

Wir bauen:

Mit dem Bauen wird es nun ernst; wir müssen uns nur noch überlegen, womit wir anfangen. Mit dem Leichtesten? Das liegt zwar nahe, ist aber einmal durchaus nicht nötig und zum anderen nicht folgerichtig, wenn wir die Elektrotechnik stufenweise aufbauend erleben wollen. Da sehen wir die Einteilung anders, und zwar so: Zuerst wird die elektrische Energie erzeugt, dann verteilt man sie an die Verbraucherstellen, und hier wird sie „verbraucht“, das heißt ausgenutzt. Das sind drei große, grundlegende Abschnitte.

Einige Grundgeräte, die wir immer wieder brauchen

Zuerst werden wir etwas bauen, was im Laufe unserer gesamten Arbeit immer wieder gebraucht wird: Das ist einmal eine Einrichtung, mit der man zweckmäßig und sauber Spulen wickeln kann, ein Werkzeug besonderer Art also. Zum anderen werden wir in einer „Werkstattnorm“ immer wieder vorkommende Aufbauteile, wie Spulen, Winkel u. a., zusammenfassen und damit unsere künftige Arbeit wesentlich erleichtern.

Wickelvorrichtung für Spulen

Spulen, Spulen und nochmals Spulen, mit und ohne Kern — wir brauchen sie erstaunlich oft; die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes wird eben von allen Wirkungen weitaus am meisten ausgenutzt. Ein paar Drahtwindungen lassen sich leicht mit der Hand um einen Spulenkörper legen, aber zehntausend? Der Draht darf nicht reißen, soll glatt, Windung an Windung, liegen, und nicht zuletzt soll die Windungszahl stimmen. Das ist technisch einwandfrei und wirtschaftlich (das heißt: ohne großen Zeitaufwand) nur mit einer kleinen Maschine möglich. Wir wollen sie bauen; Sie, lieber Leser, werden staunen, mit wie wenig Mitteln das möglich ist.

Bild 2 zeigt die Spulenwickel-Vorrichtung mit Reibradgetriebe (1 : 6) und Zählwerk bis 9999 im Foto. Von links nach rechts: die Antriebsscheibe (Handrad), geriffelt und mit Handgriff, links dahinter der Haltestab für die Vorratsspule, von der abgewickelt wird. Die Aufspulwelle mit dem angetriebenen Reibrad aus Gummi und mit den beiden Gummikegeln zum

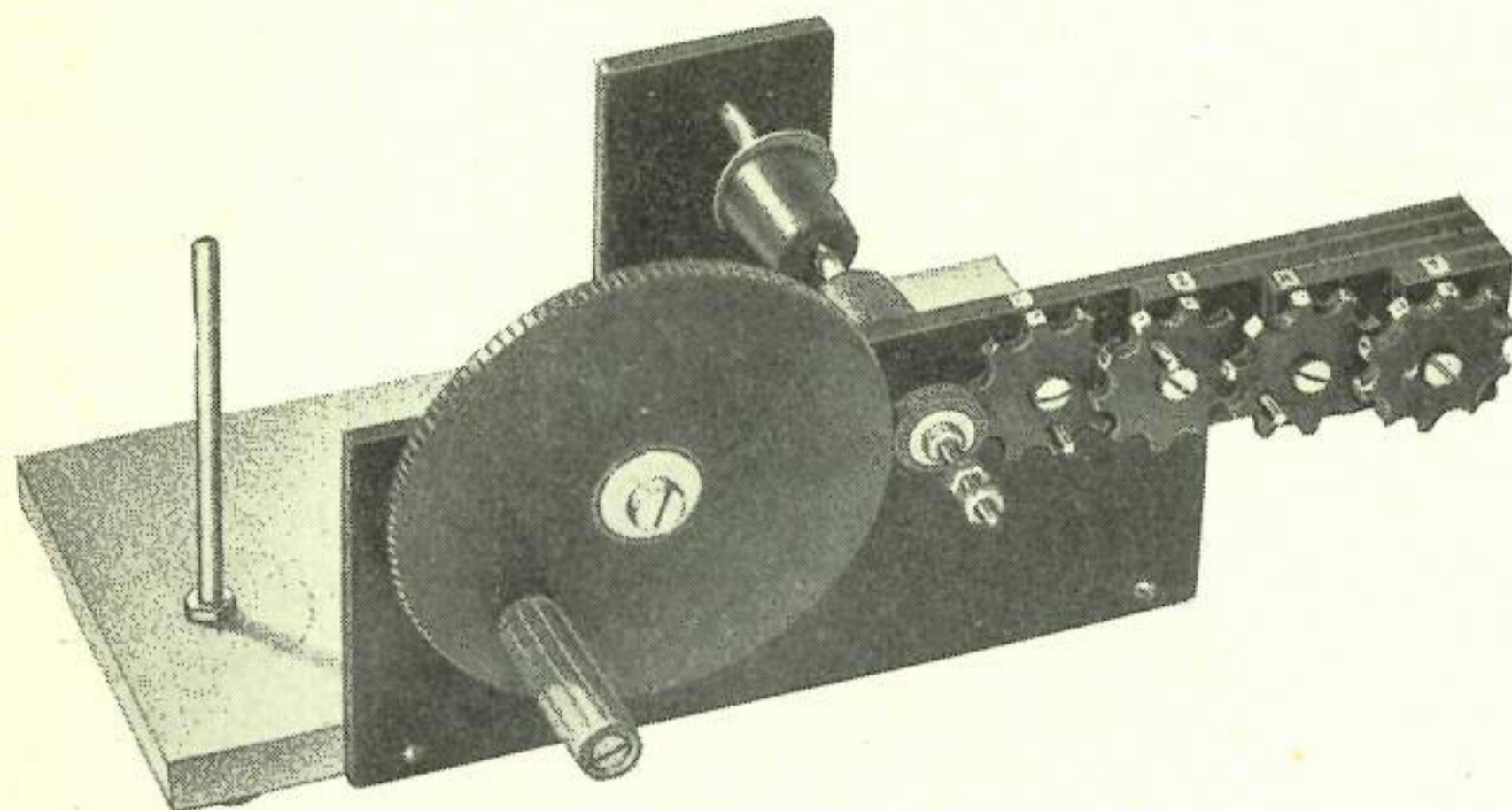


Bild 2
Die Spulenwickel-
vorrichtung mit
Reibrad und Zählwerk

mittigen (zentrischen) Festklemmen des Spulenkörpers, der vollgewickelt werden soll. Der hintere Lagerbock für die Welle. Auf der Frontplatte, die zugleich Lager für die Achse der Antriebsscheibe und für die Spulenwelle ist, schließlich die vier Zahnräder des Zählwerkes. Und alles aus ein wenig Holz (Grundbrett) mit etwa einem Dutzend Holzschrauben, einigen Metallschrauben mit Muttern, Rundstäben, etwas Gummi (zwei Stopfen und fünf Füßen) und aus Hartpapier, 6 mm stark!

Zu den Einzelteilen wollen wir die Konstruktionszeichnungen sprechen lassen, zunächst Bild 3: Maße der vorderen Teile und des Haltestabes für die Vorratsspule. Der Handgriff besteht aus einer langen, starken Metallschraube mit darübergeschobener Holzröhre; diese soll sich beim Drehen leicht auf der Schraubenachse bewegen, aber möglichst wenig freies Spiel haben. Näheres darüber und über die Lagerung der Antriebsscheibe zeigt Bild 4, links. Zwischen Handrad und Frontplatte liegt eine gleich starke Abstandplatte, fest mit der Frontplatte durch Kleben oder — besser — vier Metallschrauben verbunden. Die beiden festen Platten erhalten fünf Löcher mit durchgehendem Gewinde: vier für die eben erwähnten Metallschrauben und eines für eine stärkere Metallschraube, die als Achse für die Antriebsscheibe wirkt. Eine Gegenmutter hält diese Achse in einer Lage fest, die der Scheibe gerade ausreichend Spiel zum leichten, aber nicht wackligen Drehen läßt. Um die Scheibe noch besser zu führen, wird eine große Unterlegscheibe mit dem Schraubenkopf (Achsende) verlötet. Die Antriebsscheibe wird linksherum gedreht. Viele Leser werden das vermutlich am besten mit der linken Hand können.

Das kleine Reibrad aus Gummi (Durchmesser ein Sechstel des Handrad-Durchmessers) ist auf derselben Welle fest mit einer aus Hartpapier her-

Mit dem großen Handrad können wir auch große Windungszahlen — 9999 und, bei 0 wieder beginnend, auch mehr — wickeln. Für kleine Windungszahlen genügt es, das kleine Reibrad anzutreiben; freilich müssen wir dann für jede Windung einmal drehen, während eine Umdrehung der großen Antriebsscheibe sechs Windungen bringt. Dafür läßt sich das kleine Rad leichter drehen. Wir versetzen den Handgriff dorthin; als Kurbelhebel (Zwischenstück zwischen Welle und Handgriff) dient ein Hartpapierstück, 70 mm lang und 15...20 mm breit. Es hat in etwa 50 mm Abstand zwei glatte Löcher von 5 mm Durchmesser für Reibradwelle und Griffachse; es wird mit zwei Muttern ganz am Ende der Welle fest angeschraubt. Im anderen Loch wird die Griffachse verschraubt — genauso wie vorher im großen Handrad. Wir haben in beiden Fällen eine Kurbel; im Handrad geht sie nur sozusagen in der ganzen Scheibe unter. Bild 7 zeigt, wie die Kurbel an der Welle angesetzt wird.

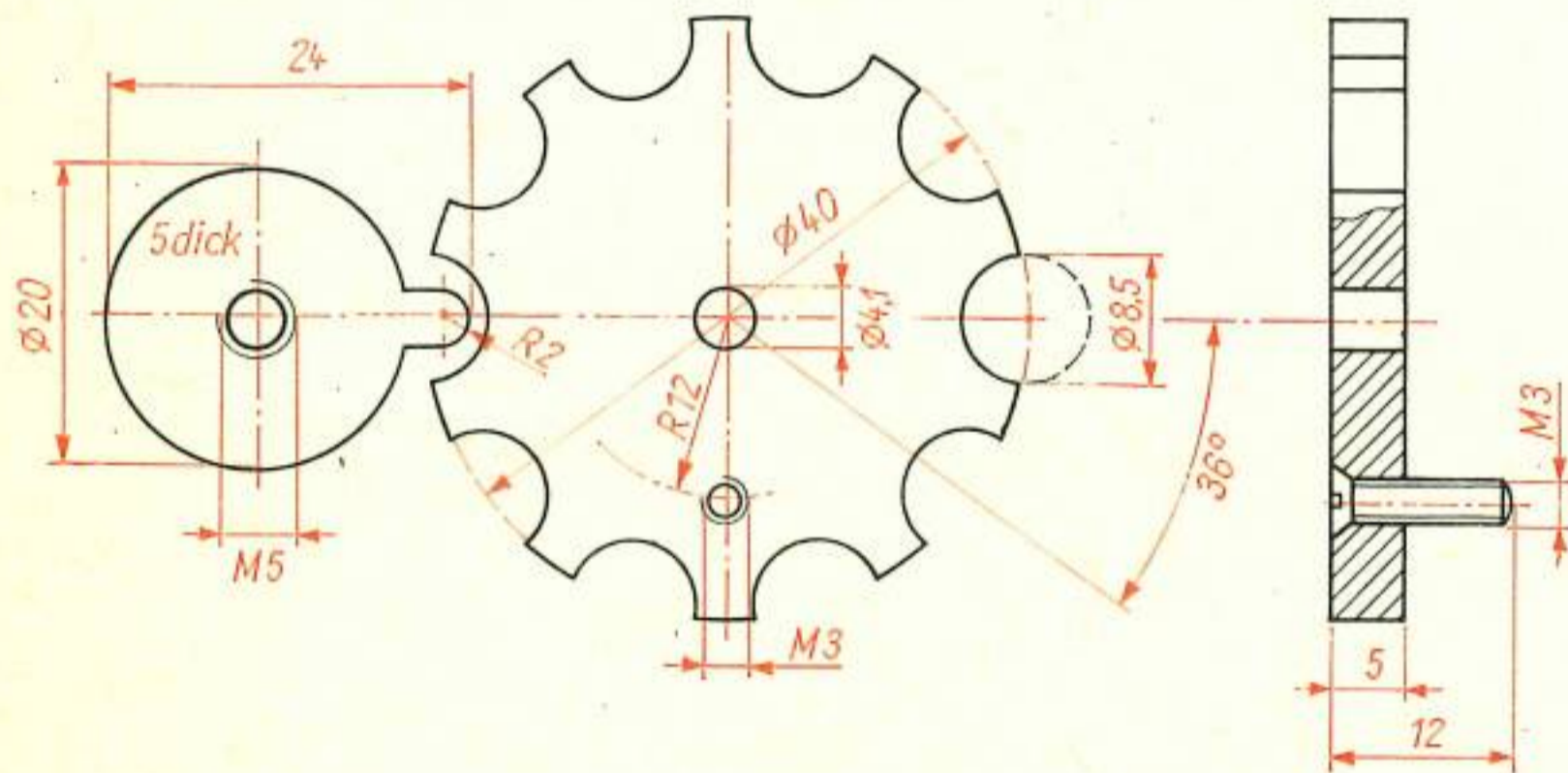


Bild 5
Nasenrad und Einerrad

Ganz rechts, über das Grundbrett hinausragend, sind die vier Zahnräder des Zählwerkes angebracht, von links nach rechts die Einer, die Zehner, die Hunderter und die Tausender. Man muß die Gesamtzahl also von der Rückseite her lesen, wie in Bild 6 angegeben. Jedes Zahnrad hat zehn

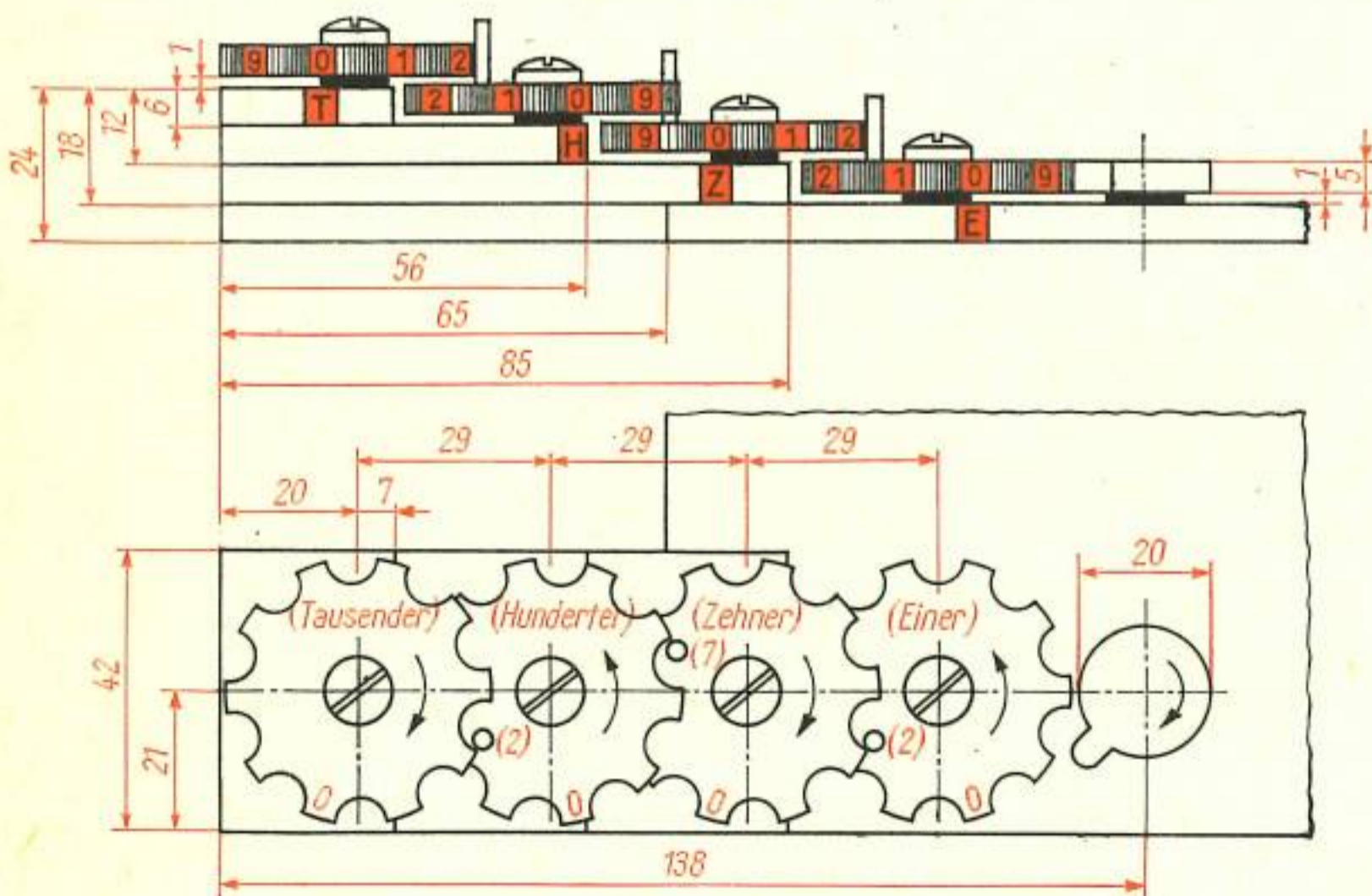


Bild 6
Das Zählwerk, von der Rückseite her gesehen

Zähne. Bild 5 erläutert die Herstellung aus Hartpapier: Ein Kreis mit 40 mm Durchmesser wird angerissen und in zehn Teile (je 36° des Zentriwinkels) unterteilt. An den sich so ergebenden zehn Punkten mit gleichen Bogenabständen wird je ein Loch gebohrt, 8,5 mm Durchmesser. An den übrigbleibenden Teilen des Kreises sägen wir mit der Laubsäge entlang und erhalten ein rohes Zahnrad mit zehn Zähnen und kreisförmigen Zahnflanken. Jedes Zahnrad erhält im Mittelpunkt eine Bohrung, $d = 4,1$ mm, für die Achse und ein weiteres mit Gewinde nach der Zeichnung zur Befestigung einer versenkten Metallschraube als Mitnehmer. Nur das vierte Zahnrad — ganz rechts — bekommt diesen Mitnehmer nicht, weil es das letzte Rad im Zählwerk ist. Bei den Mitnehmerschrauben feilen wir am herausragenden Teil das Gewinde sorgfältig ab; ferner werden die Stirnseiten der Zähne glattgefeilt (damit sie die Ziffern gut aufnehmen) und die Zahnflanken sauber poliert (damit leicht weitergeschaltet wird).

Das ganze Zählwerk ist dekadisch, das heißt nach dem üblichen Zehnersystem aufgebaut. Die Radnase bewegt bei jeder Umdrehung das Einerrad, dessen Mitnehmer schiebt bei jeder vollen Umdrehung (= 10 Einer-Umdrehungen) das Zehnerrad um eine Zehntelumdrehung weiter — und so fort. Nach der Anzeige 9999 springt das Zählwerk von selbst wieder auf 0000. Die Zahnräder werden, wie Bild 6 zeigt, auf den Stufen einer „Treppe“ angebracht; diese Treppe entsteht durch Aufschrauben von drei Hartpapier-Rechtecken verschiedener Länge (mit Metallschrauben in Löchern mit entsprechendem Gewinde). Das unterste Stück wird an der Frontplatte verschraubt; wenn diese nicht von Anfang an einen Ansatz hat, ergänzen wir sie, um die Festigkeit zu erhöhen. Die Metallschrauben — besser als Kleben geeignet — müssen versenkt werden, damit die Zahnräder nicht weit abstehen müssen.

Die flachgefeilten Stirnseiten werden mit gelbem oder weißem Nitrolack (Reparaturlack) gestrichen; nach dem Trocknen tragen wir mit schwarzer Tusche und spitzer Feder die Ziffern 0 bis 9 auf. Das Zehnerrad und das Tausenderrad laufen im Uhrzeigersinn, die beiden anderen entgegengesetzt; dementsprechend (man muß da scharf nachdenken!) laufen die Ziffern — von oben gesehen — beim Einer- und beim Hunderterrad von links nach rechts, bei den beiden anderen Rädern von rechts nach links. Nur so wird weitergezählt. Der Mitnehmerstift wird beim Einer- und beim Hunderterrad bei der Ziffer 2, beim Zehnerrad bei der 7 angebracht.

Befestigt werden die Räder mit Zylinderkopfschrauben M4, deren Gewinde etwa 5 mm vor dem Kopf aufhört. Zwischen Rad und Treppe kommt stets eine Unterlegscheibe, etwa 1 mm dick. Die Schrauben werden so weit eingedreht, daß sich die Räder gerade noch leicht drehen lassen, aber auch nach dem Schub sofort wieder stillstehen. Diese „Selbsthemmung“ muß beim Einerrad am größten sein, weil es die stärksten Schläge erhält.

Die Anfangs-(Null-)Stellung der Räder, bei der überall die Null oben liegt, wird in folgenden Stufen erreicht:

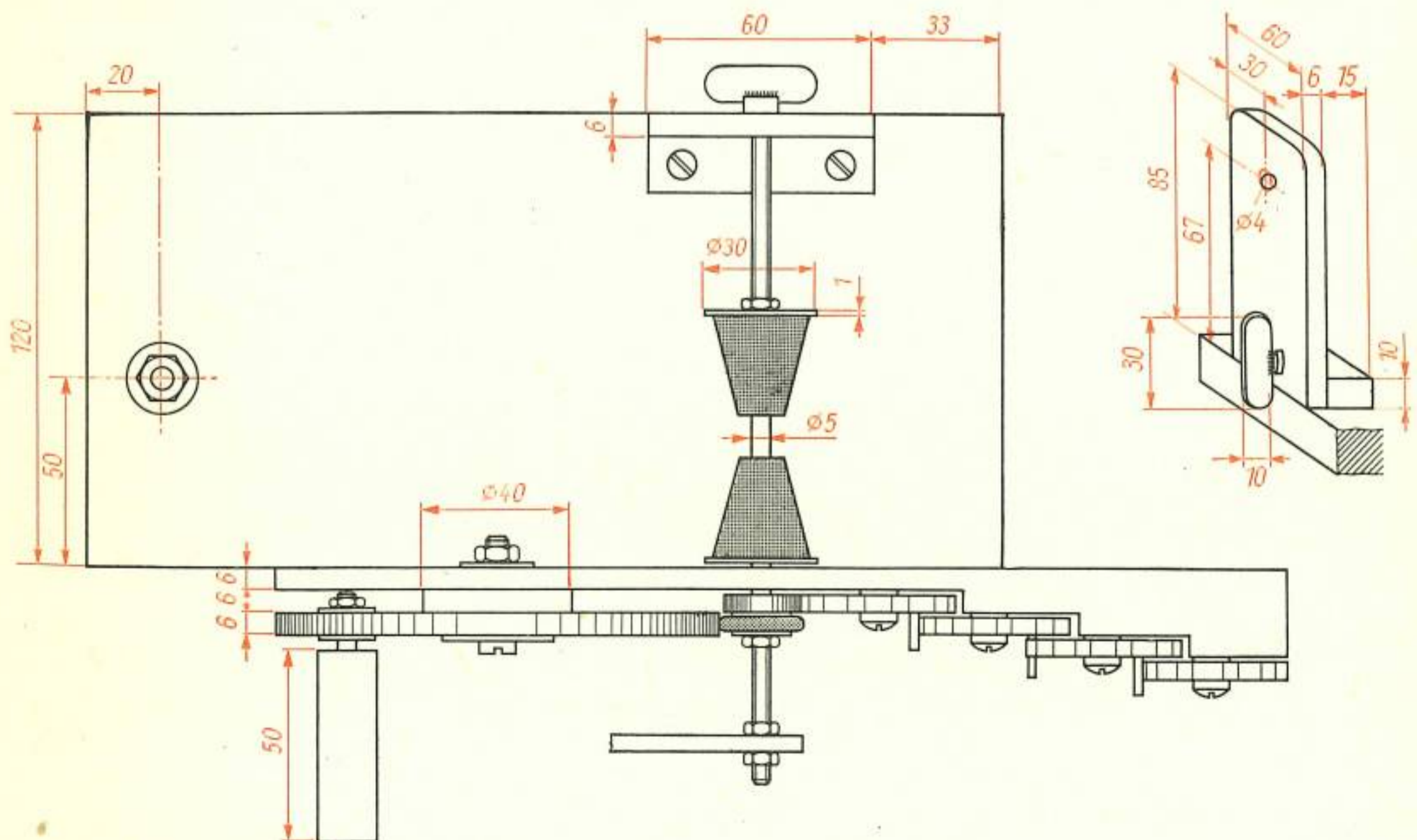
1. Alle Zahnräder so drehen, daß kein Mitnehmerstift in einer Zahnücke steht.
2. Das Tausenderrad so drehen, daß die Null auf T steht (siehe unter 6).

3. Das Hunderterrad so weit drehen, daß sein Mitnehmerstift die Lücke zwischen 2 und 3 am Tausenderrad gerade bei 2 verlassen will.
4. Den Mitnehmerstift des Zehnerades in die Lücke zwischen den Zähnen 8 und 7 des Hunderterrades bringen.
5. Den Mitnehmerstift des Einerrades schließlich in die Lücke zwischen den Zähnen 2 und 3 des Zehnerades drehen.
6. Nun muß auf allen vier Rädern die Null oben waagrecht liegen. Auf den Treppenstufen kennzeichnen wir (wieder Schwarz auf Gelb oder Weiß) die jeweilige Dekadenstufe (von links nach rechts): E (Einer), Z (Zehner), H (Hunderter) und T (Tausender).
7. Die Nase des kleinen Reibrades soll waagrecht in der Lücke zwischen den Zähnen 9 und 8 des Einerrades liegen.

Leser, die einen elektromagnetischen Impulszähler (beispielsweise Gesprächszähler) besitzen, können es sich viel leichter machen: Sie bringen an der Frontplatte rechts neben dem kleinen Reibrad einen federnden Kontakt so an, daß er bei jedem Umlauf die Nase — sozusagen alle Nasen lang — einmal kurzgeschlossen wird. Der Zähler wird mit Gleichstrom aus unserer Schalttafel betrieben und außerhalb der Wickelvorrichtung erschütterungsfrei aufgebaut.

Zum Schluß zu den Teilen hinter der Frontplatte! Der Haltestab zum Aufstecken der Draht-Vorratsspule ist schon genannt worden (Bild 3). Das Bild 7 zeigt in Draufsicht die Gesamtanordnung und für uns jetzt besonders wichtig: die angetriebene Welle mit den (abgestumpften) Gummi-kegeln für den Spulenkörper und mit dem rückseitigen Lagerbock. Bild 4 brachte den vorderen Wellenteil; eine ziemlich große Blechscheibe (sehr große Unterlegscheibe hinter einer beweglichen kleineren) wird mit der Welle verlötet. Dadurch sitzt der vordere Kegel fester. Die Welle ist von

Bild 7
So sieht die Wickel-
vorrichtung von oben
aus. Rechts der Lager-
bock



der Rückseite bis etwa zur Mitte mit Gewinde versehen, so daß der zweite (rückseitige) Kegel mit Blechscheibe und Mutter fest an den jeweiligen Spulenkörper geschraubt werden kann.

Der rückseitige Lagerbock (im Bild 7 rechts) ist eine hochkant stehende Hartpapierplatte, etwa $85 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ groß; der Mittelpunkt für das Lagerloch liegt 67 mm über der oberen Grundbrettfläche. Die Lagerbockplatte muß zum Wechseln der Spule leicht und schnell ab- und aufmontiert werden können; sie wird daher mit einer einzigen Flügelschraube an einem kleinen Hartpapierblock, etwa 60 mm lang und mit einem Querschnitt von mindestens $10 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$, angeschraubt. Das Loch für die Flügelschraube erhält ein Gegengewinde. Diese Flügelschraube stellen wir dadurch her, daß wir ein längliches, gut abgerundetes Stück Blech, etwa $10 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ groß, in den Schlitz einer Zylinderkopfschraube einlöten. Vom Wellenende, das im eben beschriebenen Lager läuft, feilen oder drehen wir das Gewinde ab (etwa 10 mm).

Damit ist die Wickelvorrichtung fertig. Wir schrauben sie mit einer oder zwei Zwingen an der Tischplatte fest, wenn wir sie benutzen wollen.

Wir normen allgemeine Bauteile

An einer vorhergehenden Stelle ist einmal die „Normung“ erwähnt worden. Das ist eine gute Sache. Häufiger vorkommende Bauteile baut man in gleicher oder ähnlicher Art und Größe; das vereinfacht die Arbeit. In unserem Programm sind solche Bauteile: Spulenteile, Pole, Haltewinkel und Kernbleche. Wir machen daraus sieben „Werkstatt-Normen“ N1 bis N7, bei denen die Maße in den Zeichnungen nur mit Buchstaben angegeben sind. Wo immer später ein solches Bauteil auftritt, werden die Zahlenwerte von Fall zu Fall angegeben; dadurch werden nicht nur die Teile gleich oder ähnlich, wir sparen auch ständige Wiederholungen von Zeichnungen.

Zu den Zeichnungen (Bild 8) ist nicht viel zu sagen. N1 ist ein Rechtskant-Spulenkörper, N2 ein Rundspulenkörper, N3 ein Rundspulenkörper mit Flansch. Einen magnetischen Innenpol (zum Verschrauben mit einer Grundplatte) stellt N4 dar, einen Außenpol N5. N6 ist ein Haltewinkel. N7 gibt Spulen-Kernbleche und ihre Lage zueinander an. Zu beachten ist die gute Ausnutzung des Materials: Das aus dem Blech herausgeschnittene Rechteck verbindet als Abschlußstück (Joch) die beiden Schenkel des Bleches und bietet so den magnetischen Feldlinien einen lückenlosen Weg. Beim Aufeinanderlegen der vielen Kernbleche zu einem starken Kern legt man das Joch abwechselnd nach der einen und nach der anderen Seite; das ist sowohl für die mechanische Festigkeit als auch für den Weg der Feldlinien vorteilhaft.

Die Schalttafel, das Herz der Anlage

Beginnen wir also mit der *Erzeugung der elektrischen Energie!* Sofort denken wir an ein elektrisches Kraftwerk und erinnern uns, daß darin große Schaltwarten mit Schalttafeln sind, in denen die Erzeugung und Verteilung der