. 51 ff.
Tauchende Ente M. 18.
Telegraphenapparat M. 26.
Telegraphenschlüssel M. 2, M. 26.
Tragkraft eines Magneten V. 15, V. 33, V. 55 ff.
Transformator V. 51, V. 60, V. 61 ff.
Ueberlandzentrale V. 60.
Ueberlasten einer Spule V. 55.
Umdrehungszahl V. 60.
Umkehrung der Stromrichtung V. 59.
Ummagnetisieren V. 44.
Umpolen V. 44, V. 59.
Umwandeln V. 60.
Ungleichnamige Pole V. 26.
Unmagnetisch V. 42.
Unterbrecher M. 1, M. 2, M. 3, M. 37.
Unterbrecherrädchen M. 3.
Unterbrechermotor M. 34.
Ventilator M. 35.
Volt V. 51 ff.
Vulkanfiber V. 52.
Wärmeerzeugung durch El. V. 52, V. 53, V. 54, V. 61, M. 39, M. 40.
Wärmeverluste V. 60.
Wagnerscher Hammer M. 37.
Wechselstrom V. 60.
Wechselstromhupe M. 30.
Wechselstromkreis S. 34, V. 62.
Wechselstrommotor M. 33.
Wechselstromnetz V. 60.
Wechselstromquelle V. 60.
Weicheisenkern V. 4.
Weißglut V. 52.
Widerstand, elektrischer, V. 52.
Widerstand, magnetischer, V. 9.
Widerstand, spezifischer, V. 52.
Windmühle M. 35.
Windung V. 52, V. 57.
Wippe M. 11.
Wirkungsgrad V. 60.
Zapfstellen V. 62.
Zauberball M. 13.
Zauberkreisel M. 6.
Zinkbecher V. 51 ff.

Nachdruck und Uebersetzung in andere Sprachen verboten. — Alle Rechte vorbehalten.
Copyright 1932 by Böhmer, Hoffmann & Co., Meißen i. Sa.

Der Quecksilberschalter

In unserem Baukasten finden wir ein blankes Messingrohr, aus dessen einem Ende ein Stück grüne Seidenlitze herausgeführt ist. Dieses unscheinbare Rohr birgt den Quecksilberschalter. Er ist der wichtigste Teil des Electric-Baukastens 2. Viele Modelle lassen sich ohne ihn gar nicht bauen bzw. betreiben. Schütteln wir das Messingrohr und halten es an unser Ohr, so hören wir deutlich das Quecksilber in ihm hin- und herfließen. — Wäre das Messingrohr in der Mitte der Länge nach aufgeschnitten, so hätten wir ein Bild gem. Abb. 134 vor uns.

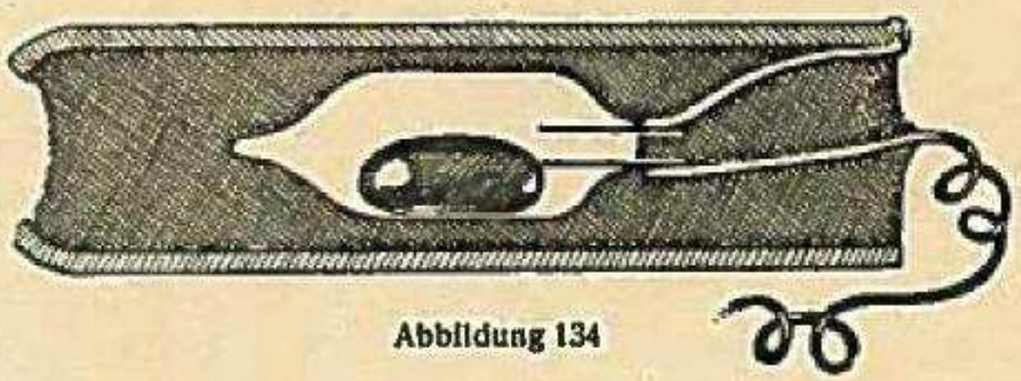


Abbildung 134

Wir sähen dann in der Mitte des Messingrohres ein Stück Glasrohr, das an beiden Enden zugeschmolzen ist. In das rechte Ende des Glasröhrchens sind 2 Drähte eingeschmolzen — jeder für sich —, so daß sie sich nicht berühren. Der eine Draht ist, wie die Abbildung deutlich zeigt, innen an den Rand des Messingrohres gelötet, während der andere Draht seine Fortsetzung in der grünen Seidenlitze findet. Ferner enthält das Glasrohr eine Quecksilberkugel. Dieses Glasrohr mit dem Quecksilber und den beiden eingeschmolzenen Drähten bildet den eigentlichen Quecksilberschalter. Er ist eingebettet in eine schwarze Masse, die sog. Vergußmasse, die in Verbindung mit dem Messingrohr ein Zerbrechen des Glasrohres mit Sicherheit verhindert.

Abbildung 135 zeigt den eigentlichen Schalter für sich ohne das schützende Messingrohr.

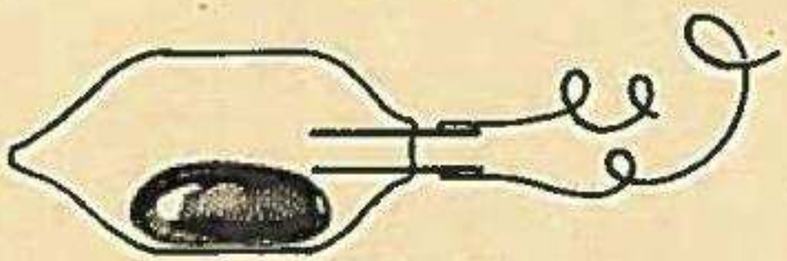


Abbildung 135

Stellen wir uns den Quecksilberschalter gemäß Abbildung 136 in einen Kreis eingeschaltet vor, der außerdem unsere Spule und eine Taschenlampenbatterie enthält, so fließt in diesem Kreis k e i n Strom, weil der Stromkreis zwischen den beiden eingeschmolzenen Drähten unterbrochen ist.

Neigen oder, wie der Fachmann sagt, „kippen" wir die Röhre nach rechts (Abbildung 137) so fließt das Quecksilber der Schwerkraft folgend nach unten und bedeckt die beiden eingeschmolzenen Drahtenden, d. h. es stellt zwischen den beiden Drähten eine l e i t e n d e V e r b i n d u n g her. Der aus dem Quecksilberschalter, der Spule und der Taschenlampenbatterie bestehende S t r o m k r e i s ist also g e s c h l o s s e n, so daß in ihm ein Strom fließen kann, dessen Richtung wir durch Pfeile an den Leitungsdrähten bezeichneten. Der Kern der Spule wird magnetisch, an seinen Enden bilden sich die Pole N und S aus.

Kippen wir gemäß Abbildung 138 die Röhre nach links, so fließt das Quecksilber in das linke Ende, wodurch die V e r b i n d u n g zwischen den eingeschmolzenen Drähten wieder a u f g e h o b e n, d. h. der S t r o m k r e i s u n t e r b r o c h e n w i r d. Daher fließt in dem Kreis kein Strom mehr, der Kern der Spule verliert seinen Magnetismus, die Pole an den Enden der Spule verschwinden.

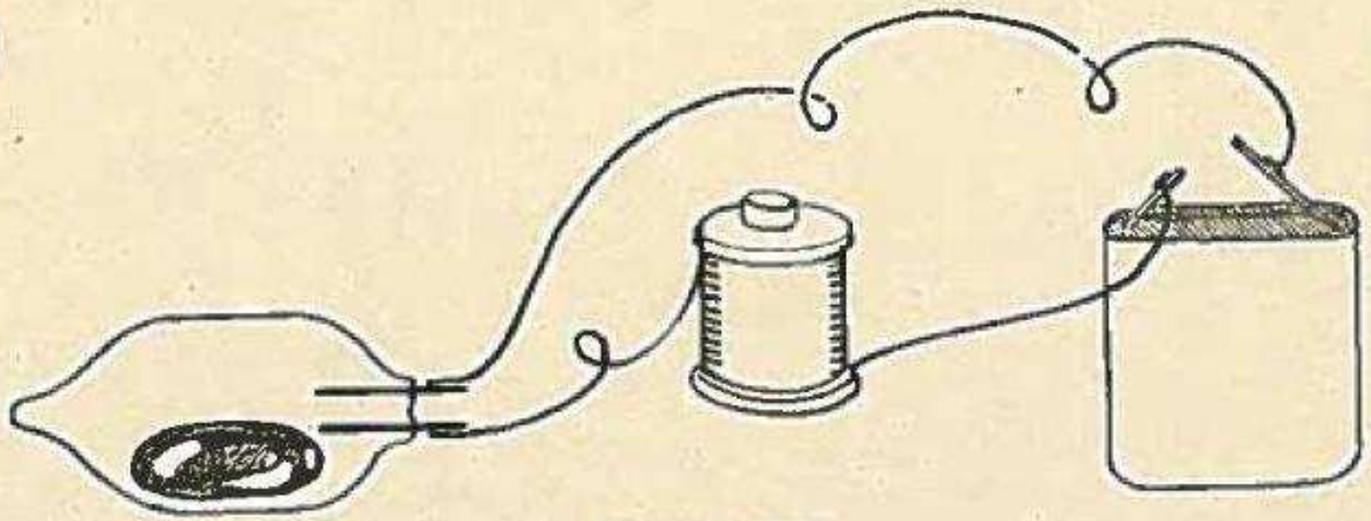


Abbildung 136

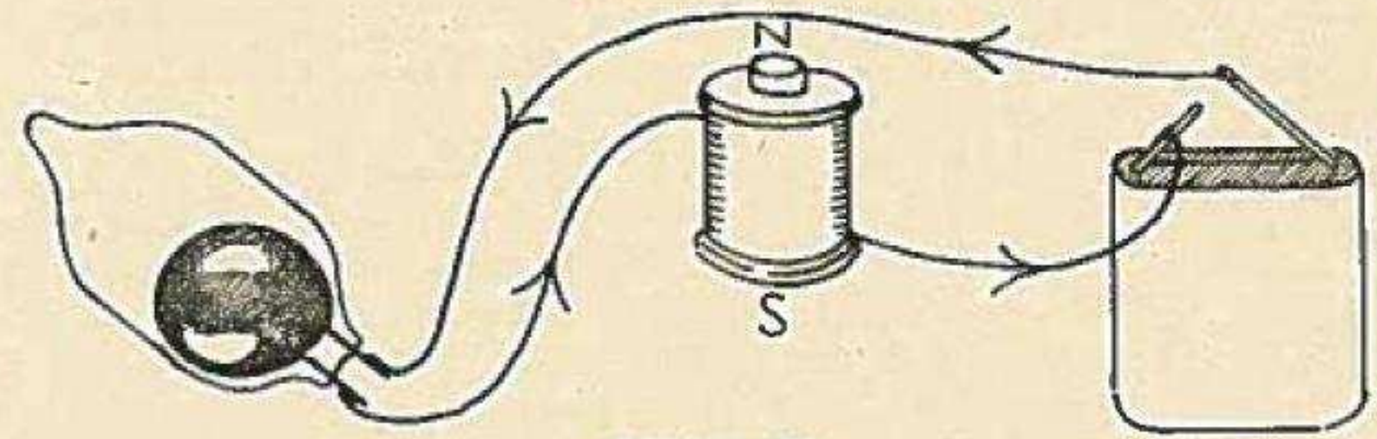


Abbildung 137

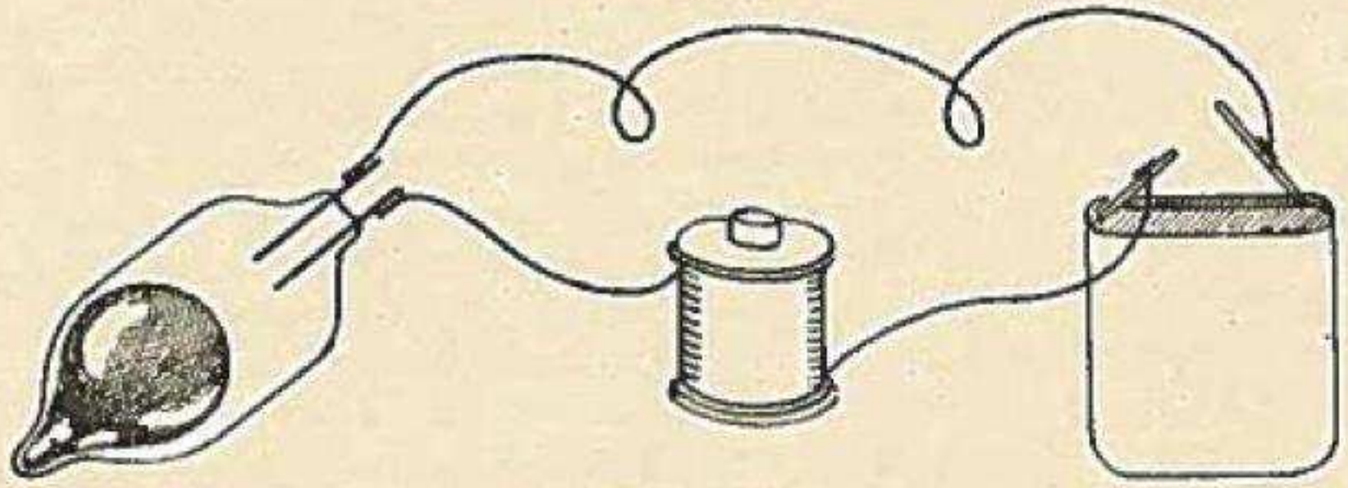


Abbildung 138

Hierbei ist es gleichgültig, ob wir an Stelle der Spule einen anderen Stromverbraucher, z. B. eine Taschenlampenbirne in den Stromkreis einschalten oder ob wir statt der Taschenlampenbatterie einen Akkumulator, eine Anodenbatterie oder eine Wechselstromquelle, z. B. einen Klingel- oder Eisenbahntransformator oder den Electric-Trafo-Motor verwenden: Die Quecksilberröhre wirkt in jedem Falle als Schalter, und zwar als gewöhnlicher Ein- und Ausschalter; er unterscheidet sich in seiner Wirkungsweise grundsätzlich nicht von einem Drehschalter, mit dem wir das elektrische Licht ein- und ausschalten, von einem Klingeltaster in unserer Wohnung oder von dem auf Seite 39 dieses Büchleins gezeigten Hebelschalter und Telegraphenschlüssel.

Gegenüber den bekannten Schaltern und Kontakten weist der Quecksilberschalter jedoch ganz bedeutende Vorzüge auf:

1. Der Quecksilberschalter besitzt einen sehr geringen elektrischen Widerstand oder, was dasselbe ist, eine sehr gute Leitfähigkeit. In der sogenannten Einschaltstellung (Abbildung 137) kann daher ein großer Strom durch ihn fließen. Dies rührt daher, daß Quecksilber ein recht guter Leiter für den elektrischen Strom ist. Außerdem bedeckt es in der Einschaltstellung die beiden eingeschmolzenen Drähte völlig und bietet daher dem Strom einen bequemen Weg, was wir auch daraus ersehen, daß unser Quecksilberschalter selbst bei

stunden- oder tagelangem Betrieb sich nicht erwärmt. Eine Erwärmung des Quecksilbers würde aber auf einen entsprechend hohen Widerstand hinweisen (vgl Seite 28). Z. B. beobachten wir bei den Modellen 36, 37, 38 an den Kontaktstellen (d. h. an der Unterbrechungsstelle zwischen der Bronze- und der Messingfeder) nach kurzer Zeit eine Erwärmung. Diese deutet auf einen verhältnismäßig hohen Widerstand an der Stromübergangsstelle zwischen den beiden Kontaktteilen hin, den man daher auch „Uebergangswiderstand" nennt. Die elektrische Energie aber, welche die Kontaktteile (z. B. Bronze- und Messingfeder) erwärmt, wird ihrer eigentlichen Aufgabe entzogen, die darin besteht, die Spule mit Strom zu speisen, um an den Polen von deren Kern einen möglichst kräftigen Magnetismus zu erzeugen. Wenn also zum Beispiel eine Taschenlampenbatterie imstande ist, eine elektrische Leistung von insgesamt 2 Watt abzugeben, von der aber die Hälfte zur Erwärmung der Kontaktteile verwendet bzw. v e r s c h w e n d e t wird, so bleibt nur noch 1 Watt für die Speisung der Spule übrig. Anders beim Quecksilberschalter: Dieser besitzt fast keinen Widerstand, so daß praktisch die gesamten von der Taschenlampenbatterie abgegebenen 2 Watt zur Speisung der Spule ausgenutzt werden. Dementsprechend arbeitet ein mittels Quecksilberschalters gesteuerter Apparat bei gleichstarker Stromquelle und unter auch sonst gleichen Verhältnissen erheblich kräftiger als bei der Verwendung von Federkontakten.

2. Der Quecksilberschalter hat eine viel längere Lebensdauer als Federkontakte. Bei den Modellen 36 bis 38 dieses Büchleins und ähnlichen Apparaten bemerken wir außer der soeben geschilderten Erwärmung als weiteren Nachteil oft schon nach wenigen Minuten ein Nachlassen ihrer Wirkung.

Wir untersuchen die Kontakte und finden, daß sich an den Stellen, an denen bei Unterbrechung Funken entstehen, schwarze Brandstellen gebildet haben. d. h. die erst so schön blanken Bronze- bzw. Messingteile sind an diesen Stellen oxydiert. Unter Oxydation versteht man jede chemische Verbindung eines Stoffes mit Sauerstoff, wobei darauf hingewiesen sei, daß die uns umgebende Luft etwa 23 % Sauerstoff enthält. Eine Oxydation wird aber gefördert durch hohe Temperaturen, wie sie die Funken unseres Apparates ja erzeugen. Die chemische Verbindung der Bronze bzw. des Messings mit dem Sauerstoff der Luft wird also durch die heißen Funken begünstigt. Die schwarzen Oxyd-Flecken an den Kontaktstellen werden immer größer und bewirken, da Metall-Oxyde sehr schlechte Leiter für den elektrischen Strom sind, eine Zunahme des Uebergangswiderstandes an den Kontaktstellen. Daher wird in dem ganzen Stromkreis der Strom infolge des wachsenden Widerstandes immer schwächer, infolgedessen natürlich auch der die Spule durchfließende Strom und damit deren Magnetismus. Der Uebergangswiderstand kann so groß, der Magnetismus so klein werden, daß der Apparat, z. B. eine elektrische Glocke, nicht mehr arbeitet. Man pflegt sich dann dadurch zu helfen, daß man mit etwas Sandpapier oder einer feinen Feile die Kontaktstellen blank reibt, d. h. die schwarzen Oxydstellen entfernt; ein Verfahren, das ab und zu wiederholt werden muß, was natürlich lästig ist. Bei guten und teuren Apparaten des elektrotechnischen Großbaus hilft man sich dadurch, daß man die Kontakte aus Platin oder Wolfram herstellt; denn diese beiden Metalle haben die Eigenschaft, sich nur schwer mit dem Sauerstoff zu verbinden. Daher bleiben sie lange Zeit blank und der Uebergangswiderstand zwischen zwei solchen Kontaktteilen ist sehr klein. Für uns kommen

jedoch solche Kontakte wegen ihres sehr hohen Preises nicht in Frage. Ein Gramm Platin kostet zur Zeit etwa 5,— Mark!

Bei unserem Quecksilberschalter nun ist eine solche, den Widerstand heraufsetzende, Oxydation ausgeschlossen; denn die Glasröhrchen werden vor dem Zuschmelzen mit Wasserstoff gefüllt. Sauerstoff ist also in dem Glasröhrchen überhaupt nicht enthalten; ohne Sauerstoff aber ist eine Oxydation unmöglich, und daher kommt es, daß unsere Quecksilberschaltröhre eine unvergleichlich längere Lebensdauer als viele andere Kontakte hat.

Ein anderes Verfahren, das Quecksilber in den Glasröhrchen vor Oxydation zu schützen, besteht darin, daß man sie evakuiert, d. h. man pumpt die Luft aus ihnen heraus; dadurch entfernt man aus ihnen auch den Sauerstoff und weder die eingeschmolzenen Kontaktdrähte noch das Quecksilber können oxydieren.

3. Das Schalten mittels eines Quecksilberschalters erfordert nur einen ganz geringen Kraftaufwand. Wir haben gesehen, daß ein Quecksilberschalter einen sehr kleinen elektrischen Widerstand besitzt und daher die elektrischen Ströme praktisch ungeschwächt hindurchläßt. Er verbraucht also im Gegensatz zu vielen anderen Kontakten keine elektrische Energie. Ein weiterer Vorteil ist es, daß es zu seiner Betätigung, d. h. um ihn zu kippen, auch nur einer ganz geringen mechanischen Energie bedarf. Man braucht ihn nur aus der Stellung gemäß Abbildung 136 in die Stellung gemäß Abbildung 137 zu kippen, um den Stromkreis zu schließen, bzw. ihn zurückzukippen, um den Stromkreis zu unterbrechen. Zu dieser kleinen Bewegung bedarf es nur eines ganz geringen Kraftaufwandes, was im Vergleich mit anderen Kontaktvorrichtungen sehr angenehm ist, wobei wir zum Beispiel an einen Klingelknopf oder den Drehschalter für das elektrische Licht in unserer Wohnung denken. Wie stark die bei den Schleifkontakten von Elektromotoren zu überwindende Reibung ist, können wir ebenfalls leicht feststellen, indem wir den Anker eines beliebigen Elektromotors drehen, z. B. den Anker eines Electric-Trafo-Motors. Wir finden, daß dieser sich schwer drehen läßt. Entfernen wir aber die beiden sogenannten Bürsten von dem Motor, d. h. die Federn oder Kohlen, die dem Kollektor des Ankers den Strom zuführen, so finden wir, daß sich der Anker nunmehr spielend leicht drehen läßt. Ehe ein solcher Elektromotor erst einmal mechanische Energie, also Drehungen, abgeben kann, muß ihm soviel elektrische Energie zugeführt werden, daß er die sogenannte Bürstenreibung überwinden kann. Beim Elektromotor muß man diese an sich unerwünschte Reibung in Kauf nehmen, da aus verschiedenen Gründen hier nicht mit Quecksilberschaltern gearbeitet werden kann. Jedenfalls tritt bei unserem Quecksilberschalter praktisch überhaupt keine Reibung bei den Schaltvorgängen auf, daher braucht auch keine solche überwunden zu werden, mit einem Wort: Bei Verwendung unseres Quecksilberschalters kann die ganze von der Stromquelle gelieferte Energie für ihre eigentliche Bestimmung, z. B. Magnetisierung der Spule, ausgenutzt werden.

Diese Eigenschaft des Quecksilberschalters ist für unsere Modelle sehr angenehm, da wir es ja hier in der Regel mit ziemlich schwachen Stromquellen, z. B. einer Taschenlampenbatterie, zu tun haben.

Elektrische Schaltungen

Unser Baukasten enthält 3 Stromverbraucher: zwei Spulen und eine Zwergfassung, in die wir eine beliebige kleine Glühlampe hineinschrauben können. Bei den folgenden Modellen werden wir oft in die Lage geraten, mehrere Stromverbraucher (zum Beispiel zwei Spulen) gleichzeitig aus einer Stromquelle (zum Beispiel einen Electric-Trafo-Motor) mit Strom speisen zu müssen, oder auch einen Stromverbraucher, z. B. eine Spule, aus zwei Stromquellen (z. B. aus zwei Taschenlampenbatterien). Es kann auch vorkommen, daß wir, besonders wenn wir wünschen, daß unsere Modelle recht kräftig arbeiten, mehrere Spulen und mehrere Stromquellen verwenden müssen. Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, Stromverbraucher und Stromquellen mit- bzw. untereinander durch Drähte leitend zu verbinden. Es erscheint daher zweckmäßig, die verschiedenen Arten der Schaltungsmöglichkeiten kurz zu streifen.

Grundsätzlich müssen wir 2 Arten von Schaltungen unterscheiden: die Hintereinanderschaltung und die Parallelschaltung.

Die Abbildung 139 zeigt eine Taschenlampenbatterie, die 2 Spulen mit Strom speist. Wie die Pfeile an den Drähten andeuten, fließt der Strom aus der Batterie durch die rechte, dann durch die linke Spule und durch den Unterbrechungsschalter a in die Batterie zurück. Da der Strom erst durch die eine, dann durch die andere Spule fließen muß, sagt man, sie seien hintereinander geschaltet.

Unterbrechen wir nun den Stromkreis durch Oeffnen des Schalters a, so kann in dem Kreis kein Strom mehr fließen und beide Spulen sind dann stromlos. Auch wenn wir den Stromkreis an einer anderen beliebigen Stelle unterbrechen, z. B. wenn wir den die beiden Spulen verbindenden Draht durchschneiden, werden ebenfalls beide Spulen stromlos. Eine Möglichkeit, den Stromkreis an einer solchen Stelle zu unterbrechen, daß nur eine Spule stromlos wird, ist bei Hintereinanderschaltungen nicht vorhanden.

Abb. 140 zeigt zwei Spulen, die von zwei Batterien gespeist werden. Hier sind die beiden Batterien hintereinander geschaltet und die beiden Spulen ebenfalls. Es ist hierbei darauf zu achten, daß die Kohle der einen Batterie stets mit dem Zink der anderen verbunden wird (vgl. Abbildung 58). Auch hier wird durch Unterbrechung des Kreises an einer

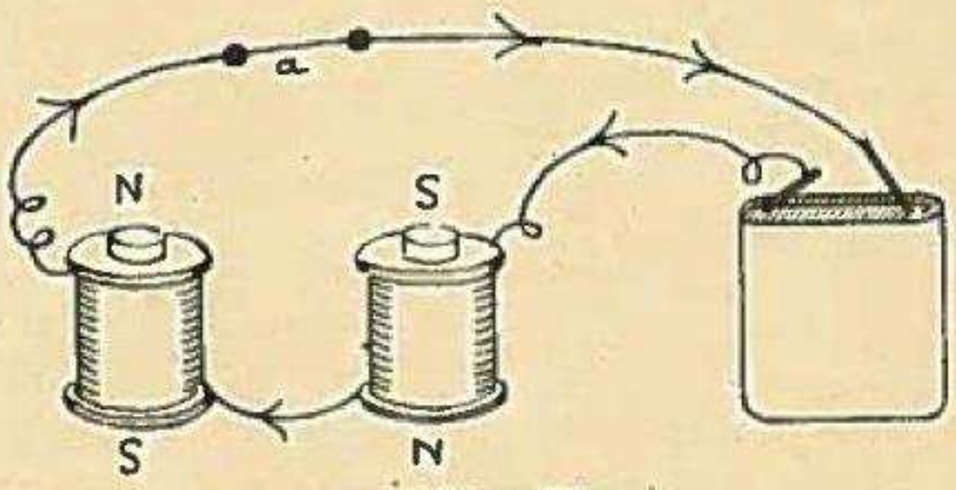


Abbildung 139

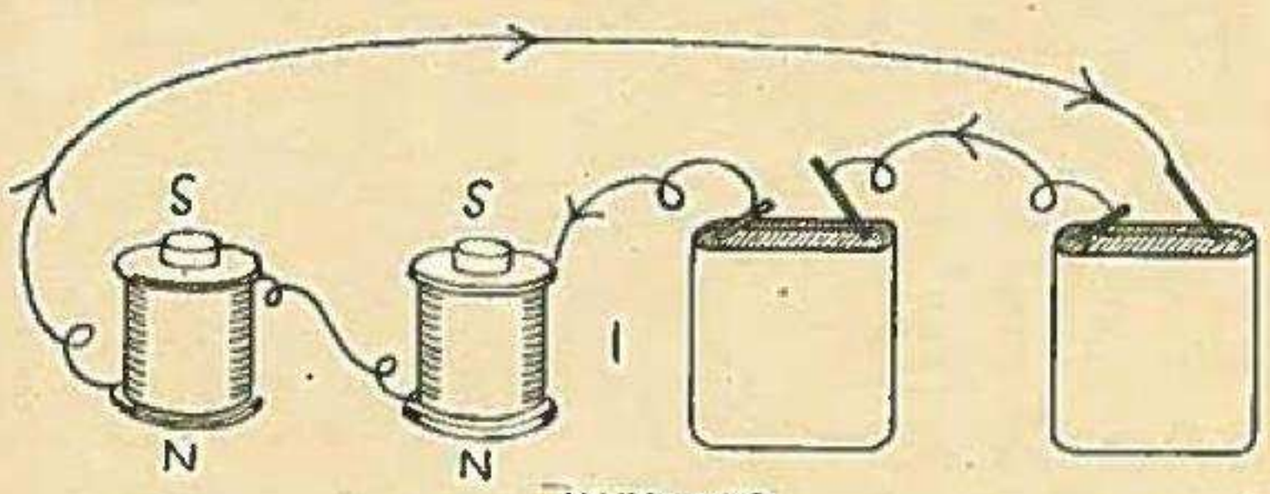


Abbildung 140

einzigen, beliebigen Stelle sofort der ganze Kreis stromlos, also auch beide Spulen. Man hat es eben bei Hintereinanderschaltung gewissermaßen mit einer einzigen Leitung zu tun, wobei es gleichgültig ist, ob sie aus Kupferdraht besteht (Drähte und Spulen) oder aus Osram (wie in einer Lampe) oder aus dem Zink oder der Kohle der Batterie usw., ob der Draht gerade geführt ist oder in Windungen usw.

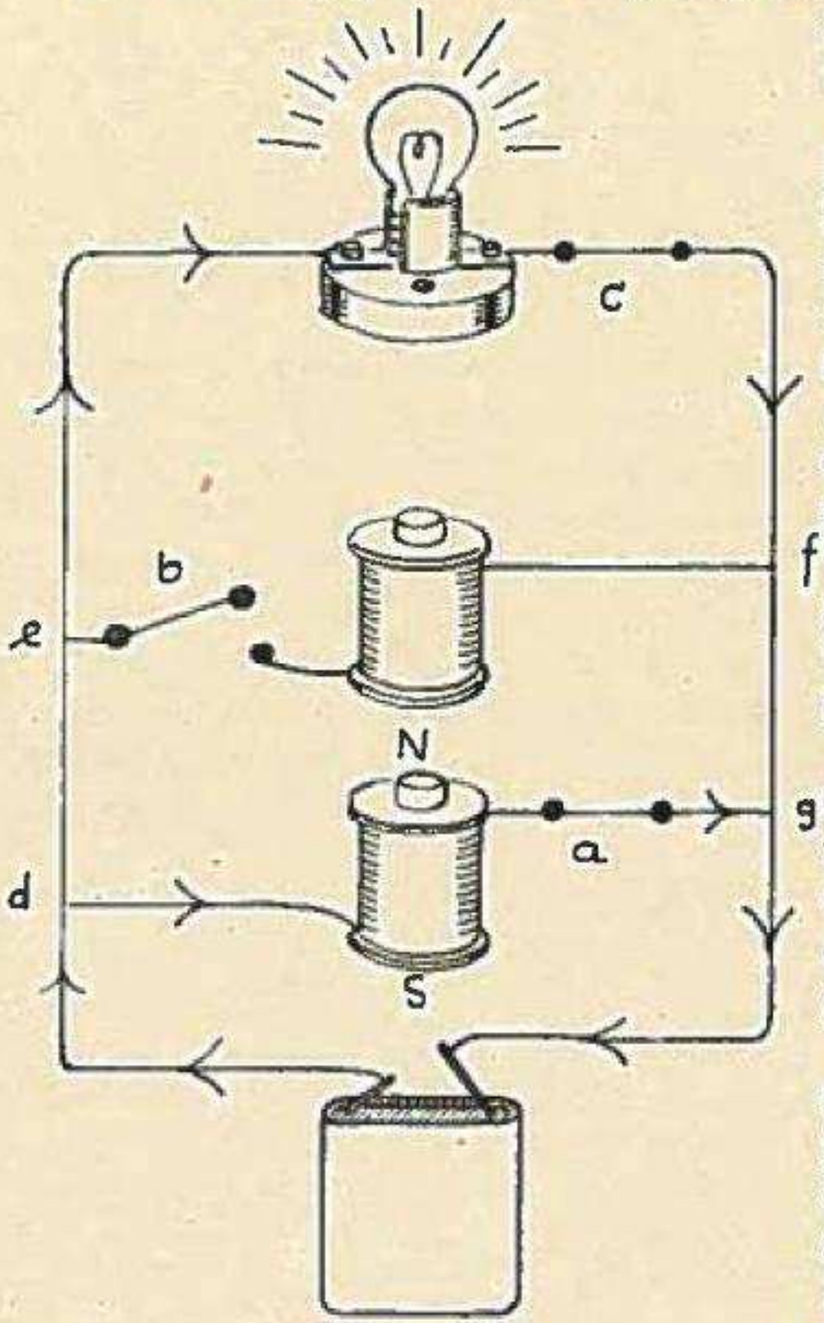


Abbildung 141

Die Verhältnisse liegen also bei Hintereinanderschaltung ähnlich wie bei einem langen Wasserleitungsrohr, das z. B. mit 10 Ventilen versehen ist, von denen jedes das Wasserleitungsrohr absperren kann. Auch hier ist es gleichgültig, welches von den 10 Ventilen sperrt. Es genügt das Zudrehen eines einzigen Ventiles, um das Fließen des Wassers in dem ganzen Rohr, d. h. den Wasserstrom zum Stillstand zu bringen.

Im übrigen ist zu bemerken, daß eine Schaltung gem. Abb. 140 richtig ist, d. h. wenn die Spulen hintereinandergeschaltet werden, müssen auch die Batterien hintereinandergeschaltet werden.

Weniger günstig ist die Schaltung nach Abb. 139, denn hier liegt an jeder Spule nur die Hälfte der 4½ Volt der Batterie: das sind also nur 2¼ Volt. Gem. Abb. 140 geben beide Batterien bei der Hintereinanderschaltung 2 × 4½ Volt = 9 Volt ab, so daß an jeder Spule 4½ Volt liegen (vgl. S. 31).

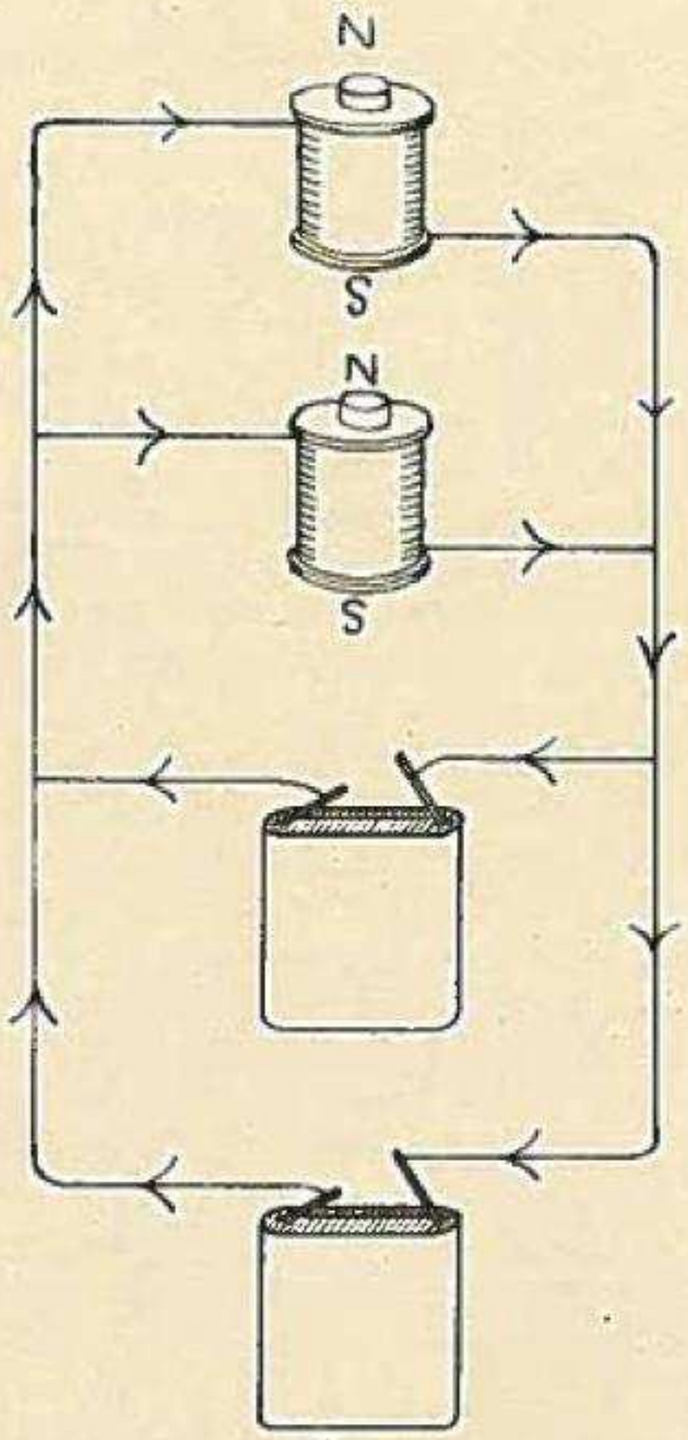


Abbildung 142

Abbildung 141 zeigt das Schema einer Parallelschaltung. Die Pfeile an den Drähten zeigen den Verlauf des elektrischen Stromes. Dieser tritt links aus der Batterie heraus und teilt sich bei d: ein Teil fließt durch die untere Spule, erzeugt hier die Pole N und S, fließt durch den Schalter a und über die Zweigstelle g in die Batterie zurück.

Der andere Teil des Stromes fließt über e, durch die Lampe, den geschlossenen Schalter c und über f und g in die Batterie zurück.

Durch die obere Spule fließt kein Strom; denn der Schalter b ist geöffnet, daher wird diese Spule auch nicht magnetisch. Schließen wir den Schalter b, so fließt auch durch die obere Spule ein Strom.

Nehmen wir an, diese 3 Stromverbraucher haben alle den gleichen Widerstand, so fließt nach Abb. 141 in der Lampe und der unteren Spule der gleiche Strom, und zwar sind die durch die Lampe fließenden und die durch die untere Spule fließenden Stromteile zusammen ebenso stark wie der durch die Batterie fließende Gesamtstrom. Wenn also durch die Batterie ein Strom fließt von z. B. der Stärke 1 Amp., so würde durch die untere Spule ½ Amp. fließen und durch die Lampe ebenfalls ½ Amp. Würden wir den Schalter b schließen, so daß ein Teil des Stromes auch durch die obere Spule fließt, so würde in jedem der drei Stromverbraucher ein Teilstrom von ⅓ Amp. und durch die Batterie der Gesamtstrom von 1 Amp. fließen. Die Summe der Teilströme ist stets gleich dem Gesamtstrom.

Wir können bei dieser Parallelschaltung, wie wir sehen, durch Betätigung der Schalter a, b oder c nach Belieben den Strom durch diesen oder jenen oder alle Stromverbraucher fließen lassen. Diese Möglichkeit bietet nur die Parallelschaltung. So sind z. B. die Glühlampen in unserer Wohnung oder auf der Straße alle untereinander parallel geschaltet. Daher brennen die anderen Lampen auch dann noch weiter, wenn eine von ihnen durchbrennt oder abgeschaltet wird. Bei Hintereinanderschaltung würden alle in demselben Stromkreis liegenden Lampen sofort verlöschen, wenn wir auch nur eine einzige abschalten.

Im übrigen ist die Anordnung nach Abb. 141 nicht günstig, wenigstens dann nicht, wenn der aus der Batterie fließende Strom alle 3 Stromverbraucher gleichzeitig durchfließen soll. Die Batterie würde hier überlastet, d. h. in kurzer Zeit unbrauchbar werden. Etwas anderes ist es, wenn wir von den Stromverbrauchern nach Abb. 141 zurzeit immer nur einen einschalten; dann kann nach der obigen Annahme durch die Batterie eben niemals ein größerer Strom als ½ Amp. fließen.

Richtig ist es nach Abb. 142 2 Batterien zu verwenden, wenn 2 Stromverbraucher gleichzeitig in Betrieb sein sollen.

Diese Abbildung zeigt 2 Batterien und 2 Spulen, wobei die beiden Stromquellen und die beiden Stromverbraucher alle parallel zueinander geschaltet sind.

Praktisch ist es ganz gleichgültig, ob wir eine Schaltung nach Abb. 140 oder Abb. 142 vornehmen. In beiden Fällen liegt an jeder Spule eine Spannung von 4½ Volt, natürlich vorausgesetzt, daß die Batterien noch in einem solchen Zustand sind, daß sie die volle Spannung aufbringen.

Bei Verwendung stärkerer Stromquellen als eine Taschenlampenbatterie fallen natürlich diese Bedenken bezüglich der Ueberlastung der Stromquelle weg. Mit dem Electric-Trafo-Motor z. B. können wir unbedenklich die 2 Spulen und eine Lampe aus unserem Baukasten gleichzeitig und auch für längere Zeit mit Strom speisen

Das Pendel

Ein Körper, der um einen festen Punkt, der nicht zugleich sein Schwerpunkt ist, schwingen kann, heißt ein Pendel.

Wir hängen an einen Faden ein Gewicht und bringen es aus seiner Ruhelage: es schwingt hin und her. Mit Hilfe des Sekundenzeigers unserer Taschenuhr überzeugen wir uns davon, daß die Dauer der einzelnen Schingungen stets die gleiche ist. Hierbei ist es gleichgültig, ob die Schwingungen groß oder klein sind. Die Schwingungsdauer, d. h. die Anzahl der Schwingungen z. B. während einer Minute ist unabhängig von der Schwingungsweite, d. h. der Größe des Pendelausschlag nach links und rechts.

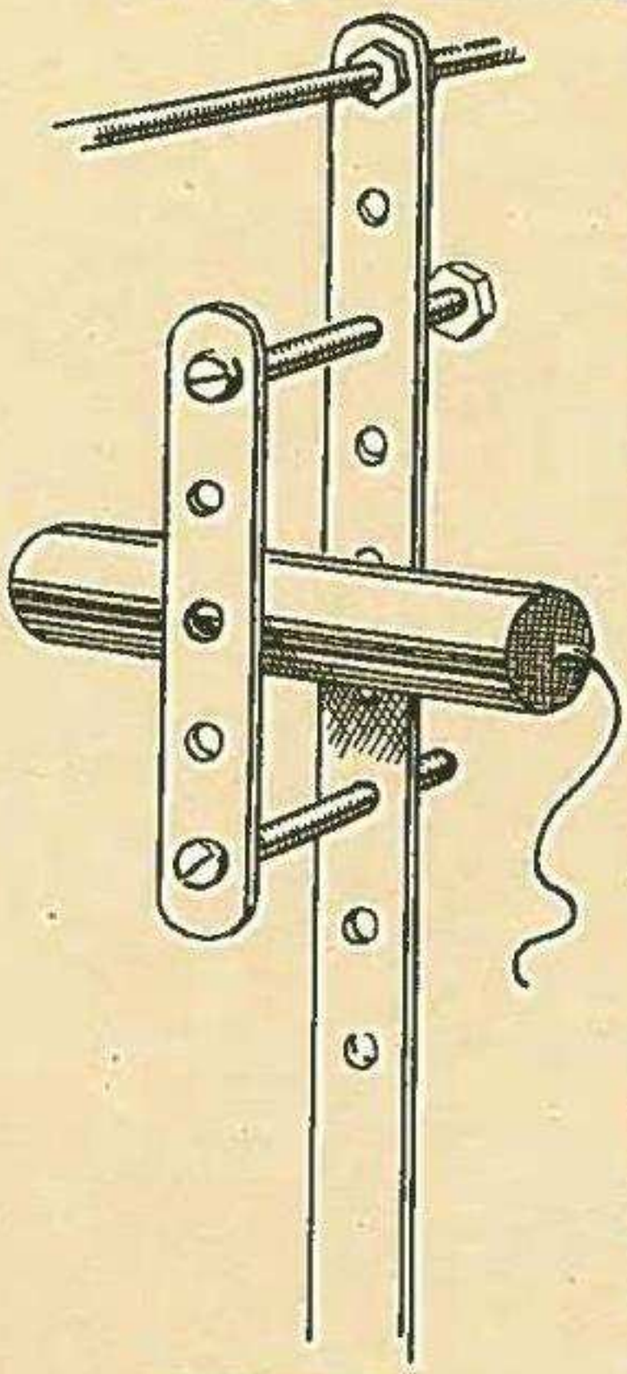


Abbildung 143

Wir ersetzen das schwere Eisengewicht durch eine Holzkugel von gleicher Größe, ohne an der Länge des Fadens etwas zu ändern, und stellen fest, daß die Anzahl der Schwingungen ebenso groß ist wie vorhin: Die Schwingungsdauer ist unabhängig von Stoff und Größe des Pendelkörpers.

Wir verkürzen den Faden, an dem wir das Gewicht auf hängten und sehen, daß die Schwingungen schneller werden. Wir verlängern den Faden: Das Pendel schwingt langsamer.

Die folgenden Modelle, bei denen wir den Stromkreis durch unseren Quecksilberschalter schließen und unterbrechen, lassen sich ihrer physikalischen Grundform nach auf das Pendel zurückführen. Auch hier sehen wir, daß ein langes Pendel langsamer schwingt als ein kurzes, eine lange Wippe langsamer auf- und abwippt als eine kurze usw.

Sollen also bei den Modellen gem. Abb. 174, 175, 176 z w e i an verschiedenen Gerüsten hängende Pendel durch e i n e n Quecksilberschalter gesteuert werden, so ist darauf zu sehen, daß beide Pendel einigermaßen gleichlang sind; denn nur dann werden sie die gleiche Schwingungsdauer haben. Dies ist aber erforderlich, wenn auch das zweite Pendel kräftig ausschlagen soll. Nur dann läßt es sich erreichen, daß die Kontaktgebung f ü r b e i d e P e n d e l d i e r i c h t i g e ist, d. h. eine solche, wobei beide Magnetspulen vom Strom durchflossen werden, wenn sich die beiden Pendel ihnen nähern und der Strom unterbrochen wird, wenn die Pendel sich über den Spulen befinden oder von ihnen entfernen.

Die Verbindung des Quecksilberschalters mit einem Pendel

Gem. Abb. 143 wird der Quecksilberschalter zwischen ein 5-Lochstück und ein langes Flacheisenstück (z. B. 25 Loch), welches das eigentliche Pendel darstellt, mittels zweier langen Schrauben geklemmt, doch nur so fest, daß

er sich einerseits nicht von selbst lösen kann, daß man ihn aber andererseits zwecks Regulierung der richtigen Kontaktgebung noch etwas verdrehen kann. Falls sich aus den folgenden Abbildungen nichts anderes ergibt, wird die Gewindewelle des Baukastens mit 2 Muttern fest an das obere Ende des Pendels geschraubt. Das Pendel schwingt dann um diese Welle, welche in 2 Punkten gelagert wird.

Der Quecksilberschalter darf meist nicht senkrecht zu dem Pendel stehen, sondern in der Regel muß d a s Ende des Quecksilberschalters, aus dem die grüne Litze heraustritt, etwas tiefer als das andere Ende liegen. **Es ist eine solche Stellung des Quecksilberschalters zu dem Pendel anzustreben, daß der Strom durch die Spule zu fließen beginnt, wenn das Pendel beginnt, sich ihr zu nähern. Der Strom muß spätestens in dem Augenblick unterbrochen werden, in dem das Pendel sich gerade über der Spule befindet, damit es nicht durch den Magnetismus festgehalten wird, sondern durch seinen Schwung noch kräftig über die Spule hinausschwingen kann. Auf alle Fälle muß die Spule stromlos sein, wenn das Pendel bzw. der Anker sich von der Spule hinwegbewegt. Die r i c h t i g e Stellung des Quecksilberschalters zu dem Pendel ist durch Verdrehen des ersteren leicht zu finden.**

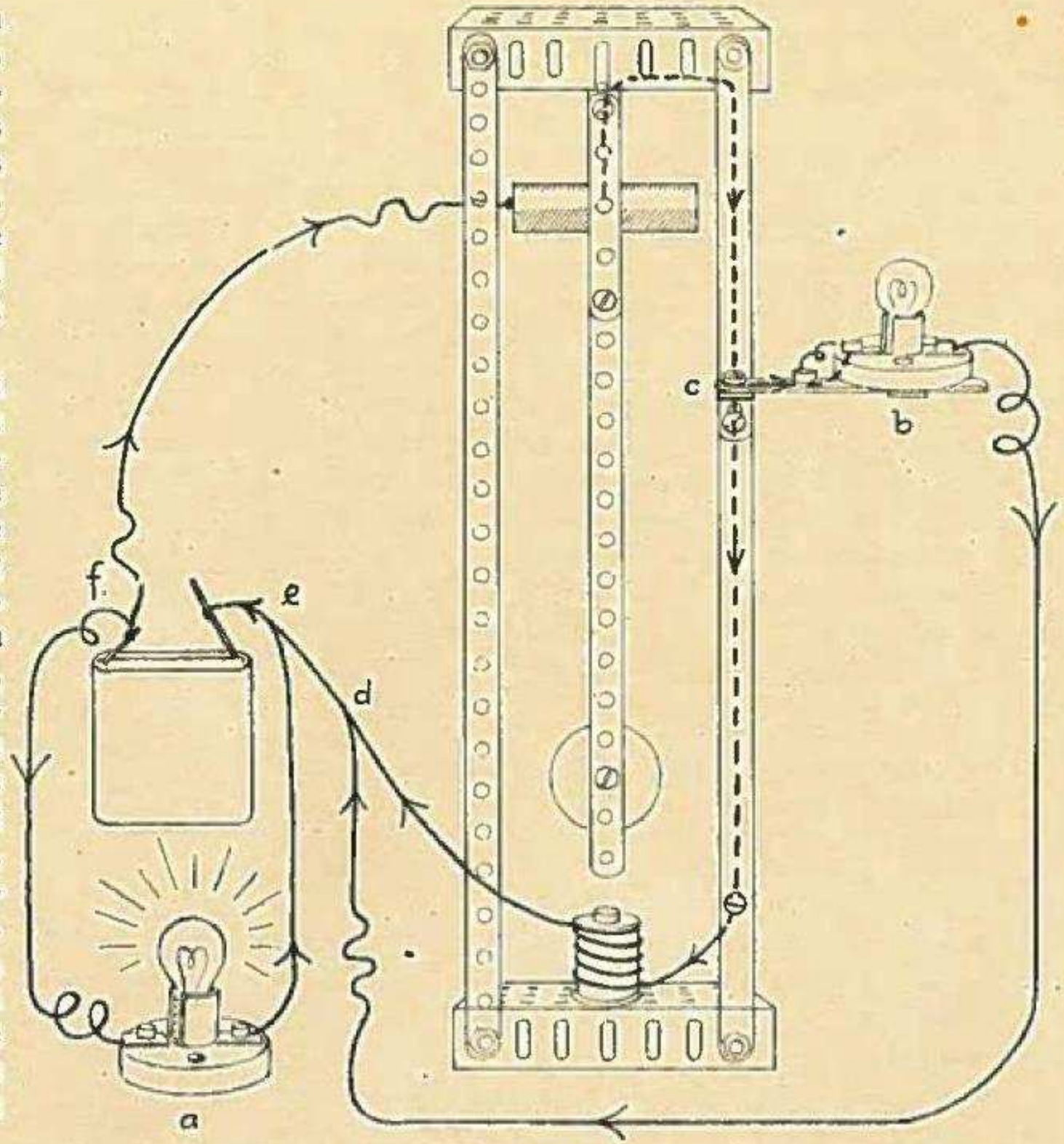


Abbildung 144

Der Verlauf des elektrischen Stromes an und in einem Modell

Angenommen, es solle:

erstens eine Lampe (a) dauernd mit Strom gespeist werden,

zweitens von dem Quecksilberschalter der durch die Spule fließende Strom gesteuert werden,

drittens eine zweite Lampe (b) nur gleichzeitig mit der Spule vom Strom durchflossen werden, so daß sie also als sogenanntes „Blinklicht" wirkt.

Abbildung 144 zeigt die erforderliche Schaltung.

Wir können 3 Stromkreise unterscheiden:

1. Der Strom fließt aus der Batterie und teilt sich im Punkte f; ein Teil des Stromes fließt durch die Lampe a und über den Punkt e in die Batterie zurück.

2. Ein anderer Teilstrom fließt durch die grüne Litze in den einen eingeschmolzenen Draht des Quecksilberschalters, durch das Quecksilber in den zweiten eingeschmolzenen Draht (vgl. Abbildung 137), dann über die Lötstelle (vgl. Abbildung 134) in das Messingrohr und von diesem in die beiden Flacheisenstücke, die das Messingrohr festklemmen (vgl. Abbildung 143), ferner durch die Gewindewelle, das obere Fundament, die rechte 25-Loch-Schiene bis zu dem Verzweigungspunkt c durch die Spule zurück in die Batterie.

3. Stromkreis. Im Verzweigungspunkt c wird der Strom gespaltet, so daß nur ein Teil durch die Spule fließt; der andere Teil fließt durch die Lampe b und über d in die Batterie zurück.

Hiernach ist es klar, daß die Lampe b und die Spule nur dann stromdurchflossen sein können, wenn der Quecksilberschalter sich in der Einschaltstellung befindet (vgl. Abbildung 137). Ist hingegen der Quecksilberschalter durch ein Links-Ausschlagen des Pendels nach rechts geneigt, so befindet er sich in der Ausschaltstellung (vgl. Abbildung 138): Der Strom kann weder durch die Lampe b noch durch die Spule fließen. Die Lampe b und die Spule sind also stets gleichzeitig stromdurchflossen bzw. stromlos.

Wir bedienen uns also bei einem solchen Modell des sogenannten Körperschlusses (vgl. Seite 2), d. h. um Drahtleitungen zu ersparen, lassen wir den Strom streckenweise durch die Flacheisenschienen, die Welle usw. unseres Modells fließen.

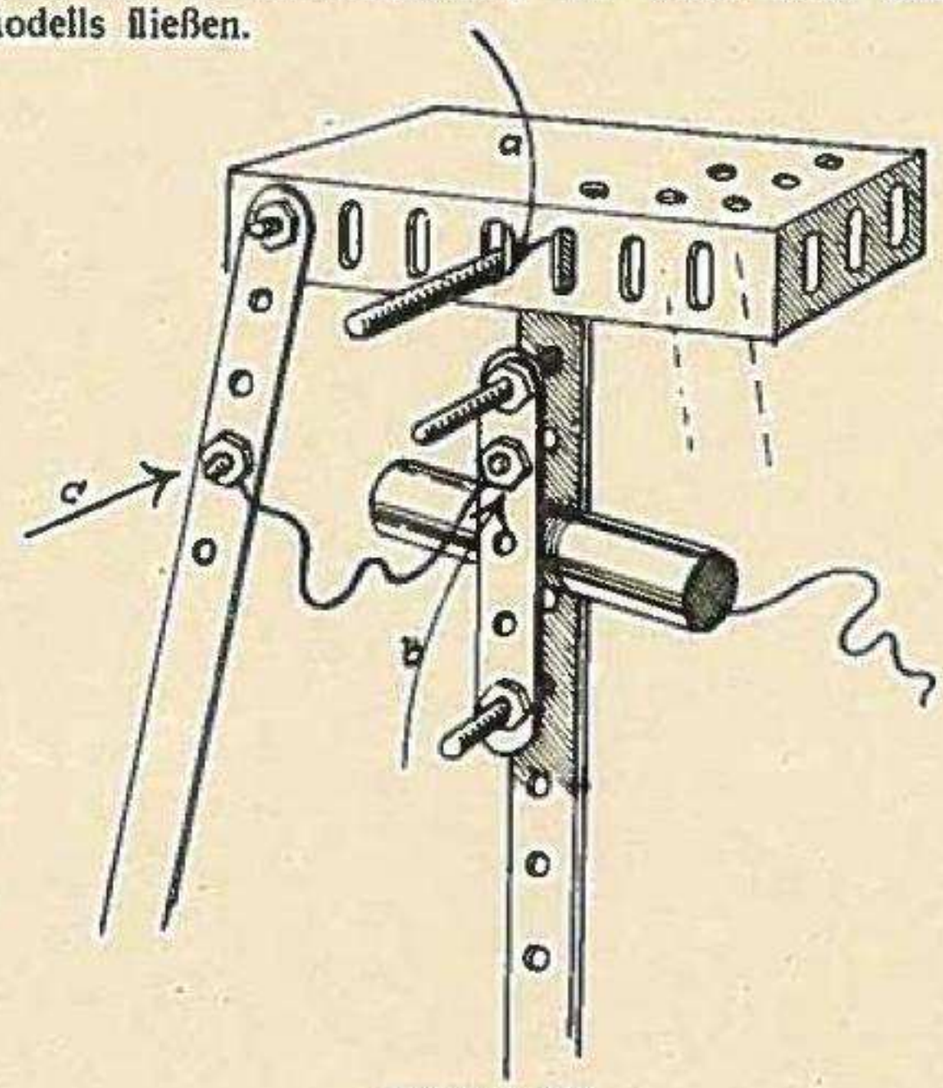


Abbildung 145

Lassen wir nun ein Pendelwerk nach Abbildung 144 wirklich arbeiten, so bemerken wir an den beiden Punkten, in denen die Gewindewelle des Pendels in dem oberen Fundament gelagert ist, das Entstehen von Funken. Diese sind um so größer, je stärker der Strom ist, mit dem wir das Modell speisen. Auch hier können wir nach einiger Zeit ein Schwarzwerden, also ein Oxydieren, der gegeneinander reibenden Teile der Welle und ihrer beiden Lager feststellen. Auch hier haben wir einen Uebergangswiderstand, dessen Größe mit der fortschreitenden Oxydation wächst. Oelen wir die beiden Lager, was an sich durchaus richtig ist, so bewirkt die zwischen der Pendel-Gewindewelle und den als Lager dienenden Löchern des oberen Fundamentes dann vorhandene dünne Oelschicht ein weiteres Anwachsen des Widerstandes, also eine weitere Abnahme der Leistung des Apparates. Das Oel wird bald schmutzig-schwarz, was auf die in ihm gelösten Metalloxyde zurückzuführen ist. Kurz gesagt: An den beiden Lagerstellen finden wir bald alle die unliebsamen Erscheinungen, die wir auf Seiten 83 und 84 besprachen. Es wäre nun ganz unfachmännisch, wenn wir den Uebergangswiderstand, den wir durch die Anwendung des Quecksilberschalters an der einen Stelle des Stromkreises glücklich vermieden haben, an einer anderen Stelle dulden würden.

Abbildung 145 zeigt, wie wir auf einfache Weise die soeben beschriebene Fehlerquelle ausschalten können. Wir verhindern den Strom, über die Lagerstelle a, die einen großen Widerstand besitzt, zu fließen, indem wir

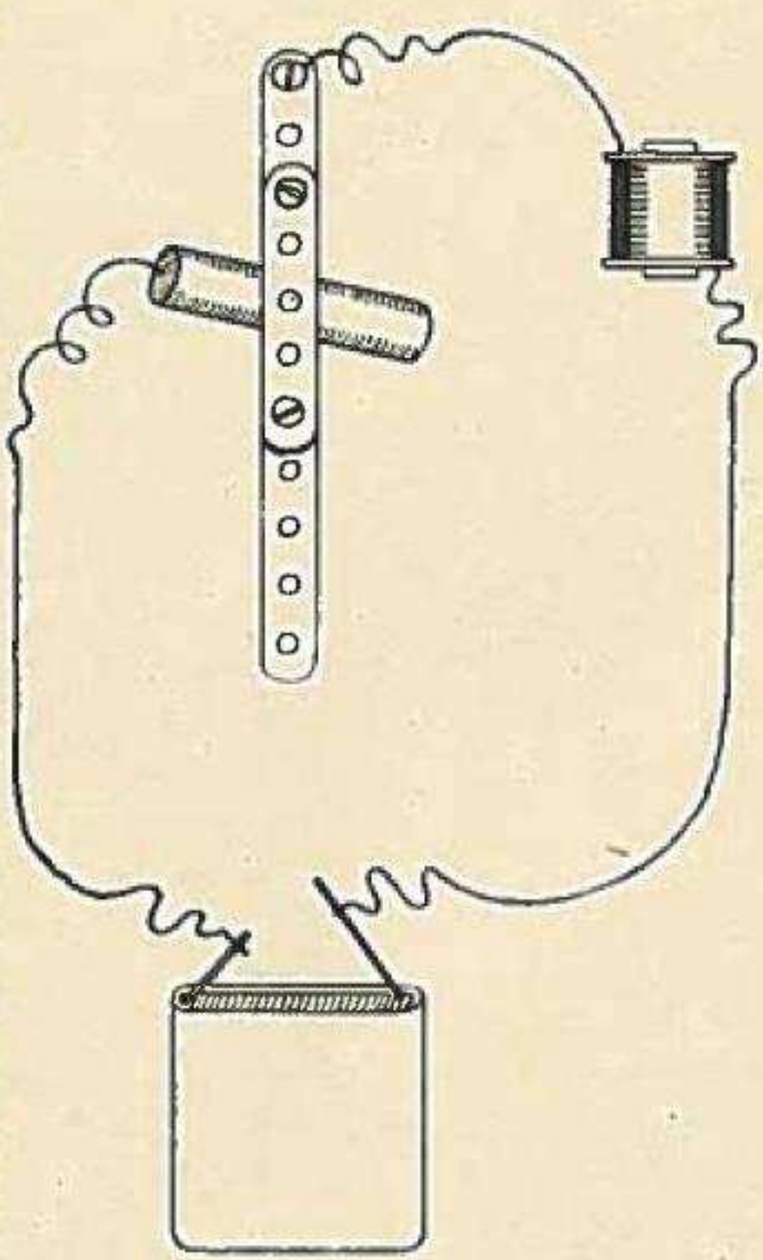


Abbildung 146

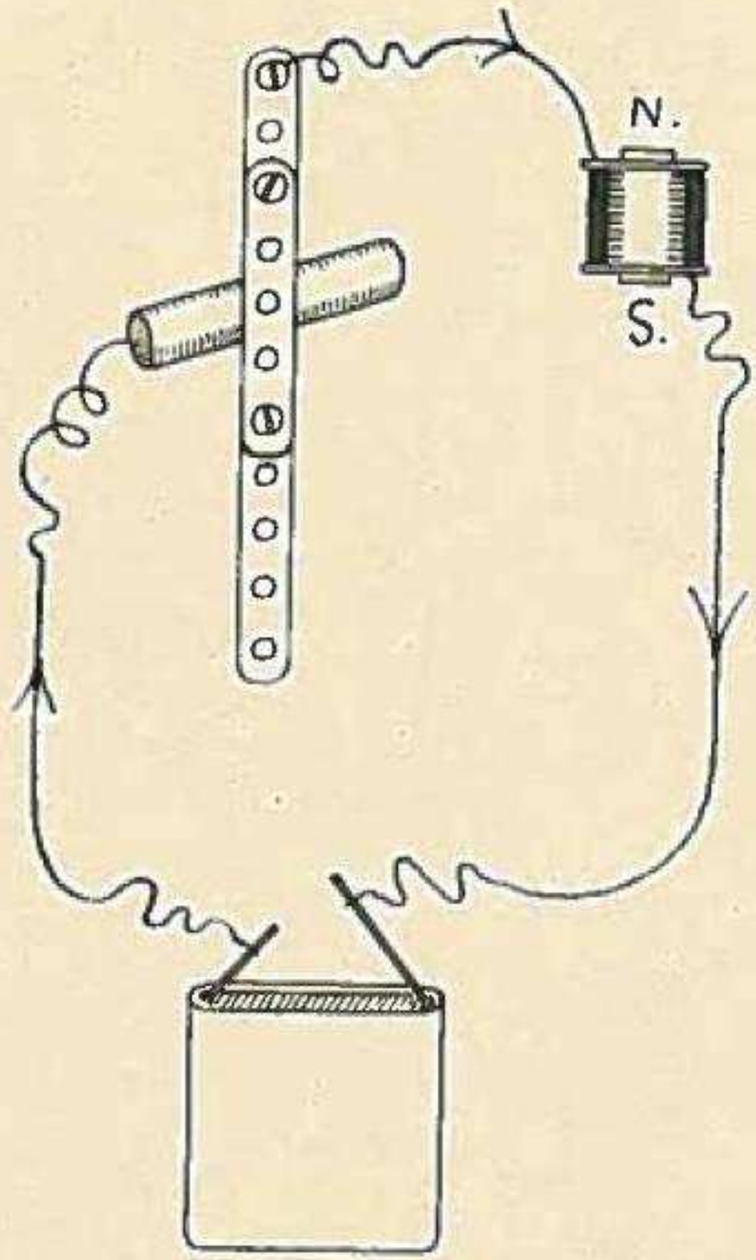


Abbildung 147

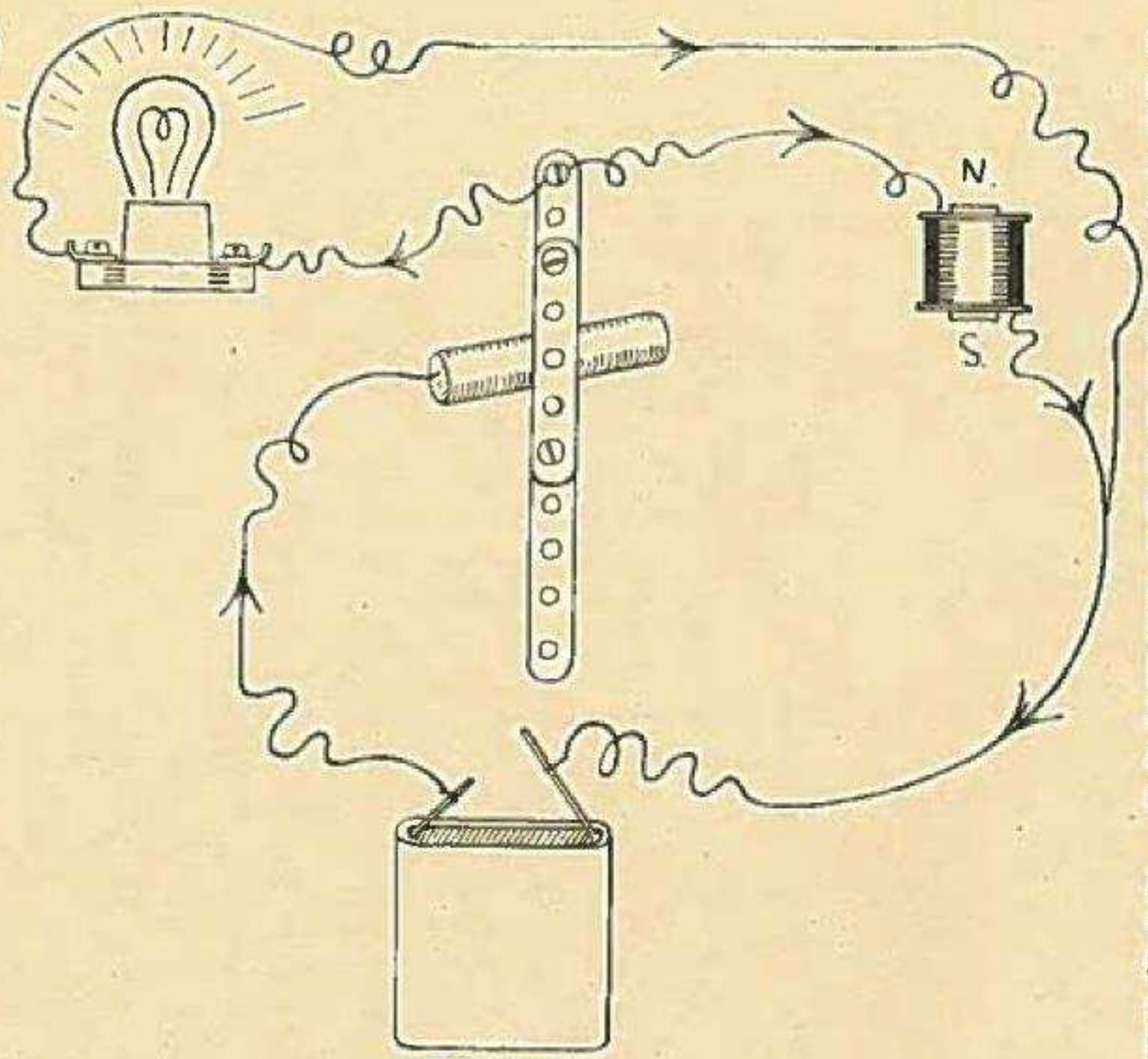


Abbildung 148

ihm einen bequemeren Weg von geringem Widerstand bieten: Wir verbinden einen beliebigen Punkt des Pendels (z. B. die Mutter b) mit einem beliebigen Punkt des Gerüstes (z. B. c) durch einen Draht. Dann fließt der Strom nicht mehr über die Gewindewelle des Pendels in das Lager a, sondern er fließt aus dem Messingrohr des Quecksilberschalters in die 5-Loch-Schiene, die Mutter b, durch den Draht in die Mutter c und von dieser in die zu dem feststehenden Teil des Modells gehörende 25-Loch-Schiene und endlich in das mit dem Gerüst verbundene Spulendrahtende gemäß Abbildung 144 usw.

Der Draht zwischen den Punkten b und c ist möglichst in der Nähe des Aufhängungspunktes des Pendels anzubringen, also an einer solchen Stelle des Pendels, wo dessen Ausschlag ein möglichst kleiner ist. Hierdurch erreichen wir, daß der Draht das Pendel in seinen Schwingungen nicht hemmt. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich auch, statt eines starren Drahtes eine biegsame Litze zu nehmen, z. B. sog. Klingellitze. Noch geringer werden die Bewegungen des Drahtes, wenn wir ihn einerseits zwischen zwei Muttern an dem vorderen Ende der Pendelwelle, andererseits mittels Schraube und Mutter an dem oberen Fundament festklemmen.

Nachstehend wollen wir noch einige Schaltungen angeben, die sehr praktisch sind und zeigen, wie wir auf einfache Weise an einem Modell Stromquelle, Spule, Quecksilberschalter und gegebenenfalls auch die Lampe miteinander verbinden können.

Abbildungen 146 und 147 zeigen die Schaltung bei einem Pendel ohne Lampe. Gemäß Abbildung 146 befindet sich der Quecksilberschalter in der Ausschaltstellung. Der ganze Kreis ist stromlos. Abbildung 147 zeigt den Quecksilberschalter in der Einschaltstellung. Die Spule wird vom Strome durchflossen, so daß sich an ihren Enden die Pole N und S ausbilden.

Gemäß Abbildung 148 fließt der Strom aus der Batterie

durch den in der Einschaltstellung befindlichen Quecksilberschalter und teilt sich hinter diesem. Ein Teil des Stromes fließt durch die Lampe, ein anderer Teil durch die Spule. Diese beiden Stromverbraucher sind hier also parallel geschaltet; der sie speisende Strom wird durch den Quecksilberschalter gesteuert. Abb. 149 zeigt dieselbe Anordnung wie Abbildung 148, jedoch den Quecksilberschalter in der Ausschaltstellung, so daß also Lampe und Spule stromlos sind.

Abbildungen 150 und 151 zeigen Batterie, Lampe und Spule hintereinandergeschaltet. Gemäß Abbildung 150 befindet sich der Quecksilberschalter in der Einschaltstellung. Trotzdem brennt die Lampe nicht. Wie ist dies möglich? Nun, der aus der linken Klemme der Taschenlampenbatterie fließende Strom teilt sich. Ein großer Teilstrom fließt durch den Quecksilberschalter (dessen Widerstand sehr gering ist und der daher dem Strom einen bequemen Weg bietet). Ein sehr kleiner Teilstrom fließt durch die Lampe (die einen großen Widerstand besitzt), vermag diese aber inlolge seiner geringen Stärke nicht zum Leuchten zu bringen. Die beiden Teilströme vereinigen sich an der oberen Schraube des Pendels zu dem Gesamtstrom, der durch die Spule in die Batterie zurückfließt. Wir sehen bei dieser Anordnung:

Die Spule wird kräftig vom Strome durchflossen und magnetisiert, ohne daß zur gleichen Zeit die Lampe brennt.

Abb. 151 zeigt dieselbe Schaltung wie Abb. 150; jedoch befindet sich hier der Quecksilberschalter in der Ausschaltstellung. Daher kann durch ihn überhaupt kein Strom fließen. Vielmehr fließt der ganze links aus der Batterie kommende Strom durch die Lampe und bringt diese zum Leuchten; dann fließt er durch die Spule in die Batterie

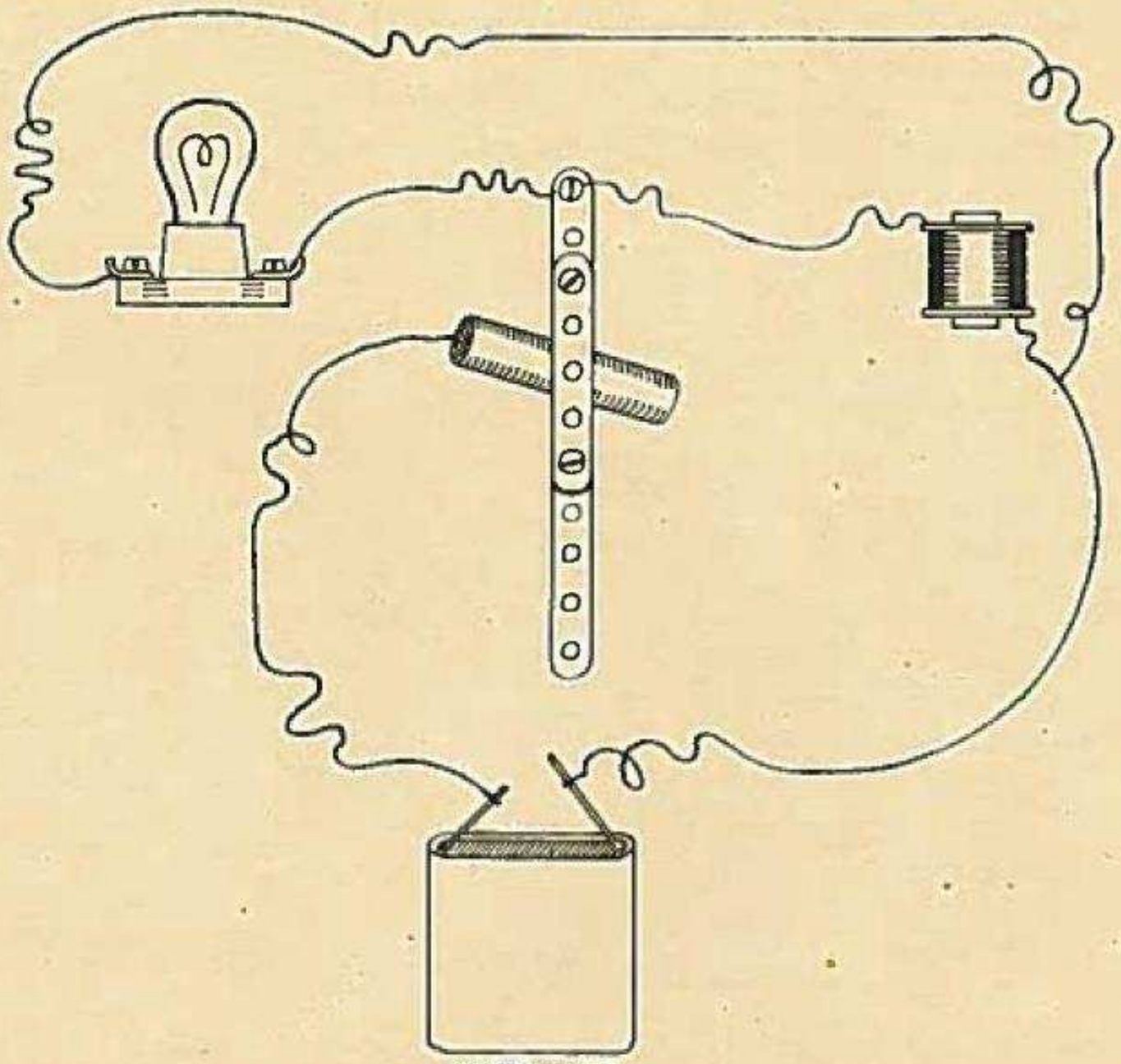


Abbildung 149

zurück. Die Lampe besitzt, mit der Spule verglichen, einen ziemlich hohen Widerstand. Daher ist die Stärke des Stromes, der in dem aus der Batterie, der Lampe und der Spule gebildeten Kreise fließt, gering, und zwar so gering, daß zwar die Lampe leuchtet, jedoch der Kern der Spule nur ganz schwach magnetisiert wird, so schwach, daß er bei unseren Modellen sich so verhält, als ob er überhaupt nicht magnetisch wäre. Daher zieht er das Pendel auch nicht an, sondern läßt es über sich hinwegschwingen. Die Verhältnisse liegen gemäß Abbildungen 150 und 151 ge-

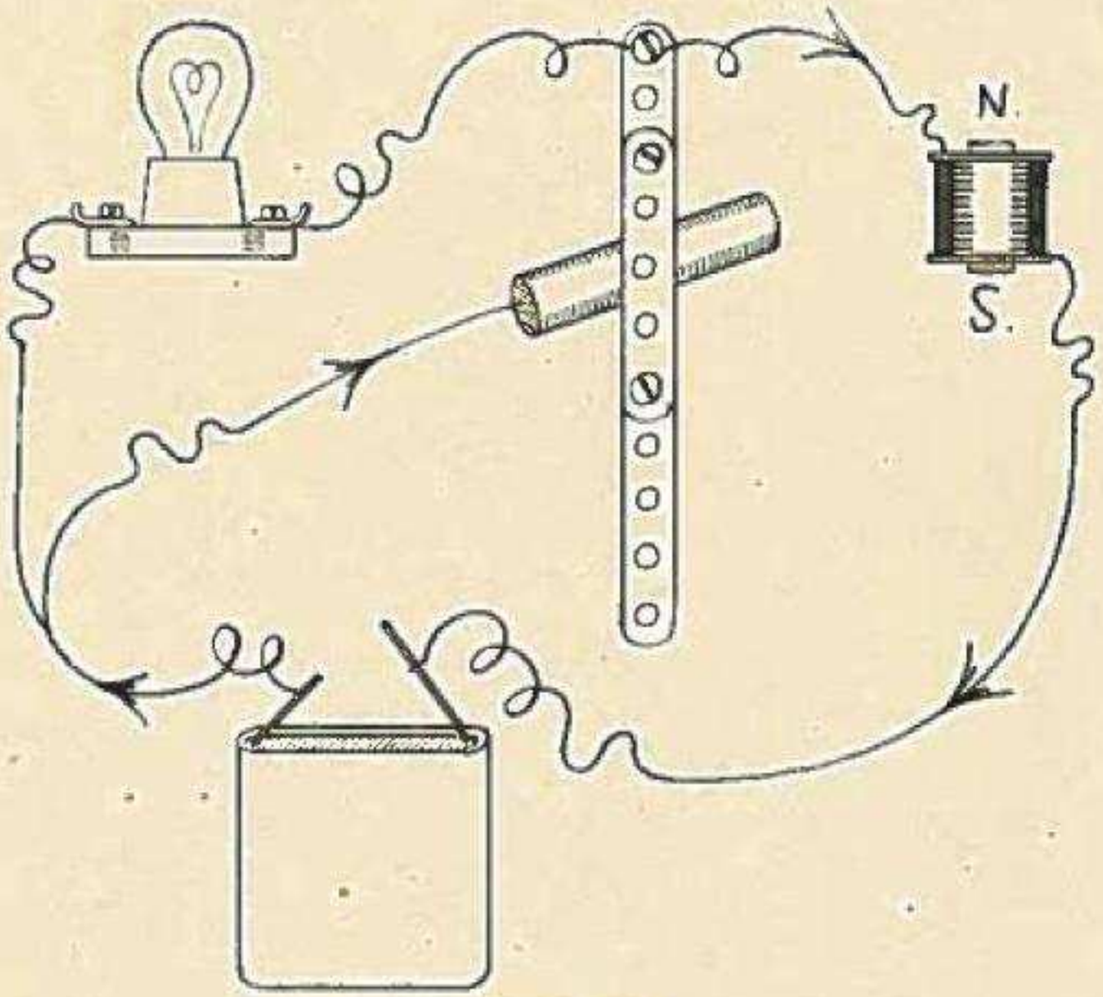


Abbildung 150

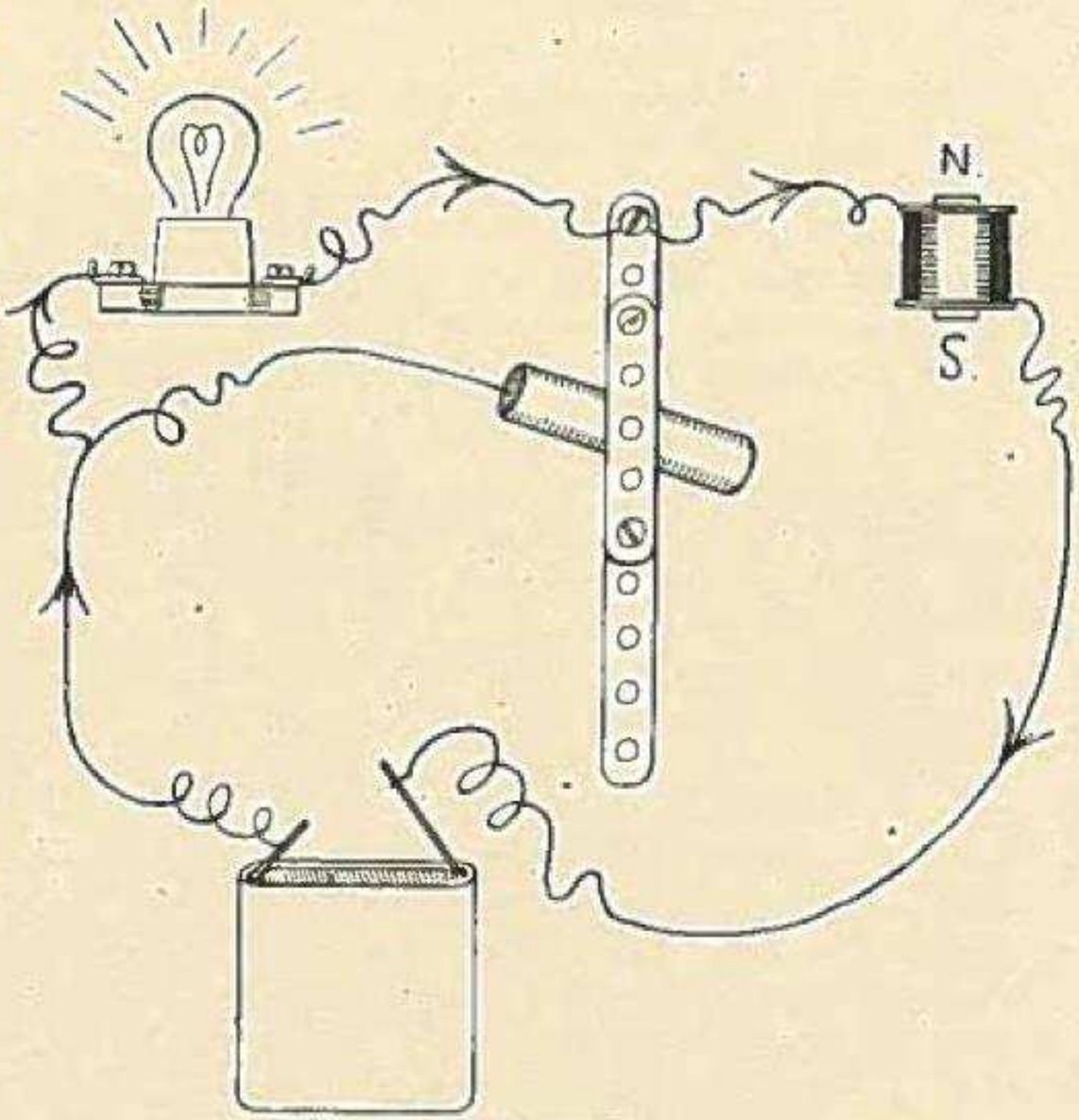


Abbildung 151

rade umgekehrt als nach den Abbildungen 148 und 149. Gemäß Letzteren leuchtet die Lampe gleichzeitig mit der Magnetisierung des Spulenkerns. Gemäß Abbildung 150 und 151 leuchtet die Lampe, während der Elektromagnet keine Arbeit zu leisten vermag und umgekehrt.

Bei den folgenden Modellen können wir nach Belieben diese oder jene Schaltungsart wählen.

Aufbau der Modelle

Bei allen Modellen haben wir zu unterscheiden zwischen dem rein mechanischen Aufbau, z. B. dem des Gerüstes, und dem elektrischen Aufbau, d. i. die Anordnung der Spule, des Kernes, des Ankers, des Quecksilberschalters usw. an dem Gerüst. In allen Fällen ist darauf zu achten, daß die feststehenden (Kern und Spule) und beweglichen (Anker, vgl. S. 3) magnetischen Teile einen möglichst geringen Abstand voneinander haben (vgl. „Luftspalt", Versuche 35, 43 und die Modelle 20, 29, 33).

Wie aus den folgenden Abbildungen zu ersehen, ist es zweckmäßig, die Spule nicht lotrecht unter dem Aufhängepunkt des Pendels anzuordnen, sondern etwas seitlich davon (um etwa 1 bis 3 Loch Abstand versetzt, je nach der Länge des Pendels). Hierbei ist es gleichgültig, ob die Spule nach links oder rechts versetzt wird.

Es ist ferner darauf zu achten, daß sämtliche Teile des Gerüstes eines Modelles zunächst nur locker durch die Schrauben und Muttern zu verbinden sind. Erst nachdem das ganze Modell fertig ist, werden die Schrauben und Muttern fest angezogen.

Unserem Baukasten liegt ein Stück Isolierschlauch bei. Diesen schieben wir über solche Drahtteile, bei denen durch die Bewegungen die Gefahr des Durchscheuerns der Lackisolierung besteht. Hierdurch können wir unerwünschte Körperschlüsse mit Sicherheit verhindern.

Der Abstand der beiden Befestigungslöcher in unserer Bakelitfassung ist ein anderer als der Lochabstand der übrigen Bauelemente unseres Kastens. Wir schrauben daher die Fassung an die große Scheibe oder an eine 6-Loch-Schiene unter Benutzung der in diesen vorgesehenen Langlöcher. Die Schrauben — 2 vernickelte Linsenkopfschrauben von 3 mm Gewindedurchmesser — nebst Muttern hierfür finden wir in der dem Kasten beiliegenden Schraubentüte.

41. Modell. Schaukel

Gem. Abbildung 152 werden zwei Fundamente durch zwei 11-Loch-Schienen miteinander verbunden und das Gerüst aus 25-Loch-Schienen aufgebaut. In diesem ist oben die glatte Welle gelagert, die die eigentliche Schaukel trägt, welche aus 11- und 6-Loch-Schienen zusammengesetzt ist. Als Sitz der Schaukel dient das dritte Fundament. An die eine Stange der Schaukel ist mittels eines 5-Loch-Stücks und zweier langen Schrauben der Quecksilberschalter geklemmt. Das linke Fundament trägt die Spule, deren einer Draht mittels einer Schraube mit dem linken Fundament und damit mit dem ganzen Gerüst Körperschluß erhält. Die aus demQuecksilberschalter tretende grüne Litze wird mit der zweiten Klemme der Stromquelle verbunden. Wie immer, so ist auch hier darauf zu achten, daß der Luftspalt zwischen dem Spulenkern und dem als Anker wirkenden Schaukelkasten ein recht geringer sei zwecks Erzielung einer möglichst kräftigen Wirkung. In den Schaukelkasten können wir, wie das bunte Bild auf dem Baukasten zeigt, ein oder zwei Püppchen setzen. An der Schaukel können wir nach Belieben auch unsere Bakelitfassung fest oder beweglich anordnen und die Schaltung nach Abb. 148, 149 oder 150, 151 vornehmen.

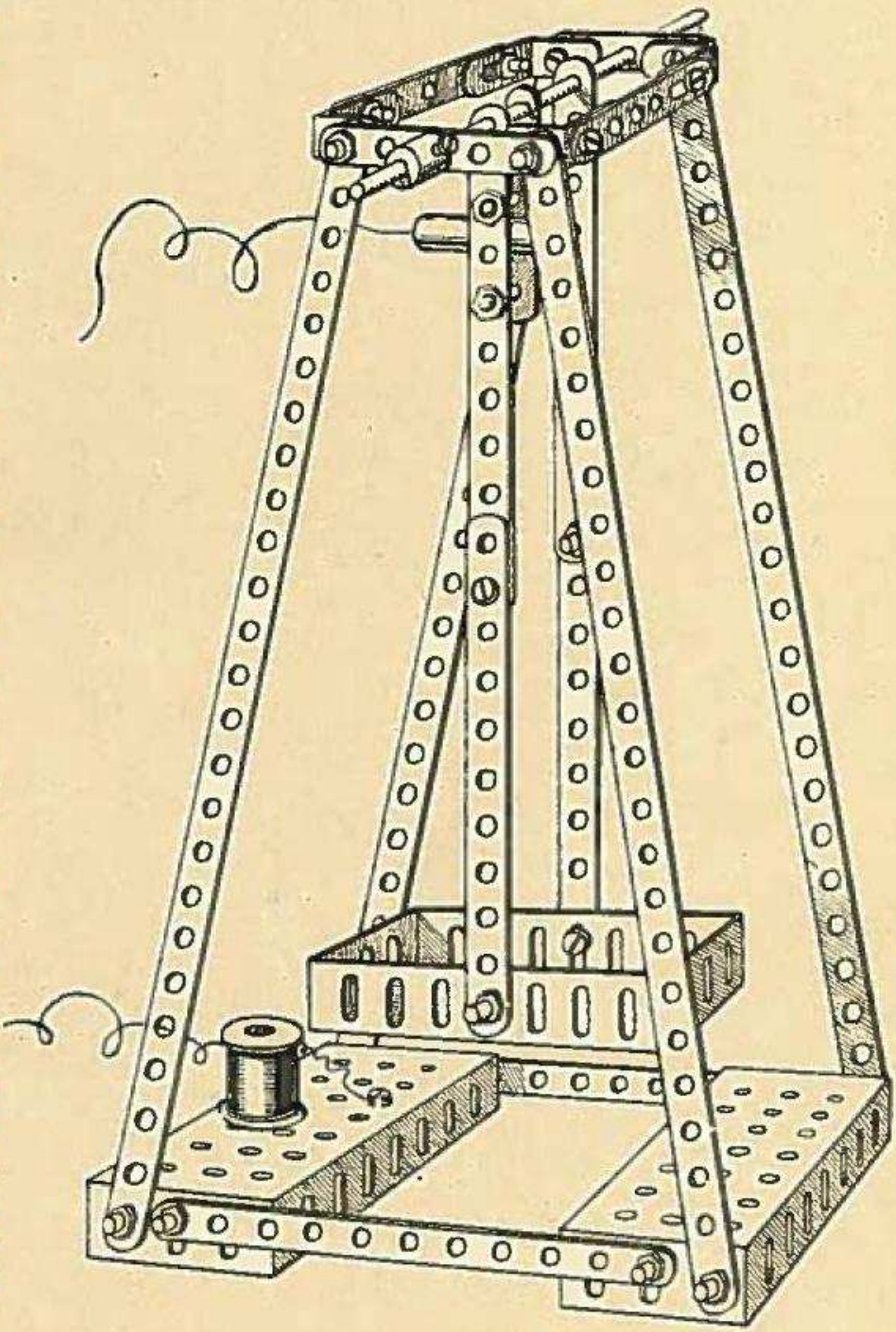


Abbildung 152

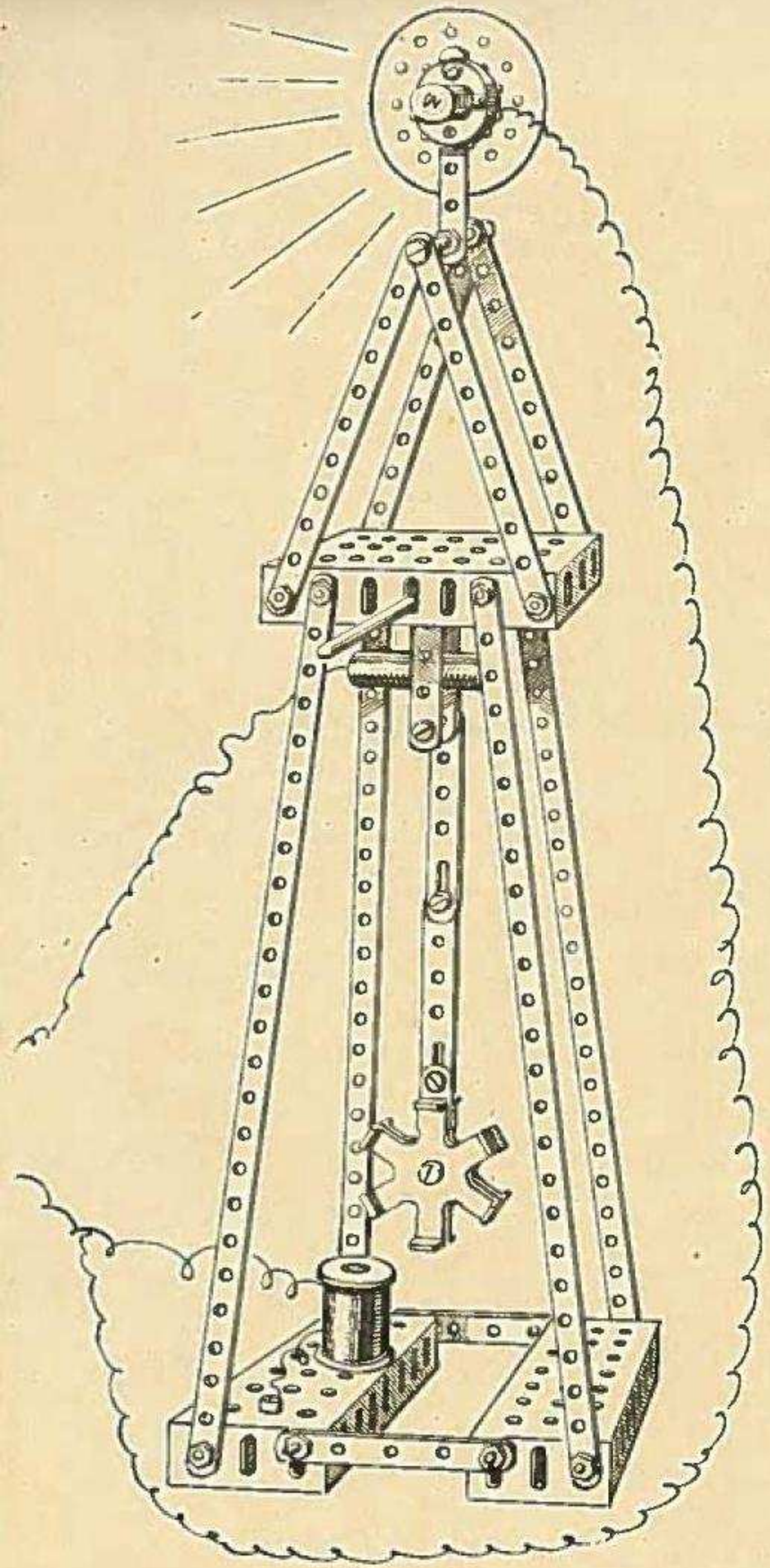


Abbildung 153

42. Modell. Leuchtturm mit Blinklicht

Der Aufbau des Gerüstes ist aus der Abbildung 153 ohne weiteres ersichtlich. Das Pendel wird aus 5- und 6-Loch-Schienen zusammengesetzt und trägt unten zwei Polräder, so, daß deren Zacken voneinander abgekehrt sind. Die Langlöcher der 6-Loch-Schienen gestatten eine Verlängerung oder Verkürzung des Pendels, so daß diesem Pendel eine solche Länge gegeben werden kann, daß die unteren Zacken der Polräder einen möglichst geringen Abstand von dem Spulenkern haben, wenn sie über diesem stehen; natürlich aber ohne andererseits an ihn bei den Schwingungen des Pendels anzustoßen. Die Bakelitfassung wird an die große Scheibe mittels der beiden dem Baukasten beiliegenden vernickelten 3-mm-Schraubenbolzen geschraubt. Die Scheibe selbst dient hier als Reflektor. Die eine Klemme der Bakelitfassung führt in das freie Ende der Spule und mit ihm in die Stromquelle, die andere Klemme der Fassung wird mittels einer Schraube mit der Scheibe verbunden und erhält damit Körperschluß.

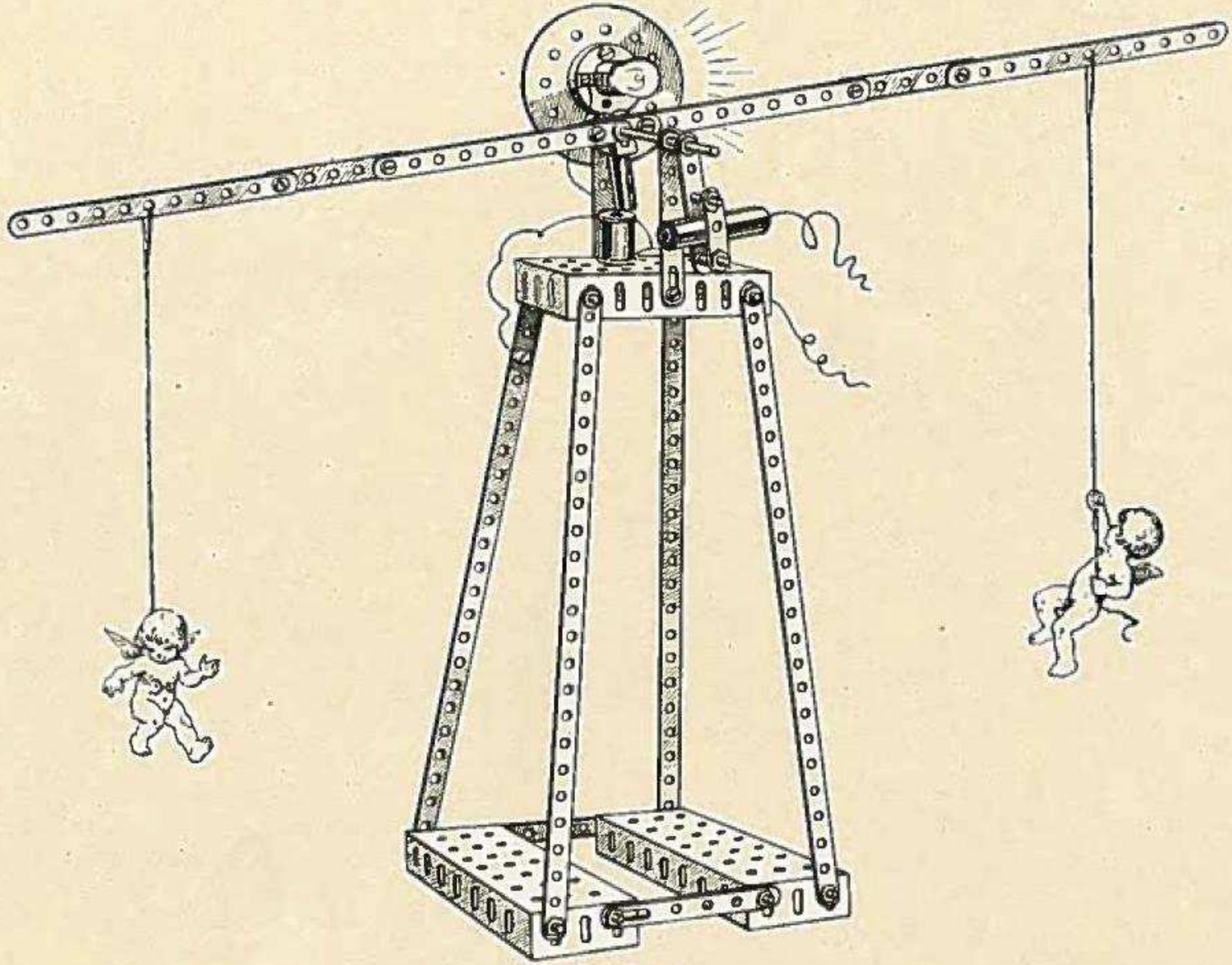


Abbildung 154

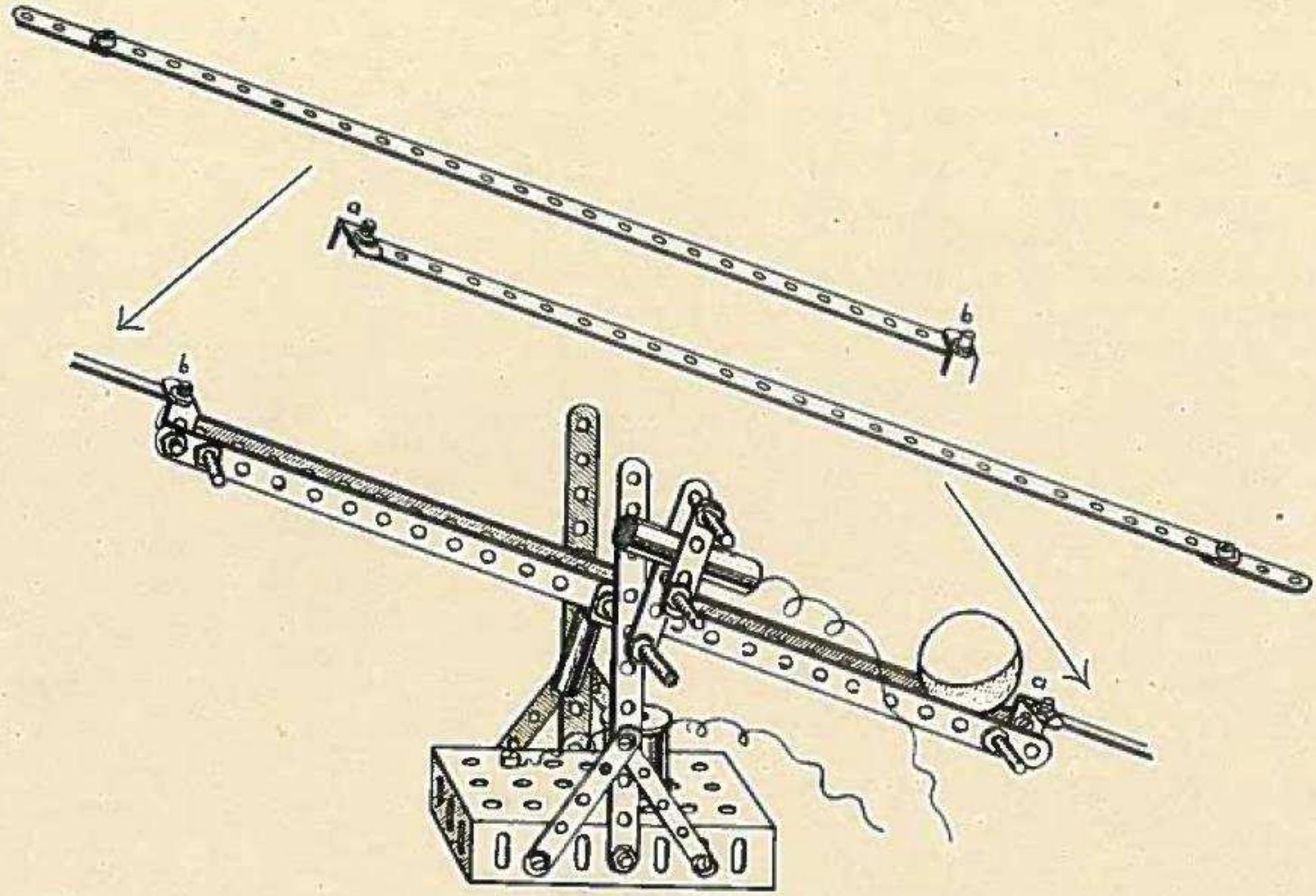


Abbildung 155

43. Modell.
Große Doppelschaukel mit Blinklicht

Gem. Abbildung 154 trägt das obere Fundament die Spule, deren eines Drahtende Körperschluß erhält, während das andere zur Stromquelle führt. Zwischen zwei Muttern ist der aus insgesamt vier 11-Loch-Schienen und zwei 5-Loch-Schienen bestehende Querbalken an die Gewindewelle festgeklemmt. Zwischen dieselben beiden Muttern sind zwei Winkelstücke geklemmt, die den als Anker wirkenden zweiten Eisenkern tragen. Die beiden 6-Loch-Schienen bilden das Lager für die Gewindewelle mit dem

Balken und dem Eisenkern. Durch Verstellen der 6-Loch-Stücke erreichen wir, daß der obere, freie Eisenkern sich mit möglichst geringem Abstand über dem Spulenkern hin und her bewegt und damit den großen Querbalken bewegt. Außerdem ist hinten an die Gewindewelle außerhalb der Lager die große Scheibe mit der Bakelitfassung befestigt, so daß diese sich mit dem Querbalken hin und her bewegt. Vorn auf der Abbildung trägt die Gewindewelle zwischen zwei Muttern festgeklemmt ein 5-Loch-Stück, auf das mittels der 3-Loch-Bronzefeder der Quecksilberschalter befestigt ist. Das rechte Ende des Querbalkens muß etwas schwerer sein als das linke. Wird die Spule vom Strom durchflossen, so zieht sie den am Querbalken mittels der Winkel befestigten zweiten Eisenkern an, so daß sich der rechte Teil des Querbalkens hebt. Hierdurch wird der Strom unterbrochen und unter dem Einfluß seines Uebergewichtes senkt sich wieder die rechte Hälfte des Querbalkens. Den Querbalken können wir dadurch rechts etwas schwerer machen, daß wir das rechte Püppchen etwas schwerer halten als das linke, oder indem wir, wenn beide Püppchen gleich schwer sind, das rechte an ein weiter rechts befindliches Loch hängen als das linke. Die Schaltung erfolgt wiederum nach den Abb. 148 bzw. 149 oder 150 bzw. 151.

44. Modell. Wippe mit hin- und herrollendem Blechball

Gem. Abbildung 155 bilden zwei 11-Loch-Schienen die Lager für die Wippe. 5- und 6-Loch-Schienen versteifen diese Lager gegen das Fundament. Die ganze Wippe dreht sich um die Gewindewelle. An letztere ist mittels mehrerer Muttern eine aus zwei 25-Loch-Schienen bestehende Rinne geklemmt, auf der der Blechball unseres Baukastens je nach der Stellung der Wippe hin- und herrollt. An die Enden der Rinne ist je ein Winkel a und b geklemmt. Diese Winkel dienen einerseits als Anschlag für den rollenden Ball, andererseits tragen sie je ein weiteres 25-Loch-Stück. An die Enden dieser Stücke schrauben wir je eine 3-Loch-Bronzefeder, die dann auf der Tischplatte anstößt und vermöge ihrer Federwirkung diesen Wippenteil wieder nach oben stößt. Ferner ist auf die Gewindewelle ein 5-Loch-Stück zwischen zwei Muttern geklemmt, welches den Quecksilberschalter trägt. Die kleine Abbildung 156 zeigt die fertige Wippe mit zwei kleinen Figuren.

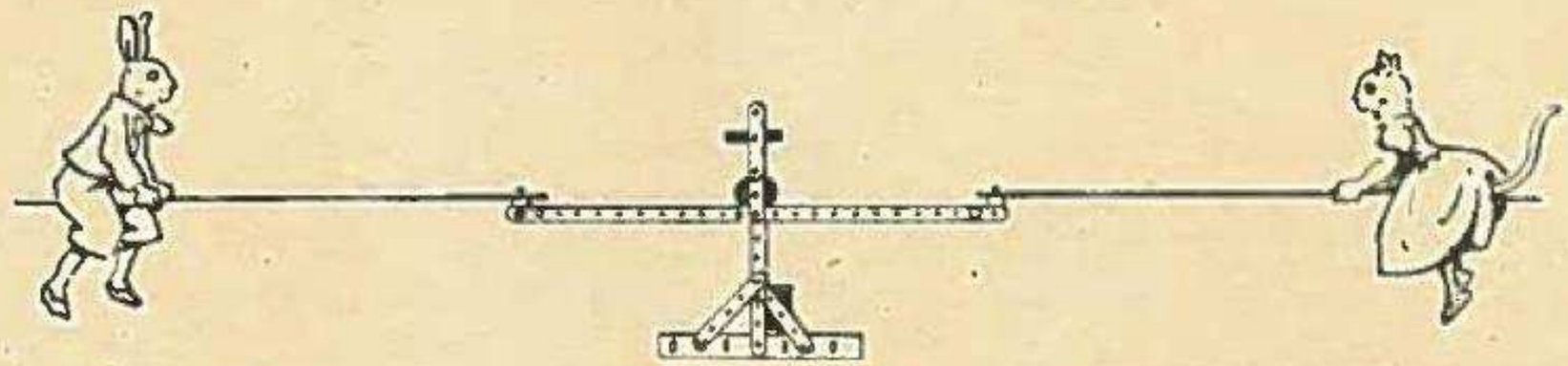


Abbildung 156

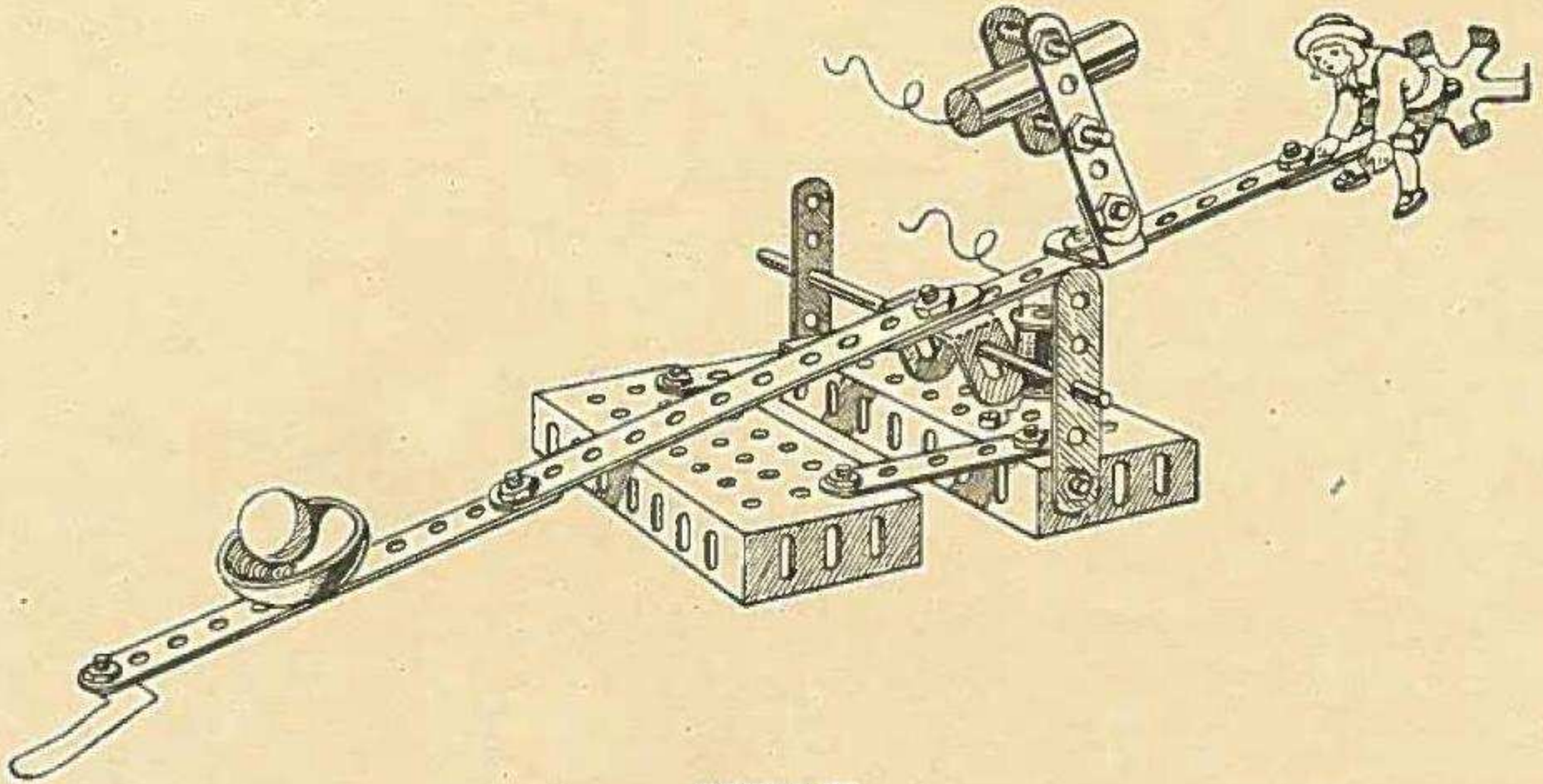


Abbildung 157

45. Modell.
Wippe mit Püppchen und Ball

Die eigentliche Wippe besteht aus mehreren 11-Loch-Stücken, an die zwei Winkel geschraubt sind. Die rechte Hälfte trägt ein Polrad, auf dem ein Püppchen sitzt, und den Quecksilberschalter; auf die linke Hälfte ist die Glocke geschraubt und am Ende die Messingwinkelfeder, die das Wiederhochgehen der linken Hälfte begünstigt. Ein Spulendraht ist mittels einer Schraube mit dem Fundament leitend verbunden, wodurch Körperschluß entsteht. Das andere Drahtende führt in die Stromquelle, desgleichen die grüne Litze des Quecksilberschalters. Wenn die Wippe arbeitet, rollt der Blechball in der Glocke im Kreise herum. Auch hier können wir an dem beweglichen oder festen Teil des Modells unsere Lampenfassung anordnen.

46. Modell. Große Wippe mit Blinklicht

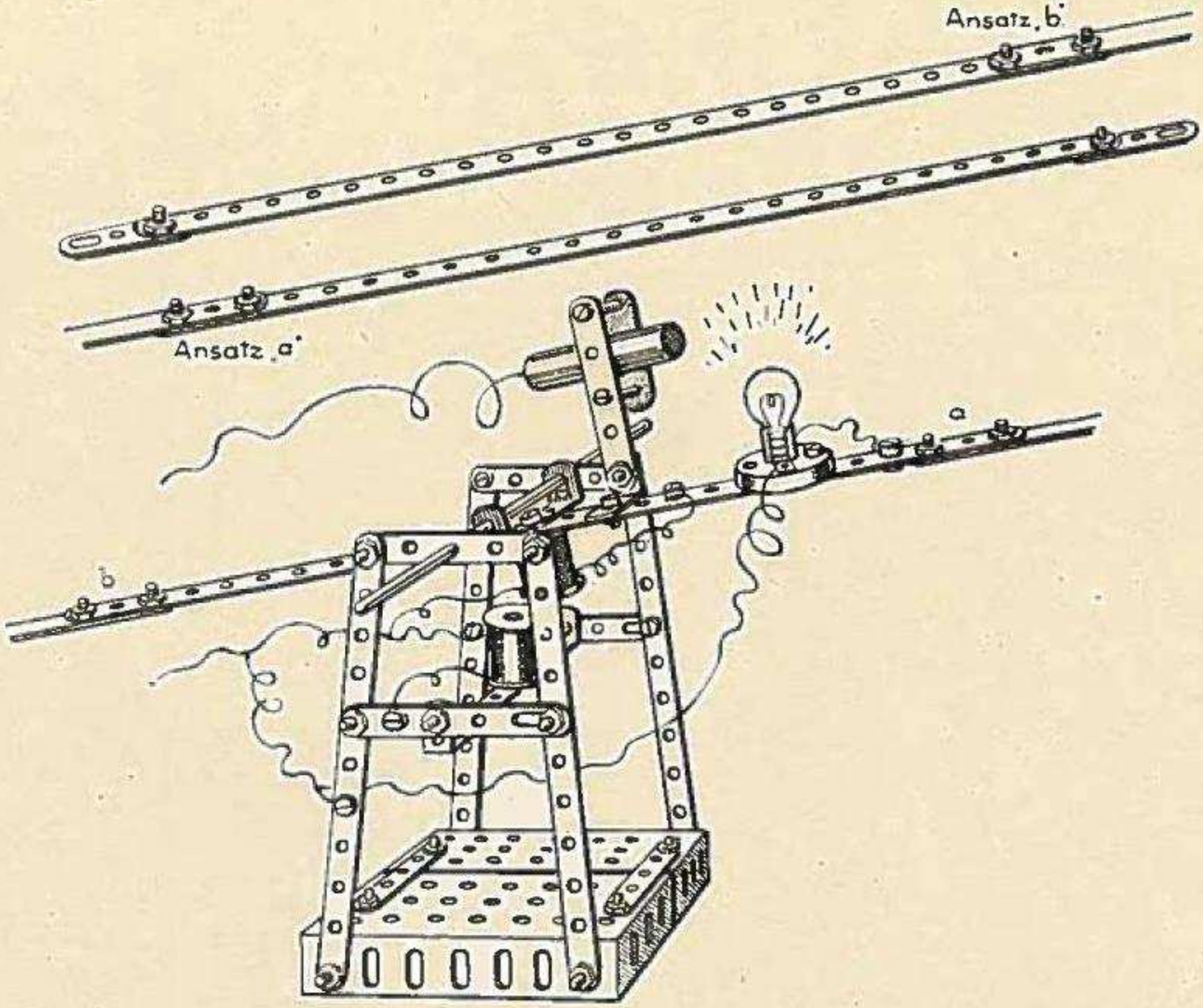


Abbildung 158

Das Gerüst besteht aus zwei Fundamenten und vier 11-Loch-Schienen, die durch 5- und 6-Loch-Stücke miteinander verbunden sind. Die eigentliche Wippe wird aus drei 25-Loch-Schienen zusammengesetzt. In der Mitte der Wippe sind zwei Winkel angeschraubt, durch die die Welle geht, sowie ein Eisenkern, der die zweite Spule trägt. Die rechte Hälfte der Wippe trägt die Bakelitfassung mit einer Glühlampe und den Quecksilberschalter. Die äußersten Enden sind wiederum mit Messingfedern versehen, die das Hochgehen der Wippe durch ihre Federkraft begünstigen. — Diese Wippe arbeitet besonders kräftig, weil wir zwei Spulen haben, deren Kerne sich gegenseitig anziehen. Es ist hier auf r i c h t i g e Schaltung der Spulen zu achten, damit diese sich auch wirklich anziehen und nicht etwa abstoßen. Sollte letzteres der Fall sein, so sind die zu der Spule führenden Drähte zu vertauschen, wodurch dann die r i c h t i g e Polarität hergestellt wird. Diese Wippe muß links e t w a s schwerer sein als rechts.

Wir können sie leicht dadurch ausbalancieren, daß wir an der linken Hälfte der Wippe einige kleine Gewichte anbringen, z. B. einige lange Schrauben durch die Löcher stecken.

47. Modell. Metronom

Ein Metronom (griech. = Taktmesser) zwingt die Anfänger im Musikunterricht im richtigen Takt zu spielen bzw. das vom Komponisten vorgeschriebene Tempo einzuhalten.

Der feststehende magnetische Teil besteht gemäß Abbildung 159 aus der Spule mit Kern, die mittels eines 6-Loch-Stücks und eines Winkels an dem rechten Fundament befestigt sind. Der bewegliche Teil besteht, von oben nach unten betrachtet, aus einem Polrad, einem 6-Loch-Stück, einer 3-Loch-Bronzefeder, einem 6-Loch-Stück und einer 3-Loch-Bronzefeder, die an einem Winkel festgeklemmt ist. An den beweglichen Teil ist mittels zweier Winkel der Quecksilberschalter festgeklemmt. Das eine Drahtende der Spule erhält Körperschluß, das andere führt in die Stromquelle, desgl. die grüne Litze des Quecksilberschalters.

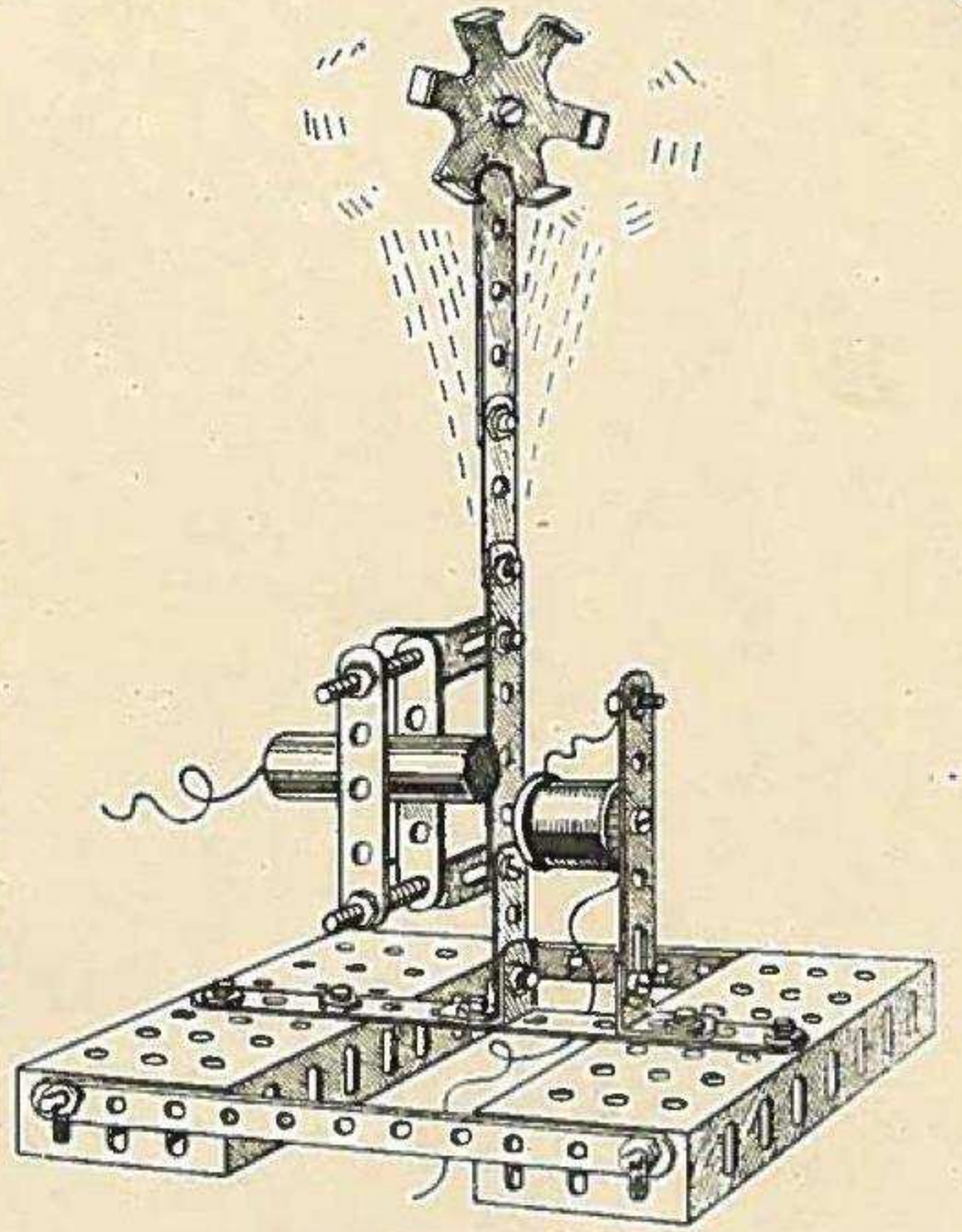


Abbildung 159

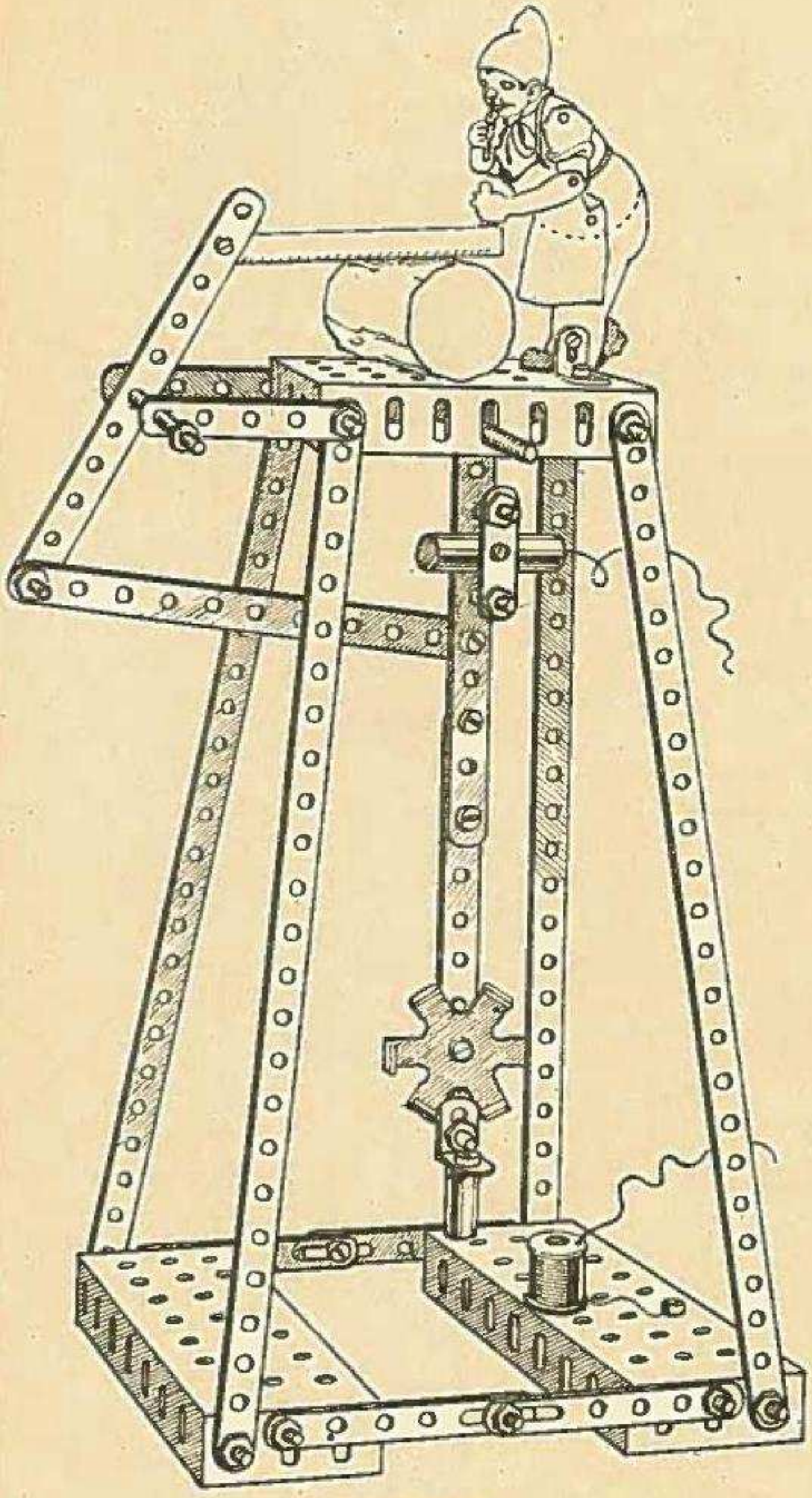


Abbildung 160

48. Modell. Bewegliche Figur

Das Pendel wird oben zwischen 2 Muttern fest an die Gewindewelle geklemmt und trägt in bekannter Weise den Quecksilberschalter. Zur Vergrößerung des Pendelgewichtes sind an dessen unterem Ende zwei Polräder angeschraubt. Als Anker dient der mittels eines Winkels am Pendel angeschraubte Eisenkern. Die Uebertragung der Pendelbewegung geschieht mittels zweier 11-Loch-Stücke, die leicht drehbar miteinander verbunden sind. Das Männchen und die Säge schneiden wir aus Pappe aus und machen seine Glieder durch kleine Schrauben oder Nägel beweglich, wie wir dies von einem Hampelmann her kennen. Statt des Männchens mit der Säge können wir uns auch alle möglichen anderen Figuren anferfigen und diese durch das Pendel bewegen lassen.

49. Modell. Zeigerwerk

In das siebente Loch von oben schrauben wir an dem Pendel eine lange Schraube mittels einer Mutter fest und schieben über jene, wie die Abbildung zeigt, eine 11-Loch-Schiene, so daß diese sich um die feste Schraube drehen kann. Von hinten drehen wir über diese Schraube noch zwei Muttern fest, so daß diese 11-Loch-Schiene nicht herunterfallen kann. Sie geht also mit dem Pendel hin und her und treibt das Zahnrad, welches wir dadurch herstellen, daß wir zwölf lange Schrauben mittels je einer Mutter fest an die große Scheibe klemmen. Die Scheibe befestigen wir mit einer Buchse an der glatten Welle, lagern diese in die an dem Gerüst rechts festgeschraubten beiden 5-Loch-Stücke und befestigen zum Schluß auf ihr einen aus Pappe ausgeschnittenen Zeiger. Schwingt das Pendel nach rechts, so wird die Scheibe um einen Schraubenabstand nach rechts gedreht. Schwingt das Pendel nach links, so bleibt die Scheibe stehen und das 11-Loch-Stück greift mit seinem rechten Ende in die nächste Schraube, um über diese bei der nächsten Rechtsbewegung des Pendels die Scheibe wieder um einen Zwölftelkreis nach rechts zu drehen.

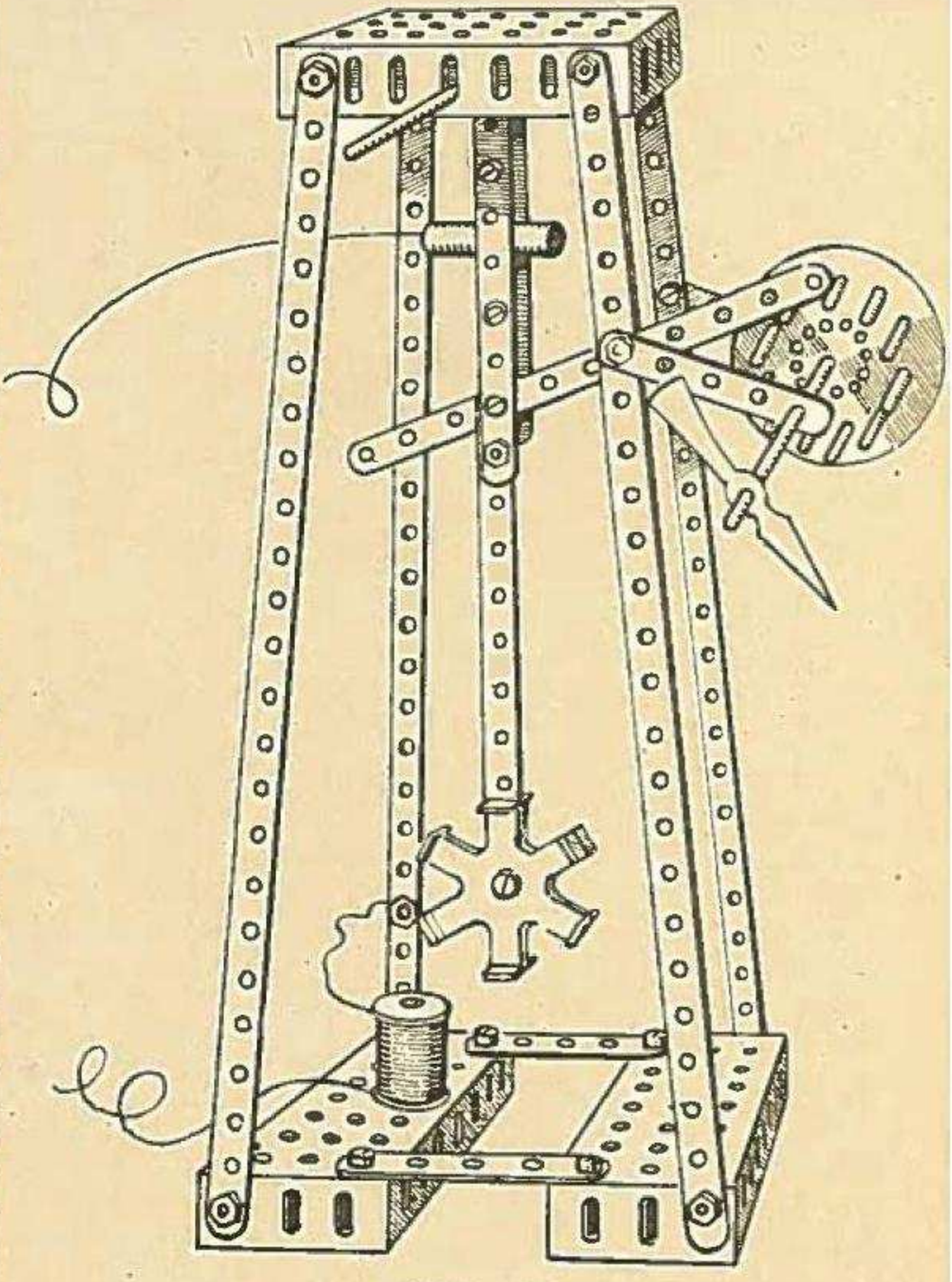


Abbildung 161

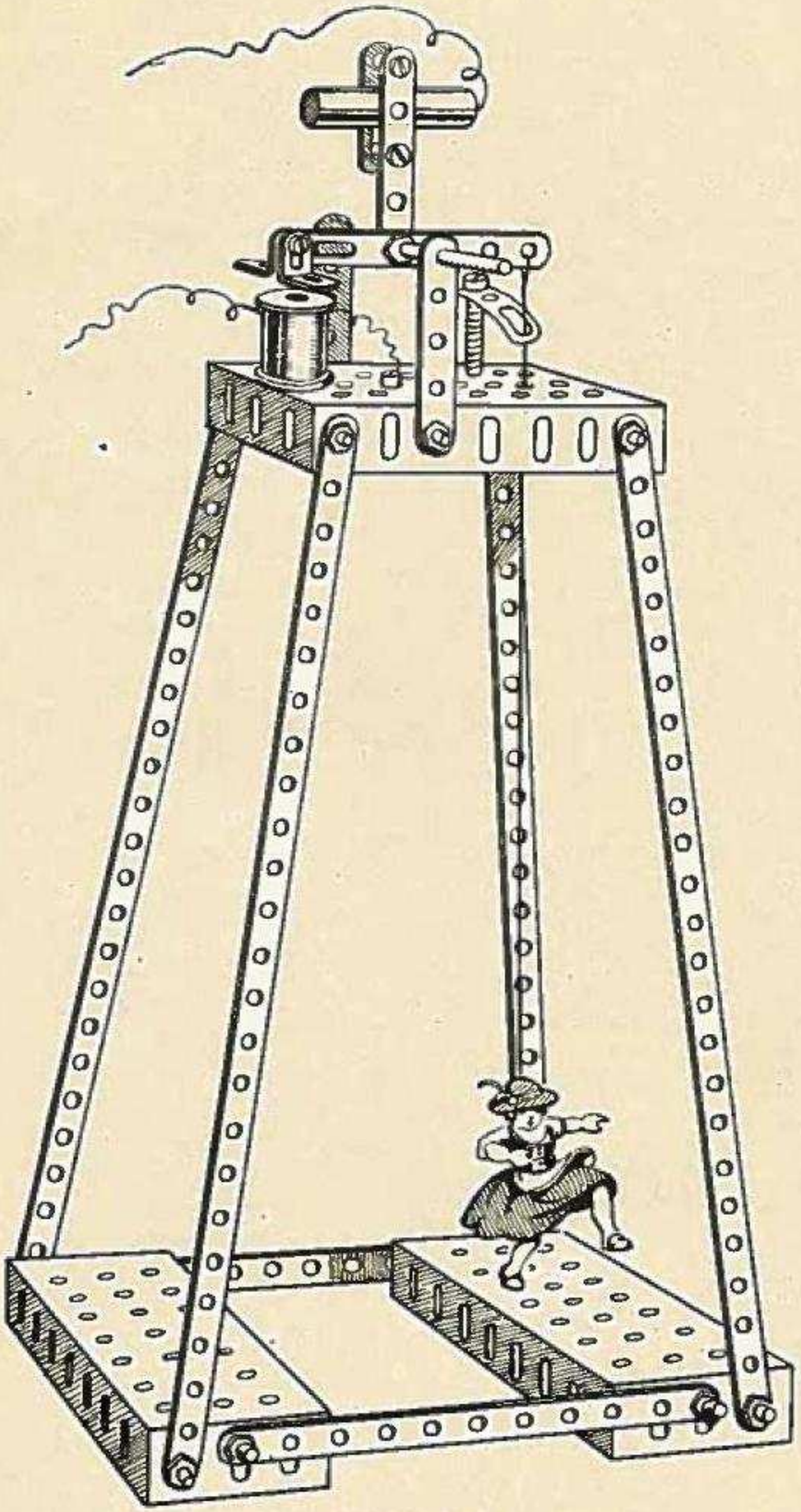


Abbildung 162

50. Modell. Tanzendes Püppchen

Das Gerüst trägt oben zwei 5-Loch-Schienen, in die die Gewindewelle gelagert ist. Auf der Gewindewelle ist ein 6-Loch-Stück geklemmt, welches links die als Anker wirkenden beiden Winkel trägt. Ferner ist fest mit der Gewindewelle verbunden eine 5-Loch-Schiene, die den Quecksilberschalter trägt. Am rechten Ende der 6-Loch-Schiene befestigen wir einen Faden, an dessen unterem Ende das Püppchen hängt. Mittels einer langen Schraube befestigen wir unter dem rechten Ende der 6-Loch-Schiene die 3-Loch-Bronzefeder, die für eine gut federnde Bewegung sorgt. Man kann auch den Quecksilberschalter außerhalb der beiden Lager befestigen und ihn auch nach unten hängend statt nach oben anordnen.

51. Modell. Unruhe

Unter Unruhe versteht man das kleine Rad in den Taschenuhren, welches sich hin- und herbewegt. Die Unruhe ersetzt bei tragbaren Uhren das Pendel. Wir bauen das Rad aus unserer Scheibe, an die wir abwechselnd eine 5- und eine 6-Loch-Schiene als Speiche schrauben. Die eine Speiche trägt die als Anker dienenden beiden Winkel und den Quecksilberschalter. Um ein Verschieben der glatten Welle des Rades zu verhindern, befestigen wir auf ihr außerhalb der Lager die beiden Stellringe.

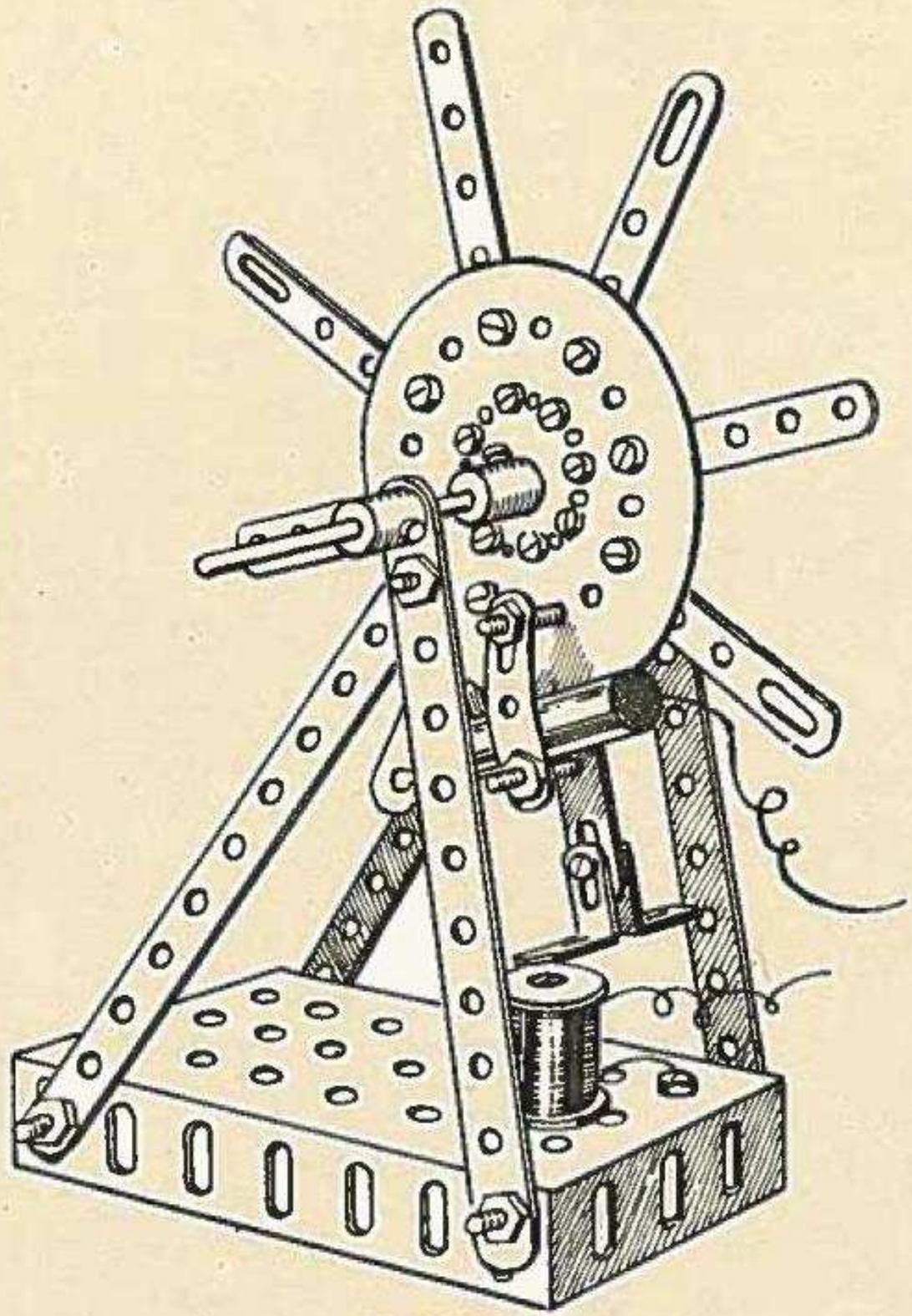


Abbildung 163

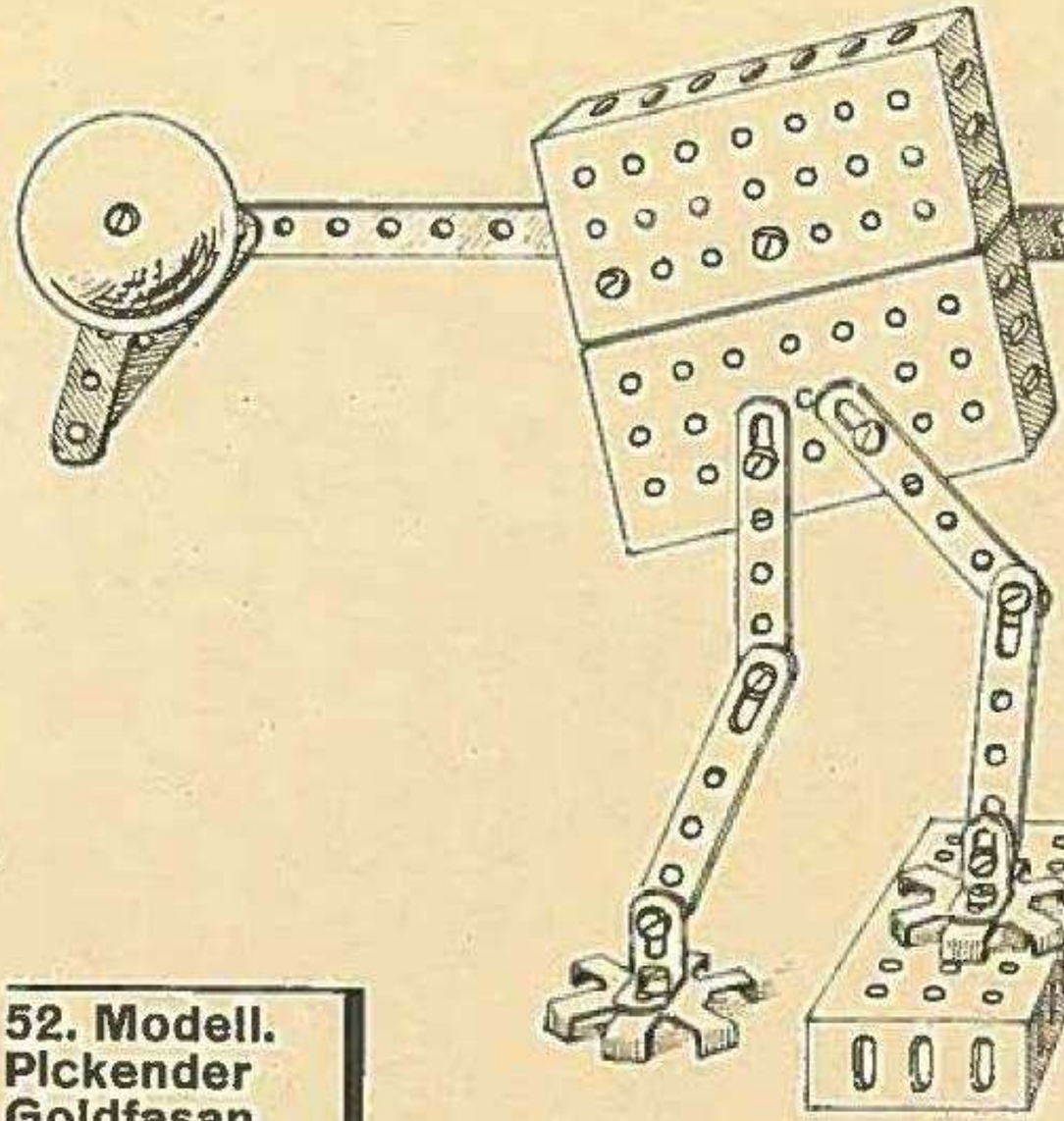


Abbildung 164

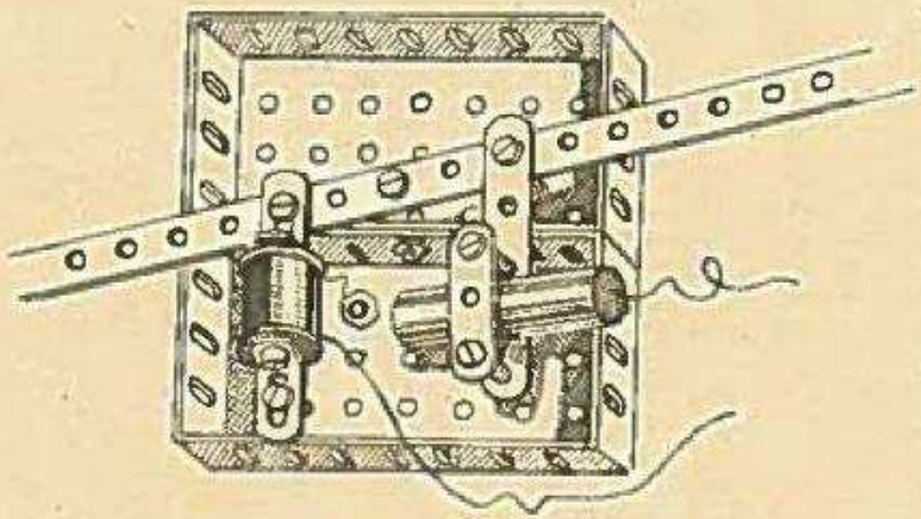


Abbildung 165

52. Modell. Pickender Goldfasan

Zu dem Aufbau des Rumpfes und der Glieder, wie die Abbildung 164 zeigt, ist nichts weiter zu erwähnen. Die Abbildung 165 zeigt den Rumpf von hinten gesehen. In das obere Fundament wird eine lange Schraube oder die Gewindewelle mittels mehrerer Muttern festgeklemmt. Auf sie wird dann die 25-Loch-Schiene geschoben, deren eines Ende den Kopf, deren anderes Ende den Schwanz des Vogels bilden. Ein bis zwei Löcher links von dem Drehpunkt der 25-Loch-Schiene trägt diese einen Winkel, der den Anker für die mittels eines zweiten Winkels am unteren Fundament befestigte Spule bildet. Ein bis zwei Loch rechts vom Drehpunkt ist ein 5-Loch-Stück festgeschraubt, das den Quecksilberschalter trägt. Parallel zu der Spule können wir die kleine Wechselstromhupe nach Abbildung 113 schalten, so daß der Vogel bei jeder Kopfbewegung einen entsprechenden Ton von sich gibt.

53. Modell. Wagnerscher Hammer

Das Gestell besteht aus drei Fundamenten, die miteinander verschraubt sind. Es sind zwei verschiedene bewegliche Teile zu unterscheiden:

1. Links der Kern mit der in ihn hineingeschraubten Gewindewelle.
2. Rechts die Wippe, an der links ein halber Blechball oder die Glockenschale befestigt ist.

Die Wippe trägt in der Mitte zwei Winkel, die fest auf die zweite Gewindewelle geschraubt sind, rechts als Gegengewicht einen Eisenkern. Die Gewindewelle trägt außerhalb der Lager den Quecksilberschalter in der Einschaltstellung. Daher wird die Spule links oben vom Strom durchflossen. Sie zieht also den Eisenkern mit seiner Gewindewelle hoch. Hierdurch wird die linke Hälfte der Wippe leichter und ihre rechte Hälfte senkt sich; infolgedessen gelangt der Quecksilberschalter in die Ausschaltstellung und unterbricht den Strom der Spule. Die Stromunterbrechung bewirkt, daß die Spule den Eisenkern wieder fallen läßt und die mit ihm verbundene Gewindewelle drückt die linke Hälfte der Wippe herunter, so daß der Quecksilberschalter wieder in die Einschaltstellung gemäß Abbildung 166 gebracht wird, usw.

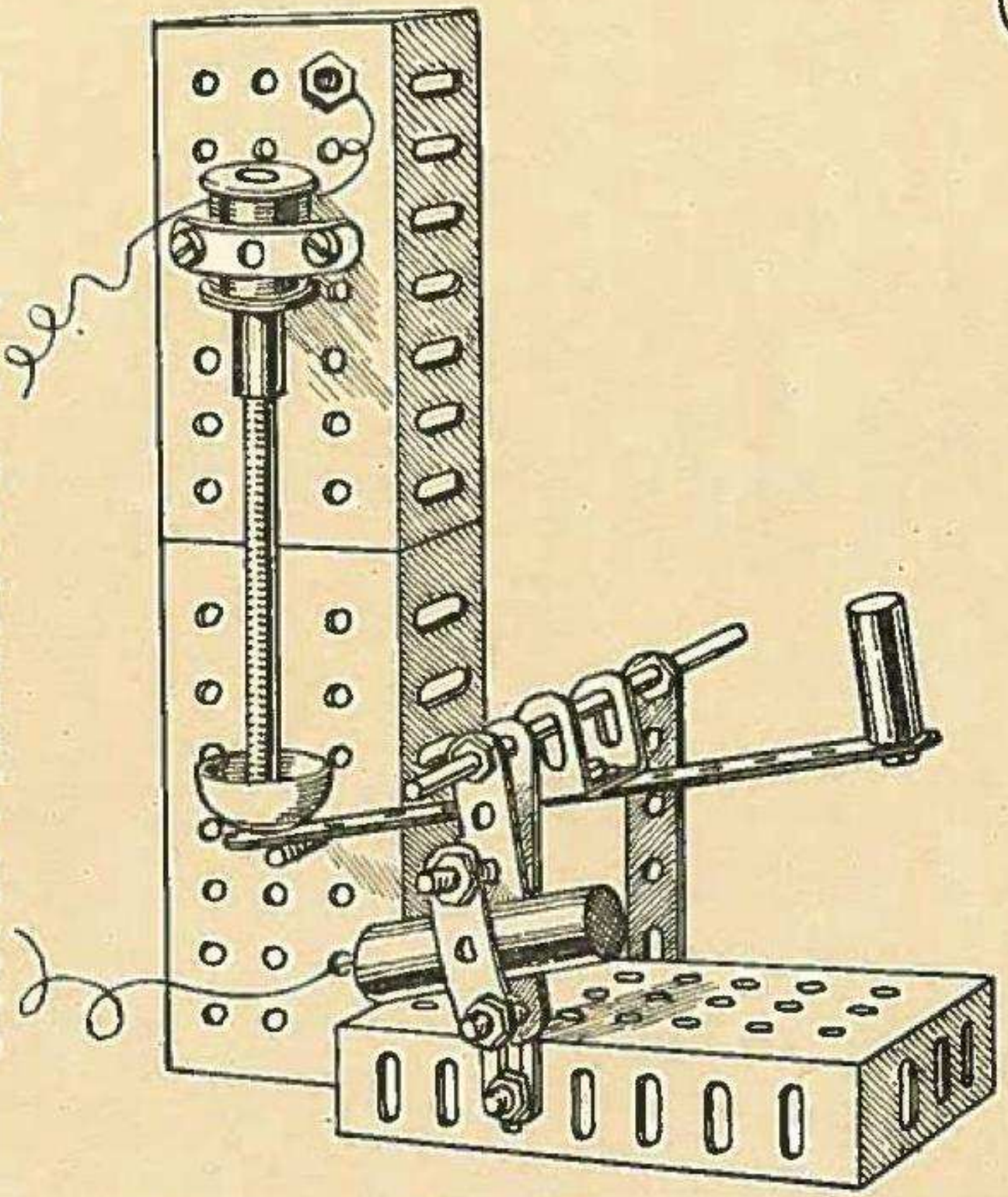


Abbildung 166

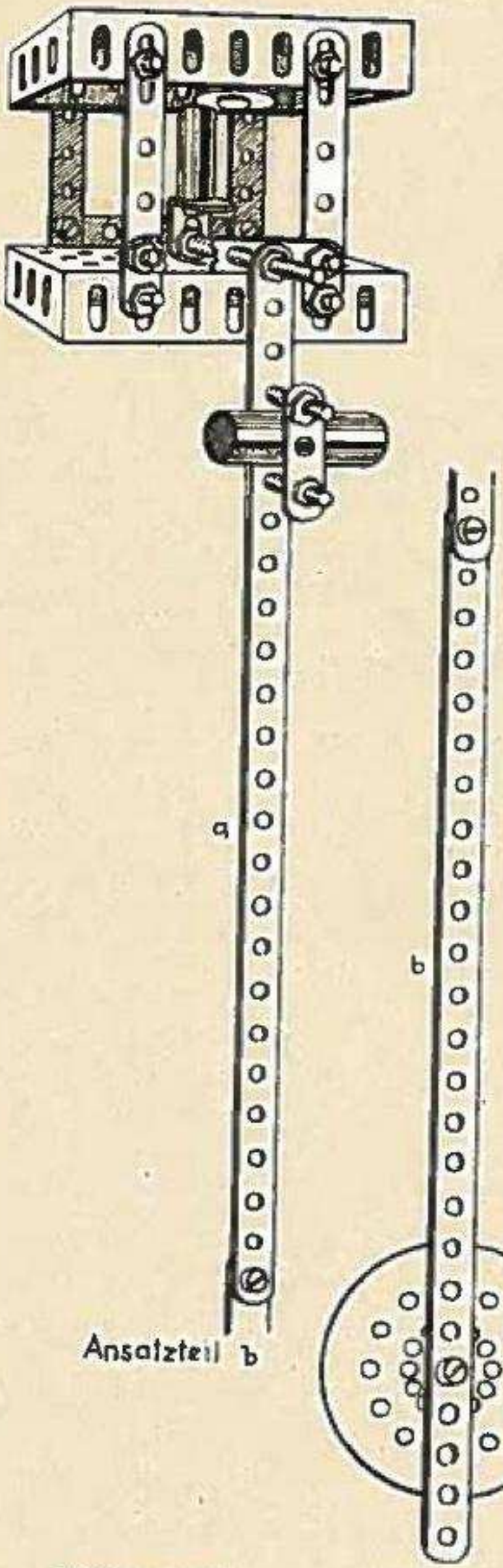


Abbildung 167

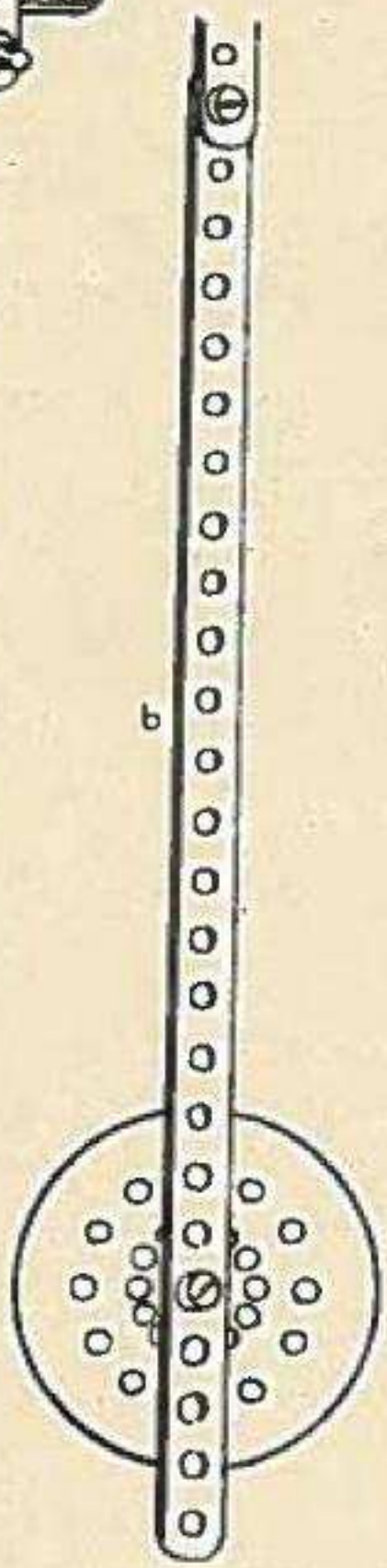


Abbildung 168

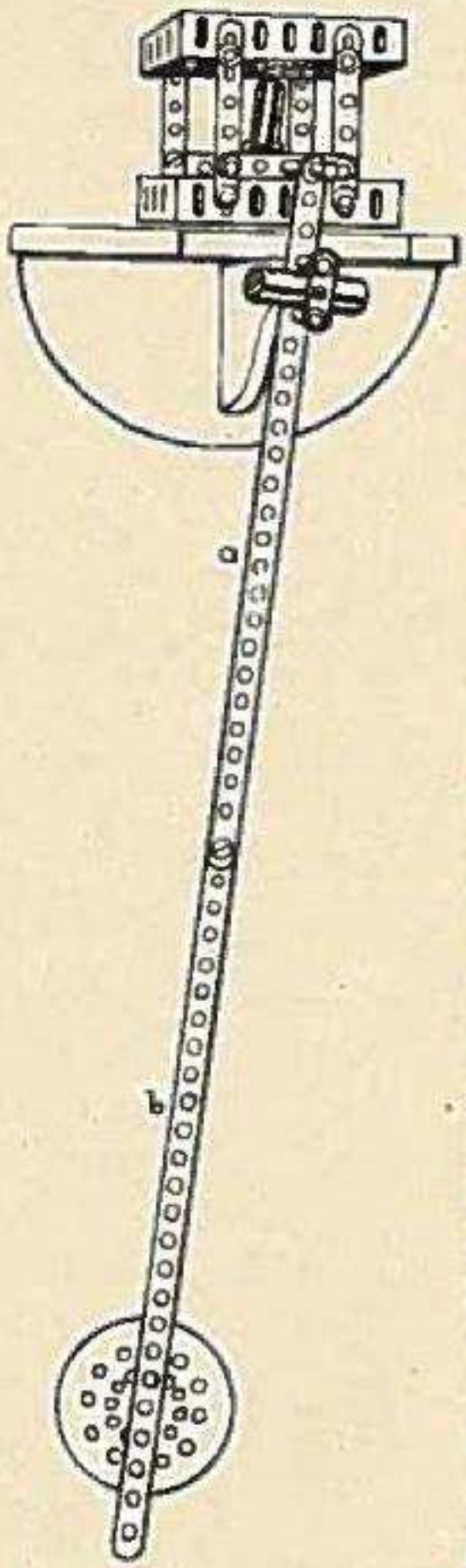


Abbildung 169

54. Modell. Großes Pendel

Das Pendel selbst besteht aus zwei 25-Loch-Schienen (Abbild. 169). Unten ist als Linse die große Scheibe angeschraubt. Gemäß Abbildung 167 ist oben am Pendel der Quecksilberschalter befestigt. Das Gestell besteht aus zwei Fundamenten, die beide mit der Oeffnung nach unten angeordnet sind. Beide Fundamente sind durch vier 6-Loch-Schienen miteinander verbunden. An dem oberen Fundament ist die Spule mit ihrem Kern befestigt. Damit sie von diesem nicht herunterfällt, wird sie mit einem Hölzchen (vgl. Abbildung 2) auf dem Kern festgeklemmt. Die Lager für die Gewindewelle werden aus zwei 5-Loch-Stücken gebildet, die vorn und hinten je zwei 6-Loch-Stücke verbinden. Zwischen den Lagern ist ein Winkel auf die Welle geklemmt, der den als Anker wirkenden zweiten Eisenkern trägt. Außerhalb der Lager, vorn, ist das Pendel selbst mittels zweier Muttern fest auf die Gewindewelle geklemmt. Wie Abbildung 169 zeigt, wird das Gestell selbst im Betrieb auf ein kleines Wandbrett oder an die Tischkante usw. gesetzt, so daß das Pendel frei schwingen kann. Ein Draht von der Spule wird mittels einer Schraube mit dem oberen Fundament verbunden, wodurch Körperschluß hergestellt wird. Der andere Spulendraht führt in die Stromquelle, ebenso die grüne Litze des Quecksilberschalters.

Verbinden wir die beiden Klemmen unsrer Lampenfassung oder die beiden aus einer Hupe gemäß Abbildung 113 tretenden Drähte mit den beiden Spulendrähten dieser Pendelvorrichtung, so leuchtet die Lampe bez. ertönt die Hupe mit jedem zweiten Pendelausschlag.

55. Modell. Elektrischer Gong

An das obere Fundament schrauben wir mittels des Winkels eine 25-Loch-Schiene. Diese trägt über einen weiteren Winkel ein Fünf-Loch-Stück, an das wir den Quecksilberschalter klemmen. Weiter unten klemmen wir an das 25-Loch-Stück eine lange Schraube zwischen zwei Muttern. Sie dient als Hammer und schlägt gegen das untere, als Gong dienende Fundament. Bei letzterem ist darauf zu achten, daß es nur mit e i n e m Winkel festgeschraubt wird, damit es schön voll als Gong ertönt. Das mittlere Fundament trägt über einen Winkel und ein 5-Loch-Stück die beiden Spulen und deren Kerne, die die mittlere 25-Loch-Schiene je nach der Stellung des Quecksilberschalters anziehen und wieder loslassen. Von der Stromquelle führt ein Draht in die eine und von dieser zur zweiten Spule und weiter in eine Schraube des mittleren Fundamentes. Die grüne Litze des Quecksilberschalters leitet den Strom in die Stromquelle zurück.

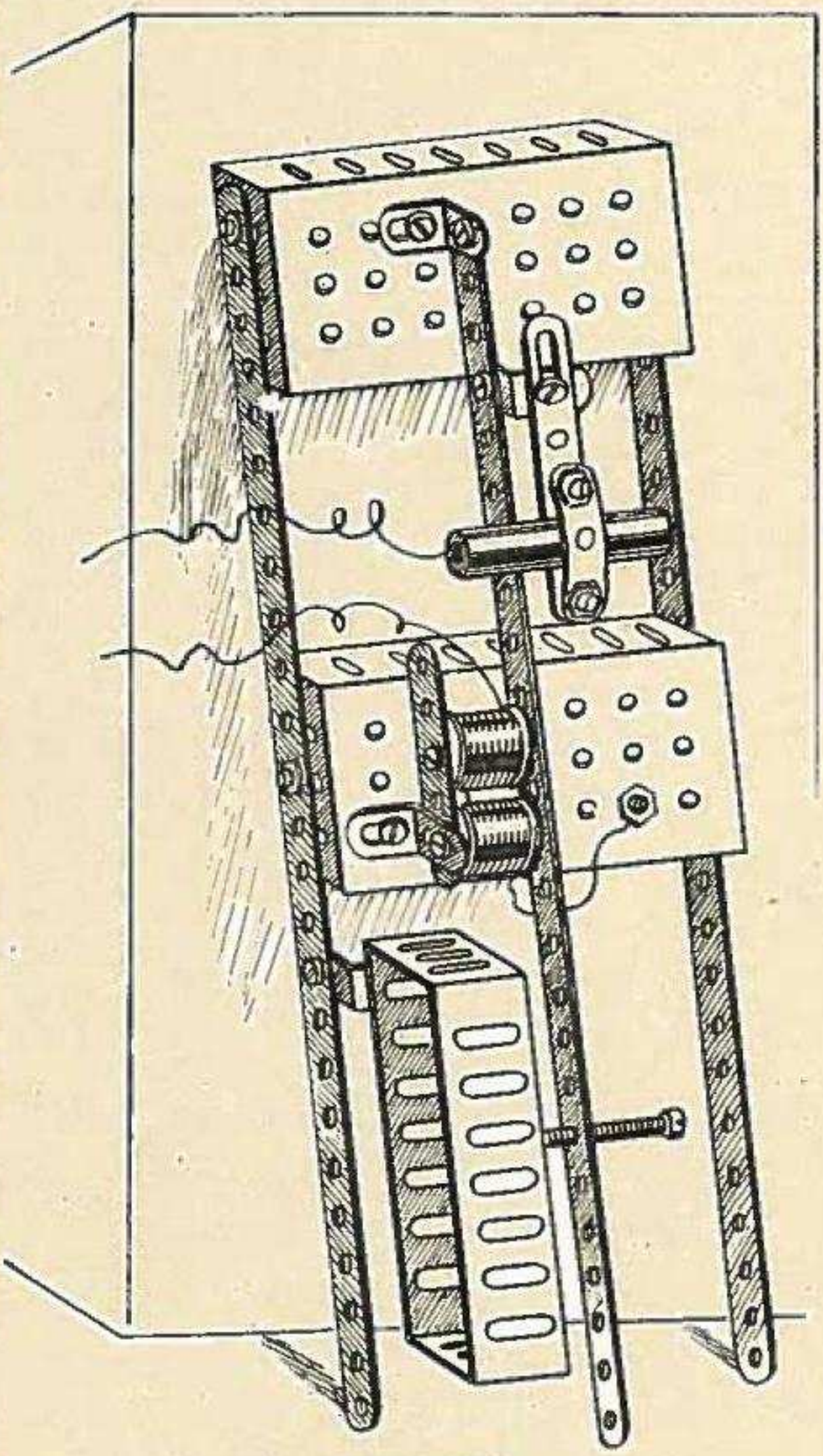


Abbildung 170

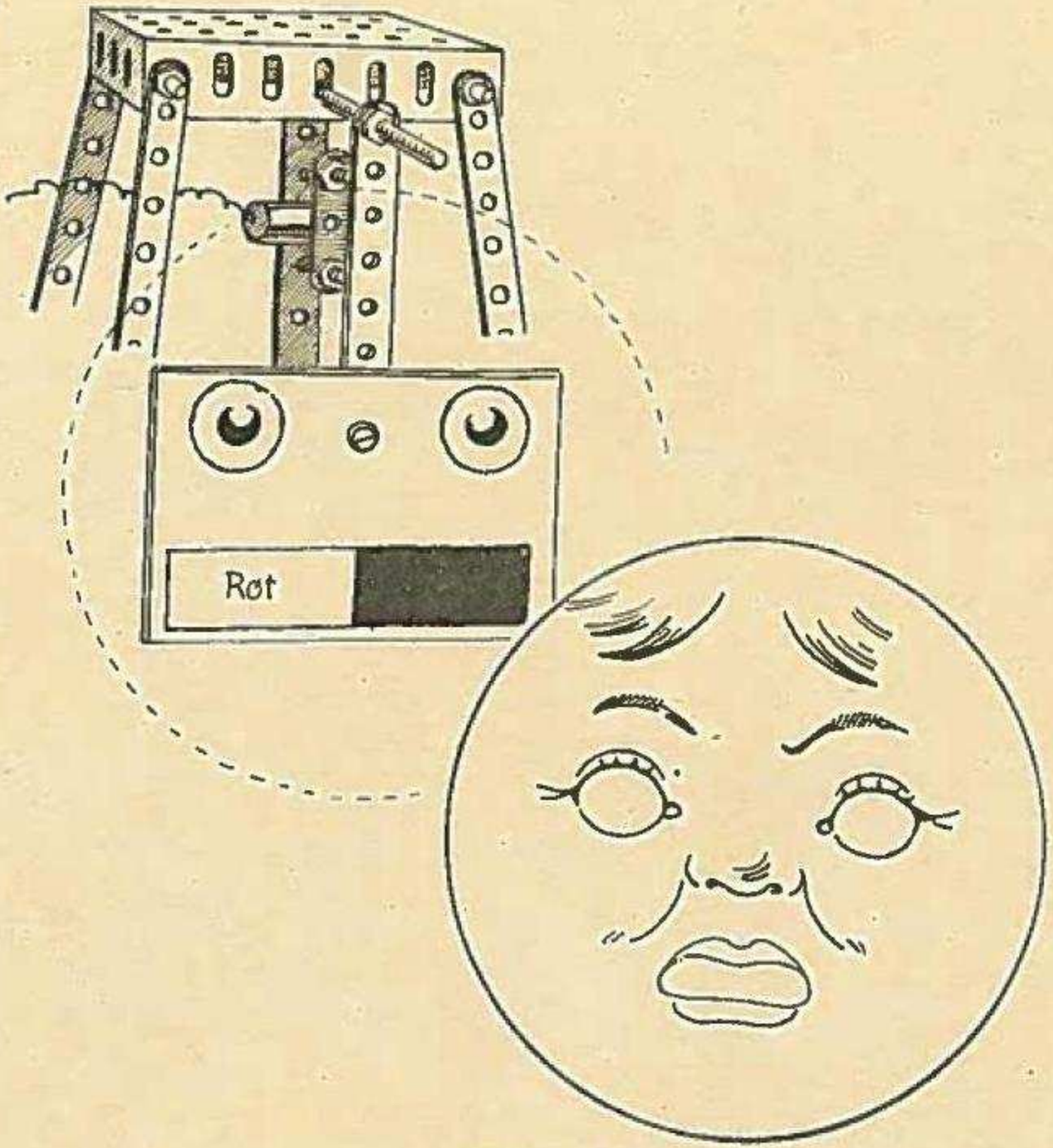


Abbildung 171

56. Modell. Gesicht mit beweglichen Augen und Zunge

Die Abbildung zeigt ein Gerüst mit Pendel, ähnlich Abbildung 153. An die mit dem Pendel fest verbundene Gewindewelle klemmen wir vorn mittels zweier Muttern eine 11-Loch-Schiene, so daß diese sich mit dem Pendel hin- und herbewegt. An die 11-Loch-Schiene schrauben wir ein Stück Pappe, auf das wir zwei Augen und ein Rechteck malen, dessen eine Hälfte rot, und dessen andere Hälfte schwarz gehalten wird. Wir besorgen uns ferner einen Tortendeckel aus Pappe, auf den wir ein Gesicht malen; Augen und Mund werden ausgeschnitten und der Tortendeckel wird, wie der punktierte Kreis zeigt, an das Gerüst angeschraubt. Wenn dann das Pendel und damit das viereckige Pappenstück hin- und herschwingen, erweckt es den Anschein, als ob das auf den Tortendeckel gemalte Gesicht die Augen rollt und die Zunge hin- und herbewegt.

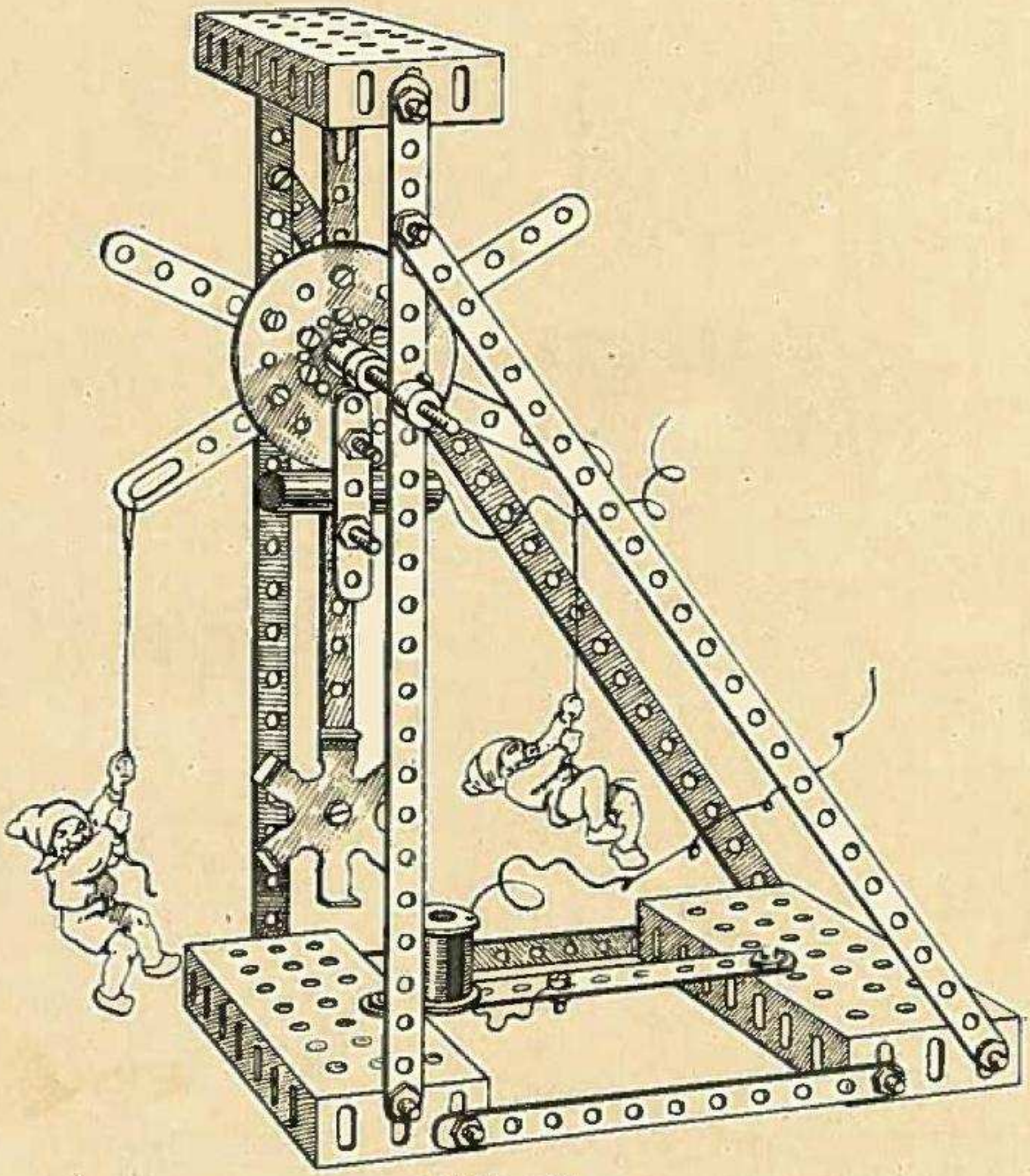


Abbildung 172

57. Modell. Phantasie-Schaukel

Das Rad wird wie die Unruhe nach Abbildung 163 aus 5- und 6-Loch-Stücken und der Scheibe gebaut. Die auf der Abbildung nach unten zeigende Speiche wird durch eine 6-Loch-Schiene verlängert, deren unteres Ende zwei als Anker dienende Polräder trägt. Dieselbe Schiene trägt den Quecksilberschalter; an zwei weiteren Speichen können wir noch zwei Püppchen aufhängen.

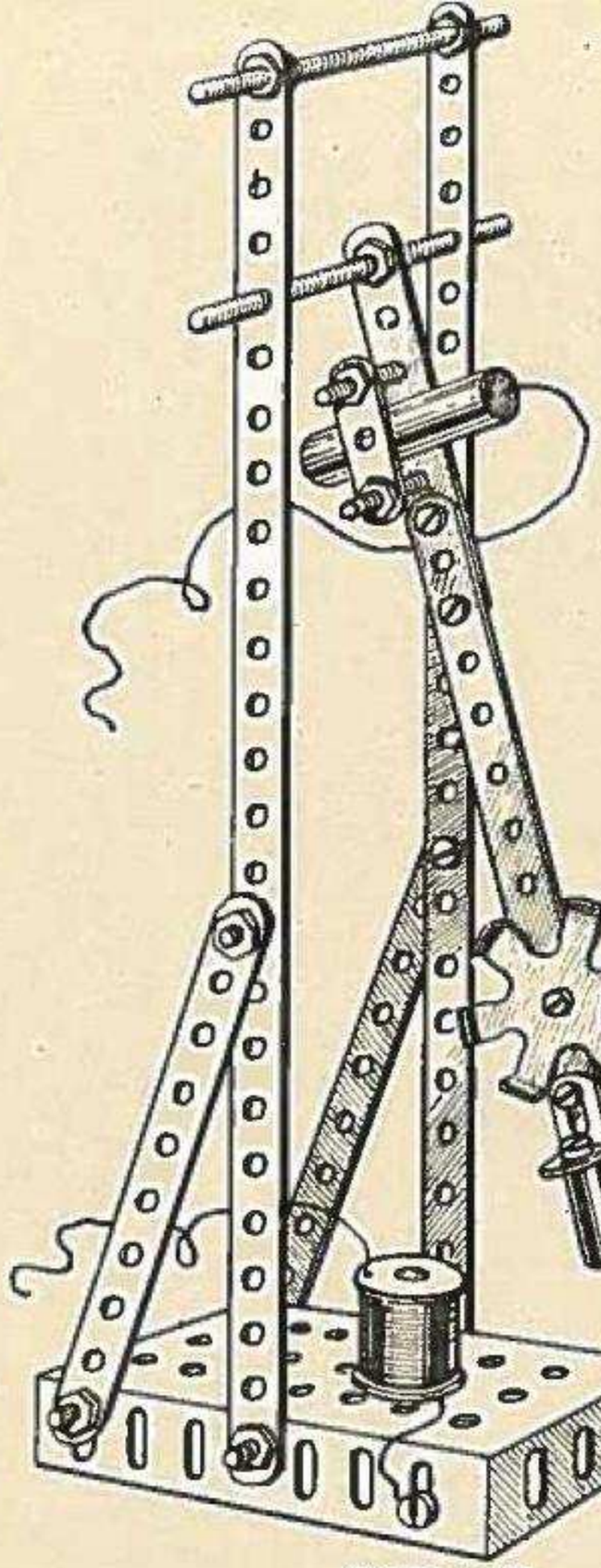


Abbildung 173

58. Modell. Hauptwerk

Im Eisenbahnbetrieb sowie in Fabrikanlagen usw. finden wir Uhrenanlagen, wobei eine sogenannte Hauptuhr den Gang beliebig vieler sogenannter Nebenuhren regelt. Dies geschieht dadurch, daß die Hauptuhr mit jedem Pendelschlag einen Stromstoß in die elektrische Leitung, die sie mit den Nebenuhren verbindet, sendet. Jeder Stromstoß bewirkt dann in jeder Nebenuhr ein Vorrücken der Zeiger um eine Sekunde. Bei diesen Anlagen ist es also nur nötig, daß die Hauptuhr ein gutes Werk mit möglichst genauem Gang enthält. Wenn die Hauptuhr genaue Zeit zeigt, werden die Nebenuhren ebenfalls genaue Zeit anzeigen. Aehnliche Vorrichtungen, die mit Haupt- und Nebenuhren verglichen werden können, lassen sich aus unserem Baukasten bauen. Abbildung 173 zeigt das Hauptwerk, ein elektrisches Pendelwerk, das wir möglichst einfach halten, um recht viele Teile für die Nebenwerke übrig zu haben. Zu dem Aufbau dieses Hauptwerkes nach Abbildung 173 ist nichts weiter zu sagen, als daß nur dieses einen Quecksilberschalter trägt, während die in den folgenden Abbildungen gezeigten Nebenwerke eines Quecksilberschalters nicht bedürfen, da sie ja ihre Stromstöße aus dem Hauptwerk erhalten.

Verbinden wir zwei 5-Loch-Schienen oder dgl. durch zwei Drähte mit den aus der Spule heraustretenden beiden Drahtenden, so verspüren wir bei jeder Stromunterbrechung durch den Quecksilberschalter einen kräftigen Schlag, wenn wir in jede Hand eine der beiden 5-Loch-Schienen nehmen, auch dann, wenn wir als Stromquelle für das Hauptwerk nur eine Taschenlampenbatterie verwenden. In gleicher Weise können wir auch jedes andere mit dem Quecksilberschalter gesteuerte Modell als Elektrisierapparat benutzen.

59. Modell. Nebenwerk. Der Electric-Junge am Reck

Der Aufbau ergibt sich ohne weiteres aus der Abbildung. Als Füße des Jungen dienen zwei Winkel, die durch ein 5-Loch-Stück miteinander verbunden sind. Dieses 5-Loch-Stück dient als Anker für den Spulenkern. Es ist, wie bei jedem Pendelwerk, darauf zu achten, daß der Abstand zwischen Anker und Spulenkern der geringstmögliche ist, da nur dann kräftige Schwingungen erzielt werden können. Im übrigen verweisen wir auf Seite 88 „Das Pendel", wonach also in jedem Falle das Pendel des Hauptwerkes und das des Nebenwerkes möglichst gleichlang gemacht werden müssen, damit sie im gleichen Rhythmus schwingen. Die beiden aus der Spule tretenden Drahtenden werden in einfachster Weise mit den beiden Drahtenden, die aus der Spule des Hauptwerkes (Abbildung 173) treten, verbunden, so daß also die Spule des Nebenwerkes gleichzeitig mit der des Hauptwerkes vom Strom durchflossen ist. Bei Anwendung einer genügend starken Stromquelle können wir parallel zum Quecksilberschalter oder zu den Spulen noch eine Lampe schalten. Dies gilt auch für die folgenden Nebenwerke.

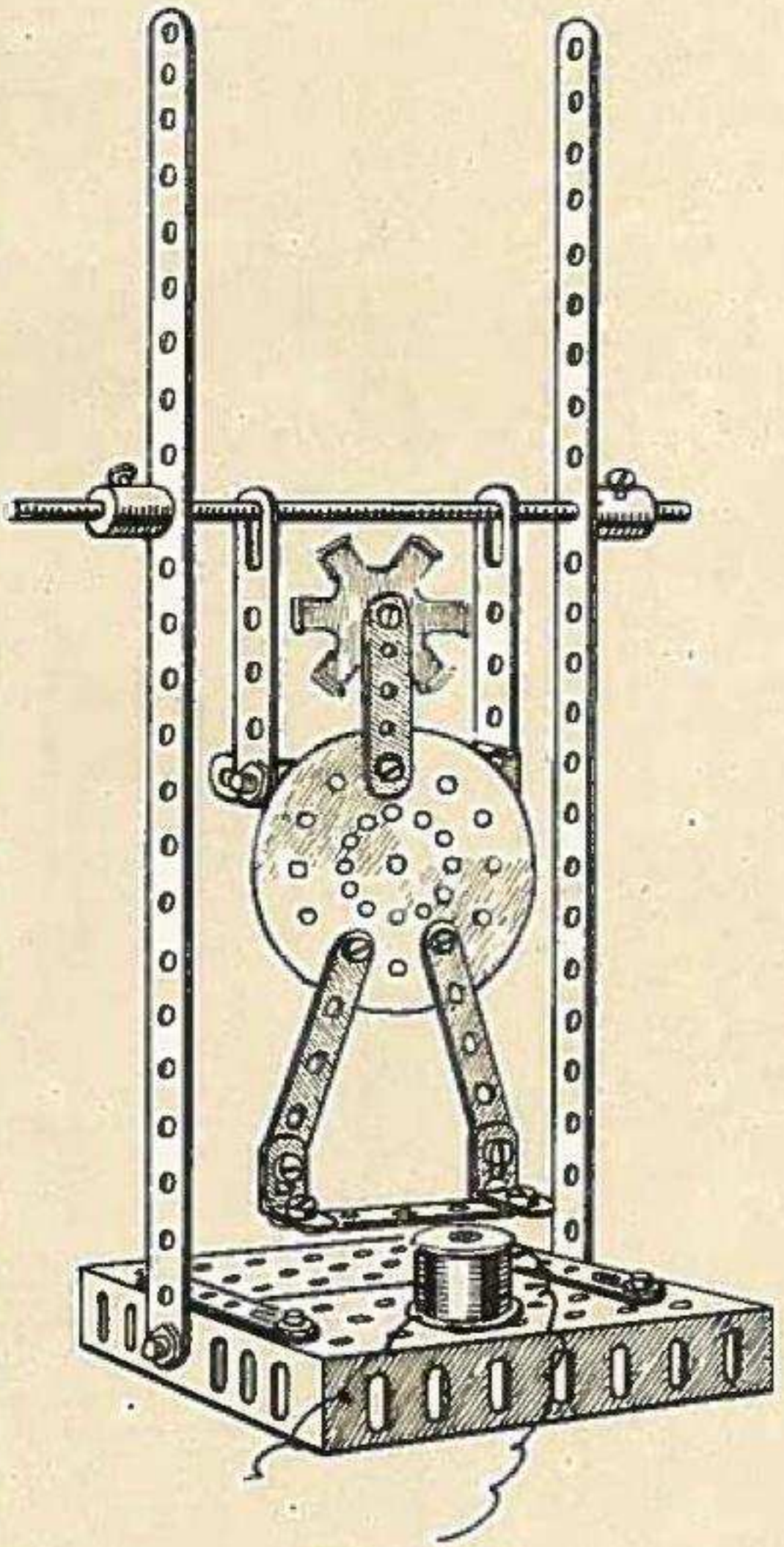


Abbildung 174

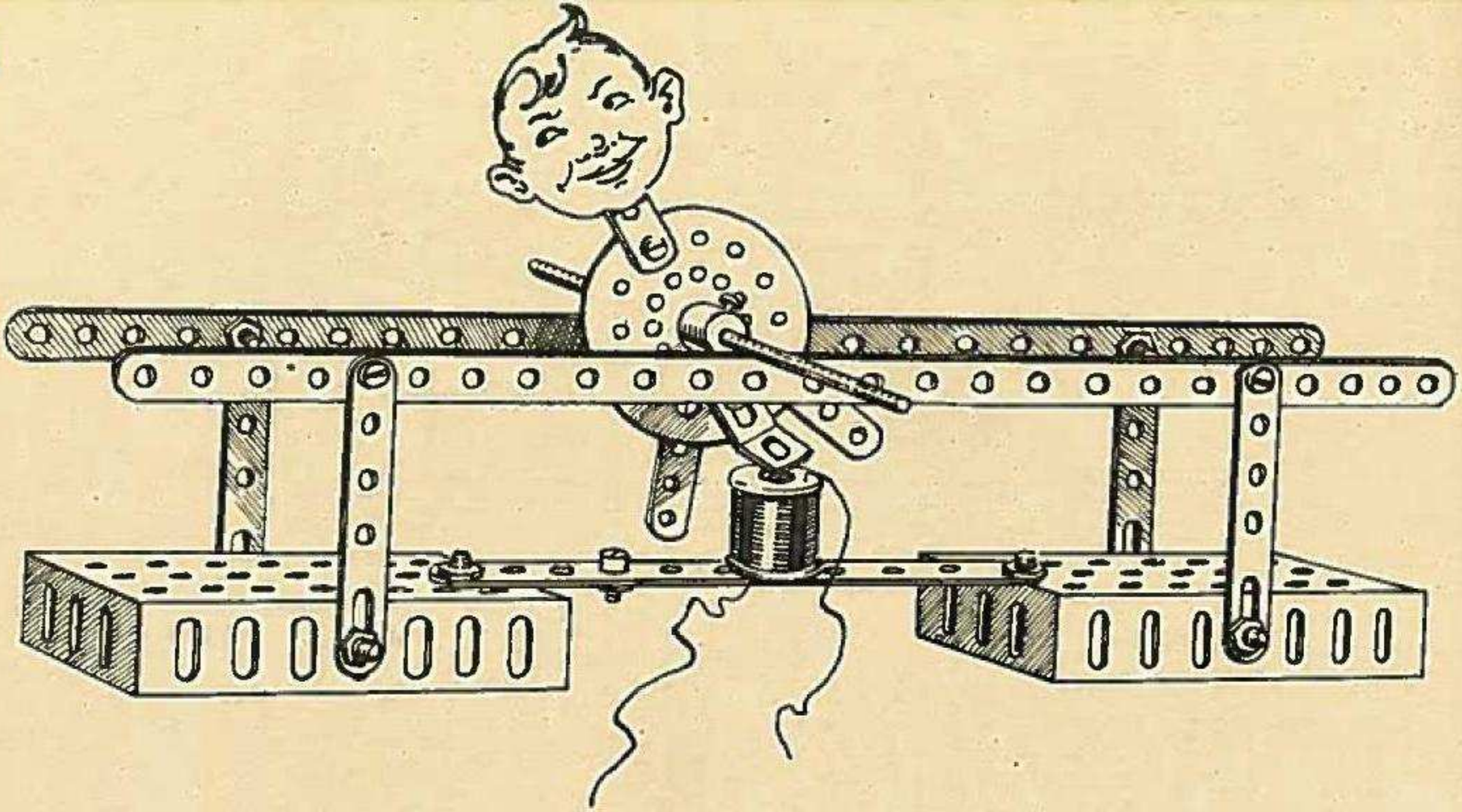


Abbildung 175

60. Modell. Nebenwerk. Der Electric-Junge am Barren

Der Junge besteht aus einer Scheibe, in deren Buchse wir unsere Welle befestigt haben. Als Hals dient ein 5-Loch-Stück, an dem wir ein bemaltes Papiergesicht befestigen. Die Beine sind 5-Loch-Stücke; als Anker dienen ein oder zwei am Rumpf befestigte Winkel. Wir können die Welle des Electric-Jungen auf den Barren legen, wie es die Abbildung zeigt. In diesem Falle schwingt er besonders leicht hin und her. Wir können die Welle aber auch durch zwei gegenüberliegende Löcher des Barrens stecken. Vgl. im übrigen den Text zu dem vorangehenden Modell.

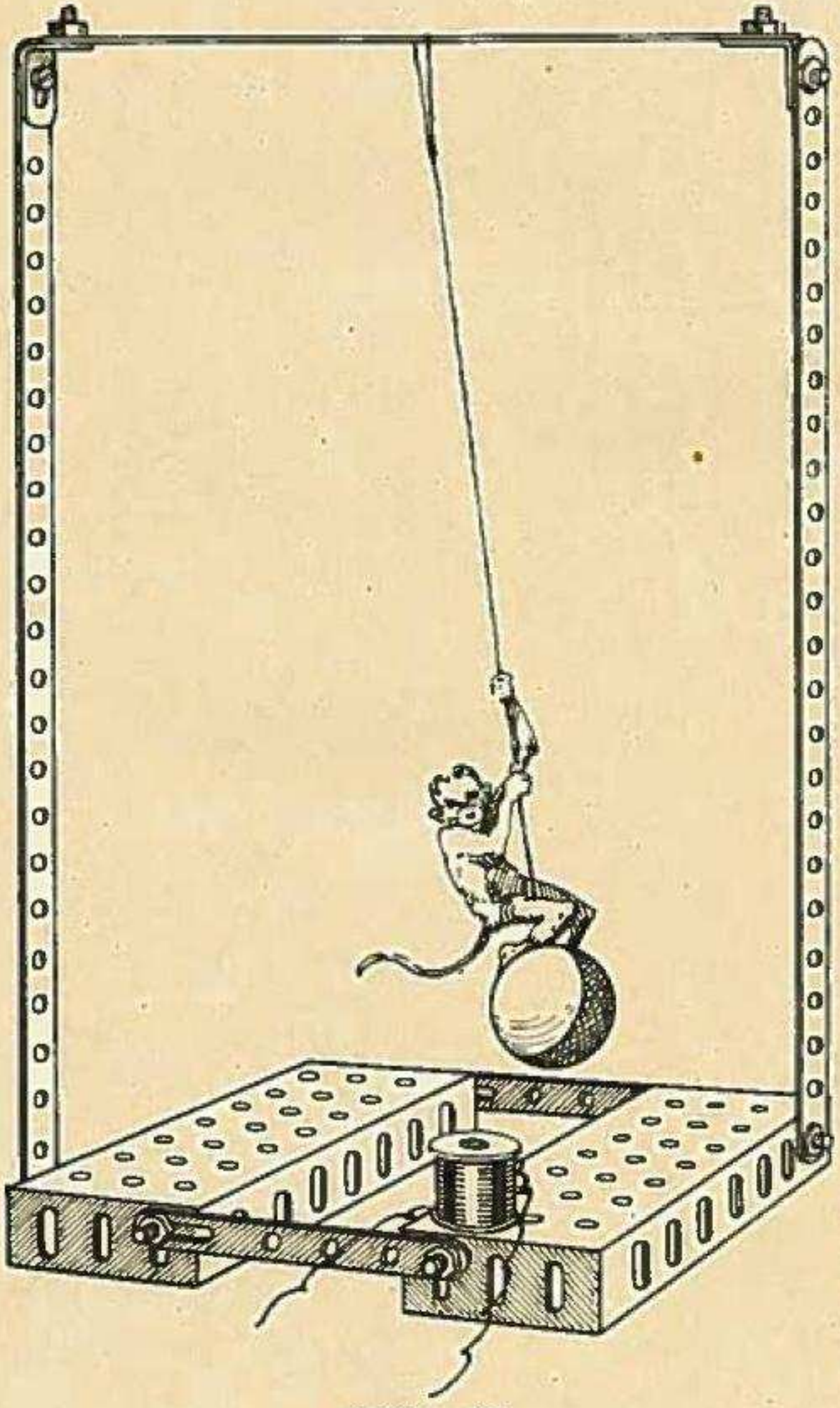


Abbildung 176

61. Modell. Nebenwerk. Auf dem Blechball schaukelnder Affe

In der Mitte des Querbalkens hängen wir einen dünnen Faden auf, dessen unteres Ende den Blechball trägt. Auf dem Blechball bringen wir ein kleines Kletteräffchen an. Der Blechball dient als Anker für die Spule. Wie bei allen diesen Pendelvorrichtungen darf sich die Spule nicht direkt unterhalb des Aufhängepunktes befinden, sondern sie muß seitlich versetzt werden, damit der Ball, wenn die Spule vom Strom durchflossen wird, aus seiner Ruhelage gerissen werden kann. Die beiden Spulendrähte werden wiederum mit den beiden Spulendrähten des Hauptwerkes gemäß Abbildung 173 verbunden.

62. Modell. Hauptwerk

Das Hauptwerk braucht im Gegensatz zur Abbildung 173 nicht unbedingt elektro-magnetisch betätigt zu werden, sondern die Bewegungen der Quecksilberschaltröhre können natürlich auch auf jede andere Weise erfolgen, z. B. dadurch, daß wir den Quecksilberschalter an dem Pendel einer gewöhnlichen Uhr, die durch eine Feder oder Gewichte betrieben wird, befestigen. Abb. 177 zeigt, wie an dem Pendel einer solchen Uhr zunächst zwei 5-Loch-Stücke befestigt werden, die dann ein 6-Loch-Stück tragen, an das der Quecksilberschalter geklemmt wird. Bei einer solchen Anordnung erhalten wir also bei der Linksstellung des Pendels gemäß Abbildung 178 eine Schließung

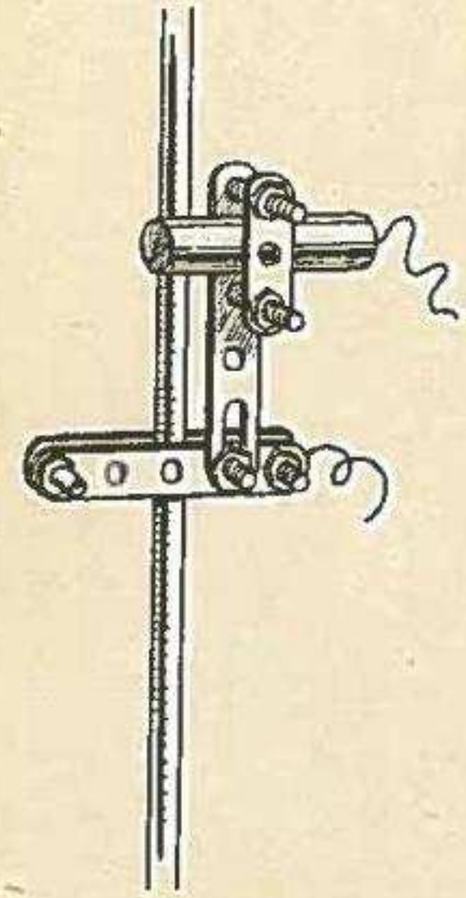


Abbildung 177

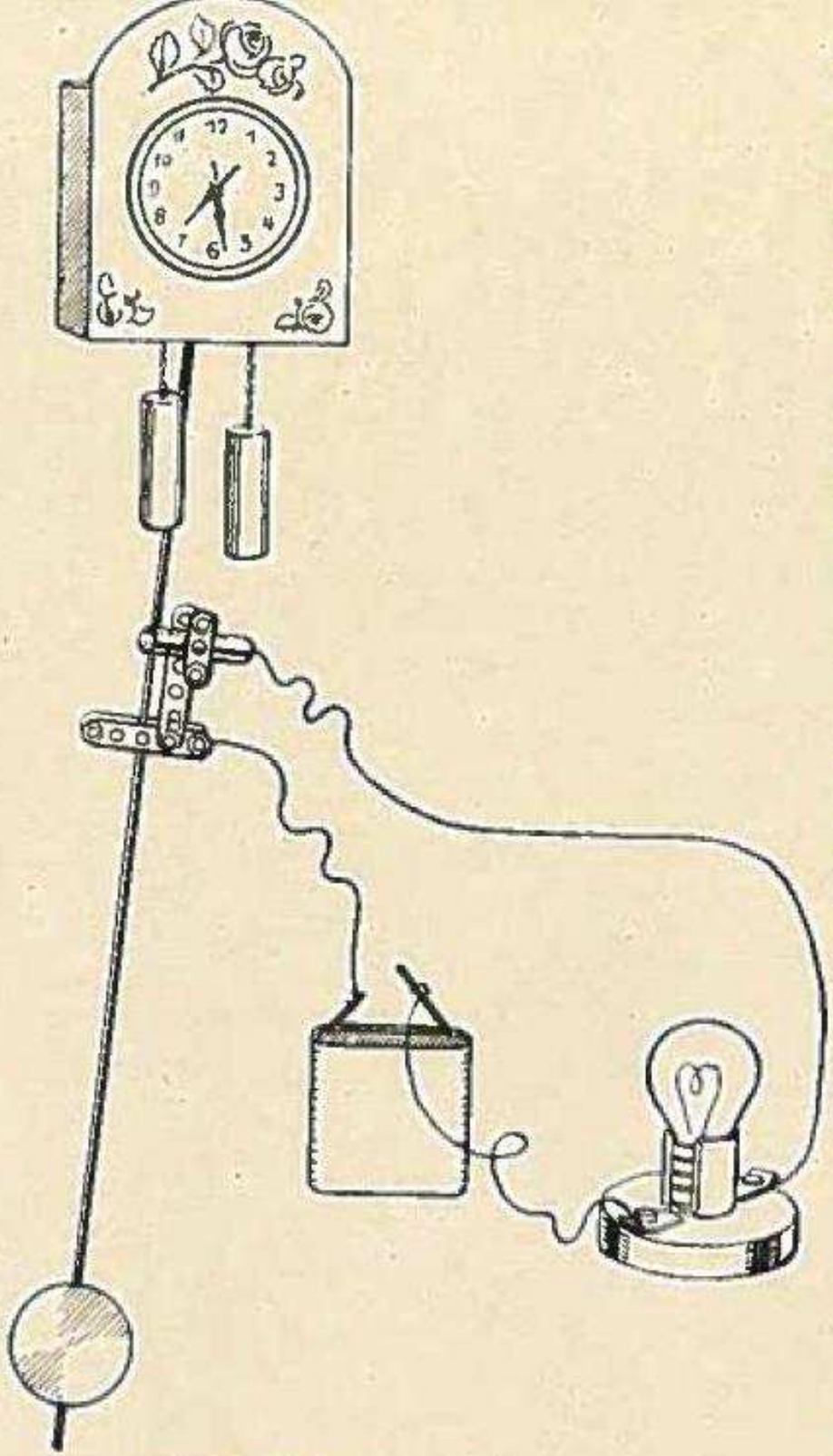


Abbildung 178

des Stromkreises und dadurch ein Aufleuchten des Lämpchens, bei einer Rechtsstellung des Pendels eine Stromkreisunterbrechung und damit Erlöschen des Lämpchens. Statt des Lämpchens können wir auch eine elektrische Hupe nach Abbildung 113 oder eine elektrische Glocke nach Abbildung 102 verwenden; wir können auch ein langes Pendel nach Abbildungen 167 und 169 steuern, wobei wiederum darauf zu achten ist, daß es ungefähr die gleiche Länge wie das Pendel der Hauptuhr hat. Natürlich sind die Drähte so anzuordnen, daß sie die freien Schwingungen des Uhrenpendels nach Abbildungen 177 und 178 nicht behindern. Am besten verwenden wir biegsame Litze.

Es wird Euch nicht schwer fallen, noch viele Nebenwerke zu bauen, die Ihr mit einem Hauptwerk nach Abbildungen 173 oder 178 betreiben könnt. So könnt Ihr noch folgenden einfachen Modellen die zu ihrem Betrieb erforderlichen Stromstöße durch ein Hauptwerk nach den Abbildungen 173 bzw. 178 zuführen:

Boxball	nach Abbildung		75
Kegelspiel	„	„	77
Roulette	„	„	80
Pickvogel	„	„	83
Schupo	„	„	85
Zauberball	„	„	89
Schaukelstuhl	„	„	90
Tauchende Ente	„	„	95

Außer diesen Modellen könnt Ihr gleichzeitig eine Lampe oder eine Hupe über eins dieser Hauptwerke mit Strom speisen.

63. Modell. Schwimmender Fisch

Dieses Spiel ist ähnlich der tauchenden Ente nach Abbildung 95, jedoch weit amüsanter, weil wir zwei Spulen und zwei Taster anwenden können, wodurch es uns möglich ist, den Fisch hin- und her exerzieren zu lassen. Wir stellen einen mit Wasser gefüllten Suppenteller auf das Fundament, welches zwei Spulen trägt. In den Suppenteller legen wir einen Fisch aus Zelluloid, in den wir eine Eisenschraube hineingebracht haben. (Statt des Fisches können wir auch den Blechball schwimmen lassen.) Drücken wir jetzt auf den linken Taster, so wird die linke Spule vom Strom durchflossen, ihr Kern wird magnetisch und zieht die in dem Fisch befindliche Schraube an, so daß er nach links schwimmt. Die Abbildung 179 zeigt den sich hierbei ergebenden Stromverlauf, den wir durch Pfeile angedeutet haben. Die rechte Spule ist stromlos. Drücken wir auf den rechten Taster, so schwimmt der Fisch auf die rechte Spule zu. Das Spiel wird besonders interessant, wenn z w e i Kinder die Taster bedienen und jedes sich

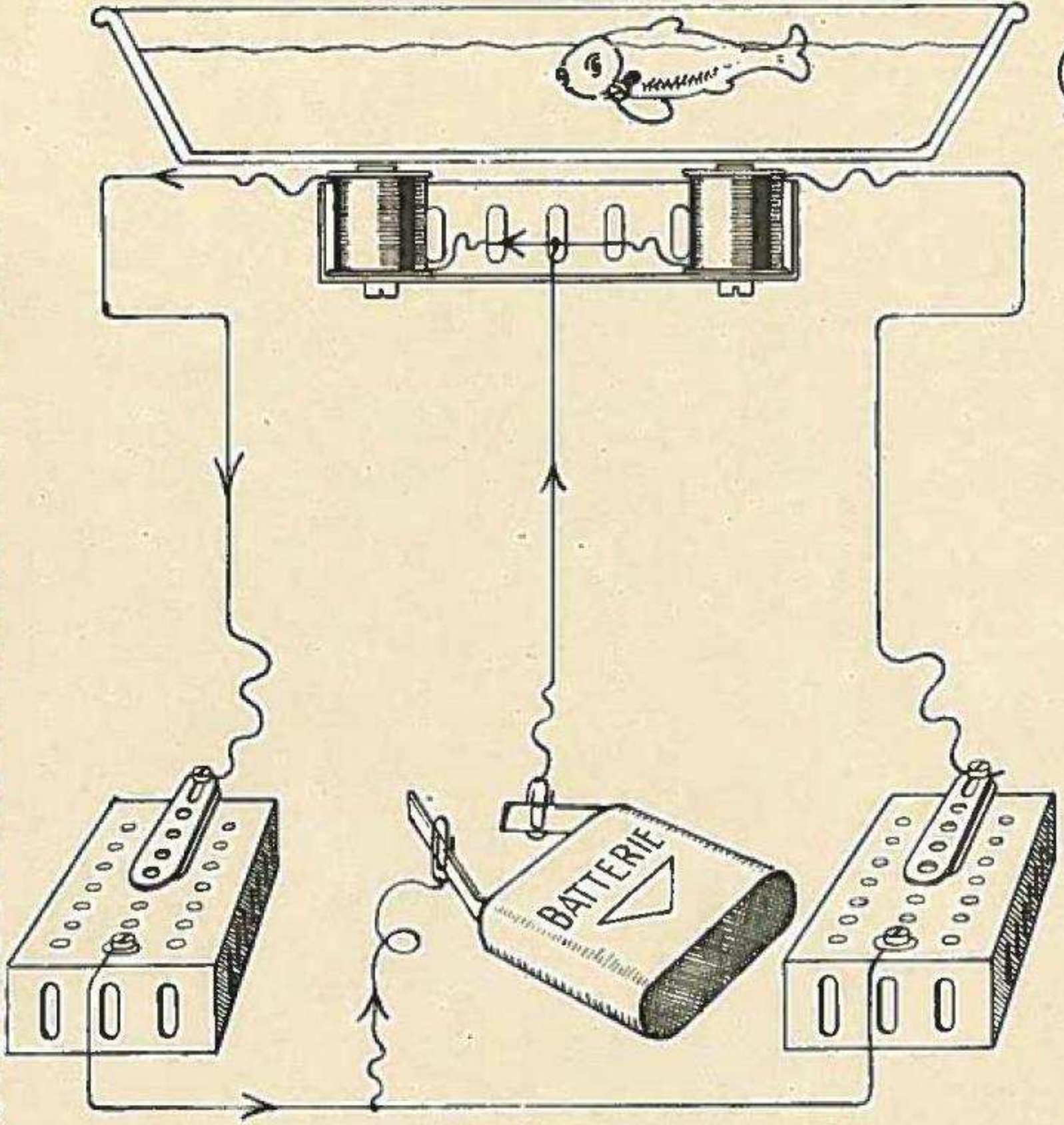


Abbildung 179

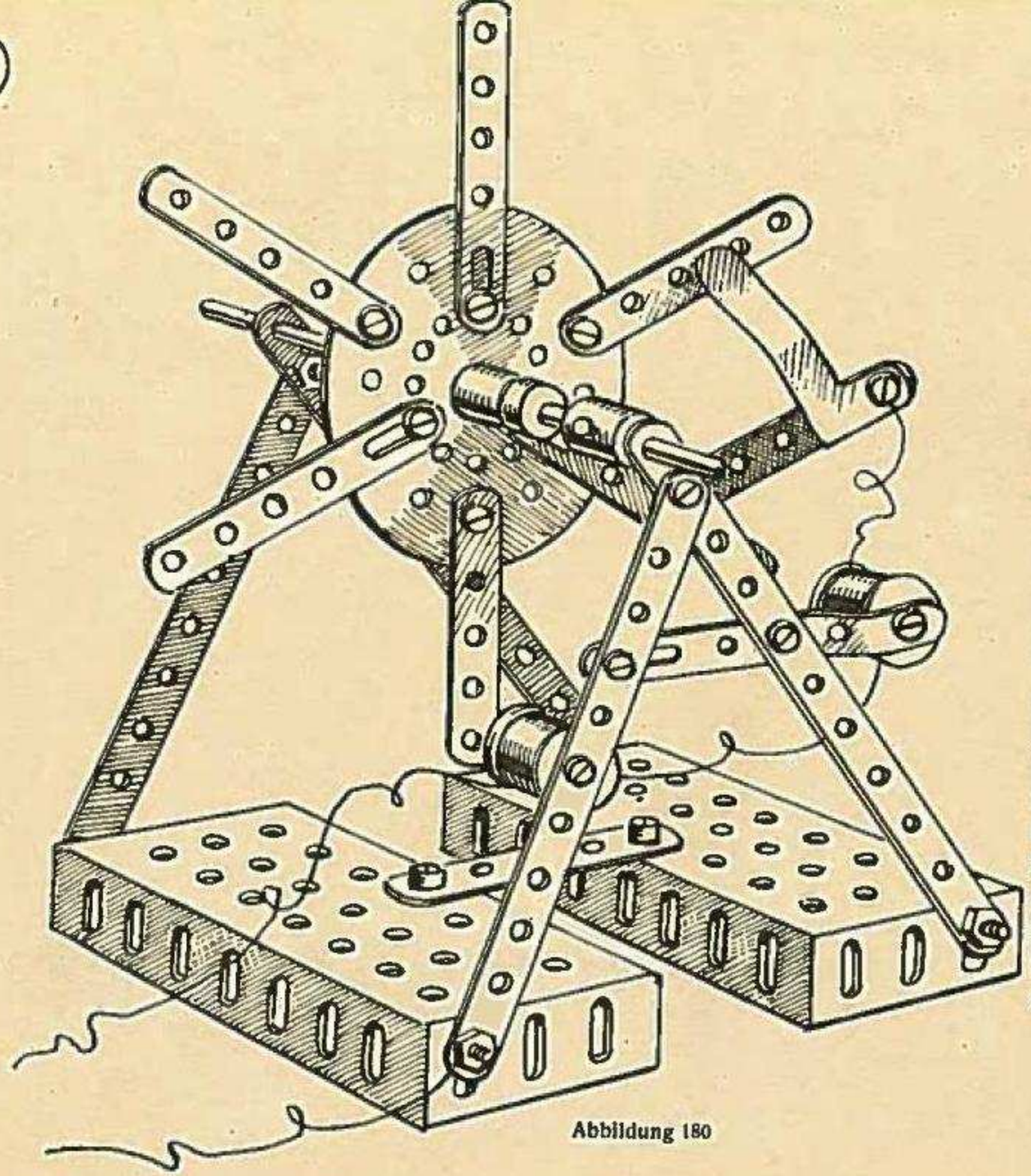


Abbildung 180

bemühen muß, den Fisch nach seiner Spule hinzuziehen.

64. Modell. Elektromotor mit 2 Spulen

Das Polrad bauen wir aus unserer Scheibe, an der wie ähnlich wie bei der Unruhe nach Abbildung 163 abwechselnd eine 5- und 6-Loch-Schiene anschrauben. Die beiden Spulen werden so angeordnet, daß ihre Kerne möglichst denselben Abstand voneinander haben wie zwei Speichen. Die Messingkontaktfeder wird oben rechts an das Vulkanfiberstück geschraubt, und dieses an das Gerüst. Der Strom fließt aus der Stromquelle in die linke Spule, dann in die rechte, von dieser in die Messingfeder über die Speichen in den Körper und in die Stromquelle zurück. Beide Spulen sind also hintereinandergeschaltet und daher gleichzeitig stromdurchflossen und stromlos. Im übrigen arbeitet der Motor in gleicher Weise wie ein solcher nach Abbildung 119.

65. Modell.
Liegende Dampfmaschine mit 2 Spulen

Der bewegliche Balken in der Mitte wird aus zwei 11-Loch-Schienen gebildet. Am rechten Ende trägt er zwei als Anker dienende Winkel, drei Loch weiter nach links ist er in der Gewindewelle gelagert. Weitere drei Loch nach links ist ein zweites Winkelpaar an ihm angeschraubt, welches den Anker für die linke Spule bildet. Am Ende sind leicht beweglich zwei 3-Loch-Bronzefedern angeschraubt, durch deren obere Löcher die gekröpfte Welle geführt ist. Die gekröpfte Welle trägt rechts als Schwungrad die große Scheibe, links zwei Stellringe. Diese Stellringe verhindern erstens eine Verschiebung der gekröpften Welle in ihren Lagern, zweitens dienen sie zur Kontaktgebung. Die Schrauben der Stellringe sind um 180 Grad gegeneinander versetzt angeordnet, d. h. die Schraube des einen Stellringes zeigt nach unten, die des anderen nach oben. Ueber den Stellringen ist das Vulkanfiberstück mit den beiden Messingwinkelfedern angeschraubt. Diese steuern den Strom, so daß abwechselnd die rechte und die linke Spule Strom erhalten. Gemäß Abbildung stößt die Schraube des rechten Stellringes an die rechte Winkelfeder, so daß sich folgender Stromverlauf ergibt:

Von der Stromquelle in die rechte Spule, aus dieser in die rechte Messingwinkelfeder, von da in den rechten Stellring und in die Welle und durch Körperschluß in die Stromquelle zurück. Daher wird der rechte Spulenkern magnetisch und zieht das rechte Winkelpaar an.

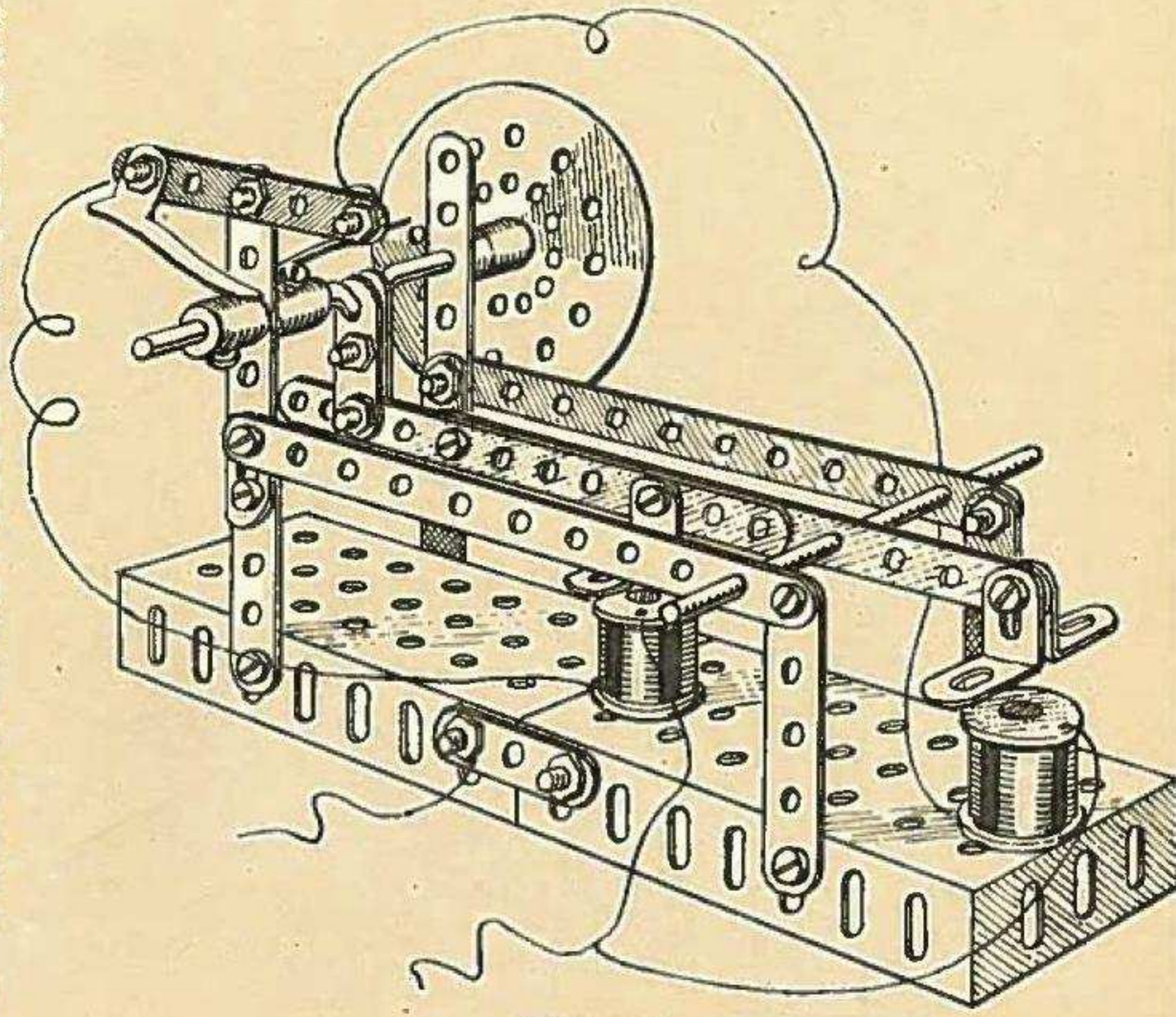


Abbildung 181

Das linke Ende des Balkens geht hoch und nimmt die Kröpfung der Welle mit: Die Welle und das Schwungrad drehen sich. Steht die Kröpfung nach oben, so wird der Stromkreis in der rechten Messingfeder unterbrochen und die linke Spule erhält durch die linke Messingwinkelfeder und den linken Stellring Strom, so daß sie das linke Ende des Balkens herunterzieht.

Diese wechselweise Erregung der beiden Spulen bewirkt dauernde Drehungen der Welle und des Schwungrades.

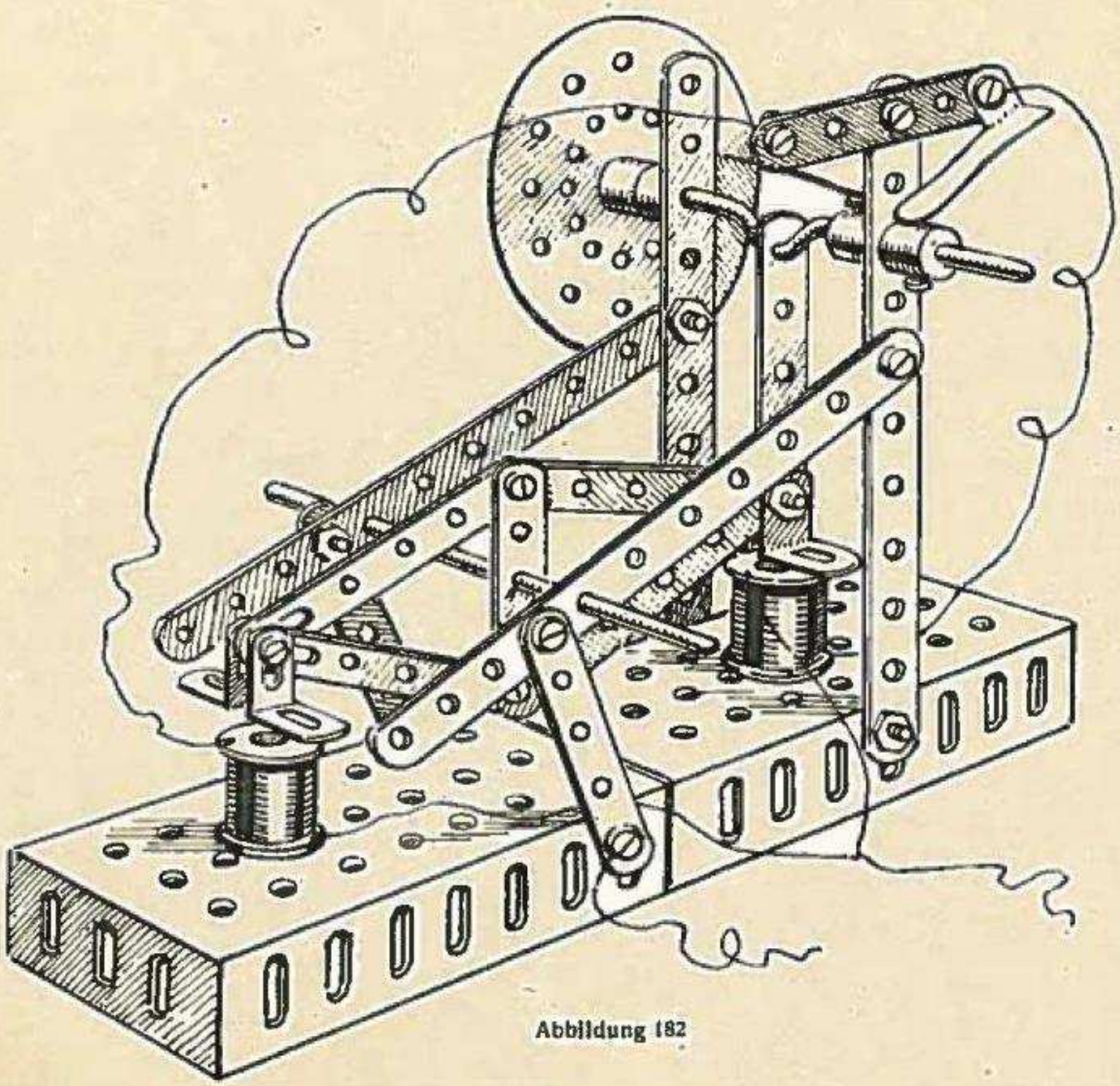


Abbildung 182

66. Modell. Watt'sche Balancier-Dampfmaschine

Der Balken, oder wie man früher sagte „Balancier", besteht hier aus vier 6-Loch-Stücken, die in der Mitte durch ein 5-Loch-Stück starr verbunden sind, so daß sich ein längliches Viereck ergibt, welches man Rhombus nennt. Das Rhombus trägt an jedem Ende ein Winkelpaar als Anker, unter denen die Spulen angeordnet sind. Die gekröpfte Welle trägt wiederum ein Schwungrad und zwei Stellringe, über denen das Vulkanfiberstück mit den beiden Messingwinkelfedern angeordnet ist. Schaltungs- und Wirkungsweise sind die gleichen wie bei der Dampfmaschine nach Abbildung 181. Stellen wir uns statt der beiden Spulen zwei Zylinder vor mit Kolben und Kolbenstangen, die an die Enden des rhombusförmigen Balancier angreifen und sie hochdrücken bez. herunterziehen, so haben wir das Urbild unsrer heutigen Dampfmaschine oder die sogenannte Balan-

cierdampfmaschine von James Watt, die erste brauchbare Dampfmaschine, vor uns, die im Jahre 1770 in England zum Entwässern eines Bergwassers gebaut wurde.

67. Modell. Stehende Dampfmaschine

Die Dampfmaschinen nach Abbildungen 181 und 182 waren sogenannte doppelt wirkende, d. h. auf eine Umdrehung des Schwungrades entfielen zwei Arbeitshübe, so daß also das Schwungrad, von den beiden toten Punkten abgesehen, während einer ganzen Umdrehung durch die Spulen angetrieben wurde. Demgegenüber ist die Dampfmaschine nach Abbildung 183 eine einfach wirkende. Die beiden durch ein 5-Loch-Stück miteinander und mit der Gewindewelle verbundenen Kerne werden in die Spulen hineingezogen und drehen dabei die Welle und Schwungrad um 180 Grad. Während einer weiteren halben Umdrehung werden die Kerne und die Pleuelstange durch die im Schwungrad aufgespeicherte lebendige Kraft hochgezogen. Bei dieser Maschine brauchen wir dementsprechend auch nur einen Stellring, dessen Schraube gegen die an dem Vulkanfiberstück befestigte Messingfeder Kontakt gibt, solange das Gestänge mit den beiden Kernen nach unten gezogen wird. Sind diese unten angekommen, so wird der Stromkreis unterbrochen.

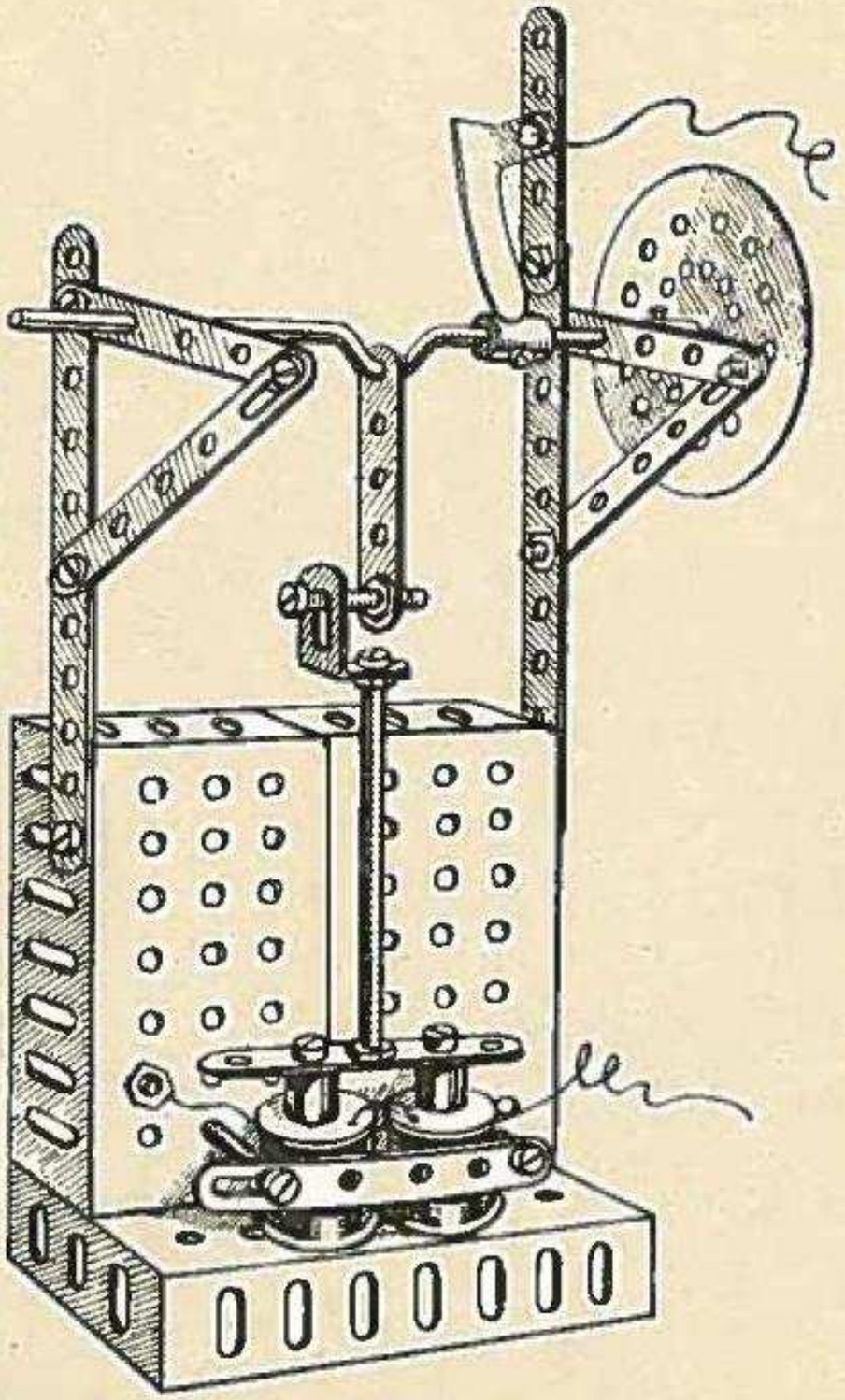


Abbildung 183

68. Modell. Blinklicht-Telegraphie mit 2 Sende- und 2 Empfangsstationen

In dem einen Zimmer bauen wir die aus Batterie, Lampe und Taster bestehende Station 1 auf, in einem anderen Zimmer die aus Taster und Lampe gebildete Station 2. Gemäß Abbildung 184 werden beide Stationen durch vier Drähte miteinander verbunden. Drücken wir auf den Taster der Station 1, so leuchtet die Lampe der Station 2. Die Abbildung

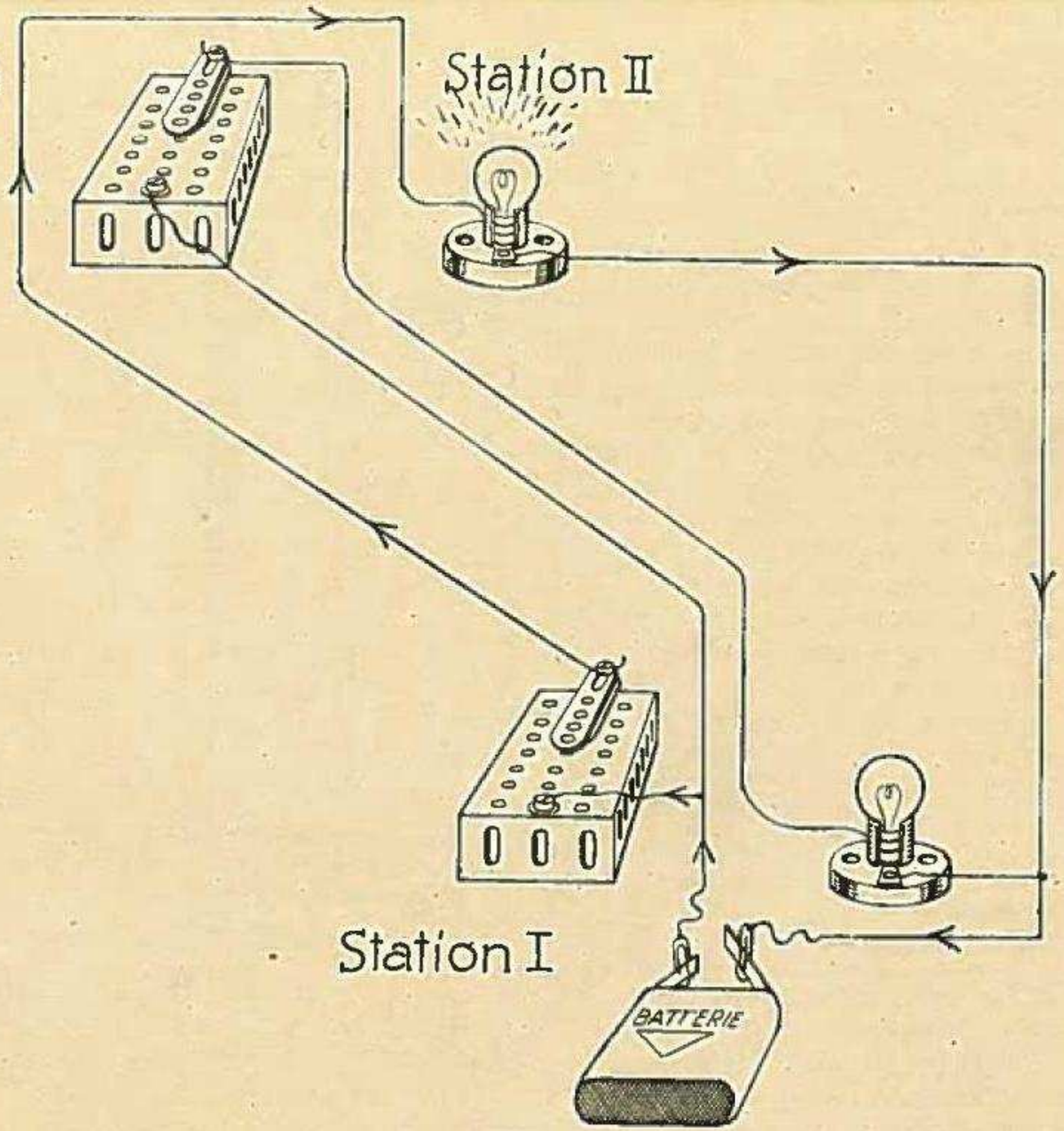


Abbildung 184

zeigt diesen Zustand. Die Pfeile in den beiden Drähten deuten den Verlauf des Stromes an. Umgekehrt: Drücken wir auf den Taster der Station 2, so leuchtet die Lampe der Station 1. Unter Verwendung des Morse-Alphabetes (vgl. S. 61) können wir uns mit einem Freunde telegraphisch verständigen; wir brauchen mit ihm nur zu vereinbaren, daß das lange Aufleuchten den Strich, das kurze Aufleuchten den Punkt im Morse-Alphabet bedeuten soll. Da wir es hier mit zwei kompletten Stationen zu tun haben, von denen jede über einen Sender und einen Empfänger verfügt, können wir mit unserem Freunde beliebig Fragen und Antworten hin und her telegraphieren.

69. Modell. Telegraphie mit bunten Lampen

Hier haben wir es nur mit einem Sender und einem Empfänger zu tun, die beide durch insgesamt drei Drähte miteinander verbunden sind. Drücken wir auf den rechten Taster (die Abbildung 185 zeigt diesen Zustand), so fließt der Strom durch die blaue Lampe, die daher leuchtet. Wir vereinbaren, daß dies der Morse-Strich sein soll. Drücken wir auf den linken Taster, so leuchtet die linke, rote Lampe, was den Morse-Punkt bedeuten soll. Aufbau der Taster erfolgt nach Abbildung 72.

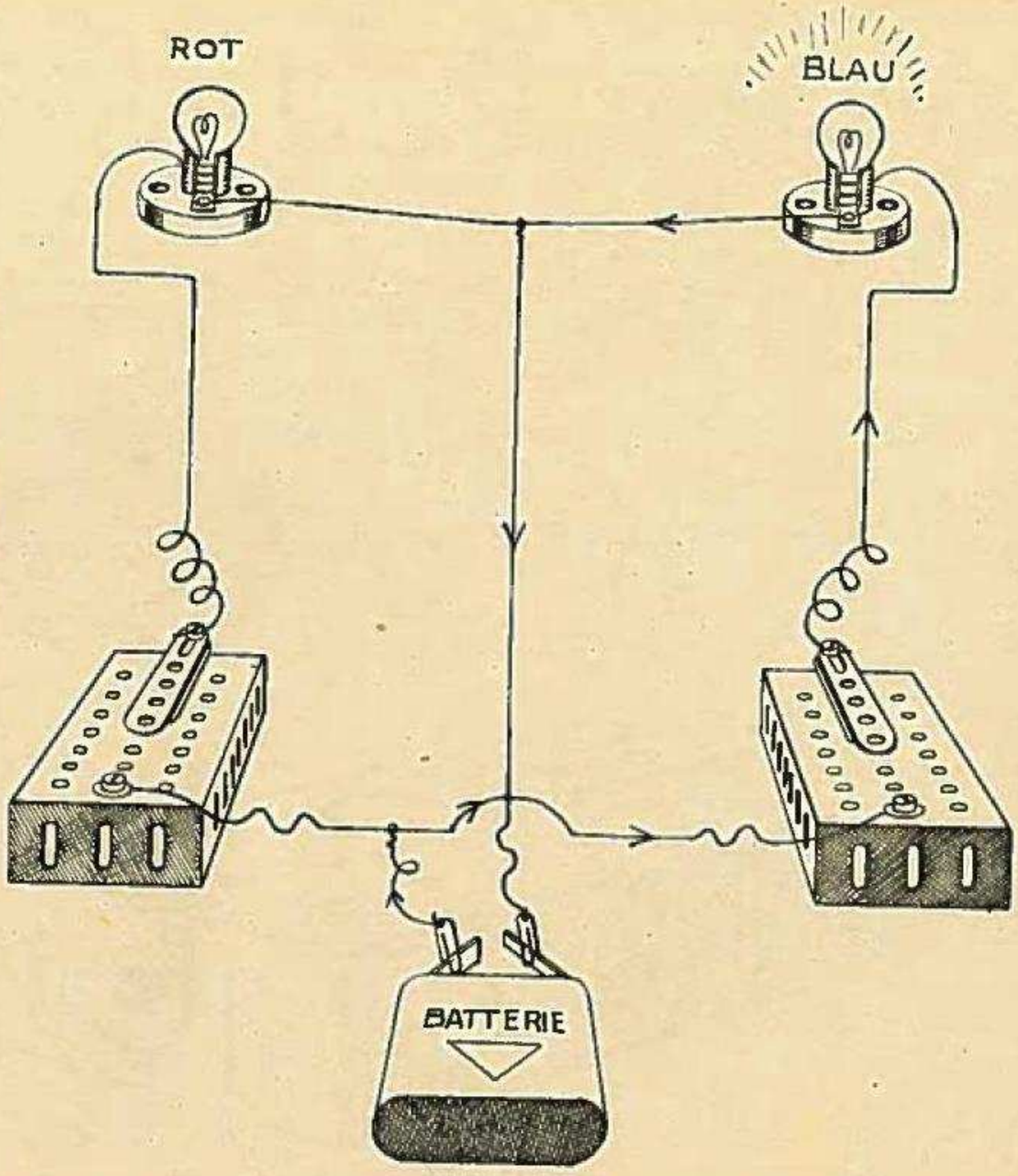


Abbildung 185

70. Modell. Blinklampe

Wir bauen einen Taster nach Abbildung 72, schrauben an diesen eine 6-Loch-Schiene und an deren oberes Ende unsere Lampenfassung. Verbinden wir diese Vorrichtung mit der Taschenlampenbatterie, so können wir unsere Lampe durch kurzes oder langes Drücken auf den Taster entsprechend zum Leuchten bringen. Wenn wir mit unserem Freund, der vielleicht in einem Hause gegenüber wohnt, uns verständigen wollen, so braucht jeder von uns nur eine Vorrichtung nach Abbildung 186 nebst einer Batterie. Wir vereinbaren wiederum, daß langes Leuchten den Morse-Strich, kurzes Leuchten den Morse-Punkt bedeutet und können uns verständigen, ohne daß wir über die Straße hinweg Drähte ziehen müssen. Bei Wanderungen, besonders auch im Dunkeln, im Gelände, können wir uns durch diese drahtlose Telegraphie leicht verständigen, sobald wir uns einige Fertigkeit im Gebrauch des Morse-Alphabets angeeignet haben. Diese Art des Telegraphierens mittels Lichtzeichen wurde im Weltkrieg viel angewendet. Wenn Meldegänger nicht durch das Sperrfeuer hindurchkamen und die nach hinten führenden Telephonleitungen zerschossen waren, war das Telegraphieren mittels Blinklichts oft das einzige Mittel, um den rückwärtigen Kommandostellen Meldung von dem Stand der Dinge zu machen. Bei Tag wurden die Morse-Zeichen mittels bunter Fahnen „gewinkt", bei Nacht wurde „geblinkt".

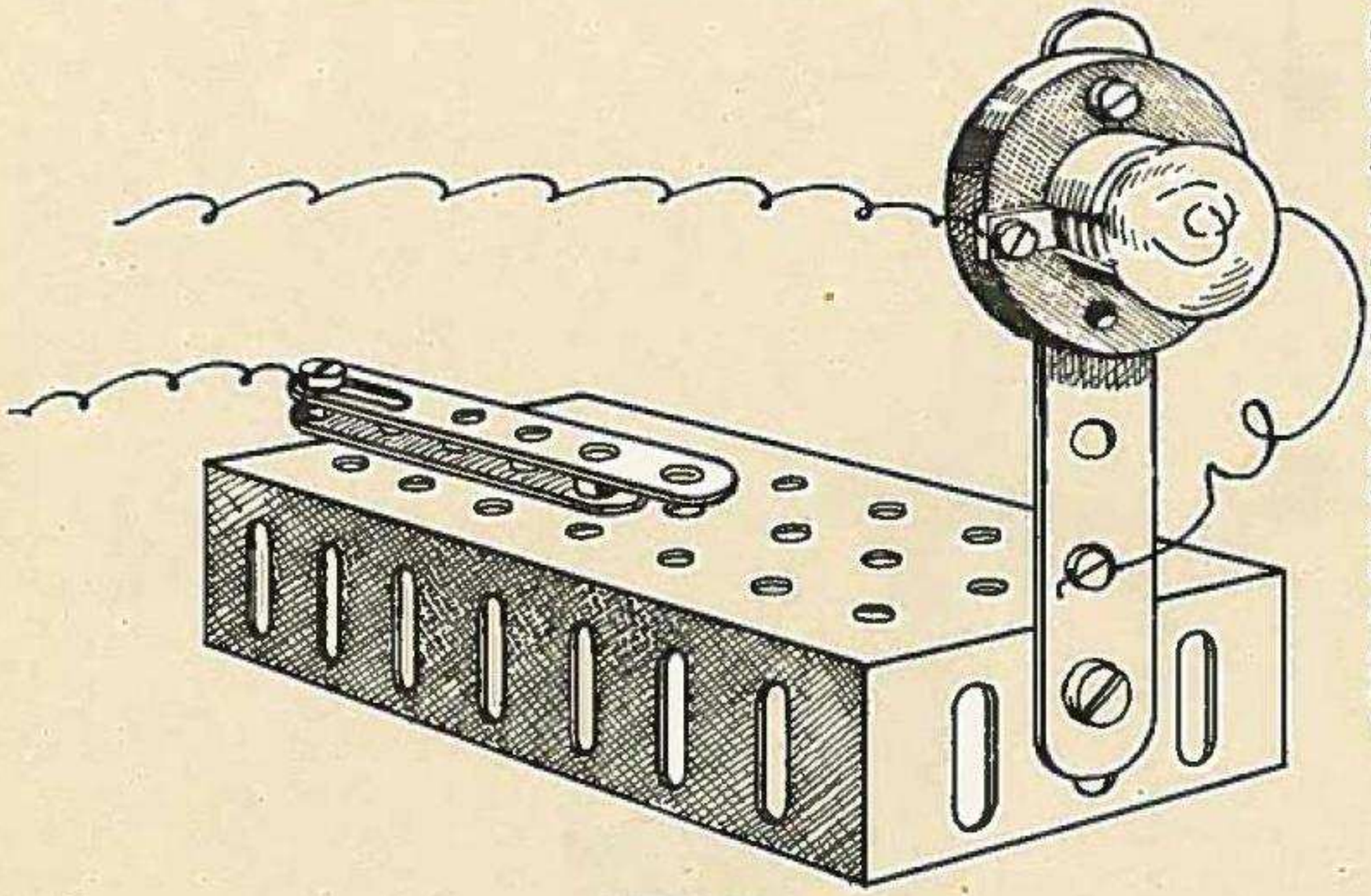


Abbildung 186

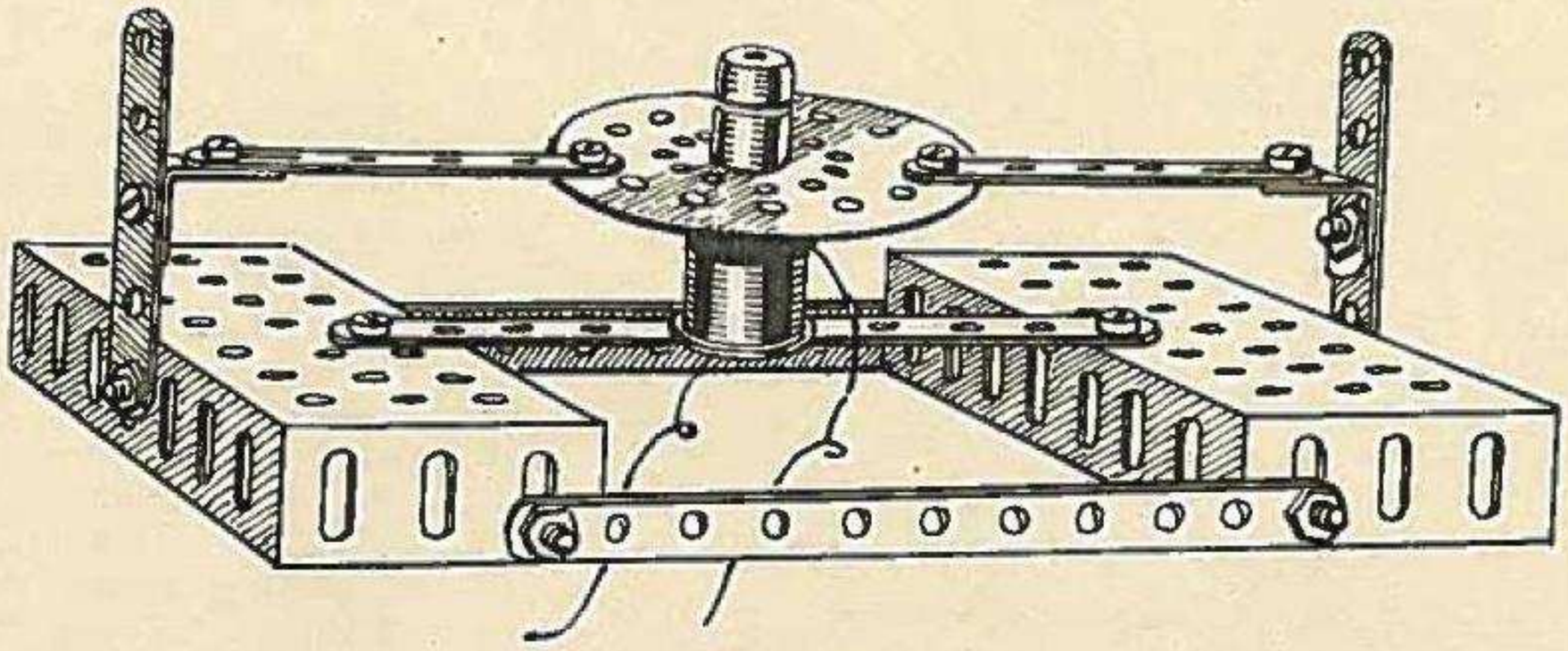


Abbildung 187

71. Modell. Große Wechselstromhupe

Abbildung 187 zeigt eine Wechselstromhupe, ähnlich wie Abbildung 113, deren Lautstärke jedoch durch die größere Resonanz infolge der hier verwendeten großen Scheibe eine viel größere ist. Die Scheibe wird von zwei 6-Loch-Schienen getragen, welche mittels der 5-Loch-Schienen und zweier Winkel an den Fundamenten angeschraubt sind. In der Mitte unter der Scheibe ist die Spule mit ihrem Kern befestigt. Der Abstand zwischen Scheibe und Kern ist ein solcher, daß die Scheibe, wenn die Spule vom Wechselstrom durchflossen wird, in kräftige Schwingungen gerät und an dem Spulenkern aufschlägt.

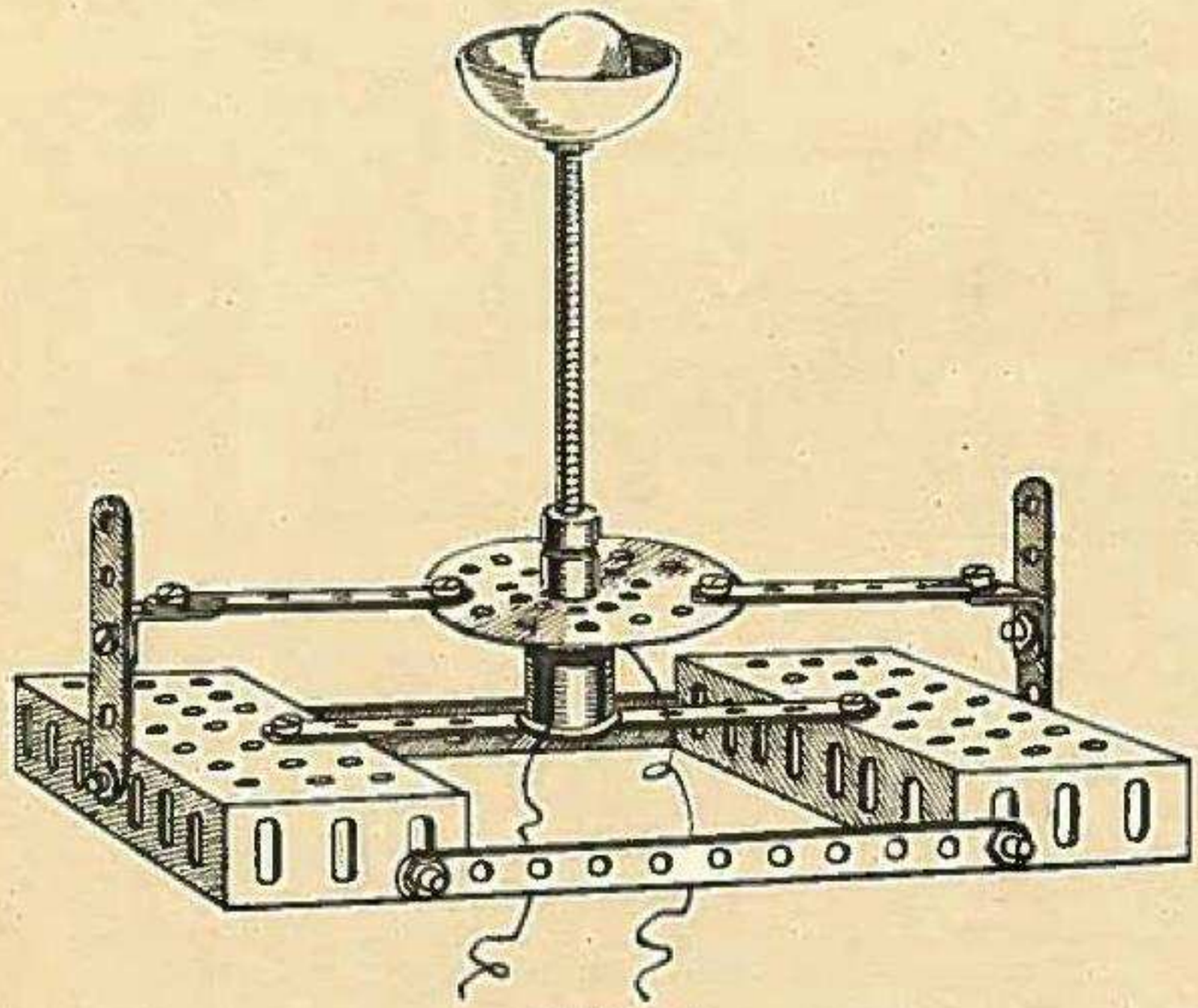


Abbildung 188

72. Modell. Ball-Fangspiel

Der Aufbau ist derselbe wie der der Wechselstromhupe nach Abbildung 187, jedoch machen wir den Abstand zwischen Spulenkern und Scheibe etwas größer, um hier ein Anschlagen und damit ein Hupen zu vermeiden. Wir legen hier nur Wert auf die Schwingungen der Scheibe von oben nach unten, die wir durch die in die Buchse der Scheibe eingeschraubte Gewindewelle auf die an ihrem oberen Ende zwischen zwei Muttern festgeklemmte Glockenschale übertragen. Legen wir in die Glocke einen leichten und elastischen Ball, am besten einen solchen aus Zelluloid, so wird dieser durch die Vibration hochgeschleudert und fällt immer wieder in die Glocke zurück. Ein Spiel, das Euern kleinen Geschwistern viel Freude machen wird. Auch hier muß die Spule mit Wechselstrom gespeist werden, der nicht zu schwach sein darf, damit der Ball recht hoch geschleudert wird. Am besten eignet sich als Stromquelle hierfür ein Elektric-Trafo-Motor.

73. Modell. Gleichrichter

Wie der Name schon sagt, dient ein jeder Gleichrichter dazu, Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln. Wie wir aus den Seiten 34 ff. wissen, besteht das Wesen des Wechselstroms darin, daß er in einem Stromkreis einmal in dieser, einmal in jener Richtung fließt, und zwar wechselt er in unseren

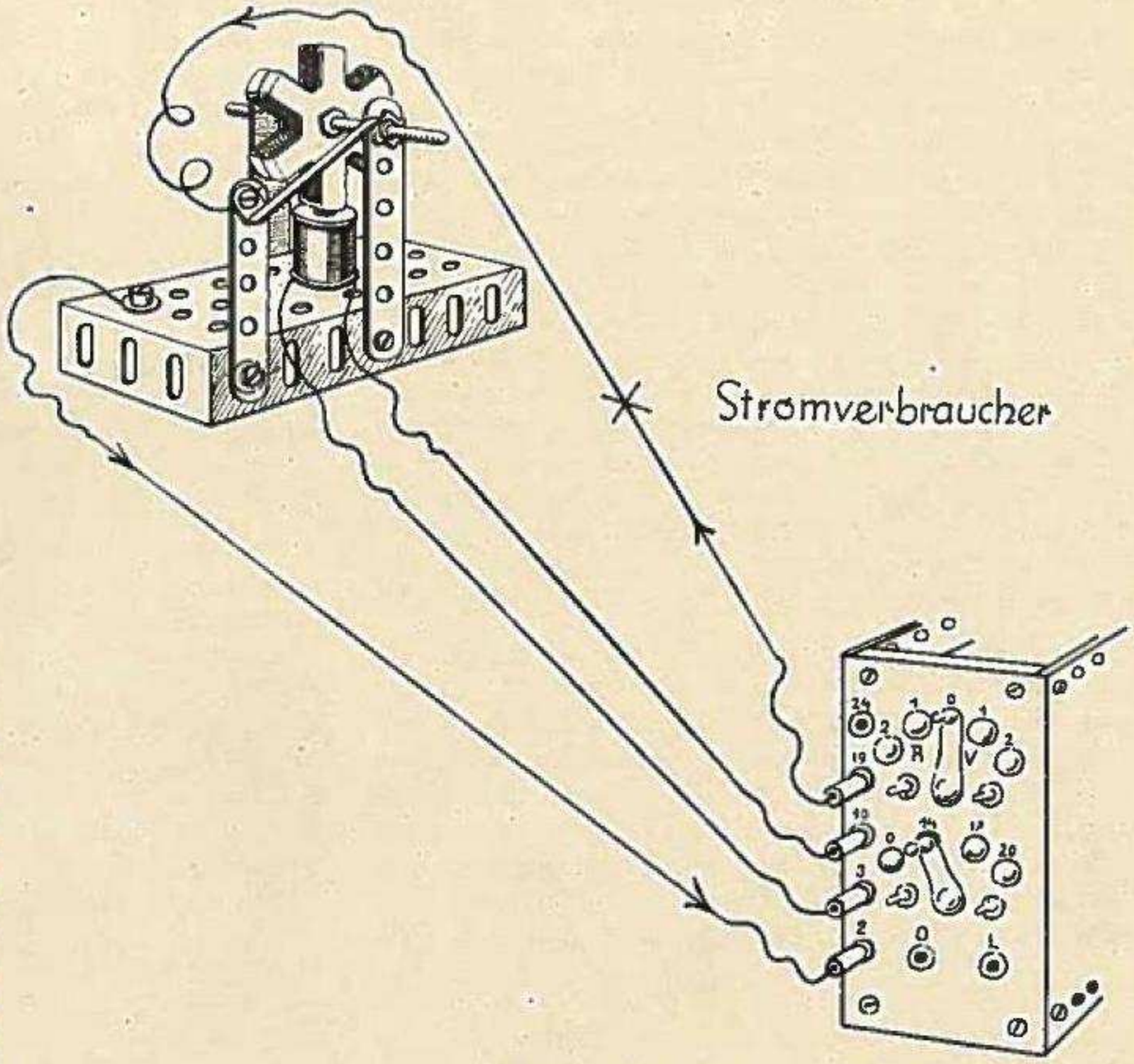


Abbildung 189

Netzen in der Regel 100mal in der Sekunde seine Richtung, so daß er in der Sekunde 50mal in dieser, 50mal in jener Richtung fließt. Ein jeder Gleichrichter hat nun die Aufgabe, den Strom in der einen Richtung hindurh zu lassen, in der anderen Richtung ihn jedoch zu unterdrücken. Wir haben dann natürlich nicht einen gleichmäßig fließenden Gleichstrom, wie er in einem mit einer Batterie oder mit einem Akkumulator gebildeten Stromkreis fließt, und wie wir ihn z. B. beim Wasser haben, wenn wir den Wasserhahn aufdrehen, sondern wir erhalten über einen Gleichrichter einen Strom, der zwar nur in einer Richtung fließt, der aber 50mal in der Sekunde unterbrochen ist, und den man daher einen zerhackten Gleichstrom nennt. Ein solcher zerhackter Wassergleichstrom würde z. B. vorhanden sein, wenn wir 50mal in der Sekunde den Wasserhahn auf- und zudrehen könnten. Das Wasser würde auch hier stets nur in der gleichen Richtung fließen, aber eben 50mal in der Sekunde in seinem Fluß aufgehalten, bzw. unterbrochen werden.

Zur Herstellung einer Gleichrichter-Anlage bedienen wir uns des Synchron-Motors nach Abbildung 117, von dem wir wissen, daß 50mal in der Sekunde ein Pol des Polrades an dem oberen Ende des Spulenkerns vorbeistreicht. Folglich wird auch 50mal in der Sekunde ein ebenfalls 6teiliges Unterbrecherrädchen, das auf der Welle eines solchen Synchron-Motors sitzt, mit der Messingfeder Kontakt geben und ebenfalls 50mal in der Sekunde den Kreis unterbrechen. Gemäß Abbildung 189 verbinden wir die Buchsen 10 und 3 eines Electric-Trafo-Motors mit der Spule des Synchron-Motors und werfen diesen an. Ferner verbinden wir die Buchse 19 über einen Gleichstromverbraucher, z. B. einen Akkumulator, mit der Messingwinkelfeder und die Buchse 2 mit dem Gestell des Synchron-Motors. Alsdann wird der von der Buchse 19 durch die aus der Messingfeder und dem Unterbrecherrädchen gebildete Unterbrechervorrichtung über das Gestell nach Buchse 2 fließende Strom 50mal in der Sekunde unterbrochen werden, so daß in diesem Stromkreis, wie wir durch die Pfeile andeuteten, ein Gleichstrom fließt, und zwar, wie sich aus dem Vorausgeschickten ergibt, ein zerhackter Gleichstrom. Die Richtung dieses Stromes ergibt sich aus der Stellung der Messingwinkelfeder zu dem Unterbrecherrädchen; sie ändert sich, wenn wir sie etwas höher oder tiefer anbringen.

Schalten wir in diesen Gleichstromkreis eine unserer Spulen an der mit „Stromverbraucher" bezeichneten Stelle ein, und versehen sie mit einem Kern und stellen einen Kompasversuch gemäß Abbildung 27 an, so sehen wir aus den Bewegungen der Kompaßnadel, daß in dieser Spule tatsächlich ein Gleichstrom, wenn auch ein zerhackter, fließt. Auch die Versuche Nr. 22 und 23 beweisen das Vorhandensein eines Gleichstromes. Würde entgegen unserer Behauptung ein Wechselstrom in diesen Stromverbrauchern fließen, so könnten diese Versuche aus den auf Seite 34 ff. dargelegten Gründen nicht glücken.

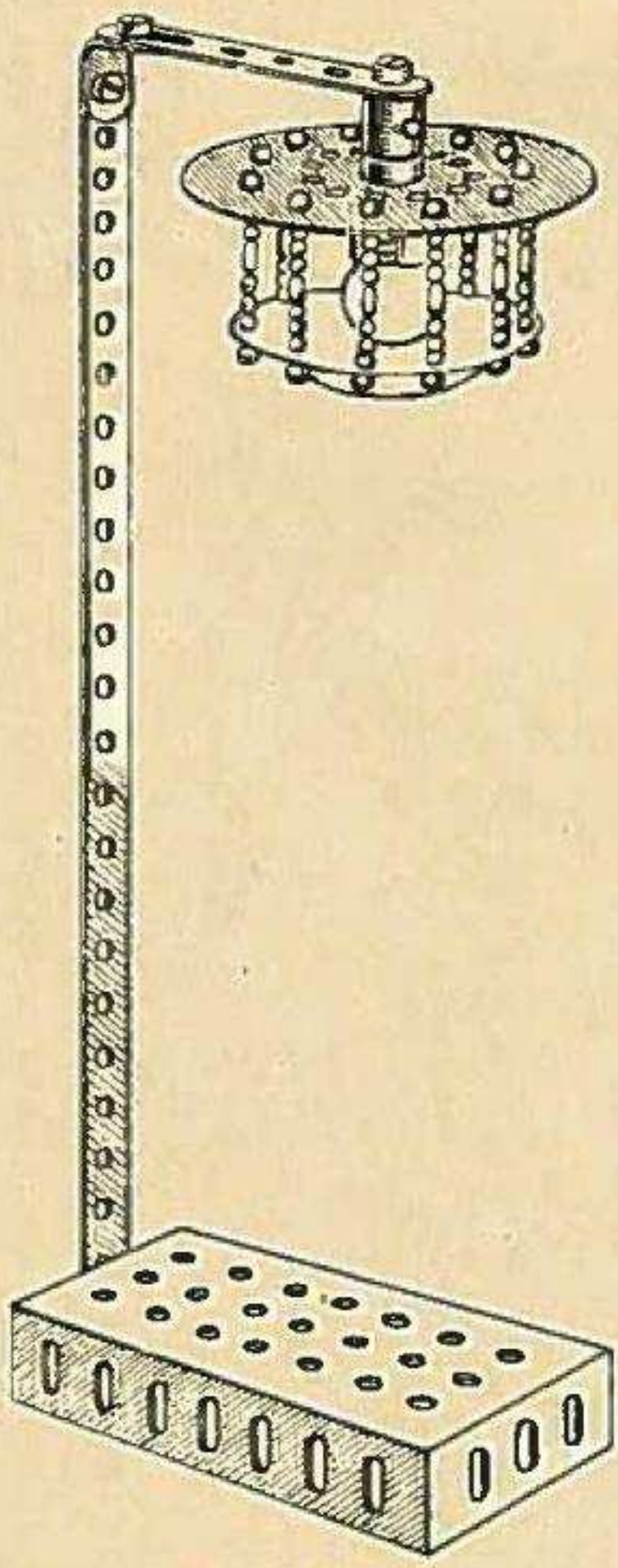


Abbildung 190
Stehlampe

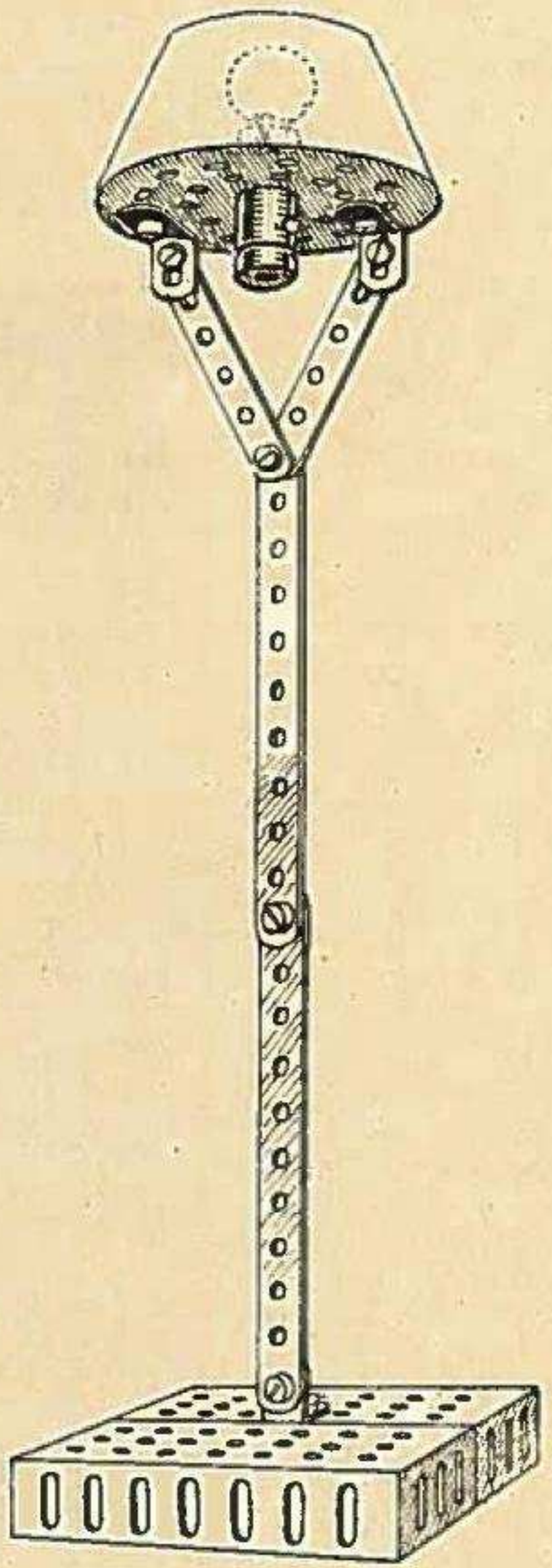


Abbildung 191
Schreibtischlampe

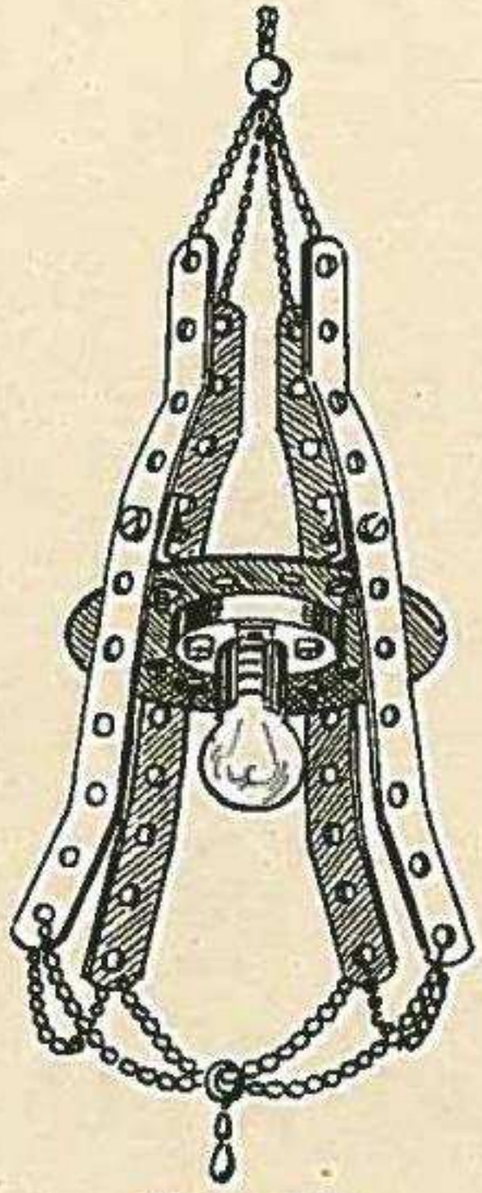


Abbildung 192
Krone

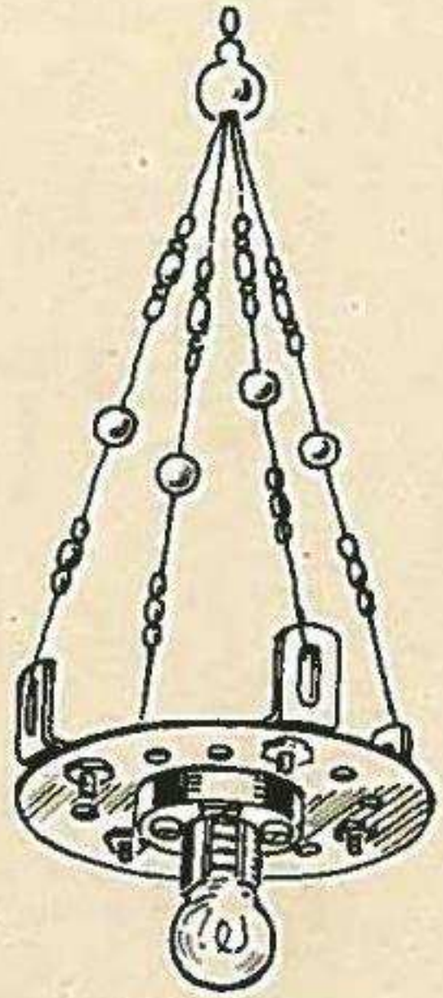


Abbildung 193
Hängelampe

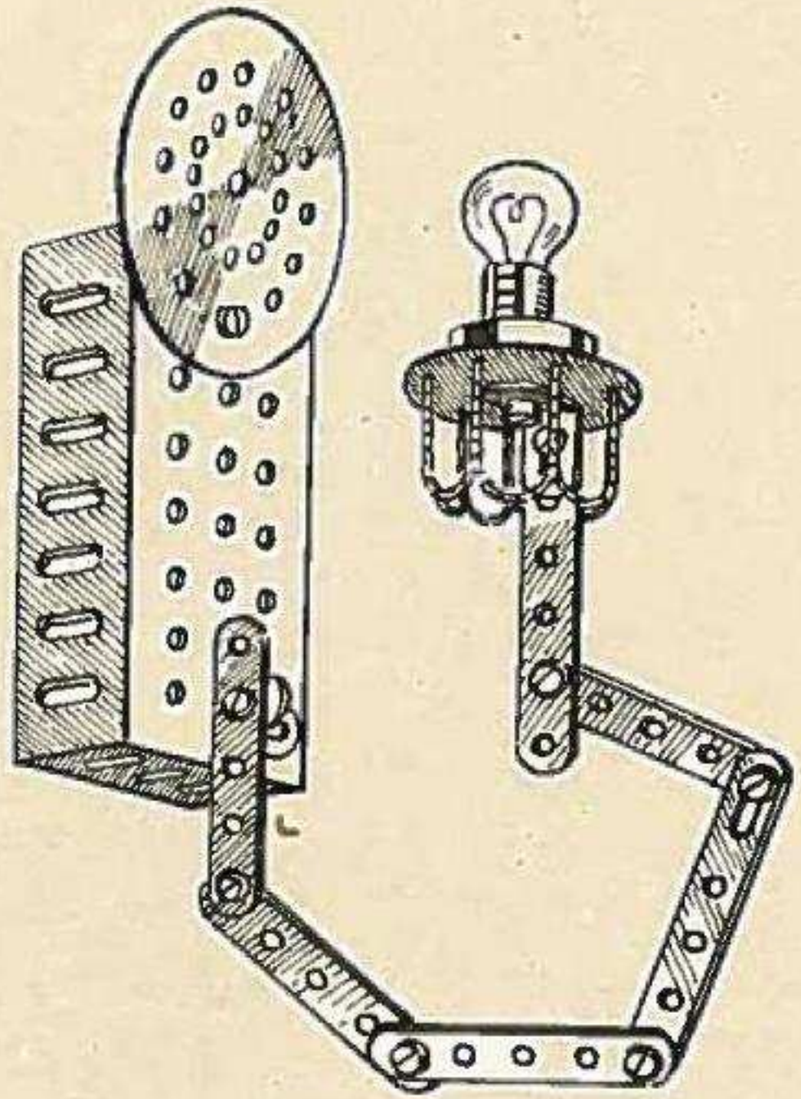


Abbildung 194
Wandarm

74.-78. Modell. Puppenstubenlämpchen

Die Bakelitfassung wird durch zwei Drähte mit der Stromquelle verbunden. Durch Anbringen aufgereihter Perlen, Kettchen, Papierschirmen usw. lassen sich diese Lämpchen sehr schön zur Beleuchtung von Puppenstuben, Küchen, Kaufmannsläden usw. verwenden.

Der Electric-Trafo-Motor ist ein Universalgerät

Als Elektromotor mit Vor- und Rückwärtsgang und zwei Geschwindigkeiten (oberer Hebel) treibt er — gegebenenfalls über ein Getriebe — alle nur denkbaren Maschinenmodelle an. Als Transformator speist er alles elektrische Spielzeug mit Schwachstrom, z. B. Puppenstubenbeleuchtung, Klingelanlagen, sämtliche Modelle der Electric-Baukästen bis zur vollständigen elektrischen Eisenbahnanlage einschließlich magnetische Weichen, Signale, Bahnhofsbeleuchtung usw. Er gibt 15 verschiedene Spannungen von 1 bis 24 Volt ab. Er besitzt Universallochung, so daß er mit allen Baukastenteilen zusammengebaut werden kann, und ist radiostörungsfrei.

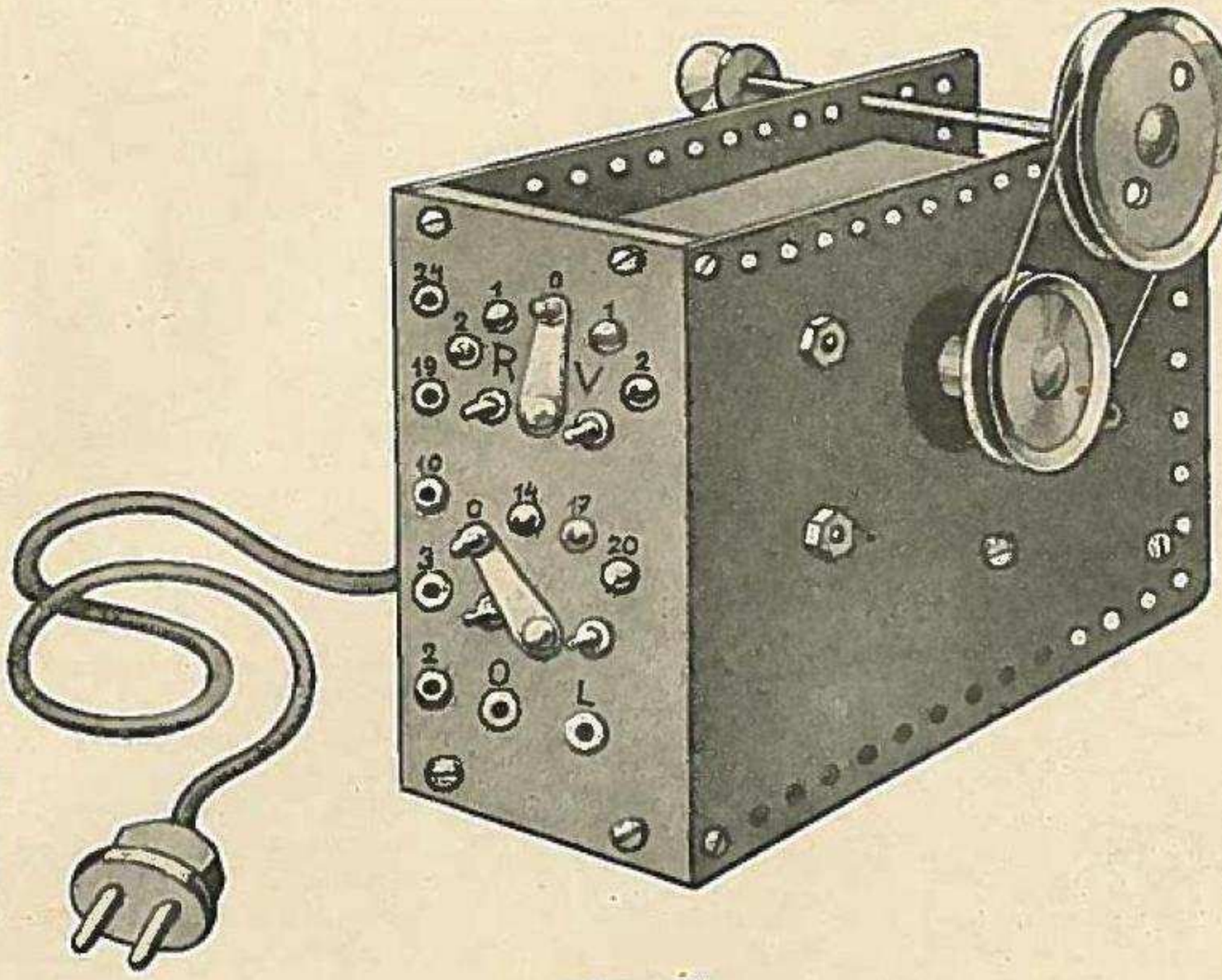


Abbildung 195

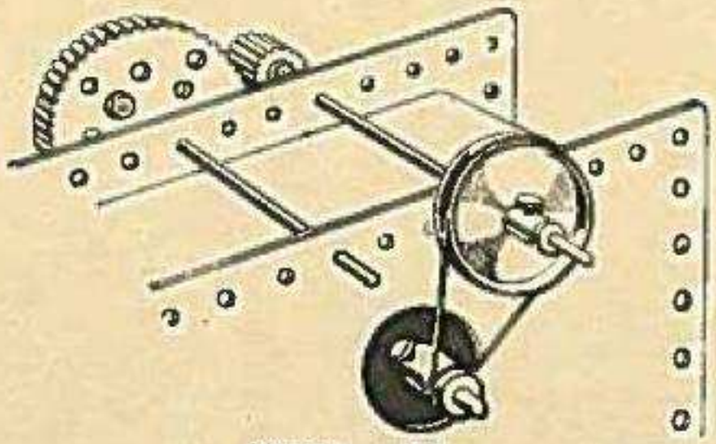


Abbildung 196

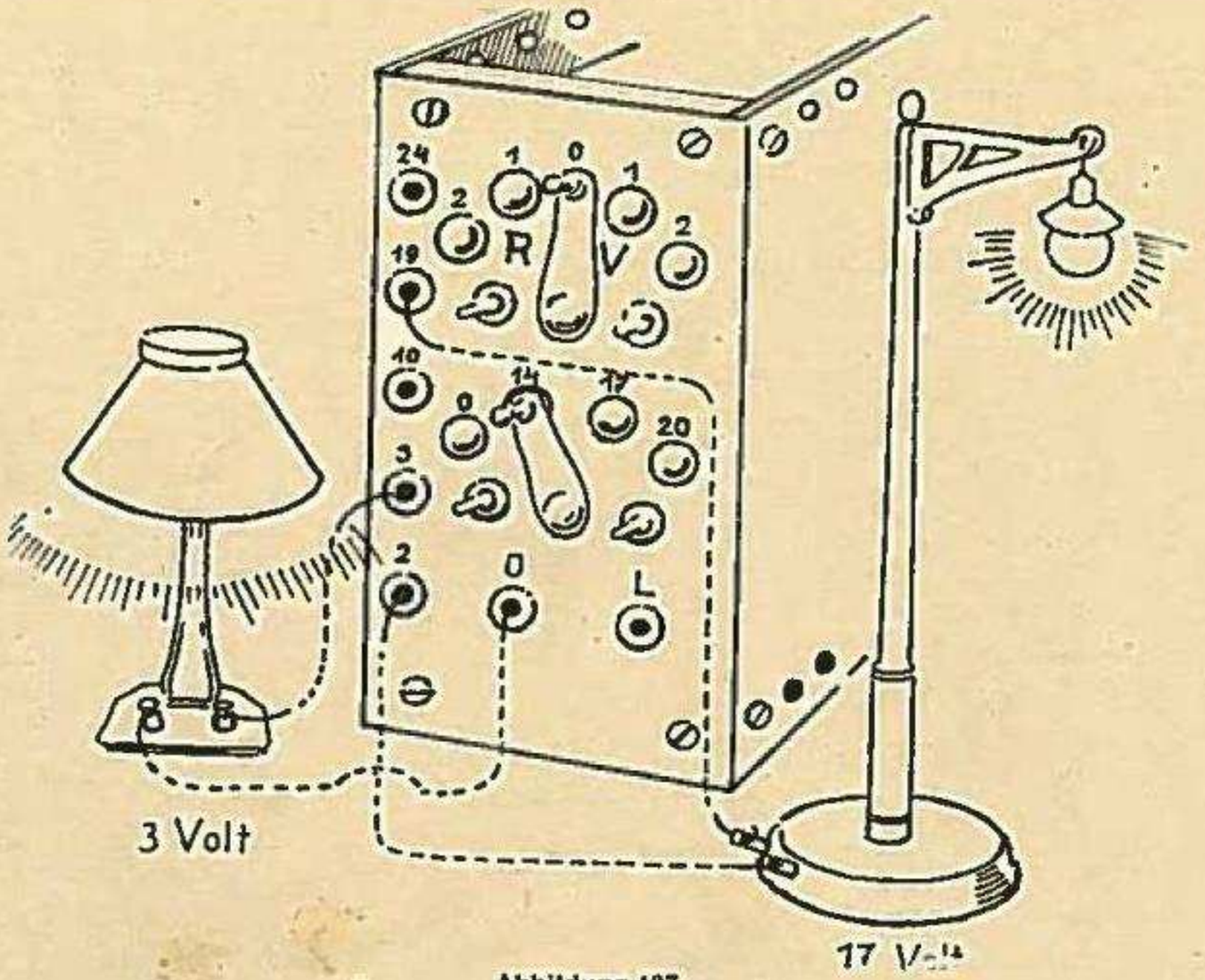


Abbildung 197

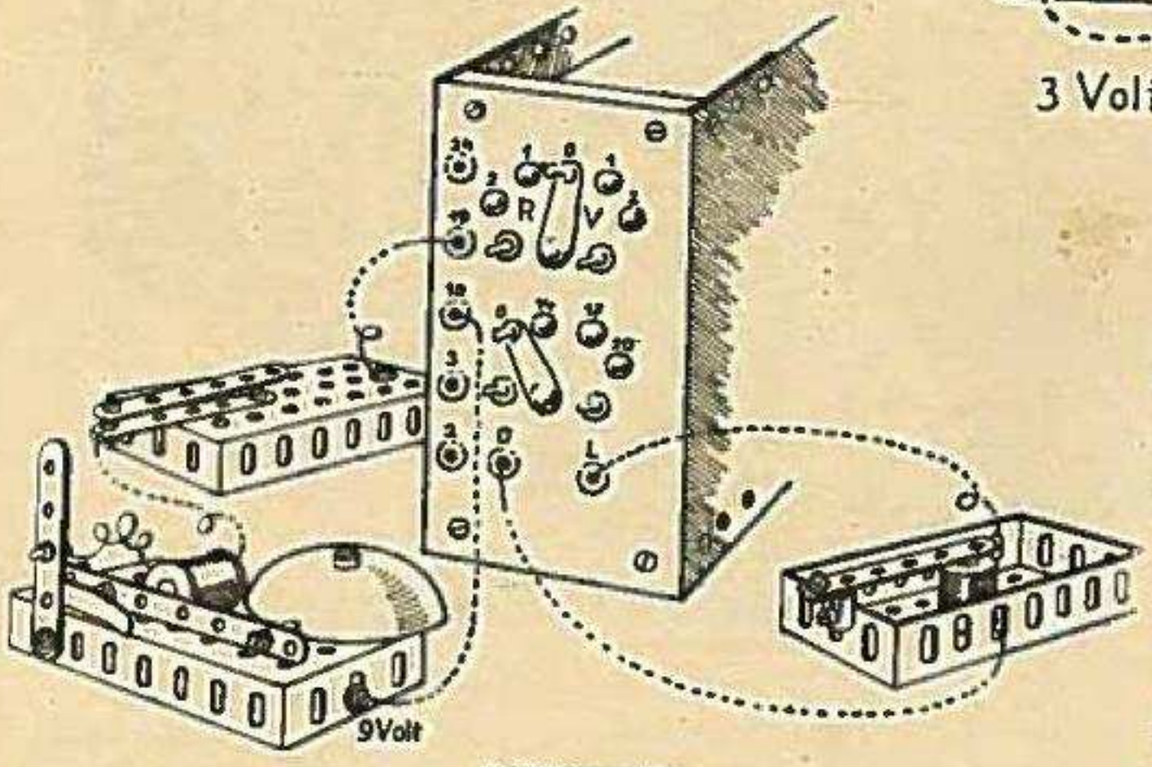


Abbildung 198

Die folgenden Abbildungen veranschaulichen einige Anwendungsmöglichkeiten des Electric-Trafo-Motors.

Abbildung 196 zeigt den Zusammenbau des ETM mit einem Zahnradgetriebe.

Gemäß Abbildung 197 speist der ETM g l e i c h z e i t i g eine Puppenstubenlampe mit 3 und einen Kandelaber mit 17 Volt.

Nach Abbildung 198 speist der ETM eine aus dem Electric-Baukasten hergestellte elektrische Glocke und eine Hupe.

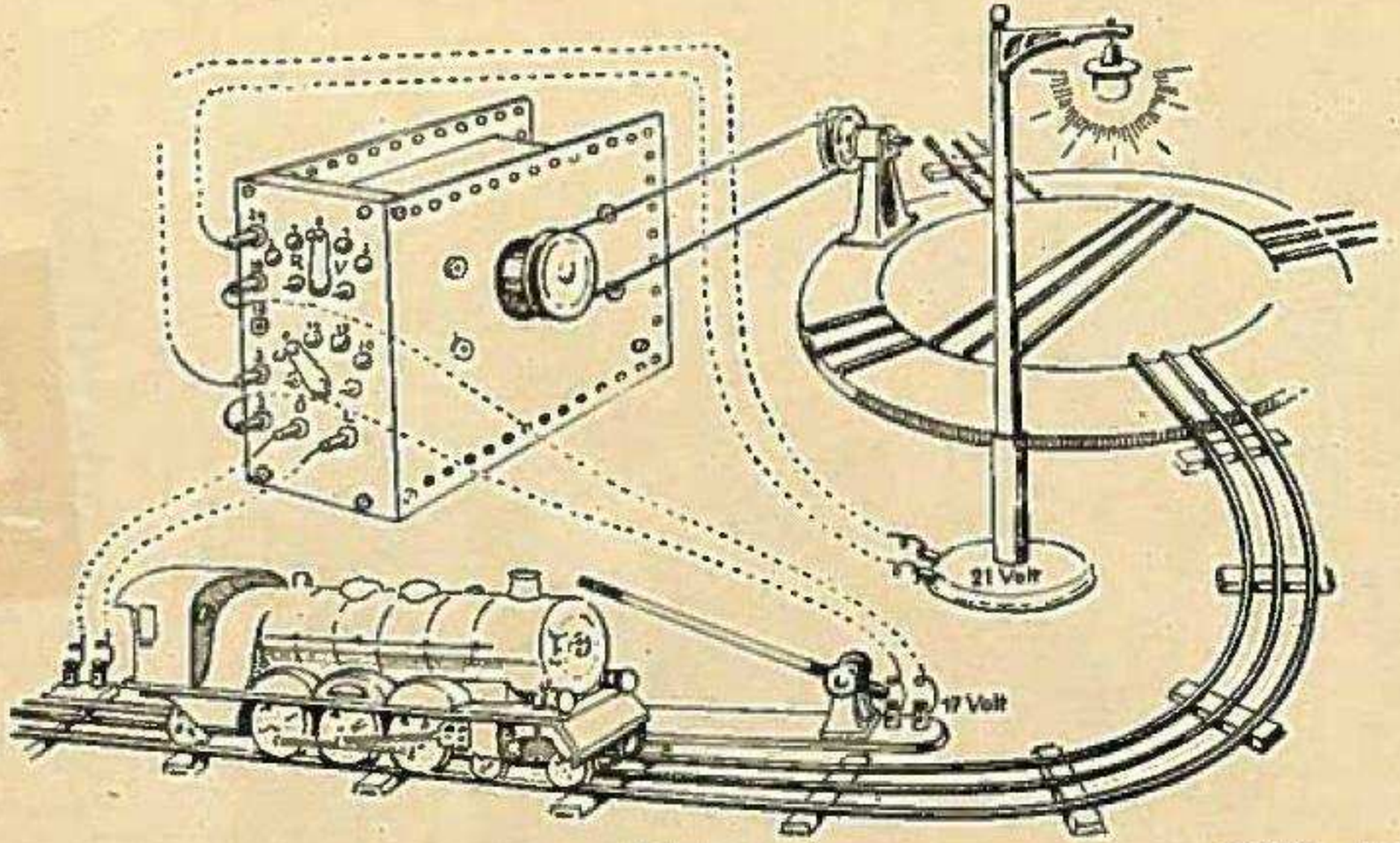


Abbildung 199

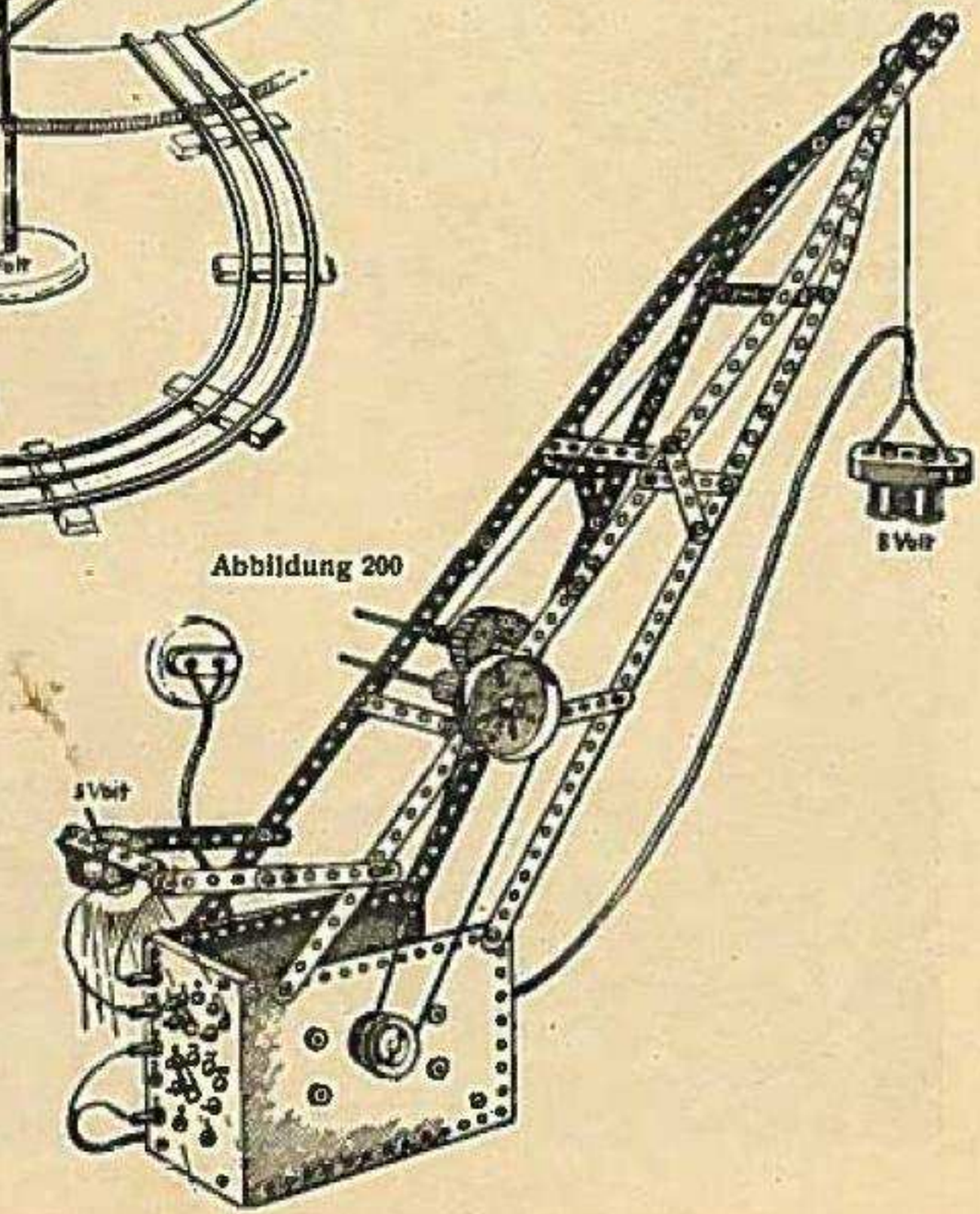
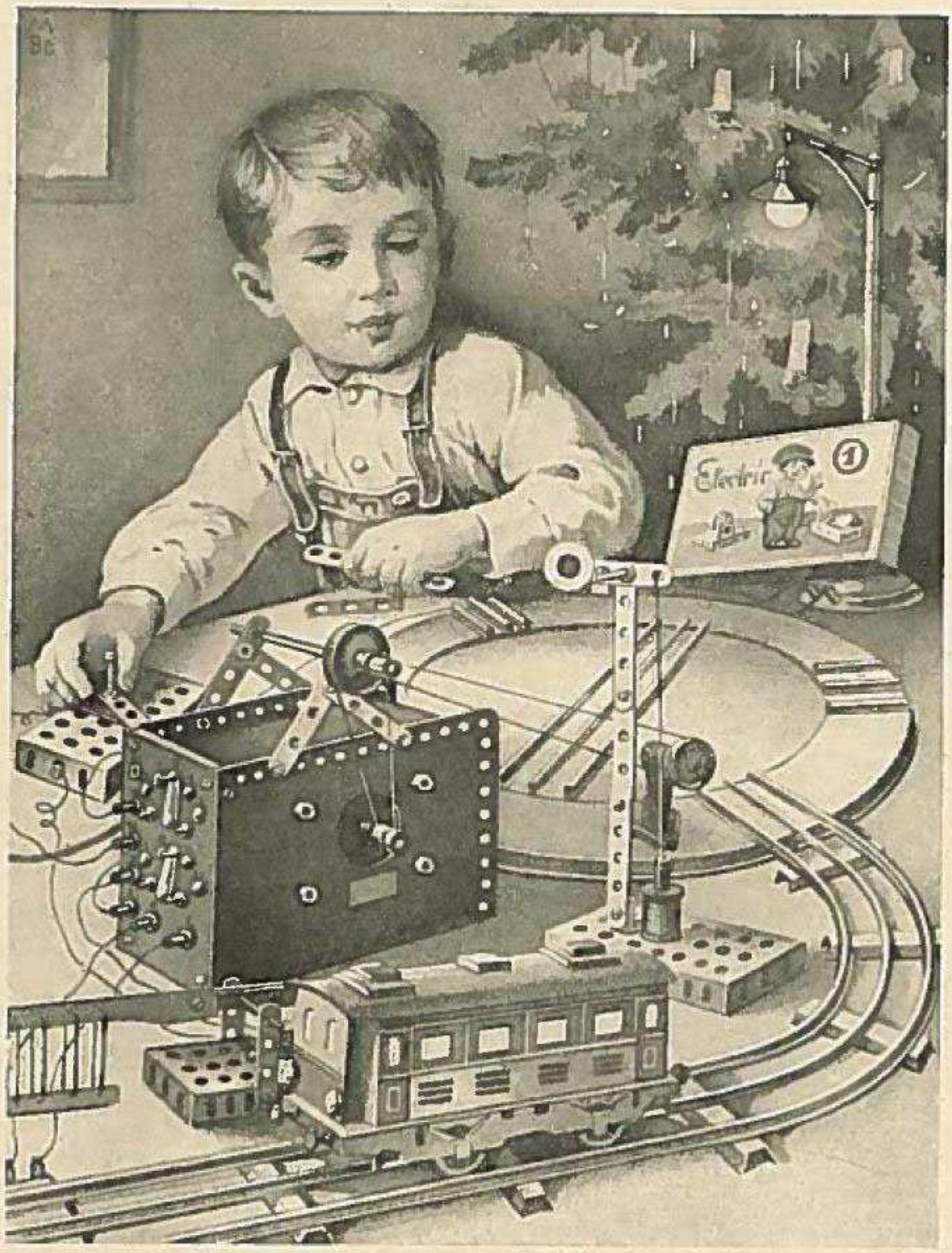


Abbildung 200

Die Abbildung 199 stellt den ETM dar, wie er als Elektromotor die Drehscheibe einer Eisenbahnanlage antreibt und gleichzeitig als Transformator die elektrische Lokomotive, eine Eisenbahnbarriere und eine Lampe mit Strom speist.

Abbildung 200 erläutert den Zusammenbau des ETM mit einem Kran. Das Gerüst wird z. B. aus den Teilen eines Electric-Baukastens Nr. 2 aufgebaut, desgleichen der Lasthebemagnet und die kleine Lampe, welche die Schalttafel beleuchtet. Als Motor betreibt der ETM den Kran, indem er den Lasthebemagneten hebt und senkt. Als Transformator liefert er den Strom für den Lasthebemagneten (8 Volt) und für die Lampe (5 Volt).



Electric-Spielzeug im Betrieb

Eric