

Ein Universal-Klinostat

von

PH. VAN HARREVELD.

(Mit Tafel IV und V und 18 Textfiguren.)

Aus dem Botanischen Laboratorium der
Universität Groningen.

EINLEITUNG.

In einer früheren Abhandlung zeigte ich, dass gewisse Unvollkommenheiten bestehen in der Konstruktion und Wirkungsweise der heutigen Klinostaten.¹⁾ Ein sehr geringes und nicht zu vermeidendes Übergewicht der Belastung verursacht schon eine periodische Ungleichmässigkeit ihrer Rotation. Diese Ungleichmässigkeit übersteigt in manchen Fällen die Reizschwelle der geotropischen Empfindlichkeit von üblichen pflanzlichen Untersuchungsobjekten.

Dies hat mich veranlasst, einen Klinostaten nach anderen Prinzipien zu konstruieren. In der genannten Abhandlung habe ich diese Prinzipien schon angegeben²⁾ und einige pflanzenphysiologische Versuche mit dem neuen Instrumente erwähnt.³⁾ Nachher ist das Instrument mehrseitig erprobt und nach Befund verbessert worden, weshalb ich mich berechtigt fühle, seine Beschreibung jetzt ins Licht zu geben.

Fast alle Unterteile des ziemlich komplizierten Apparates

1) Ph. van Harreveld, *Die Unzulänglichkeit der heutigen Klinostaten für reizphysiologische Untersuchungen.* Recueil des trav. bot. Néerl. Vol. III, 1906—1907, S. 173—312.

2) l. c. S. 306.

3) l. c. S. 298—301.

wurden im botanischen Laboratorium von Professor J. W. Moll in Groningen angefertigt. Die genaue Ausführung verdanke ich der Zuneigung und Geschicklichkeit des Herrn Amanuensis J. Veenhoff. Herr L. J. van Wolde hat die Figuren für diese Abhandlung gezeichnet. Herr J. R. Weening hat die hölzernen Teile angefertigt. Technische Ratschläge erhielt ich mehrmals von Herrn Uhrmacher A. Veenhoff in Groningen. Endlich wurden einige speziellen Unterteile angefertigt in verschiedenen Werkstätten, welche im Folgenden erwähnt werden. Allen, welche den Bau des Instrumentes gefördert und ermöglicht haben, bringe ich hier meinen verbindlichsten Dank.

Ich lege dem Instrumente den Namen Universal-Klinostat bei, um anzudeuten, dass es den heutigen Fördernissen entspricht, welche sowohl dem gewöhnlichen wie dem intermittierenden Klinostaten in verschiedener Hinsicht gestellt werden.

Der Universal-Klinostat ist derart konstruiert, dass eine geringe Exzentrizität der zu rotierenden Last keine periodische Ungleichmässigkeit der Rotation hervorrufen kann. Es erklärt sich dies aus den folgenden Prinzipien, welche seinen Bau kennzeichnen:

Die Triebkraft kann die Umdrehungsachse nur jede Sekunde oder jede n^{te} Sekunde um einen bestimmten Bogenteil weiter drehen. Die Umdrehungsachse wird bei dieser ruckweisen Bewegung jedesmal von einem Gesperre eingehalten, so dass der Spielraum im Eingriff der Zähne keinen ungünstigen Einfluss haben kann. Die Drehung wird reguliert von einem Pendeluhrwerk, das jede n^{te} Sekunde das Gesperre elektromagnetisch freistellt. Diese Regulierung ist also völlig unabhängig von der Triebkraft und von der Belastung.

Wenn die Umdrehungsachse jede Sekunde $\frac{1}{4}$ Bogengrad weiter dreht, wird jede Hälfte der Umdrehung genau 12 Minuten dauern. Die Möglichkeit einer periodisch zurückkehrenden Ungleichmässigkeit ist dabei ausgeschlossen, auch wenn die Belastung nicht genau zentriert wäre.

Der einzige mögliche Einfluss der Exzentrizität ist, dass der Schwerpunkt in jedem Viertelbogengrad beim Steigen länger bewegt und kürzer ruht, beim Sinken dagegen schneller bewegt und länger ruht. Dieser Einfluss ist völlig ohne jegliche Bedeutung wegen des kleinen Bogenabstandes der in jeder Sekunde zurückgelegt wird.

Von den bestehenden Klinostaten zeigen nur diejenigen mit Pendelregulation eine ähnliche Wirkungsweise.¹⁾ Der bekannteste ist der Sachssche Klinostat, der wie ein einfaches Pendeluhrwerk gebaut ist. Er hat also ebenfalls eine ruckweise Bewegung, welche bei den Sachsschen Untersuchungen offenbar keine Hindernisse verursacht hat. Nur ist die Leistungsfähigkeit der Pendelklinostaten viel zu gering und der Raum im Eingriff der Zahnräder kann doch noch eine periodische Ungleichmässigkeit ihrer Rotation verursachen.²⁾ Unser neues Instrument kommt diesen beiden Einwänden entgegen.

Intermittierende Klinostaten sind von verschiedenen Botanikern konstruiert und angewendet worden. Eine einfache Form wurde von F. Darwin und Pertz in 1892 angewendet.³⁾ Czapek erwähnte in 1906 einen intermittierenden Klinostaten, den er einige Jahre bevor in Wien konstruiert hatte.⁴⁾ Fitting beschrieb in 1905

1) l. c. S. 178—182.

2) l. c. S. 181.

3) F. Darwin and D. F. M. Pertz. On the artificial production of Rhytm in Plants. Annals of Botany, Vol. VI, 1892, p. 246.

4) Fr. Czapek. Die Wirkung verschiedener Neigungslagen auf den Geotropismus parallelotroper Organe. Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. 43, 1906, S. 145.

seinen bekannten intermittierenden Klinostaten, der an den Pfefferschen Klinostaten befestigt werden muss.¹⁾ Er ist in den Handel gebracht und hat mehrmals Anwendung gefunden. Für die Lösung bestimmter Fragen ist die intermittierende Drehung allerdings ein bequemes Hilfsmittel.

Die Anwendung des Universal-Klinostaten als intermittierenden Klinostaten ist nun mit Hilfe von kleinen Nebenapparaten zu erreichen. Es braucht dazu nur der elektrische Strom des Gesperres während einer bestimmten Zeit umgeschaltet zu werden. Durch Umschaltung der elektrischen Ströme sind außerdem andere Wirkungsweisen zu erlangen, wobei zum Beispiel die regelmässige Drehung jedesmal in einer bestimmten Stellung während einer bestimmten Zeit sistiert wird. Es eignet sich der Universal-Klinostat daher besonders zur Bestimmung von Reizschwellen und Unterschiedsschwellen.

Das Instrument ist viel komplizierter in seinem Bau als die bisherigen Klinostaten und daher für Vorlesungszwecke nicht geeignet. Der wissenschaftliche Untersucher kann sich jedoch die Zeit geben, sein Instrument vorher zu erproben und kennen zu lernen.

Bei der Beschreibung der Unterteile werde ich nicht jedesmal auf alle Figuren hinweisen, auf welchen sie vorkommen. Derselbe Unterteil ist oft in mehreren Figuren zu ersehen, und daher habe ich einen bestimmten Unterteil in allen Figuren mit derselben Nummer verzeichnet. Diese Nummern sind im Text kursiv gedruckt. Sie stehen alle hinten in einer erklärenden Liste, mit Angabe der Figuren auf welchen sie vorkommen.

Die Klemmschrauben und Steckdosen sind gesondert

1) Hans Fitting. Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. 41, 1905, S. 234—240.

Recueil des trav. bot. Néerl. Vol. IX. 1912.

numeriert; ihren Nummern geht immer die Buchstabe K resp. S voran und sie sind nicht kursiv gedruckt. Sie stehen in der genannten erklärenden Liste hintenan beisammen, was bequem ist für die Erklärung der Schaltungsskizzen.

Die meisten Klemmschrauben sind durch Hartgummi isoliert; sie sind in den Schaltungsskizzen durch ein umrahmtes Kreuz angegeben. Die Klemmschrauben K 2, K 6, K 17 und K 30 sind durch ein einfaches Kreuz angegeben; sie sind direkt mit den Metallteilen der betreffenden Instrumenten verbunden, also K 2 mit dem Klinostaten, K 6 mit der Wippe, K 17 mit dem Zeitzähler und K 30 mit der Uhr.

In den Figuren sind die Hartgummiteile kreuzweise schraffiert.

K A P I T E L I.

Die einfache Drehung des Klinostaten.

Die perspektivische Ansicht des Klinostaten in Fig. 1 giebt einen Überblick über seine Hauptteile. Die unteren Teile sind weggelassen; diese sind zu ersehen auf die Tafeln IV und V. Links in Fig. 1 sind von den weggelassenen Teilen noch eine Wippe und das Treibgewicht gesondert abgebildet.

Um die Überzahl der Grössenangaben im Text zu vermeiden, sind eine Obenansicht, Fig. 2, eine Vorderansicht, Fig. 3, und eine rechte Seitenansicht, Fig. 4, beigegeben. Fig. 2 und 3 sind auf $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse, Fig. 4 ist auf $\frac{1}{4}$ der nat. Gr. gezeichnet. Nach diesen 4 ersten Figuren verweise ich in erster Linie, wenn nicht anders angegeben wird.

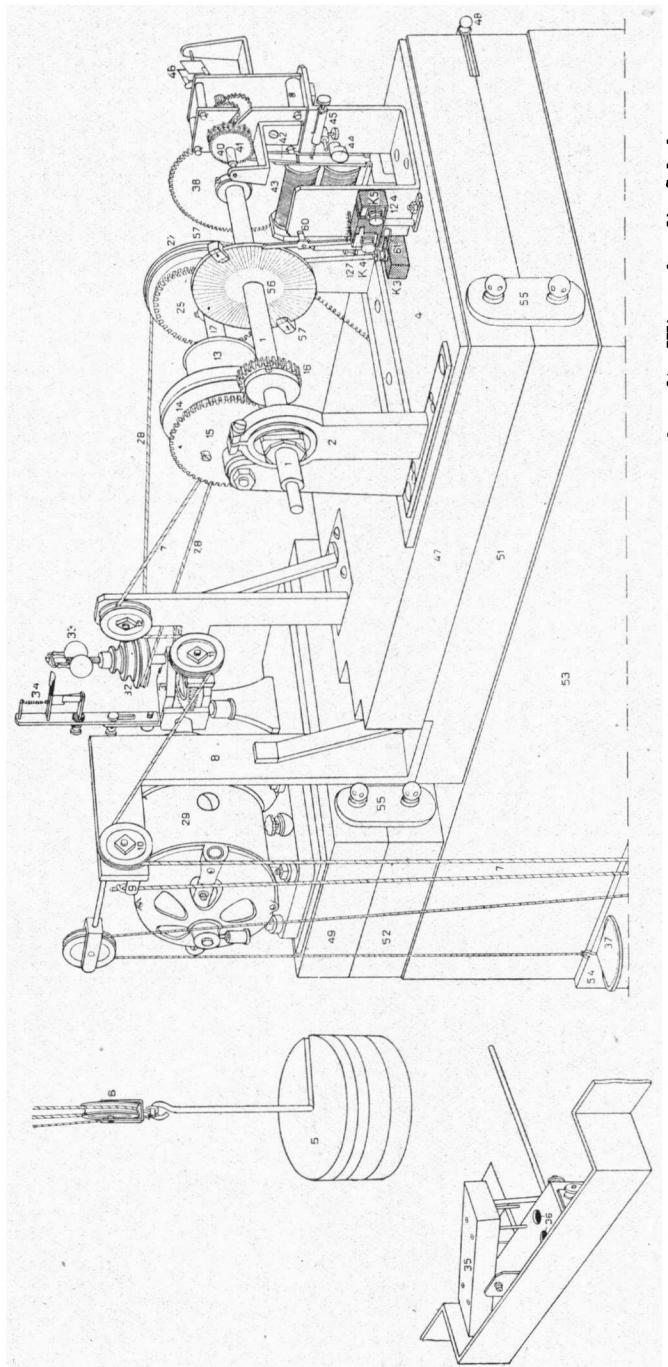
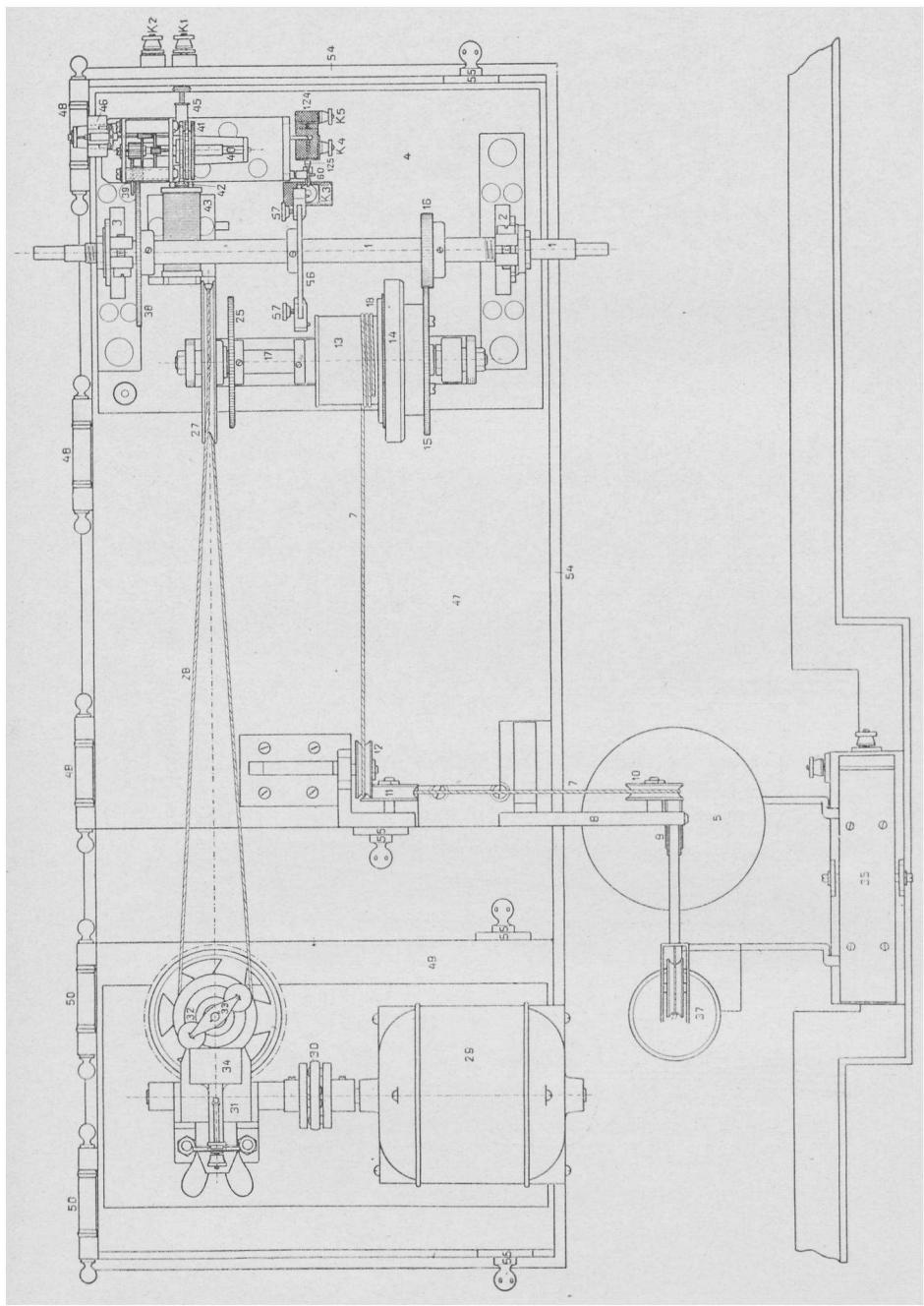
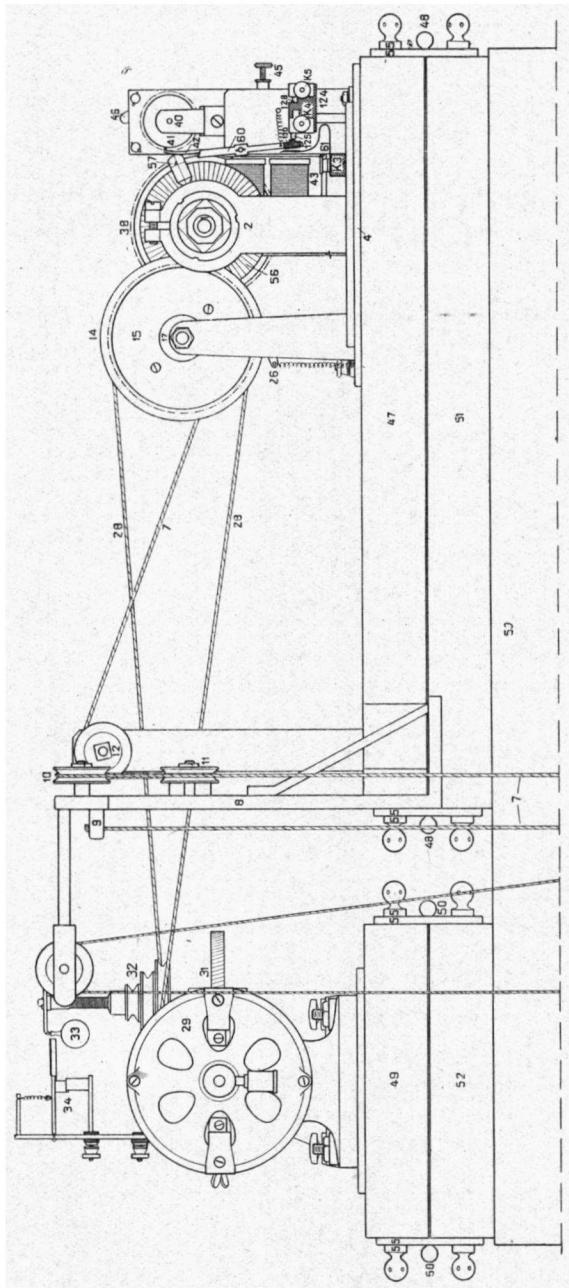


Fig. 2. Obenansicht des Klinostaten. $\frac{1}{3}$ der nat. Gr.





Die Achse 1, welche an ihren Enden die Topfhälter und dergleichen tragen kann, nenne ich Umdrehungsachse. Sie ist die Hauptachse des Instrumentes, auf welcher also die Pflanzen rotieren sollen.

Die stählerne Umdrehungsachse hat 16 mm Durchmesser und ruht in zwei Kugellagern 2 und 3, welche 26 cm von einander entfernt sind. Diese Kugellager

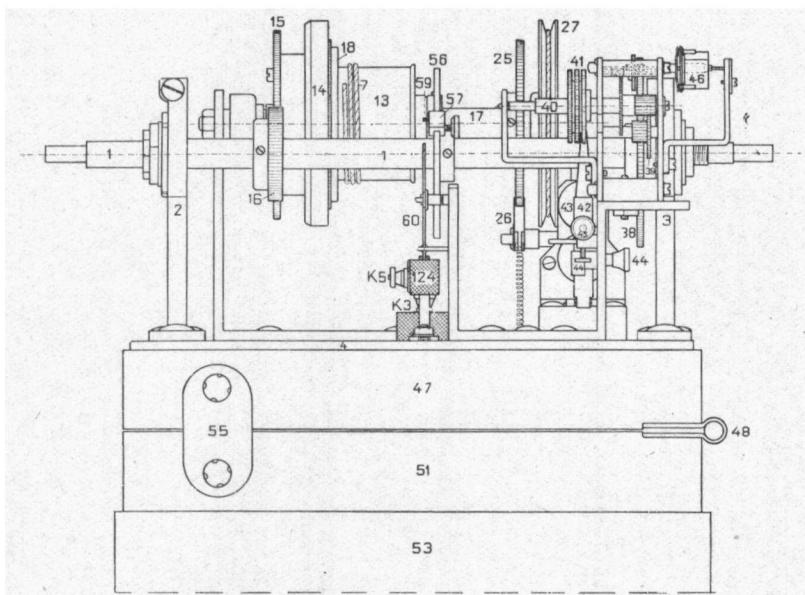


Fig. 4. Rechte Seitenansicht des Klinostaten. $\frac{1}{4}$ der nat. Gr.

gewähren eine leichte Drehung der Achse in horizontaler sowohl als in geneigter oder senkrechter Stellung. Die Unterseite der Achse steht 9 cm über der Fussplatte 4. Die Achsenenden sind so dünn abgedreht, dass die gebräuchlichen Topfhälter und dergleichen an beiden Seiten auf dieselben passen.

Die Umdrehungsachse wird getrieben von einem Ge-

wichte 5 (Fig. 1 und Taf. IV und V oben) von Bleischeiben, deren Anzahl je nach der zu treibenden Last verändert werden kann. Das Gewicht hängt an der Flaschenzugrolle 6, welche auf einer starken Darmsaite 7 ruht. Die Saite 7 ist fest verbunden mit einem Vorsprung 9 des Stativs 8 und läuft über die Rollen 10, 11 und 12 nach der glatten Windetrommel 13.

Die Trommel ist mittelst eines Umlaufgetriebes 14 verbunden mit dem Zahnrad 15, das 120 Zähne hat. Dieses Bodenrad treibt die Umdrehungsachse mittelst des Zahnrades 16, das 60 Zähne hat. Das Umlaufgetriebe 14 dient dazu, den Gang der Umdrehungsachse nicht zu stören, wenn das Treibgewicht wird aufgezogen. Die einfacheren Vorrichtungen mit Gegensperrfeder oder mit Kettenrädern waren hier nicht verwendbar. Das Umlaufgetriebe mit Planetenrädern wird zu dem nämlichen Zweck angewendet bei den Triebwerken der parallaktischen Instrumente¹⁾. Zur Änderung der Übersetzungszahl wird es jetzt auch häufig gebraucht in den Fahrradnaben mit Übersetzungswchsel. Seine Wirkungsweise ist kürzlich die Folgende, wie es einigermassen aus Fig. 5 zu ersehen ist.

Auf die Windetrommel 13, welche lose um die Nabe 17 läuft, ist die Messingplatte 18 geschraubt. In diese Platte sind zwei Zapfen 19 und 20 befestigt. Die zwei Planetenrädchen 21 und 22 drehen lose um diese Zapfen. Sie stehen nach innen in Eingriff mit dem Sonnenrädchen 23, das an die Nabe 17 festgeschraubt ist. Auswärts treiben sie das Hohlräder mit innerer Verzähnung 24, das lose um die Nabe 17 dreht und fest verbunden ist mit dem Zahn-

1) Dr. L. Ambrogn. Handbuch der Astronomischen Instrumentenkunde, 1899, Band II, S. 1158 seq.; daselbst eine Abbildung Fig. 1084.

rad 15, das dadurch die Umdrehungsachse 1 treibt¹⁾. Die Nabe 17 wird durch das Sperrrad 25 mit Sperre 26 festgehalten. Wenn das Gewicht jedoch durch einen Elektromotor

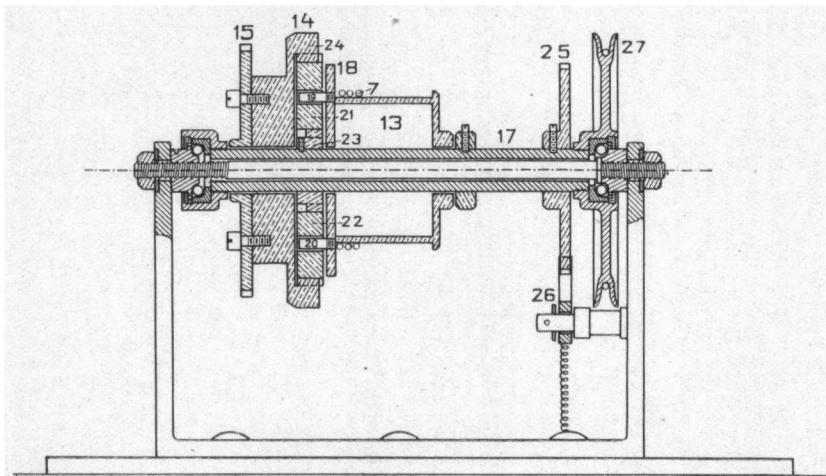


Fig. 5. Längsschnitt durch die Vorrichtung zum Treiben und Aufziehen des Klinostaten. $\frac{1}{3}$ der nat. Gr.

aufgezogen wird, dreht die Schnurscheibe 27 mit der Nabe 17 und dem Sonnenräddchen 23 in der von der Sperre 26 frei gelassenen Richtung. Das Sonnenräddchen 23 treibt die Planetenräddchen 21 und 22, welche dadurch die Windetrommel 13 drehen und somit die Saite 7 mit dem Treibgewicht aufziehen. Die Planetenräddchen drehen dabei in derselben Richtung als früher, so dass sie das Hohlrad 24 auch während des Aufziehens in der ursprünglichen

1) Es könnte einfacher erscheinen, das Umlaufgetriebe auf die Umdrehungsachse selbst zu montieren; ich erhielt in dieser Weise jedoch eine viel weniger gute Wirkung. Das Umlaufgetriebe wirkt dann in umgekehrter Weise, wodurch die wirksamen Kräfte mit kürzerem Hebelarm arbeiten müssen.

Richtung antreiben, und zwar mit derselben Kraft des Treibgewichtes. Der Lauf des Klinostaten wird daher beim Aufziehen nicht im mindesten gestört.

Die zwei Planetenräder 21 und 22 und das Sonnenrädchen 23 haben einen gleichen Durchmesser¹⁾. Eine Umdrehung der Trommel 14 verursacht somit $1\frac{1}{2}$ Umdrehung des Hohlrades 24 und $2\frac{1}{2}$ Umdrehung der Umdrehungsachse 1. Wenn das Gewicht abgelaufen ist, hat die Trommel 7 Umdrehungen gemacht. Die Umdrehungsachse ist dann $7 \times 2\frac{1}{2} = 18\frac{1}{2}$ Mal rotiert worden. Bei einer Umlaufzeit von z. B. 12 Minuten muss das Gewicht also in jeder vierten Stunde einmal aufgezogen werden. Wenn man mit Hülfe einer viel längeren Darmsaite diese Zeit bis 24 Stunden ausdehnen wollte, müsste man entweder die Fallhöhe sehr gross oder das Gewicht sehr schwer nehmen. Beides beeinträchtigt in hohem Grade die Möglichkeit, das Instrument nach verschiedenen Arbeitsräumen zu transportieren. Ich habe daher vorgezogen, das Aufziehen vorzunehmen mit Hülfe eines Elektromotors, dessen Strom automatisch geschaltet wird.

Die Nabe 17 trägt die Schnurscheibe 27 für die Schnur 28 des Elektromotors 29.²⁾ Es ist dies ein Hauptstrommotor der Siemens-Schuckert-Werke von $\frac{1}{16}$ P.S. und 2000 Tourenzahl. Die Motorachse ist durch die Lederkupplung 30 mit einem Schraubenvorgelege 31 verbunden, das die Bewegung von 70 auf 3 übersetzt. Die direkte Kupplung mit dem Schraubenvorgelege liefert eine genügende Belastung für den sonstigen Leerlauf, der eventuell bei einem Hauptstrommotor gefährlich werden könnte. Das Vorgelege

1) Sie wurden mit dem Hohlrad angefertigt in der Turmuhrenfabrik C. F. Rochlitz in Berlin.

2) Nabe mit Schnurscheibe, Kugellager und feste Achse wurden angefertigt in Fongers Fahrradfabrik zu Groningen.

trägt einen Saiten-Konus 32; die Oberflächen der Rinnen des Konus sind roh eingekerbt zwecks grösserer Reibung gegen die Darmsaite. Über dem Konus steht ein Zentrifugalpendel 33, das bei Leerlauf den Strom des Motors durch die Sicherungsvorrichtung 34 automatisch ausschaltet. Diese Vorrichtung leistet gute Dienste, wenn eine neue Darmsaite auf die Schnurscheiben gelegt worden ist im Falle die angeschraubten Darmsaitenhaken nicht gut genug passen sollten und nach einiger Zeit los gerissen werden. Es wirkt diese Vorrichtung selbstverständlich nur bei normaler Lage des Zentrifugalpendels.

Der Strom des Motors hat 110 Volt Spannung. Er wird automatisch geschaltet durch eine Wippe 35 (Fig. 1, 2 und Taf. IV und V obere Figur), welche durch das sinkende Gewicht 5 zuletzt nach rechts übergekippt wird und dann mit einem U-förmigen Eisendraht in zwei Löcher 36 mit Quecksilber taucht. Wenn das Gewicht 5 beim Aufziehen die hohe Stellung wieder erreicht hat, wird die Wippe vom kleinen Gewicht 37 zurückgekippt und der Strom somit automatisch ausgeschaltet. Die Gewichte sinken resp. auf zwei Messingstäbe, die seitwärts an die Wippe befestigt sind. Der Stab, auf den das kleine Gewicht 37 fällt, ist an der Seite verbreitert durch ein Messingblatt, damit das Gewicht nicht an dem Stab vorbei gleitet.

Die Rotation der Umdrehungsachse 1 wird durch zwei Zahnräder 38 und 39 resp. mit 120 und 36 Zähnen und zwei Triebe mit 12 Zähnen auf die Achse 40 übertragen, also mit einer Übersetzung von 1 auf 30. Diese Achse 40 trägt drei Sperrräder 41 mit resp. 12, 24 und 48 geraden Sperrzähnen. Der stählerne Sperrkegel 42 ist das Verlängerte des eisernen Ankers des Elektromagneten 43. Dieser Elektromagnet ist verschiebbar in einer Richtung parallel an der Achse 40. Der dazu notwendige Schlitz in der Fussplatte 4 unter dem Elektromagnete 43 ist in Fig. 2

zu ersehen. Man kann dadurch den Sperrkegel 42 willkürlich jedem der drei Sperrräddchen 41 gegenüber stellen. Wenn man das Rädchen mit 12 Sperrzähnen benutzt,

wird die Umdrehungsachse jedesmal $\frac{360}{12 \times 30} = 1$ Grad

verstellt. Mit den Rädchen von 24 resp. 48 Zähnen wird dies $\frac{1}{2}$ resp. $\frac{1}{4}$ Bogengrad. Der Strom, welcher den Sperrkegel 42 abhebt, wird jede Sekunde oder jede n^{te} Sekunde geschaltet. Wenn er jede Sekunde geschaltet wird, macht der Klinostat bei Benutzung des Rädchen von 12 Zähnen also eine Umdrehung in 6 Minuten, und dies ist seine schnellste gewöhnliche Drehung.

Die Spiralfeder des Sperrkegels 42 ist verstellbar befestigt in einem Gehäuse 45, damit man ihr die optimale Spannung geben kann. Die Spulen des Elektromagneten 43 sind bewickelt mit seidenumsponnenem Kupferdraht von $\frac{1}{4}$ mm. Dicke, mit einem totalen Widerstand von 12 Ohm. Der verwendete Strom kommt von drei Akkumulatoren, die Stromstärke ist also etwa $\frac{1}{2}$ Ampère und weil der Strom nur während kleiner Teile einer Sekunde geschaltet ist, wird der Stromverbrauch äusserst minimal sein.

Der Schlag des Ankers gegen den Elektromagnet 43 wird abgeschwächt durch ein dünnes Kautschukblatt auf dem Magnetkern, welches wieder von einem papierdünnen Kupferblättchen bedeckt ist, um das Kleben des Ankers im Kautschuk vorzubeugen. Der Stoss der Sperrzähne auf den Sperrkegel 42 wird gemildert durch den Flügelregulator 46, welcher mit der Achse 40 durch zwei Zahnräder mit 48 resp. 80 Zähnen und zwei Triebe mit 8 resp. 6 Zähnen verbunden ist, also mit einer Übersetzung von 1 auf 80. Der Flügelregulator rotiert somit 2400 Mal so schnell als die Umdrehungsachse. Der Flügelregulator ist verstellbar. Er verursacht keinen zurückwirkenden Stoss, weil er durch eine Feder befestigt ist und nach der schnellen

Drehung also noch etwas weiter schnappen kann. Die zwei Flügel müssen selbstverständlich in derselben Stellung stehen, um genaues Gleichgewicht des Regulators zu erhalten.

Die Eisenplatte 4, worauf die Hauptteile des Instrumentes stehen, ist festgeschraubt an das Teakholzblock 47, das mit drei grossen Scharnieren 48 drehbar ist. Die Fussplatte von Motor 29 und Vorgelege 31 ist in derselben Weise an das drehbare Holzblock 49 geschraubt, mit den Scharnieren 50. Die beiden Blöcke sind durch ihre Scharniere gesondert verbunden mit den Teakholzblöcken 51 und 52. Diese sind fest verbunden mit dem schweren Sandsteinblock 53, das in einer Gipsschicht in dem eisernen Gestell 54 ruht.¹⁾ Gestell und Stein sind deutlich auf Tafel IV und V oben zu sehen. Die rotierenden Pflanzen werden durch diese Vorrichtungen so gut wie möglich geschützt vor Erschütterungen, welche z. B. auftreten können beim Aufziehen des Gewichtes durch den Elektromotor. Außerdem steht das Instrument dadurch vollkommen fest in jeder Stellung und bei schwerer Belastung.

Die oberen Holzblöcke 47 und 49 können in der gewünschten Stellung festgeschraubt werden mittelst der geschlitzten Eisenschienen mit Bettschrauben 55. Von den Schienen ist ein Satz von verschiedener Länge vorhanden. Man kann dadurch der Umdrehungsachse jede gewünschte Neigungslage geben, von horizontal bis vertikal oder sogar zurückgeneigt. Die Darmsaite 7 des Treibgewichtes macht dabei keine Schwierigkeiten, denn das Stativ der Rollen 11 und 12 steht auf dem drehbaren Holzblock 47, das Stativ 8 der Rolle 10 steht auf dem

1) Gestell und Stein sind angefertigt worden durch Vermittlung des Herrn J. A. Vrijman, Rijksbouwkundige zu 's-Gravenhage.

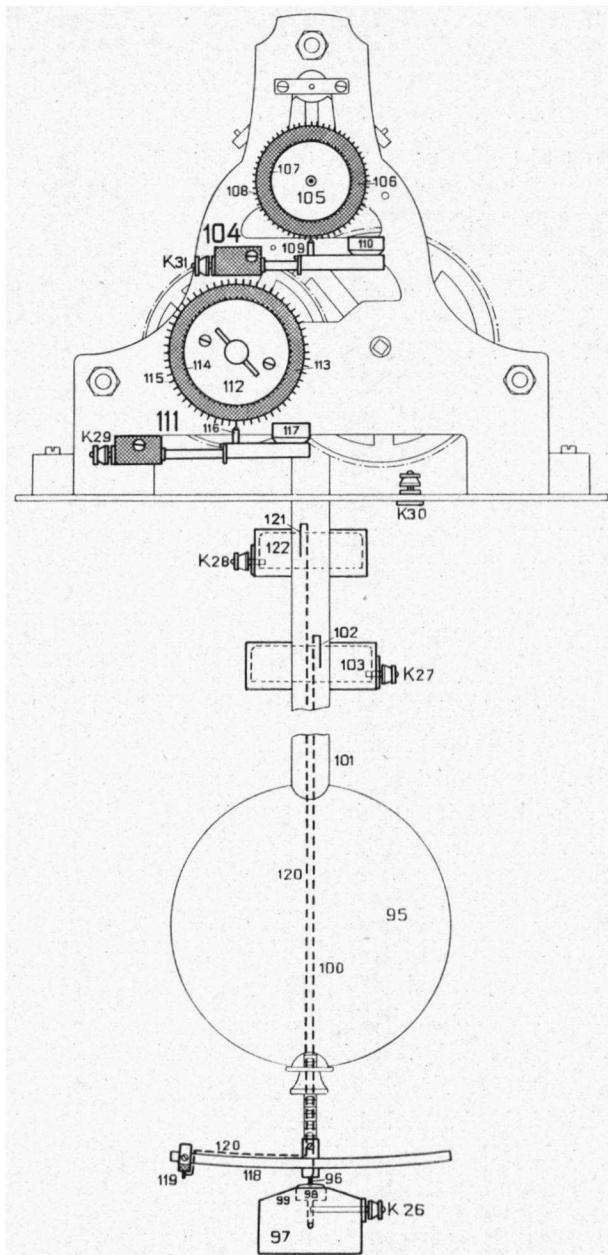


Fig. 6. Kontaktvorrichtungen am Sekundenpendel und am Sekundenzapfen und Minutenwelle der Uhr. $\frac{1}{4}$ der nat. Gr.

festen Holzblock 51, so dass die Rollen 10 und 11 nur ihren Abstand ändern, nicht aber ihre Lage in derselben Ebene.

Die Kontaktvorrichtung, welche den Strom des Elektromagneten 43 schaltet, befindet sich an einer Uhr mit Sekundenpendel, welche im Korridor des Laboratoriums steht.¹⁾ Figur 6 zeigt die Teile dieser Vorrichtung.

Der Platinstift 96 am unteren Ende des Pendels 95 geht jedesmal durch den Quecksilbertropfen 98, der über das Loch in einem paraffinierten Holzblöckchen 97 hervorragt. Der Funken beim Schalten des Stromes entsteht immer an diesem Tropfen, doch die Oberfläche wird von dem Pendelstift selbst rein gehalten. Die geschwärzten Quecksilbertröpfchen fallen rechts und links vom Tropfen und gleiten an den schiefen Seiten 99 des Blöckchens hinab in eine Porzellanschale auf dem Boden des Uhrkasten. Der Platinstift 96 ist am unteren Ende platt geschlagen, mit der scharfen Seite in der Richtung der Pendelbewegung; dadurch bleibt er viel länger rein. Der grosse Tropfen 98 hält mehrere Tage aus ohne Quecksilberzusatz; überdies kommuniziert er mit einem grösseren flachen Reservoir hinten im Blöckchen 97. Die Breite des Tropfens 98 ist verstellbar mittelst einer Schlittenvorrichtung im Blöckchen, die in der Figur 6 nicht angegeben ist und welche eine optimale Einstellung der Stromdauer ermöglicht.

Der Platinstift 96 ist verbunden mit einem seidenumsponnenen Kupferdrahte 100, in Figur 6 als punktierte Linie gezeichnet. Dieser Draht ist hinten gegen den Holzstab 101 des Pendels befestigt. Er ist an seinem oberen Ende verbunden mit einem nach unten gebogenen Platindraht 102, der sich frei hin und her bewegt im Quecksilber einer spaltförmigen hölzernen Wanne 103 hinter dem Pendel. Die Vorrichtung, welche den Strom in den Draht hinter

1) Diese Uhr stammt aus der Fabrik von C. F. Rochlitz in Berlin.

dem Pendel und wieder hinaus leitet, verursacht also keinen merklichen Reibungswiderstand, welche die Bewegung des Pendels hindern könnte.

Es haben sich mir die Quecksilberkontakte weit besser bewährt als die anfänglich verwendeten nicht zuverlässigen trockenen Schleifkontakte.

Wenn der Strom jede Sekunde geschaltet werden soll, ist der Pendelkontakt ausreichend. Soll der Strom nur jede n^{te} Sekunde geschaltet werden, so wird er ausserdem geleitet durch die Sekundenkontaktvorrichtung 104 an dem Ende des Sekundenzapfen. Die Teile dieser Vorrichtung sind die Folgenden. Die Messingscheibe 105 hat in der Mitte einen durchbohrten Stiel, der fest auf das nach vorn verlängerte Ende des Sekundenzapfen gesteckt ist. Die Messingscheibe ist in einer Hartgummischeibe 106 befestigt, welche 60 radiale Bohrlöcher in gleichen Abständen hat. Diese radialen Löcher sind jede mit einem Messingdraht gefüllt. Wo die 60 Drähte an die Messingscheibe 105 stossen, sind sie in 60 senkrecht auf die Scheibe gebohrten Löchern 107 wieder entfernt worden. In diese Löcher können kleine Schraubenbolzen gedreht werden, wodurch die 60 radialen metallischen Verbindungen nach Belieben wieder hergestellt werden. Man kann also in willkürlichen Sekunden den Strom schaltbar oder nicht schaltbar machen.

Als Schraubenbolzen werden die käuflichen Aufziehwellen von Remontoiruhren verwendet, welche mit einer grossen Uhrschlüssel ein- oder ausgedreht werden. Nachher wird noch einmal mit einer elektrischen Klingel kontrolliert ob die eingeschraubten Bolzen einen gut leitenden Kontakt herstellen. Am Aussenrand der Hartgummischeibe 106 sind in die 60 radialen Messingdrähte 60 dünne kurze Drähtchen 108 von Silberstahl geschlagen. Sie ragen frei hervor und das Ganze ist auf dem Drehtisch an den

Kopfenden abgedreht, so dass die Stahldrähte gerade dieselbe Länge haben. Sie tauchen beim Gehen der Uhr die eine nach der anderen in den kleinen Quecksilbertropfen 109, und sie müssen mitten im Tropfen verweilen in dem Augenblick als die Pendel spitze 96 durch den Tropfen 98 rutscht. Im rechten Augenblick ist der Strombahn also überall geschlossen, wenn nur der Schraubenbolzen im Loch 107 der entsprechenden Sekunde steckt.

Der Tropfen 109 befindet sich in einer kleinen und schmalen rechtwinkligen eisernen Wanne, deren grösste Länge senkrecht auf der Fläche der Figur 10 steht. Durch diese rechtwinklige Form kann die geringe Bewegung des Sekundenzapfen der Uhr in seinen Lagern hin und her gar nicht schaden. Die kleine Wanne kommuniziert mit dem grösseren gleich hohen Reservoir 110. Zwar erleidet das Quecksilber nur selten einen Verlust, durch Stoss oder dergleichen, denn der Funken der Stromschaltungen entsteht nicht hier, nur an der Pendel spitze. Quecksilber und eiserne Wanne 109 stehen in metallischer Verbindung mit der Klemmschraube K 31.

Bei minutenlangen Zwischenpausen der Kontakte wird der Strom auch durch die Minutenkontaktevorrichtung 111 an der Minutenwelle geleitet. Diese ist gerade so gebaut wie die Sekundenkontaktevorrichtung 104. Ihre Teile 112 bis 117 entsprechen also den Teilen 105 bis 110 der Sekundenkontaktevorrichtung. Jedes Drähtchen 115 verweilt ungefähr eine halbe Minute im Quecksilbertropfen der Wanne 116. In der Sekundenkontakte scheibe 105 ist jetzt nur ein Schraubenbolzen eingedreht, und zwar derjenige der den Quecksilbertropfen der Wanne 109 erreicht wenn ein Drähtchen 115 ungefähr in der Mitte des Tropfens 116 verweilt.

Die Teile 118 bis 122 der Kontaktvorrichtungen werden später erklärt.

Die Kontaktvorrichtungen in Verbindung mit den drei Sperrräden 41 des Klinostaten, welche resp. 12, 24 und 48 Sperrzähne besitzen, erlauben u. a. die folgenden Umlaufzeiten der Umdrehungsachse: 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 Minuten, 1½, 2, 3, 4, 6, 12, 24 Stunden, und länger bis an 60 Tage zu.

Die Wirkungsweise des gewöhnlichen Klinostaten ist nun zu ersehen aus den Verbindungen der Leitungsdrähte, welche abgebildet sind in der Schaltungsskizze Figur 7. Der Strom geht von der Steckdose S 22 der drei Akkumulatoren nach Klemmschraube K 23, durch die feste Drahtverbindung mit der Uhr nach K 26, durch den Kontakt der Pendelspitze, nach K 27, K 30, durch die Uhr selbst und die Sekundenkontakte Scheibe 105 nach K 31, K 24, K 1, durch den Elektromagnet 43 des Klinostaten nach K 2, nach den Akkumulatoren S 22 zurück.

Wenn man jede Sekunde den Strom schalten lässt, ist die Sekundenkontaktevorrichtung überflüssig und kann K 27 direkt mit K 24 verbunden werden.

Die Umdrehungsachse kann sowohl rechtsum als linksum rotieren. Man kann ihre Richtung ändern, indem erstens die Darmsaite 7 des Treibgewichtes 5 von der Windetrommel 13 abgewickelt und in umgekehrter Richtung wieder auf die Trommel gewunden wird; zweitens die Saite 28 des Elektromotors 29 umgekehrt auf den Saitenkonus 32 gelegt wird, und drittens die Sperre 26 des Sperrrades 25 umgekehrt wird. Sonst kann alles dasselbe bleiben, denn die Sperrräder 25 und 41 haben gerade Sperrzähne und die Sperre 42 arbeitet eben so gut nach beiden Richtungen.

Die Umdrehungsachse muss wohl ungefähr zentrisch belastet werden. Wenn die Exzentrizität der Last einen gewissen Betrag übersteigt, verweigert die Kraft des Treib-

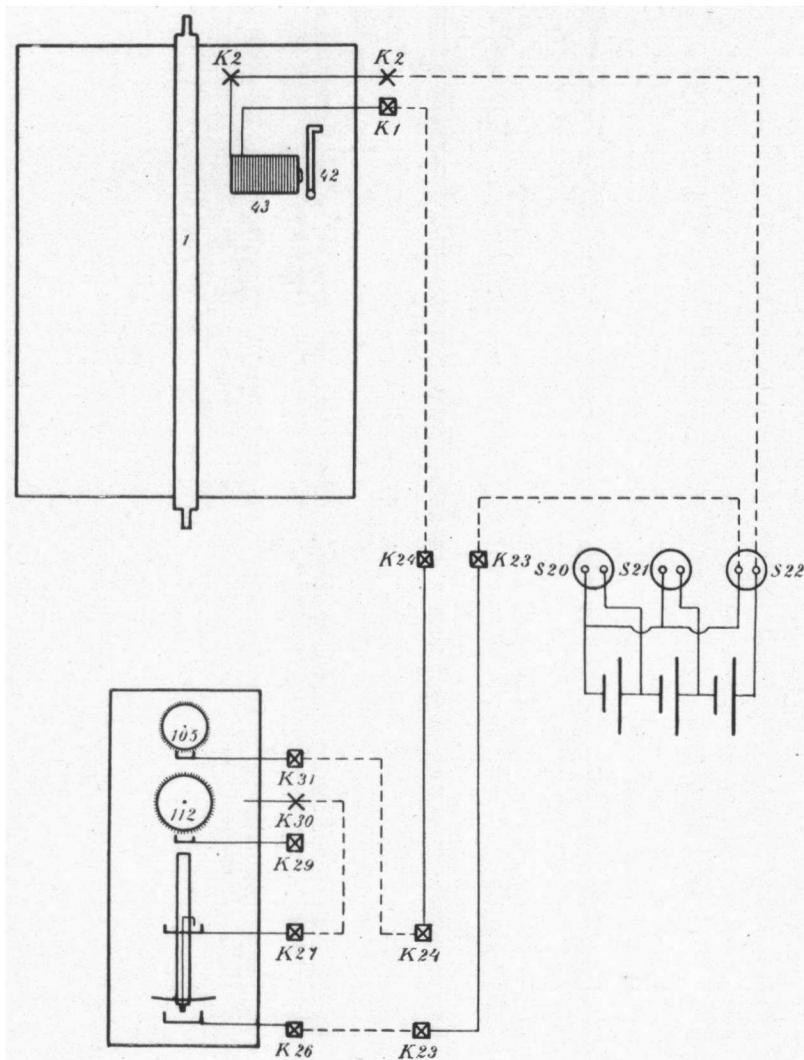


Fig. 7. Schaltungsskizze für die einfache Drehung des Klinostaten.

gewichtet 5 selbstverständlich ihren Dienst. Man kann dies bequem bestimmen, indem man mit der Scheibe 44 den Sperrkegel 42 abstellt und so die Last einmal rotieren lässt. Die zu grosse Exzentrizität wird in der üblichen Weise kompensiert durch einen auf der Achse drehbar befestigten Stift mit verschiebbarem Gewichte, der auf Tafel IV zu ersehen ist.

Es ist wünschenswert, genau kontrollieren zu können ob der Klinostat während des ganzen Versuches regelmässig rotiert hat ohne jemals einen Kontakt oder einen Zahn zu übergehen. Dafür wird durch die Umdrehungsachse 1 ein Zählapparat in Bewegung gesetzt, das beim Kugellager 2 befestigt ist. Es ist in den Figuren weggelassen, doch auf der Tafel V oben ist es deutlich zu sehen. Es ist ein Springzählwerk wie sie in den Wattstundenzählern gebraucht werden¹⁾. Sie sind klein und leicht ablesbar und sie haben einen besonders leichten Gang, so dass sie fast gar keine Kraft verbrauchen. Je nach der Bewegungsrichtung der Umdrehungsachse zählt der Apparat auf oder ab. Die Zahl der Umdrehungen, multipliziert mit der Zeitspanne einer Umdrehung, muss genau mit der Dauer des Versuches übereinstimmen.

KAPITEL II.

Intermittierende Drehung mit zwei oder mehr
Stellungen nach gleichen oder um ganze
Minuten verschiedenen Zeiten.

Beim intermittierenden Klinostaten muss eine rasche teilweise Umdrehung an bestimmten Zeitpunkten ausgelöst

1) Modell F. G. Preisliste 107 der Aktiengesellschaft Mix und Genest in Berlin.

und in bestimmten Stellungen längere Zeit angehalten werden. Die Pflanzen werden z. B. abwechselnd während gleicher Zeiten der Schwerkraft exponiert in Stellungen, welche einen bestimmten Unterschied der Neigungslage haben. Oder sie werden in gleich geneigten doch entgegengesetzten Stellungen gelassen während Zeiten, welche um einen bestimmten Betrag verschieden sind. Das letzte war schon möglich bei dem in der Einleitung erwähnten intermittierenden Klinostaten von Fitting; der kleinste Zeitunterschied, der dort erhalten werden kann ist $\frac{1}{50}$.

Hier beschreibe ich nun die Vorrichtungen für die intermittierende Drehung nach gleichen Zeiten oder nach Zeiten die um ganze Minuten verschieden sind. Das nächste Kapitel wird handeln über die Vorrichtung, welche die meist willkürlichen Zeitunterschiede möglich macht.

Die Umdrehungsachse unseres Klinostaten wird in rascher Drehung versetzt, wenn das Sperrrädcchen 41 dauernd freigelassen wird von dem Sperrkegel 42, der verbunden ist mit dem Anker des Elektromagneten 43. Man kann den Sperrkegel 42 mit der Hand abheben mittelst der exzentrischen Scheibe 44, doch auch wird er abgehoben so lange ein elektrischer Strom durch den Elektromagnet 43 geht. Die rasche Drehung ist regelmässig und stößefrei durch den verstellbaren Flügelregulator 46.

Eine Stromschaltung kann also die Umdrehungsachse im bestimmten Zeitpunkt in rascher Drehung versetzen. Das Anhalten dieser Drehung geschieht durch das Zurückfallen des Sperrkegels 42, indem der Strom wieder umgeschaltet wird.

Die verlangte Neigungslage der Stellungen wird in der folgenden Weise bestimmt. Die Umdrehungsachse 1 trägt die Messingscheibe 56, welche zum Teil in Figur 8 ist abgebildet. Sie ist mit einer Teilung in 360 Graden versehen; die Radien wurden mit Hülfe von Indexhebel und

Teilscheibe des Drehtisches eingeritzt. Die Scheibe ist deutlich in Fig. 1 und 3, und auch wohl in Fig. 2 und 4 zu sehen. An den Umkreis der Scheibe werden genau

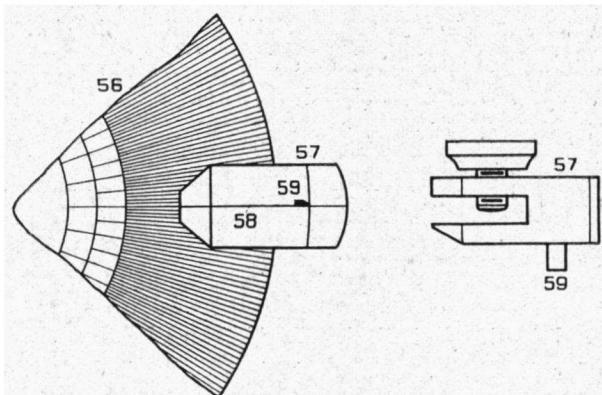


Fig. 8. Teil der Gradbogenscheibe 56 des intermittierenden Klinostaten, mit Obenansicht und Seitenansicht eines der aufgesetzten U-förmigen Messingstücke 57.
Natürliche Grösse.

passende verstellbare U-förmige Messingstücke 57 festgeschraubt, in welchen ein Radius 58 (Fig. 8) geritzt ist. In diesem Radius steht die scharfe Kante des kurzen Stahlmessers 59, das in dem Messingstücke 57 steckt. Die gewünschten Stellungen der Umdrehungsachse werden durch diese Stahlmesser der Messingstücke bestimmt, indem man die Messingstücke in dem entsprechenden Bogenabstand festgeschraubt hat. Die Stahlmesser lösen alle Erscheinungen aus, welche auftreten sollen wenn bestimmte Stellungen in einer Umdrehung erreicht sind. Sie verursachen nämlich die Stromschaltungen, wodurch die Umdrehungsachse in der bestimmten Stellung angehalten werden soll. Dazu dient weiter der Hebel 60 und

die Kontaktfeder 61, welche in Figur 3 und Figur 15 zu sehen sind, und die Wippe 62 in Figur 9. Wenn ein Messer 59 gegen das obere Ende des stählernen Hebels 60 läuft, drückt es das untere Ende des Hebels an die Feder 61, welche an einem Hartgummiblocke befestigt ist. Der entstandene Kontakt schaltet den Strom um, mit Hülfe der Wippe 62. Einige Sekunden später ist das Messer den Hebel passiert. Dieser schnellt zurück durch eine Spiralfeder an seiner unteren Hälfte; er schaltet dadurch den Strom aus, wodurch die Umdrehungsachse still steht in der genau vom Messer bestimmten Stellung, d. i. beim Zurückschnellen des Hebels.

Wegen des Funkens des Stromunterbrechens sind Hebel und Feder mit Platinblech bekleidet an der Stelle, wo sie einander berühren. Das Platin behält durch die Reibung immer eine glatte Oberfläche, welche den Strom gut leitet.

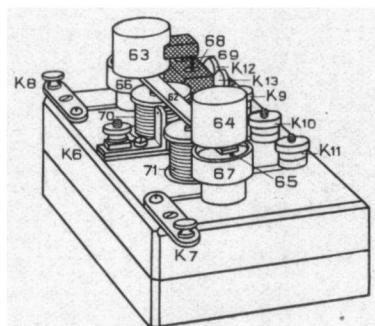


Fig. 9. Wippe zum Umschalten der elektrischen Ströme beim intermittierenden Klinostaten.

± $\frac{1}{2}$ der nat. Gr.

67 tauchen. Die Wippe wird nach rechts oder links übergekippt durch die kleinen Elektromagnete 70 und 71; dadurch kann sie elektrische Ströme in verschiedene Rich-

Die eiserne Wippe 62 (Figur 9) trägt an ihren Enden zwei verstellbar angeschraubte Messinggewichte 63 und 64, welche den Schwerpunkt über den Stützpunkt verlegen und durch geringe Verschiebung ein genaues Gleichgewicht ermöglichen. Die Unterseite der Wippe trägt an den beiden Enden einen Platinstift 65; die beiden Stifte können resp. in die eisernen Quecksilberwannen 66 und

tungen schalten, wie wir es sogleich in der Schaltungs-skizze näher sehen werden.

Später ist die Wippe von Figur 9 durch das viel bessere Modell von Tafel V unten ersetzt worden. Die Elektromagnete sind hier Hufeisenmagnete und liegen horizontal; das Anker dreht vertikal dazwischen. Der horizontale Teil der Wippe besteht aus einem vertikal gestellten Streifen von Aluminiumblech und ist viel länger als im alten Modell. Die vertikalen Platindrähte tauchen jetzt viel tiefer in das Quecksilber. Dadurch hat man nicht so genau auf die optimale Einstellung der Quecksilberhöhen zu achten. Anstatt der eisernen Wannen 63 und 64 sind jetzt Bohrlöcher im Mahagoniholz vorhanden. Alle Drahtverbindungen sind unter dem Tischblatt hindurch nach einer Reihe von numerierten Klemmschrauben geleitet, deren noch einige links in der Figur von Tafel V unten zu ersehen sind.

Die Äquilibrierung der Wippe wird jetzt besorgt von dem kleinen runden Messingstück, das an der rechten Seite des Aluminiumstreifens ist festgeschraubt. Dies ist überhaupt nötig um Gleichgewicht zu erhalten mit dem kleinen isolierten Schalter links an dem Aluminiumstreifen, der mit den Teilen 68 und 69 der alten Wippe übereinkommt und später erklärt wird.

Damit die Versuchspflanzen nach einander gerade die gewünschten Stellungen einnehmen, soll man sie in der folgenden Weise an die Umdrehungsachse 1 befestigen. Es werden zuerst die Messingstücke 57 derart an die Gradbogenscheibe 56 geschraubt, dass ihre Radien 58 unter sich die gewünschten Bogenabstände haben. Dann hebt man mittelst der exzentrischen Scheibe 44 den Sperrkegel 42 des Elektromagneten 43 ab, wodurch die Umdrehungsachse in stetiger Drehung versetzt wird. Im Augenblick als der Hebel 60 gerade unter einem der Stahlmesser 59 zurück schnellt, hält man die Drehung an. Alsdann werden

die Versuchspflanzen in der zugehörigen gewünschten Stellung an die Umdrehungssachse befestigt. Die folgenden Stellungen werden dann bei der intermittierenden Drehung ohne Weiteres bis auf einen Teil eines Bogengrades genau eingenommen.

Man soll hier von den drei Sperrräddchen 41 dasjenige mit 48 Sperrzähnen verwenden, damit der Sperrkegel 42 nach dem Zurückschnellen des Hebels 60 die Drehung innerhalb eines Viertelbogengrades einhalten kann.

Jedes an die Gradbogenscheibe 56 geschraubte Messingstück 57 bestimmt eine Stellung der Versuchspflanzen. Meistens wird man zwei Stellungen in einer Rotation bedürfen; wenn bei Versuchen anderer Art eine grössere Zahl der Stellungen erwünscht wird, braucht man nur eine entsprechende Anzahl der Messingstücke 57 an die Scheibe zu applizieren.

Die Zeitpunkte der Auslösung werden bestimmt von der Uhr. Ihre Kontaktvorrichtung genügt für gleiche Zeiten, welche Teile von 60 Minuten sind, und auch für um ganze Minuten verschiedene Zeiten, wenn die Summe dieser Zeiten teilbar ist auf 60 Minuten. In die Sekundenkontakte Scheibe 105 (Fig. 6) wird nur einer der Bolzen in ein Loch 107 eingeschraubt, so dass nur ein Mal pro Minute eine Stromschaltung möglich ist. In die Kontakt Scheibe 112 auf der Minutenwelle schraubt man einige Bolzen in diejenige der 60 Löcher 114, welche den gewünschten Minutenzahlen entsprechen. Mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 oder 30 Bolzen in gleichen Abständen wird resp. jede 60, 30, 20, 15, 12, 10, 6, 5, 4, 3 oder 2 Minuten die Stromschaltung ermöglicht. Ebenso kann man durch entsprechende Bolzen z. B. eine Schaltung erzielen nach abwechselnd 1 und 2 Minuten, oder 1 und 9, oder 7 und 8, oder 29 und 31 Minuten, d. h. nach denjenigen Minutenzahlen deren Summe teilbar ist auf 60.

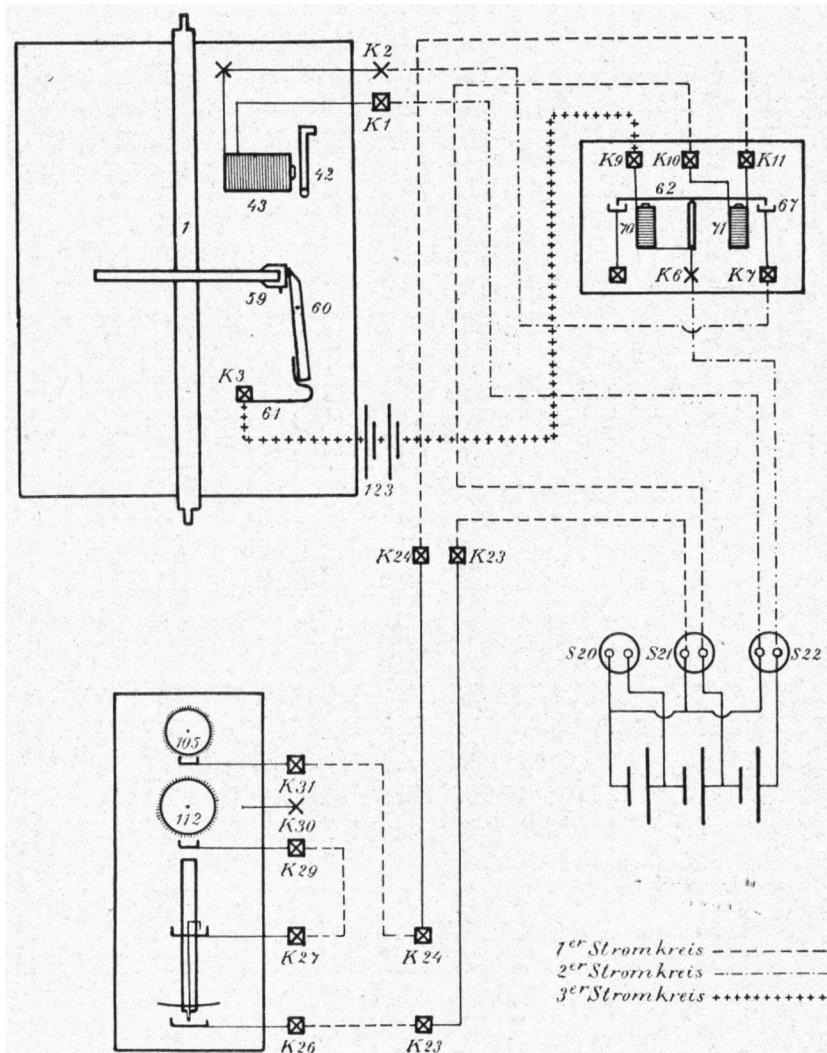


Fig. 10. Schaltungsskizze für die intermittierende Drehung mit gleichen oder um ganze Minuten verschiedenen Zeitgrößen für die Stellungen in bestimmten Neigungslagen.

Die Verbindungen der Leitungsdrähte sind zu ersehen in der Schaltungsskizze Figur 10. Sobald die Kontaktvorrichtung der Uhr den Strom schaltet, geht dieser für einen kurzen Moment durch den ersten Stromkreis von Figur 10, d. i. von der Steckdose S 21 der zwei Akkumulatoren nach Klemmschraube K 23, durch die feste Drahtverbindung mit der Uhr nach K 26, durch den Kontakt der Pendel spitze nach K 27, K 29, durch die beiden Kontakt scheiben 112 und 105 nach K 31, K 24, K 11, durch den Elektromagnet 71 der Wippe nach K 10, nach den Akkumulatoren S 21 zurück. Der Elektromagnet 71 kippt die Wippe dadurch nach rechts, so dass nun der zweite Stromkreis, von den drei Akkumulatoren S 22, geschaltet wird: S 22, K 6, durch die Wippe 62 und die Quecksilberwanne 67 nach K 7, K 2, durch den Elektromagnet 43, K 1, nach den Akkumulatoren S 22 zurück. So lange dieser Strom geht, wird also der Sperrkegel 42 des Elektromagneten 43 angezogen und vom Sperrrad 41 abgehoben, wodurch die Umdrehungsachse 1 frei und schnell zu drehen anfängt. Wenn das nächste Stahlmesser 59 dann den Hebel 60 gegen die Feder 61 drückt, wird dem Strom zugleich mit diesem Weg noch ein zweiter Weg gebahnt. Es ist dies der dritte Stromkreis der Figur 10: S 22, K 6, durch den Elektromagnet 70 der Wippe nach K 9, durch die zwei Hilfsakkumulatoren 123 nach K 8, durch die Kontaktfeder 61 und den jetzt daran gepressten Hebel 60, durch die Fussplatte des Klinostaten nach dem Elektromagnete 43, K 1, nach den Akkumulatoren S 22 zurück. Der Sperrkegel bleibt also abgehoben, die Umdrehungsachse bleibt weiter rotieren. Der dritte Stromkreis ist nur ein Zweigstrom des zweiten Stromkreises; er wird durch die zwei Hilfsakkumulatoren 123 je nach ihrer Stellung verstärkt oder geschwächt. Er geht zwar durch den Elektromagnet 70 der Wippe, ist aber nicht im Stande, die Wippe unter allen Umständen in

zuverlässiger Weise nach links zu kippen. Die Hilfsakkumulatoren 123 senden jedoch jetzt einen stärkeren Strom durch den folgenden Kreis: von 123 nach K 9, durch den Elektromagnet 70 nach K 6, durch die Wippe 62 und die Quecksilberwanne 67 nach K 7, K 2, durch die Fussplatte 4 und den Hebel 60 nach der Kontaktfeder 61, K 8, nach den Hilfsakkumulatoren 123 zurück. Die Wippe kippt dadurch gleich nach links, wodurch der letztgenannte Strom sich zugleich rechts bei der Wanne 67 ausschaltet. Bei der Wanne 67 ist dann auch der zweite Stromkreis ausgeschaltet, so dass der dritte Stromkreis jetzt den vollen Strom erhält.

Es ist ziemlich gleichgültig, ob die zwei Hilfsakkumulatoren 123 die gleich gerichtete Stellung haben als die drei Akkumulatoren S 22, oder ob sie diesen entgegengestellt sind. Der im letzten Fall stark abgeschwächte Strom genügt, um allein den Sperrkegel 42 an dem Elektromagnete 43 angepresst zu halten. Einen Augenblick später ist das Stahlmesser 59 den Hebel 60 passiert. Dieser schnellt zurück, schaltet bei der Kontaktfeder 61 den dritten Stromkreis aus, und die Umdrehungsachse steht genau in der vom Stahlmesser 59 bestimmten Stellung still.

Die Wippe steht jetzt nach links und ist also wieder fertig für die nächste Stromschaltung der Uhr.

Der Hebel 60 ist nur gebaut für die linke Drehungsrichtung des Klinostaten. Will man diesen rechtsum drehen lassen, dann muss an dem oberen Ende des Hebels ein stählernes Stück 131 festgeschraubt werden, wie es in Figur 15 zu sehen ist. Das obere Ende des Hebels ist dort als punktierte Linie im Stahlstück 131 gezeichnet. Das Stahlmesser 59 sinkt auf die glatte runde Seite des Stückes 131 und drückt so das obere Ende des Hebels 60 nach rechts, das untere Ende nach links gegen die Kontaktfeder 61. Wenn das Messer tiefer sinkt, kommt es zuletzt

bei der schief ausgefeilten Kante unter der abgerundeten Seite des Stückes 131; dann springt der Hebel 60 in der gewöhnlichen Weise zurück.

KAPITEL III.

Intermittierende Drehung mit willkürlichen Zeitunterschieden für die verschiedenen Stellungen.

Die Kontaktvorrichtungen der Uhr können nur solche periodischen Erscheinungen hervorrufen, welche jede Stunde wieder in derselben Reihenfolge auftreten. Ausserdem kann man bei der Minutenkontakte Scheibe 112, d. h. innerhalb der Stunde, nur mit ganzen Minuten rechnen, wie bei der Sekundenkontakte Scheibe 105 innerhalb der Minute nur mit ganzen Sekunden. In vielen Fällen wird man für die verschiedenen Stellungen der intermittierenden Drehung jedoch andere Zeitunterschiede verlangen. Es sind z. B. kleine Zeitunterschiede nötig, wie zwischen 15 Minuten 7 Sekunden und 14 Minuten 58 Sekunden. Um die Sekunden zu zählen, muss dann noch ein besonderes Instrument angewendet werden, das wir deswegen Zeitzähler nennen werden. Die Summe der verschiedenen Zeiten muss zwar teilbar auf 60 Minuten bleiben, der Unterschied kann jedoch eine willkürliche wenn nur gerade Anzahl Sekunden sein. Mit Hülfe einer später zu beschreibenden Vorrichtung unten am Pendel könnte man auch jede halbe oder drittel Sekunde den Strom schalten und also mit Zeitunterschiede von 1 oder $\frac{1}{3}$ Sekunde arbeiten.

Der Zeitzähler ist abgebildet in Figur 11. Er ermöglicht die Auslösung der Klinostatendrehung an den willkürlich

bestimmten Zeitpunkten. Die Hauptachse 72 des Zeitzählers wird getrieben von einem durch Bleischeiben regulierbaren Gewicht, das hängt an der Darmseite 73. Die

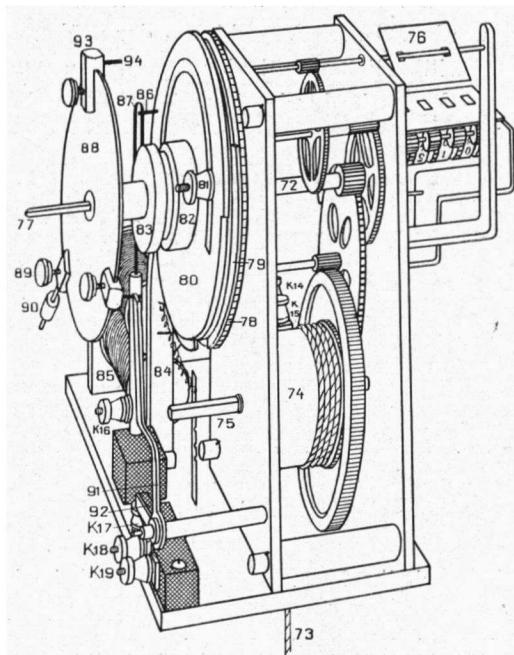


Fig. 11. Zeitzähler. $\pm \frac{1}{2}$ der nat. Gr.

Windetrommel 74 überträgt ihre Rotation durch zwei Zahnräder und zwei Triebe auf die Hauptachse 72, mit einer Übersetzung von 1 auf 66. Das Aufziehen des Gewichtes geschieht mit einer Schlüssel auf die Achse 75; es hat jedesmal nach einem oder nach mehreren Tagen zu geschehen, je nach der Wirkungsweise des Klinostaten. Die Rotation der Hauptachse wird reguliert von dem Flügelregulator 76, welcher mit einer Übersetzung von 1 auf 81 mit der Hauptachse verbunden ist. An den her-

vorragenden quadratischen Teil 77 der Hauptachse 72 ist das Sperrrad 78 befestigt. Es hat 120 Zähne; eine Anzahl der Zähne wird bedeckt, gleichwie ausgefüllt, von den Messingscheiben 79 und 80, welche gegen das Zahnrad 78 appliziert werden. Durch Verschieben der beiden Scheiben kann eine willkürliche Zahl der Sperrzähne unbedeckt gelassen werden, wie durch Figur 12 in folgender Weise erhellt wird.

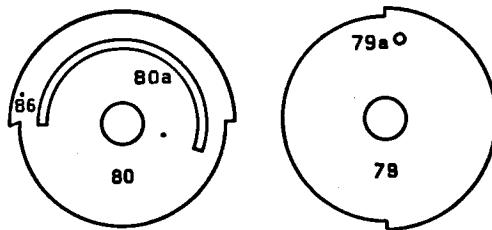


Fig. 12. Eine untere Ausfüllungsscheibe 79
und eine obere Ausfüllungsscheibe 80
des Zeitzahlers. $\frac{1}{3}$ der nat. Gr.

Die untere Scheibe 79 passt mit dem Loch in der Mitte um die Achse 72, welche gegen das Sperrrad 78 verdickt ist. Mit dem kleinen Loch 79a wird sie auf den Bolzen 81 des Sperrrades geschoben. Die obere Scheibe 80 passt mit dem Loch in der Mitte ebenso auf die Verdickung der Achse 72 und ist dann noch drehbar, weil sie mit der halbkreisförmigen Spalte 80a um den Bolzen 81 schieben kann. Beide Scheiben ragen mit der vorspringenden Hälfte ihres Umkreises ein wenig über die Zähne des Sperrrades hervor, mit der schmäleren Hälfte lassen sie diese Zähne ganz frei. Sie werden auf einander und auf das Sperrrad 78 geklemmt mit Hülfe der Mutter 81 und der grossen Mutter 82 mit Contremutter 83. Wenn sie die Stellung von Figur 12 haben, dann lassen sie zusammen also ein

Viertel des Sperrrades oder 30 Zähne frei. Durch Verschieben der oberen Scheibe kann dies bis auf einen Zahn verringert oder bis auf 60 Zähne vermehrt werden. Für noch grössere Zahlen der frei zu stellenden Zähne werden dergleiche anderen Scheibenpaare verwendet, deren vorspringender Teil nur $\frac{1}{4}$ oder noch weniger des Umkreises beträgt.

Der breite Sperrkegel 84 des Sperrrades 78 ist genietet an das Anker des Elektromagneten 85. Wenn der Strom, der durch das Sekundenpendel der Uhr geschaltet wird, den Elektromagnet 85 durchfliesst, dreht das Sperrrad 78 jedesmal einen Zahn weiter. Wenn die freigelassenen Zähne alle passiert sind, kommt der Sperrkegel in der nächsten Sekunde auf die vorspringenden glatten Scheibenrände, welche die Sperrzähne ausfüllen; das Rad dreht plötzlich weiter rund, bis der erstkommende freie Zahn wieder auf den Sperrkegel 84 stossst.

Die obere Scheibe 80 (Fig. 11 und 12) trägt nahe am Vorderrande den kleinen Stahlstift 86, der gleich im Anfang der schnellen freien Drehung längs die Stahlfeder 87 schleift. Diese Feder steht auf einem isoliert befestigten Messingstab, an welchen die Klemmschraube K 16 befestigt ist. Durch den zwischen Stift und Feder entstandenen Kontakt wird der Strom wieder umgeschaltet mit Hülfe der Wippe von Figur 9.

Der Zeitzähler ist also geeignet, so viel Sekunden abzuzählen, als Sperrzähne von den verwendeten Ausfüllungsscheiben frei gelassen sind. Eine Kontrolle über den Gang des Zeitzählers gewährt der Zählapparat, der in Figur 11 unter dem Flügelregulator 76 zu sehen ist und der die Zahl der Umdrehungen von Achse 72 angiebt. Er ist ein selbiges Springzählwerk wie der Zähler auf der Umdrehungssachse 1 des Klinostaten, im ersten Kapitel erwähnt.

Die Scheibe 80 muss mit den Muttern 81, 82 und 83 fest angeschraubt werden, damit sie nicht etwas verschoben

werden kann durch die immer wiederholten Stöße gegen den Sperrkegel 84.

Bei der in diesem Kapitel zu beschreibenden Drehungsweise müssen abwechselnd zwei verschiedene Zahlen von Sekunden gezählt werden; das eine Mal die halbe Zahl Sekunden $\frac{1}{2} n$ des Zeitunterschiedes n , das nächste Mal eine einzige Sekunde. Man muss dann drei verschiedene Ausfüllungsscheiben anwenden, welche an zwei Stellen des Sperrrades die gewünschte Zahl, resp. $\frac{1}{2} n$ und 1 Sperrzähne frei lassen. Die untere ist dann wieder die feste Scheibe 79 mit dem Loch 79a für den Bolzen 81. Die zweite und dritte sind Scheiben wie 80 mit dem Schlitz 80a, doch mit kürzerer Strecke des vorspringenden Randes.

Die Hauptachse 72 des Zeitzählers ist durch den Schraubenbolzen 81 und durch die ungleichen Ausfüllungsscheiben nicht zentrisch belastet. Zum Zentrieren dient die kleine Aluminiumscheibe 88, welche auf den quadratischen Teil 77 der Hauptachse festgeschraubt ist. An den Rand dieser Scheibe wird die Klemme mit Stab 89 geschraubt an derjenigen Stelle, welche der Richtung des Schwerpunkts der Belastung der Hauptachse 72 ungefähr entgegengesetzt ist. Das kleine verschiebbare Gewicht 90 wird jetzt in dem ungefähr erheischten Abstande geschoben und an den Stab festgeschraubt.

Die Bewegung des Zeitzählers wird ausgelöst durch die Uhr. In der ersten gezählten Sekunde muss der Zeitzähler dann selbst einen Strom schalten, der eventuell seine weitere Bewegung veranlasst. Dazu dient der Hebel 91, der einen langen vertikalen und einen kurzen horizontalen Schenkel besitzt. An dem kurzen horizontalen Schenkel trägt er ein kleines Hartgummiblock 92. In diesem Blöckchen steckt ein U-förmiges Platindraht, das mit seinen Schenkeln in zwei kleine Quecksilberwannen taucht, wenn

der Hebel nicht aufgehoben ist. Die Quecksilbertropfen sind verbunden mit den beiden Klemmschrauben K 18 und K 19, so dass der Hebel 91 einen Stromkreis schalten kann. An den Rand der Aluminiumscheibe 88 werden zwei Klemmen 93 geschraubt, welche einen runden Stift 94 tragen. Die Klemmen werden so gestellt, dass ihr Stift den Hebel 91 aufhebt wenn der Zeitzähler in Ruhe ist, d. h. wenn das Sperrrad 78 mit dem ersten einer Reihe freier Zähne auf dem Sperrkegel ruht. Das U-förmige Platindraht taucht dann also nicht in den Quecksilbertropfen. So bald der Zeitzähler jedoch einen Sperrzahn weiter geht, fällt der Hebel 91 unter dem Stift 94 hindurch und der Stromkreis von den Klemmschrauben K 18 und K 19 wird geschaltet.

Um die Wirkungsweise der intermittierenden Drehung mit willkürlichen Zeitunterschieden zu erklären, nehme ich das obengenannte Beispiel von 15 Minuten 7 Sekunden und 14 Minuten 53 Sekunden. Auf das Sperrrad 78 werden dann drei Ausfüllungsscheiben geklemmt, welche an einer Stelle 7 Sperrzähne frei lassen, an einer anderen Stelle 1 Sperrzahn. Auf die Aluminiumscheibe 88 werden die beiden Klemmen 93 geschraubt, deren Stifte 94 in den beiden Ruheständen den Hebel 91 aufgehoben halten. Die Uhr wird jetzt in zwei verschiedene Weisen in Anspruch genommen. Erstens zählt sie die Zahl der ganzen Minuten, wobei der Zeitzähler dann noch die Sekunden fügt. Zweitens schaltet die Uhr jede Sekunde den Strom, der den Zeitzähler bewegen kann. In unserem Beispiel werden in die Minutenkontakte Scheibe vier Bolzen in gleichen Abständen geschraubt, in die Sekundenscheibe nur einer.

Die Wirkungsweise ist nun in der Schaltungsskizze Figur 13 zu ersehen. Die Wippe steht anfänglich nach links. Nach 15 Minuten schaltet die Uhr den ersten Stromkreis der Figur 13: von den drei Akkumulatoren

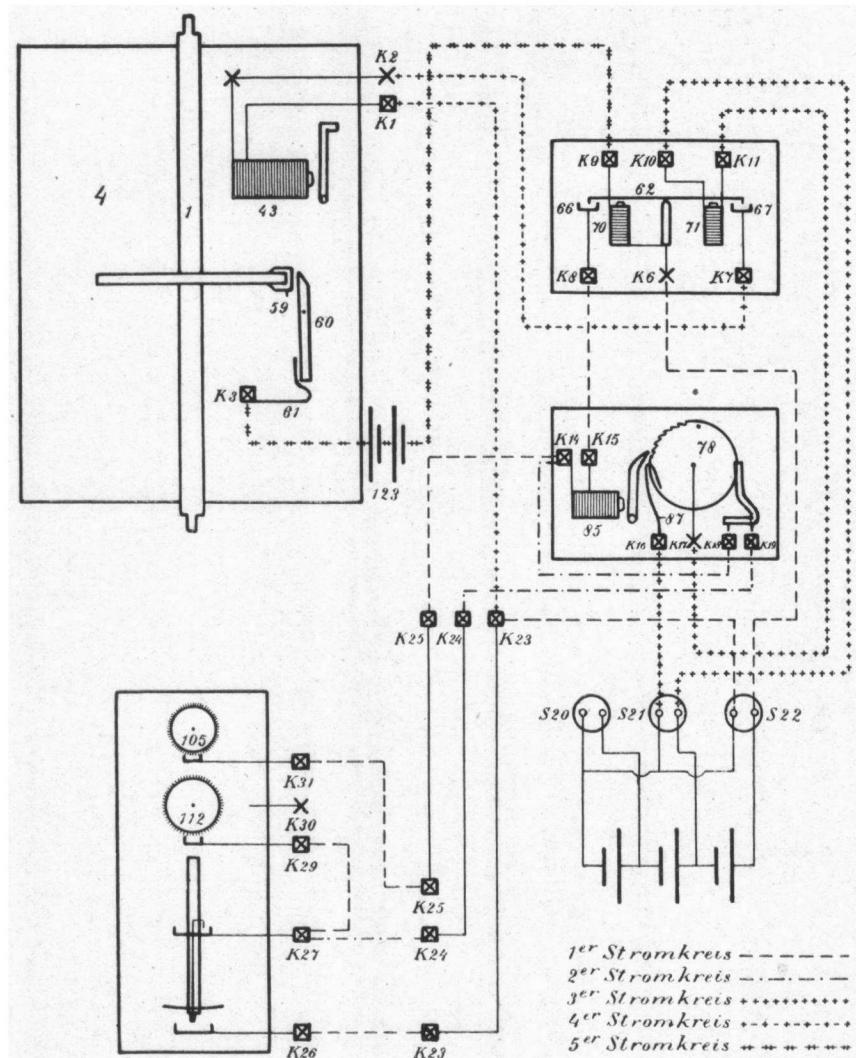


Fig. 13. Schaltungsskizze für die intermittierende Drehung mit willkürlichen Zeitunterschieden für die Stellungen in bestimmten Neigungslagen.

S 22 nach den Klemmschrauben K 23, K 26, durch den Pendelkontakt nach K 27, K 29, durch die beiden Kontakt-scheiben nach K 31, K 25, K 14, durch den Elektromagnet 85 des Zeitzählers nach K 15, K 8, durch die Wippe 62 nach K 6, nach den Akkumulatoren S 22 zurück. Es geht also ein Stromstoss durch den Elektromagnet 85 des Zeit-zählers, so dass das Sperrrad 78 einen Zahn weiter dreht. Dadurch fällt der Hebel 91 unter dem Stift 94 hindurch und sein U-förmiges Platindraht taucht hinein in die Quecksilbertropfen der Klemmschrauben K 18 und K 19. Jetzt ist der zweite Stromkreis der Figur 18 geschaltet: von den drei Akkumulatoren S 22 nach K 23, K 26, durch den Pendelkontakt nach K 27, K 24, K 19, K 18, K 14, durch die Wippe 62 nach K 6, nach S 22 zurück. Weil von den zwei oberen Ausfüllungsscheiben sieben Sperrzähne frei gelassen sind, wird das Sperrrad durch diesen zweiten Stromkreis noch während der zweiten bis siebenten Sekunde weiter bewegt. In der siebenten Sekunde dreht das Sperrrad nun schnell rund bis an den freien Sperrzahn zwischen zweiter und dritter Ausfüllungsscheibe. Der nächstfolgende Stift 94 hat in diesem zweiten Ruhestand den Hebel 91 wieder gehoben und somit den zweiten Stromkreis ausgeschaltet. Der Stift 86 ist dabei längs der Kontaktfeder 87 geschleift und hat den dritten Stromkreis der Figur 18 geschaltet: von den zwei Akkumulatoren S 21 nach Klemmschraube K 16, durch die Kontaktfeder 87, den Stahlstift 86 und das Metall des Zeitzählers nach K 17, K 11, durch den rechten Elektromagnet 71 der Wippe nach K 10, nach S 21 zurück. Die Wippe kippt dadurch in der siebenten Sekunde nach rechts, wodurch der zweite Stromkreis ebenfalls links bei der Quecksilberwanne 66 ausgeschaltet ist.

Der Zeitzähler bleibt zwar still stehen, jetzt ist aber der vierte Stromkreis der Figur 18 geschaltet: von den drei

Akkumulatoren S 22 nach K 6, durch die Wippe 62 und die Wanne 67 nach K 7, K 2, durch den Elektromagnet 43 des Klinostaten nach K 1, K 23 (das letzte nur zur bequemen Verbindung), nach S 22 zurück. Die Umdrehungsachse 1 fängt dadurch zu drehen an. Wenn das zweite Stahlmesser 59 dann den Hebel 60 gegen die Feder 61 drückt, wird der fünfte Stromkreis der Figur 13 geschaltet: S 22, K 6, durch den linken Elektromagnet 70 der Wippe nach K 9, durch die zwei Hilfsakkumulatoren 123 nach K 3, durch die Kontaktfeder 61 und den daran gepressten Hebel 60, durch die Fussplatte 4 des Klinostaten nach dem Elektromagnete 43, nach K 1, K 23, nach S 22 zurück. Alles geht nun gerade so wie es in Kapitel II erklärt wurde bei der Schaltungsskizze für Zeitunterschiede von ganzen Minuten in Figur 10. Die Wippe kippt nach links und steht also wieder fertig für den nächsten Kontakt der Uhr. Die Umdrehungsachse hält beim Zurückschnellen des Hebels 60 genau in der vorher bestimmten Stellung ein. Der vierte und fünfte Stromkreis der Figur 13 sind denn auch dieselben als der zweite und dritte Stromkreis der Figur 10.

15 Minuten nach dem ersten Kontakt der Uhr macht diese wieder einen Kontakt. Der entstandene Stromstoss geht durch den Elektromagnet 85 des Zeitzählers und stellt das Sperrrad 78 frei. Weil in dessen jetzigen Stellung nur ein Sperrzahn zwischen der zweiten und unteren Ausfüllungsscheibe frei steht, dreht das Sperrrad sogleich schnell rund bis an den ersten der folgenden sieben freien Sperrzähne. Der Stahlstift 86 der zweiten Scheibe schleift dabei längs der Kontaktfeder 87, wodurch die Wippe durch den dritten Stromkreis nach rechts kippt. Die Umdrehungsachse 1 fängt wieder zu rotieren an, bis sie ihre erste Stellung wieder erreicht hat.

Die erste Stellung wird also eingenommen während 15

Minuten 7 Sekunden, die zweite Stellung während 14 Minuten 53 Sekunden. Weil in dem Sperrrad 78 mehr als 60 Zähne frei gestellt werden können, kann man sehr verschiedene Zeitunterschiede für die beiden Stellungen der Umdrehungsachse wählen.

Die Zeit, welche die Umdrehungsachse bedürft um von der einen in die andere Stellung zu drehen, ist abhängig von der Grösse des Treibgewichtes 5 des Klinostaten und von der Stellung des Flügelregulators 46. Man kann sie mit Hülfe eines Chronometers bestimmen und in Rechnung bringen beim Wählen des Zeitunterschiedes.

Von Stoss beim Erreichen der neuen Stellung ist fast gar keine Rede.

K A P I T E L IV.

Gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause in einer bestimmten Stellung.

Es dient diese Wirkungsweise zur Bestimmung einer gewissen Art von Reizschwellen für geotropische oder heliotropische Reize. Wenn man arbeitet mit einem der bisherigen Klinostaten, der eine periodische Ungleichmässigkeit in seiner Drehung zeigt, soll man sich überzeugt haben, dass die durchschnittliche Ungleichmässigkeit die untere Reizschwelle der Versuchspflanzen nicht übersteigt.¹⁾ Die jetzt zu besprechende Wirkungsweise eröffnet die Gelegenheit, die betreffenden Reizschwellen direkt zu ermitteln aus einer konstanten und willkürlich gewählten periodischen Ungleichmässigkeit der Rotation.

Wenn bei jeder Umdrehung immer in derselben Stellung

1) Ph. van Harreveld, l.c. S. 305—309.

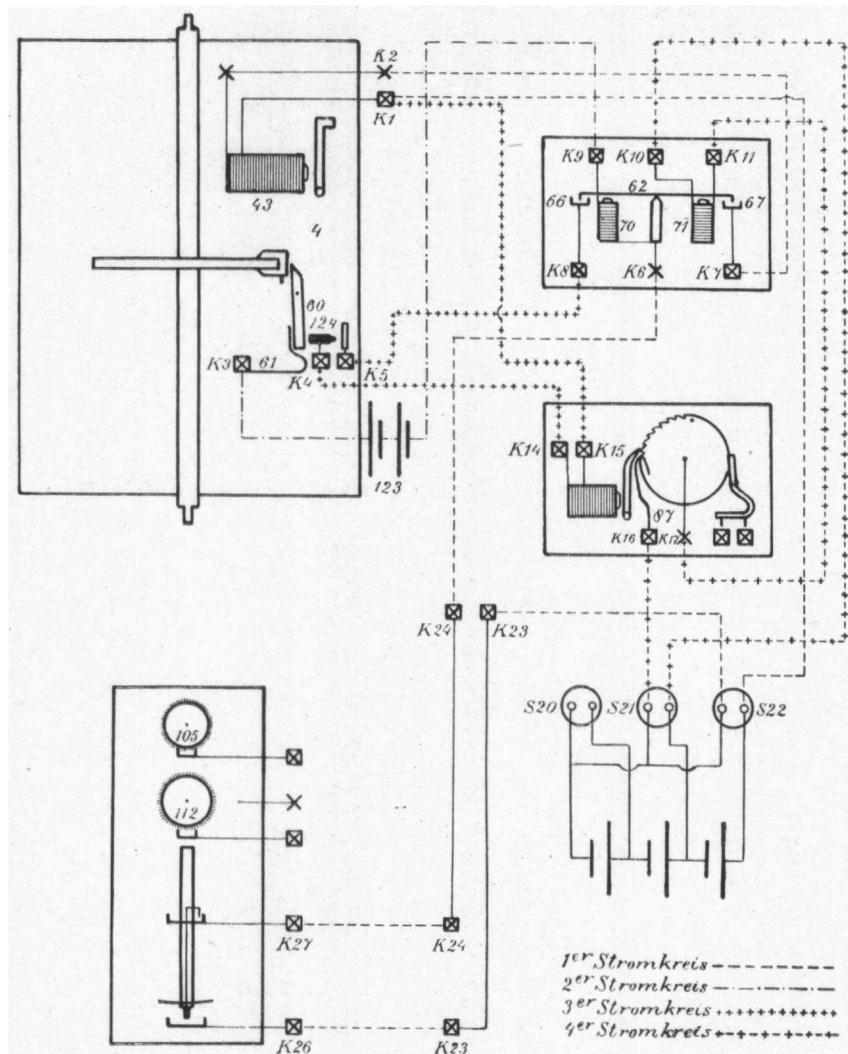


Fig. 14. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause von weniger als 80 Sekunden in einer bestimmten Stellung.

eine Ruhepause eintreten soll, wird diese Stellung wieder bestimmt durch das Messingstück 57 auf der Gradbogenscheibe 56. Wenn die Ruhepause von 1 bis etwa 80 Sekunden dauern soll, wird die Zahl der Sekunden bestimmt von den freigelassenen Sperrzähnen des Zeitzählers, der alsdann nur zwei Ausfüllungsscheiben trägt.

Die Wirkungsweise ist zu ersehen aus der Schaltungs-skizze Figur 14. Der erste Stromkreis dort ist: S 22, K 23, K 26, durch den Pendelkontakt, K 27, K 24, K 6, durch die Wippe 62 und die Wanne 67, K 7, K 2, durch den Elektromagnet 43 des Klinostaten, K 1, nach S 22 zurück. Diesem Strome zufolge dreht die Umdrehungsachse 1 in der gewöhnlichen Weise ruckweise rund. Sie wird jedoch angehalten in der Stellung, welche vom Messingstück 57 auf der Gradbogenscheibe 56 bestimmt ist, entsprechend der Beschreibung im zweiten Kapitel. Sobald das Stahl-messer 59 den Hebel 60 gegen die Kontaktfeder 61 presst, wird der zweite Stromkreis von Figur 14 geschaltet: S 22, K 23, K 26, durch den Pendelkontakt, K 27, K 24, K 6, durch den linken Elektromagnet 70 der Wippe, K 9, durch die Hilfsakkumulatoren 123, K 8, durch die Kontaktfeder 61 und den daran gepressten Hebel 60, durch die Fussplatte 4 des Klinostaten nach dem Elektromagnete 43, K 1, nach S 22 zurück. Wenn auch dieser Zweigstrom nicht im Stande ist um die Wippe nach links zu kippen, wie schon im zweiten Kapitel erwähnt, so tut dies doch der Stromkreis von den Hilfsakkumulatoren 123 nach K 9, durch den Elektromagnet 70 nach K 6, durch die Wippe 62 und die Wanne 67 nach K 7, K 2, durch die Fussplatte 4 und den Hebel 60 nach der Kontaktfeder 61, K 8, nach 123 zurück. Dieser Strom hat sich selbst zugleich mit dem nach links kippen der Wippe wieder ausgeschaltet, und dabei ist dann ebenso der erste Stromkreis ausgeschaltet. Der zweite Stromkreis erhält dann den vollen Strom. Er

wird aber einen Augenblick später ausgeschaltet, wenn der Hebel 60 unterm Stahlmesser 59 zurückschnellt. Dann steht die Umdrehungsachse 1 genau in der vorher bestimmten Stellung still.

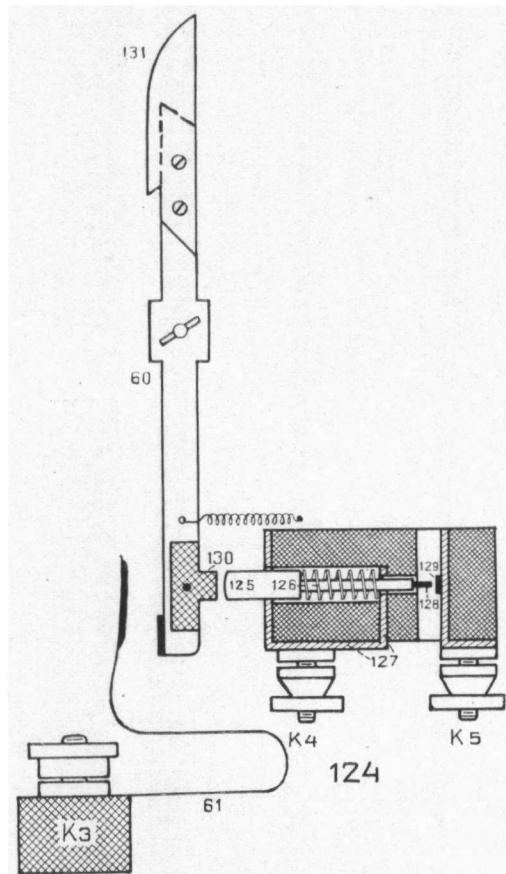


Fig. 15. Hebel 60 mit Kontaktfeder 61 und horizontaler Durchschnitt durch den Druckschalter 124 hinterm Hebel.
Natürliche Grösse.

Es tritt nun eine Vorrichtung in Wirkung, welche oben noch nicht beschrieben ist und dessen Durchschnitt in Figur 15 ist abgebildet. Hinter dem Hebel 60 steht der Schalter 124, der in seiner Konstruktion einige Ähnlichkeit hat mit dem Druckschalter einer elektrischen Klingel. Der Messingstab 125 ist der Druckknopf des Schalters. Er bewegt sich in einem Hartgummiblock, doch er steht durch die beiderseits angelötete Spiralfeder 126 in leitender Verbindung mit dem Kupferblech 127 und der Klemmschraube K 4. An seinem Ende trägt er den Platinstift 128, der gegen das Platinblech 129 gepresst werden kann; dann kommt er also in leitender Verbindung mit der Klemmschraube K 5. Der Hebel 60 trägt rechts unten ein kleines Hartgummistück 130, das den Druckknopf 125 nach rechts drückt, wenn der Hebel in Ruhe durch seine Spiralfeder nach rechts ist gezogen.

Jetzt können wir die Wirkungsweise verfolgen, nachdem die zwei ersten Stromkreise ausgeschaltet sind. So bald der Hebel 60 zurückgeschnellt ist, wird der Druckknopf 125 wieder nach rechts gedrückt. Weil die Wippe jetzt inzwischen nach links steht, ist nun der dritte Stromkreis der Figur 14 geschaltet: von S 22 nach K 23, K 26, durch den Pendelkontakt, nach K 27, K 24, K 6, durch die Wippe 62 und die Wanne 66 nach K 8, K 5, durch den Druckschalter 124, nach K 4, K 14, durch den Elektromagnet 85 des Zeitzählers nach K 15, — nach K 1 zur bequemen Verbindung —, nach S 22 zurück.

Der Zeitzähler fängt dadurch zu drehen an. Er zählt so viele Sekunden ab als Sperrzähne zwischen den beiden Ausfüllungsscheiben 79 und 80 frei gelassen sind. Dann dreht er in der letzten Sekunde schnell rund und schleift mit dem Stahlstift 86 längs der Kontaktfeder 87. So wird der vierte Stromkreis der Figur 14 für einen Augenblick geschaltet: von den zwei Akkumulatoren S 21 nach K 16,

durch die Kontaktfeder 87, den Stahlstift 86 und das Metall des Zeitzählers nach K 17, K 11, durch den rechten Elektromagnet 71 der Wippe nach K 10, nach S 21 zurück. Die Wippe kippt dadurch wieder nach rechts, wodurch der erste Stromkreis wieder geschaltet ist und der Klinostat wieder gleichmässig rückweise weiter dreht.

Wenn in mehreren Stellungen einer Umdrehung Ruhepausen eintreten sollen, müssen eben so viele U-förmige Messingstücke 57 auf die Gradbogenscheibe 56 geschraubt werden in den entsprechenden Abständen. Wenn die Ruhepausen nicht gleich lang sein sollen, müssen mehr als zwei Ausfüllungsscheiben in entsprechender Weise auf das Sperrrad 78 des Zeitzählers geklemmt werden.

Es ist nun der Fall zu besprechen, dass die Ruhepause länger als etwa 80 Sekunden dauern soll. Im Sperrrad 78 des Zeitzählers können nicht mehr als ungefähr 80 Zähne durch die Ausfüllungsscheiben frei gelassen werden. Alsdann kann man jedem Zahn einen grösseren Zeitwert geben durch Vermittlung der Sekundenscheibe 105 resp. der Minuten scheibe 112 der Kontaktvorrichtungen an der Uhr. Jeder Sperrzahn des Zeitzählers kann dann 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60 Sekunden oder eben so viele Minuten Zeitwert repräsentieren, wenn man die übereinstimmenden Schraubenbolzen in die Löcher der Kontakt scheiben schraubt und den Strom schaltet wie in der Schaltungsskizze Fig. 16.

Der Stromkreis durch die Kontakt scheiben wird jetzt verbunden mit einem kleinen isolierten Schalter an dem linken Ende der Wippe von Figur 9. Dort ist ein mittelst Hartgummi isoliertes U-förmiges Platindraht 69 befestigt, das in die isolierten Quecksilbertropfen 68 tauchen kann. Die beiden Tropfen 68 sind verbunden mit den Klemmschrauben K 12 und K 13. Bei der verbesserten Form der Wippe auf Tafel V unten ist dieser kleine Schalter in

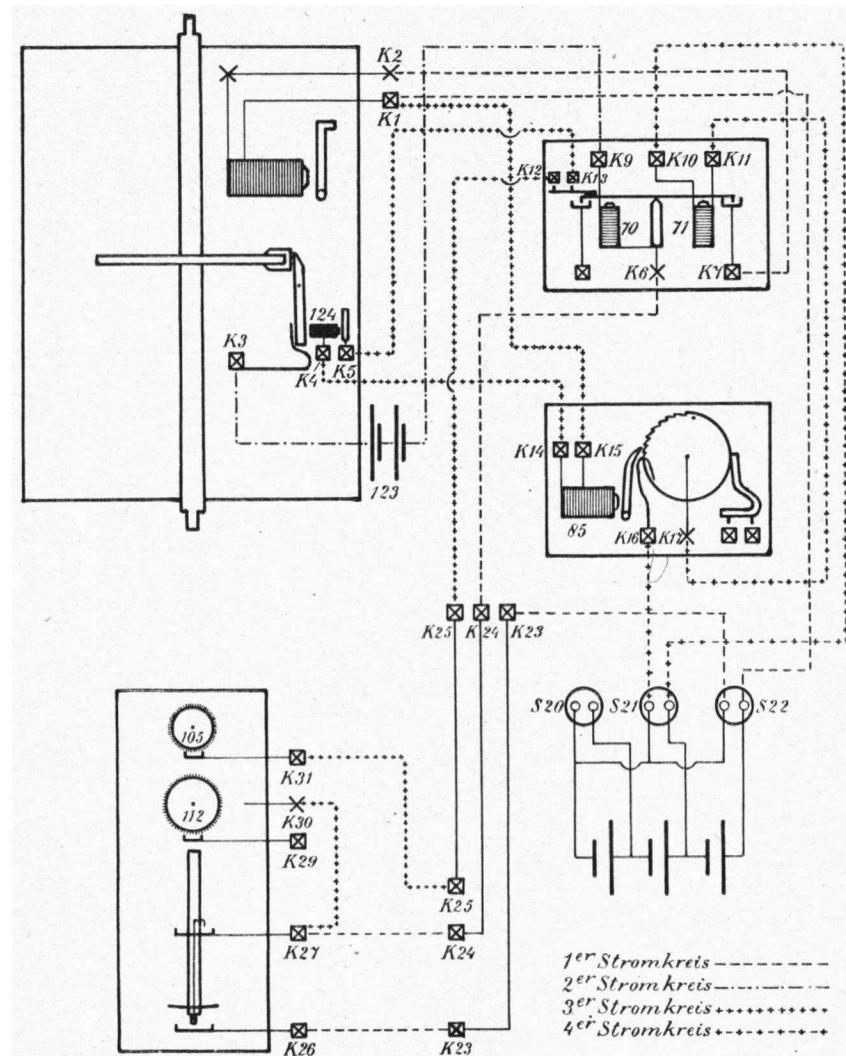


Fig. 16. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause von länger als 80 Sekunden in einer bestimmten Stellung.

derselben Weise links am Aluminiumstreifen in ein Stückchen Hartgummi befestigt; es ist wieder ein U-förmiges Platindraht, das in das Quecksilber der zwei kleinen Bohrlöcher im Mahagoniholz taucht.

Im Übrigen ist bei dieser Wirkungsweise alles ungefähr wie bei der vorigen von Figur 14. Sie ist aus der Schaltungsskizze Figur 16 zu ersehen. Der erste und zweite Stromkreis sind dieselben geblieben als in Figur 14. Nach dem Zurückschnellen des Hebels 60 wird der dritte Stromkreis geschaltet: von S 22 nach K 23, K 26, durch den Pendelkontakt nach K 27, (K 29 wenn die Ruhepause mehr als eine Stunde lang sein soll, sonst) K 30, durch die Sekundenkontakte scheibe 105 nach K 31, K 25, K 12, durch den kleinen isolierten Schalter nach K 18, K 5, durch den Druckschalter 124, nach K 4, K 14, durch den Elektromagnet 85 des Zeitzählers nach K 15, — nach K 1 zur bequemen Verbindung, — nach S 22 zurück. Der vierte Stromkreis ist dann wieder gerade wie in Figur 14.

Der Zeitzähler ermöglicht die verschiedenste Zeitdauer der Ruhepausen. Nur in einem besonderen Falle ist er überflüssig und genügen die Kontaktvorrichtungen der Uhr. Das ist der Fall, wenn die Ruhezeit eine gewisse ganze Zahl Minuten dauern soll. Die Umdrehungsachse 1 macht dann jedesmal nach einer gewissen Zeit eine gleichmässige Umdrehung. Umdrehungszeit und Ruhepause müssen dann zusammen teilbar auf 60 Minuten sein. Wenn der Klinostat z. B. in 6 Minuten eine Umdrehung macht, kann man diese Umdrehung jedesmal nach 10, 12, 15, 20, 30 oder 60 Minuten stattfinden lassen.

Die Schaltung ist die von Figur 17. Der erste Stromkreis geht von S 22' nach K 23, K 26, durch den Pendelkontakt nach K 27, K 24, K 6, durch die Wippe 62 und die Wanne 67 nach K 7, K 2, durch die Elektromagnet 43 des Klinostaten nach K 1, nach S 22 zurück. Wenn der Hebel 60

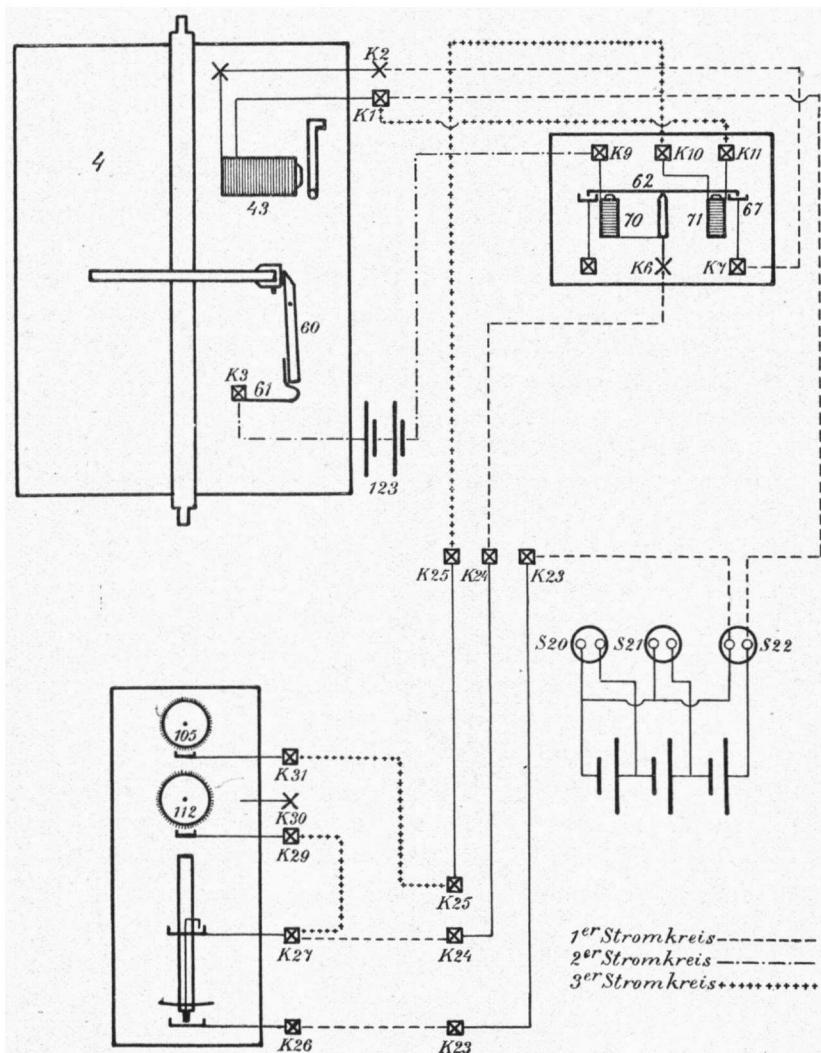


Fig. 17. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause einer abgerundeten Zahl Minuten in einer bestimmten Stellung.

gegen die Kontaktfeder 61 gepresst wird, ist der zweite Stromkreis geschaltet: S 22, K 23, K 26, durch den Pendelkontakt, K 27, K 24, K 6, durch den linken Elektromagnet 70 der Wippe, K 9, durch die Hilfsakkumulatoren 123 nach K 3, durch die Kontaktfeder 61, den Hebel 60 und die Fussplatte 4 des Klinostaten nach dem Elektromagnete 43, K 1, nach S 22 zurück. In der schon öfters erwähnten Weise wird die Wippe 62 von den Hilfsakkumulatoren nach links gekippt, und nach dem Zurückschnellen des Hebels 60 steht die Umdrehungsachse in der bestimmten Stellung still. Nach Ablauf der gewählten Anzahl Minuten schaltet die Uhr den dritten Stromkreis: von S 22 nach K 23, K 26, durch den Pendelkontakt, K 27, K 29, durch die Minuten scheibe 112 und die Sekundenscheibe 105 nach K 31, K 25, K 10, durch den rechten Elektromagnet 71 der Wippe nach K 11, — nach K 1 zur bequemen Verbindung —, nach S 22 zurück. Die Wippe kippt dadurch nach rechts und veranlasst so die nächstfolgende Umdrehung des Klinostaten.

Bei den Wirkungsweisen dieses Kapitels ist noch Folgendes zu bemerken. Wenn man hier das Sperrrad 41 mit 48 Zähnen verwendet, wobei die Umdrehungsachse jedesmal nur $\frac{1}{4}$ Grad weiter dreht, drückt das Messer 59 den Hebel 60 bisweilen bei der ersten Berührung so leise gegen die Kontaktfeder 61, dass eine leitende Verbindung von grossem Widerstande entsteht. Der Strom der Hilfsakkumulatoren 123 geht dann schon in genügender Stärke durch, nicht aber die kurzen Stromstösse welche durch das Pendel der Uhr geschaltet werden. Wenn die Wippe dann schon nach links kippt, bleibt der Klinostat still stehen. Dieses ist vorzubeugen indem man einen Widerstand vor der Klemmschraube K 7 einschaltet. Ich wendete den Regulierwiderstand an, der links auf dem Tischblatt auf Tafel IV zu sehen ist. Mit zwei Ohm Widerstand funk-

tionierte alles gut; die Wippe kippte dann noch nicht über bei der allerersten leisen Berühring von Hebel 60 und Feder 61, doch etwas später. Man kann den Gebrauch des Widerstandes jedoch vermeiden, wenn man hier nicht das Sperrad mit 48 Zähnen, doch das mit 24 oder 12 Zähnen anwendet.

K A P I T E L V.

Sonstige Wirkungsweisen des Klinostaten und seine Anwendung als Heliostat, nebst Schlussbemerkungen.

Im vorigen Kapitel wurde gehandelt von der Bestimmung von Reizschwellen mit Hülfe der gleichmässigen Drehung mit periodischer Ruhepause in einer bestimmten Stellung. Man könnte wünschen, solchen Experimenten andere gegenüberzustellen, wobei in der bestimmten Stellung eine beschleunigte Drehung anstatt einer Ruhepause stattfindet. Die Wirkung dieser zwei Arten von Ungleichmässigkeit wird wahrscheinlich dieselbe sein, wenn die Pflanzen jeden Partialreiz der Schwere empfinden.

Bei der erstgenannten Methode verursachen die Ruhepausen wiederholt in den befestigten Pflanzen einen einseitigen, nicht kompensierten Reiz in derselben Richtung.

Bei der letztgenannten Methode ist der Erfolg der periodischen Beschleunigung, dass während des nicht beschleunigten Bogenabstandes der Rotation ein stärkerer geotropischer Reiz auf die Pflanzen einwirkt als während des beschleunigten Bogenteiles. Die stärkeren Reize kompensieren unter sich ihre Wirkungen, ausgenommen der Wirkung eines Teiles, der einen eben so grossen Bogenabstand einnimmt wie der beschleunigte Teil, und dessen

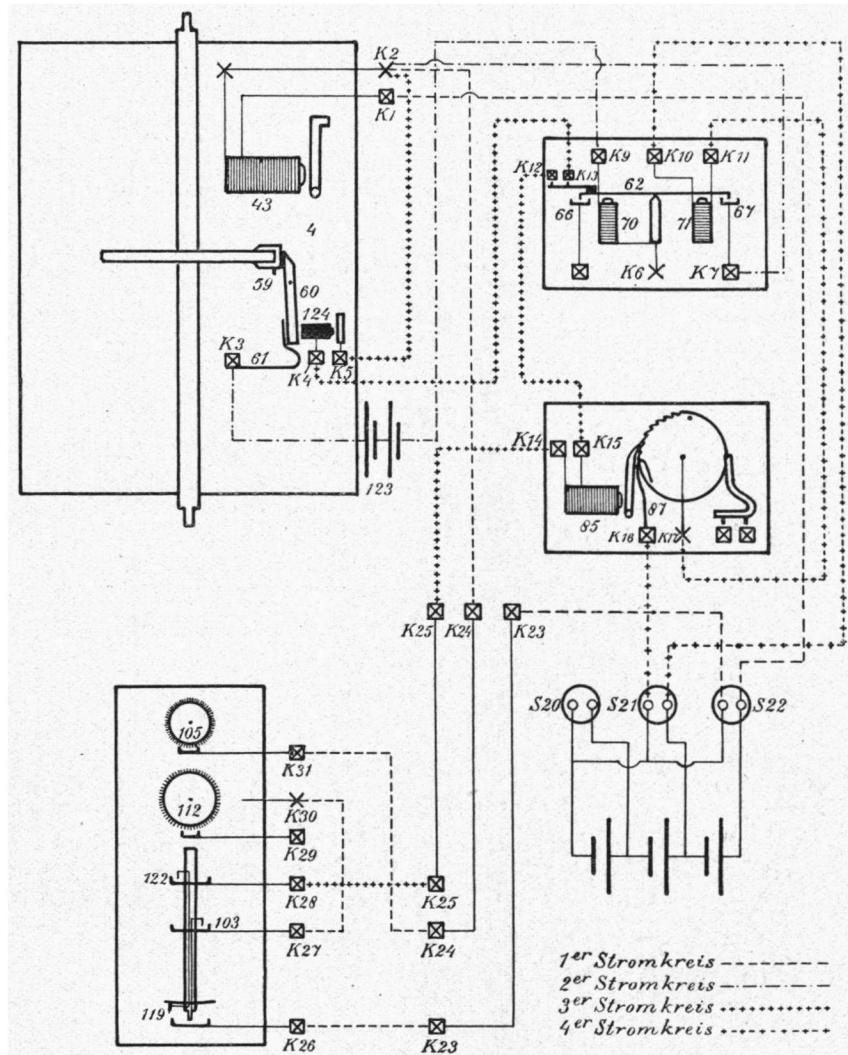
Richtung diesem gerade entgegengesetzt ist. Die Pflanzen empfinden alles zusammen genommen also die Wirkung eines Reizes, in Richtung dem beschleunigten Bogenteil entgegengesetzt und an Grösse dem totalen Betrag der Beschleunigung entsprechend.

Vielleicht wird es nützlich sein, beide Methoden anwenden zu können, damit sie einander kontrollieren können.

Der Strom wird für die beschleunigte Drehung geschaltet wie in der Skizze Figur 18. Der erste Stromkreis ist derselbe wie derjenige von Figur 7. Er geht von S 22 nach K 23, K 26, durch den Pendelkontakt nach K 27, K 30, durch die Sekundenkontakte Scheibe 105 nach K 31, K 24, K 2, durch den Elektromagnet 43 nach K 1, nach S 22 zurück. Wenn dieser Strom jede Sekunde geschaltet werden soll, muss K 27 selbstverständlich gleich mit K 24 verbunden werden.

Der erste Stromkreis bleibt bei dieser Wirkungsweise immer durchgehen, er wird durch die folgenden Stromkreise nicht ausgeschaltet. Wenn das Stahlmesser 59, welches die gewünschte Stellung bestimmt, den Hebel 60 gegen die Feder 61 presst, wird die Wippe 62 nach links gekippt durch den zweiten Stromkreis: von den Hilfsakkumulatoren 123 nach K 9, durch den Elektromagnet 70 nach K 6, durch die Wippe 62 und die Wanne 67 nach K 7, K 2, durch die Fussplatte 4 und den Hebel 60 nach der Kontaktfeder 61, K 3, nach 123 zurück. Dieser Strom hat sich dadurch bei der Wanne 67 zugleich wieder ausgeschaltet.

So bald das Stahlmesser 59 so weit gekommen ist, dass der Hebel 60 unter ihm zurück schnellt, wird der Druckschalter 124 hinterm Hebel wieder geschlossen, so dass jetzt der dritte Stromkreis geschaltet ist. Dieser geht durch eine noch nicht erklärte zweite Kontaktvorrichtung



am Pendel der Uhr. Unten am Pendel ist der Streifen von Aluminiumblech 118 der Figur 10 befestigt. Er ist bogenförmig ausgeschnitten mit einem Strahl gleich der Länge des Pendels. Der Streifen trägt einen Platinstift 119, der durch Hartgummi isoliert ist und den man in dem gewünschten Abstand von der Mitte des Streifens fest-schrauben kann. Der seidenumsponnene Kupferdraht 120 verbindet den Stift 119 mit dem nach unten gebogenen Platindraht 121, der im Quecksilber der oberen Wanne 122 hinterm Pendel hin und her bewegt. Der Stift 119 geht wie der mittlere Stift 96 jede Sekunde durch den Queck-silbertropfen 98 und kann also jede Sekunde einen Strom schalten in Abwechslung mit den Strömen des Stiftes 96.

Der dritte Stromkreis der Figur 18 ist nun der Folgende: von S 22 nach K 23, K 26, durch den zweiten Pendelkontakt 119 und die Wanne 122 nach K 28, K 25, K 14, durch den Elektromagnet 85 des Zeitzählers nach K 15, K 12, durch den jetzt geschlossenen kleinen isolierten **U**-förmigen Schalter an der linken Seite der Wippe, nach K 13, K 4, durch den Druckschalter 124 nach K 5, K 2, durch den Elektromagnet 43 des Klinostaten nach K 1, nach S 22 zurück.

So lange dieser dritte Stromkreis geschaltet ist, erfährt die Drehung des Klinostaten also eine Beschleunigung von einem Sperrzahn pro Sekunde, das ist eine Verdoppelung oder eine Vervielfachung der Geschwindigkeit, je nachdem der erste Stromkreis jede Sekunde oder nach mehr Sekunden geschaltet wird. An der rechten Seite des Streifens 118 kann behufs noch grösserer Beschleunigung ein dritter Platinstift befestigt werden, der mit dem Stift 119 in leitender Verbindung steht und dann jede Sekunde noch für das dritte Mal den Strom schaltet. Der Klinostat kann jedoch nicht noch mehr als drei Mal innerhalb einer Sekunde einen Sperrzahn weiter gehen, wegen der unvermeidlichen Trägheit beim Anfangen der Bewegung.

Der dritte Stromkreis passierte den Elektromagnet 85 des Zeitzählers. Dieser zählt also zugleich die Sekunden, während welcher die Beschleunigung stattfinden soll. In der letzten Sekunde dreht das Sperrrad des Zeitzählers in der bekannten Weise schnell rund, wobei der Stift 86 der oberen Ausfüllungsscheibe die Kontaktfeder 87 berührt. Dadurch wird der vierte Stromkreis geschaltet: von S 21 nach K 16, durch die Kontaktfeder 87 und den Zeitzähler nach K 17, K 11, durch den rechten Elektromagnet 71 der Wippe nach K 10, nach S 21 zurück. Die Wippe kippt somit nach rechts und steht fertig für die nächstfolgende Beschleunigung der Klinostatendrehung.

Bei dieser Wirkungsweise muss die Stromspannung besser etwas höher als 6 Volt genommen werden, weil im dritten Stromkreis die zwei Elektromagnete 85 und 43 hinter einander geschaltet sind. Der kurze Stromstoss wird dann störend beeinflusst von der Selbstinduktion der zwei verschiedenen Elektromagnete. Es wäre besser, dies künftig zu beseitigen durch eine kleine Abänderung in der Konstruktion.

Selbstinduktion ist auch eine der Ursachen, warum bei verschiedenen Wirkungsweisen der vorigen Kapitel die Hilfsakkumulatoren 123 nötig sind.

Die Zahl der Wirkungsweisen möchte mit den besprochenen nicht erschöpft sein. Durch kleine Abänderungen wird man mannigfaltige Drehungsweisen erhalten können, wenn diese für Experimente anderer Art verlangt werden sollten.

Ohne weiteres gestattet die Konstruktion des Klinostaten eine Anwendung als sehr starker und zuverlässiger Heliostat, was z. B. für Assimilationsversuche auch in einem botanischen Laboratorium erwünscht sein kann. Als Rotationszeit muss dann also 24 Stunden gewählt werden. Wenn von den Sperrräder 41 dasjenige mit 48

Zähnen benutzt wird, muss dazu die Uhr jede Minute einmal den Strom schalten. Es wird ein Bolzen in die Sekundenkontakte Scheibe 105 geschraubt und der Strom wird geschaltet wie in der Skizze Figur 11. Die Umdrehungsachse wird in der Richtung Nord-Süd gestellt und dann mit ihrem Holzblock 47 so weit gehoben, dass sie genau in der Richtung der Erdachse steht. Der drehbare Heliostatenspiegel wird an das obere Ende der Umdrehungsachse befestigt und er wird so gestellt, dass er die Sonnenstrahlen in die Richtung der Erdachse bzw. der Umdrehungsachse 1 reflektiert. Wenn die Umdrehungsachse dann in 24 Stunden einmal dreht, bleibt diese Strahlenrichtung dieselbe. Ein fest aufgestellter zweiter Spiegel oder ein Glasprisma reflektiert das Lichtbündel in die Richtung, wo man es für etwaige Experimente anwenden will.

Durch die Bewegung der Sonne wird das Strahlenbündel in jeder Minute $\frac{1}{4}$ Bogengrad von seiner ersten Richtung abgelenkt. Nach jeder Minute ist die Richtung jedoch wieder die ursprüngliche. Die Ablenkung von der mittleren Richtung ist also nur $\frac{1}{4}$ Bogengrad, was für botanische Zwecke in den meisten Fällen wohl nicht hindern wird, zumal weil die Umdrehungsachse einen sehr grossen Spiegel tragen kann.

Durch eine entsprechende Veränderung des Gesperres der Umdrehungsachse wäre übrigens die Ablenkung bis auf $\frac{1}{4}\pi$ Bogengrad herabzusetzen, wenn die Uhr jede Sekunde den Strom schalten würde.

Die Kontaktvorrichtungen der Uhr sind an sich für mancherlei Zwecke brauchbar und werden z. B. als Chronograph für selbstregistrierende Instrumente benutzt.

Zuletzt möchte ich noch einiges erörtern über die Zuverlässigkeit des neuen Instrumentes. Soll man die Versuche

nicht misstrauen, die mit einem Instrumente angestellt sind das mit so vielen elektrischen Kontakten arbeitet?

Dass von den Versuchen wohl einmal einer misslingen wird, ist wohl gewiss. Doch braucht man dadurch die anderen Versuche nicht zu misstrauen. Erstens treten eventuelle Fehler nicht periodisch in jeder Umdrehung auf, wie bei den älteren Klinostaten. Dadurch verlieren sie schon fast alle Bedeutung. Und zweitens wird man immer genau über eventuelle Fehler informiert durch die zwei Zählapparate auf der Umdrehungssachse 1 des Klinostaten und auf der Achse 72 des Zeitzählers. Kein Versuch soll in Rechnung getragen werden, wenn nicht die zwei Zählapparate Garantie für den exakten Gang geleistet haben. Dadurch kann man also eine vollkommene Sicherheit erlangen, ungeachtet der Störungsmöglichkeiten des Instrumentes.

Derjenige, der mit dem Instrumente arbeitet, braucht keine genaue Übersicht seiner Wirkung zu haben. Die Schaltungsskizzen ermöglichen es, die verschiedenen Wirkungsweisen in Gang zu setzen, indem man nur nach den Nummern die nötigen Drahtverbindungen schaltet. Dazu ist bei jeder Klemmschraube die Nummer gemalt, mit welcher sie in den Schaltungsskizzen und im Text verzeichnet ist.

Geübte Aufsicht ist nötig um die Kontakte in guten Stand zu erhalten, die Zapfen zu schmieren und eventuelle Fehler abzuheften. Letztere wurden am schnellsten aufgefunden, indem ich mit Rheostat und Galvanometer die elektrischen Widerstände zwischen den verschiedenen Klemmschrauben bestimmte.

Den Haag, 22 Juli 1911.

ÜBERSICHT DER FIGUREN.

	Seite.
Fig. 1. Perspektivische Ansicht des Klinostaten	175
Fig. 2. Obenansicht des Klinostaten	176
Fig. 3. Vorderansicht des Klinostaten	177
Fig. 4. Rechte Seitenansicht des Klinostaten	178
Fig. 5. Längsschnitt durch die Vorrichtung zum Treiben und Aufziehen des Klinostaten	180
Fig. 6. Kontaktvorrichtungen an der Uhr	185
Fig. 7. Schaltungsskizze für die einfache Drehung des Klinostaten	190
Fig. 8. Teil der Gradbogenscheibe 56 des intermittierenden Klinostaten, mit U-förmigen Messingstücken	193
Fig. 9. Wippe zum Umschalten der Ströme beim intermittierenden Klinostaten	194
Fig. 10. Schaltungsskizze für die intermittierende Drehung nach gleichen oder um ganze Minuten verschiedenen Zeiten	197
Fig. 11. Zeitzähler	201
Fig. 12. Untere und obere Ausfüllungsscheibe des Zeitzählers	202
Fig. 13. Schaltungsskizze für die intermittierende Drehung mit willkürlichen Zeitunterschieden	206
Fig. 14. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause von weniger als 80 Sekunden	210
Fig. 15. Hebel 60 mit Kontaktfeder 61 und Druckschalter 124	212

	Seite.
Fig. 16. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause von länger als 80 Sekunden	215
Fig. 17. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Ruhepause einer abgerundeten Zahl Minuten	217
Fig. 18. Schaltungsskizze für die gleichmässige Drehung mit periodischer Beschleunigung .	221
Tafel IV. Foto des Klinostaten, mit dem Tisch für den Zeitzähler, die Wippe und die Hilfsakkumulatoren.	
± $\frac{1}{4}$ der nat. Gr.	
Tafel V.	
Obere Figur. Foto des Klinostaten in senkrechter Stellung.	
± $\frac{1}{4}$ der nat. Gr.	
Untere Figur. Foto der Wippe zum Umschalten der Ströme; verbesserte Form.	
± $\frac{1}{2}$ der nat. Gr.	

ERKLÄRUNG DER FIGUREN.

Derselbe Unterteil ist in allen Figuren mit derselben Nummer verzeichnet; diese Nummern sind im Text kursiv gedruckt.

Die Hartgummiteile sind in den Figuren kreuzweise schraffiert.

	Figur.
1 bis 55. Teile des gewöhnlichen Klinostaten.	
1. Umdrehungsachse	1, 2, 3, 4.
2. Vorderes Kugellager der Umdrehungsachse.	1, 2, 3, 4.
3. Hinteres " " "	2, 4.
4. Fussplatte des Klinostaten	1, 2, 3, 4.
5. Treibgewicht von Bleischeiben (Taf. IV u. V oben)	1, 2.
6. Flaschenzugrolle des Treibgewichtes . .	1.
7. Darmsaite des Treibgewichtes	1, 2, 3, 4.
8. Unbewegbares Stativ	1, 2, 3.
9. Vorsprung desselben zur Befestigung des Endes der Darmsaite 7	1, 2, 3.
10, 11 und 12. Rollen der Darmsaite 7 . . .	1, 2, 3.
13. Windetrommel	1, 2, 4, 5.
14. Umlaufgetriebe	1, 2, 3, 4, 5.
15. Zahnrad mit 120 Zähnen, Bodenrad. . . .	1, 2, 3, 4, 5.
16. " " 60 "	1, 2, 4.
17. Nabe für das Aufziehen des Treibgewichtes.	1, 2, 3, 4, 5.
18. Messingplatte auf der Windetrommel . .	2, 4, 5.
19 und 20. Zapfen der Messingplatte 18 . .	5.
21 und 22. Planetenräddchen	5.
23. Sonnenräddchen	5.
24. Hohlrad mit innerer Verzähnung	5.

	Figur.
25. Sperrrad der Nabe 17	1, 2, 4, 5.
26. Sperre des Sperrrades 25.	3, 4, 5.
27. Schnurscheibe	1, 2, 4, 5.
28. Schnur des Elektromotors 29	1, 2, 3.
29. Elektromotor $\frac{1}{6}$ P. S.	1, 2, 3.
30. Lederkupplung	2.
31. Schraubenvorgelege	1, 2, 3.
32. Saiten-Konus desselben	1, 2, 3.
33. Zentrifugalpendel desselben.	1, 2, 3.
34. Sicherungsvorrichtung zum Ausschalten des Motorstromes	1, 2, 3.
35. Wippe zum Schalten des Motorstromes . .	1, 2.
36. Löcher mit Quecksilber	1.
37. Kleines Gewicht zum Ausschalten -des Motorstromes	1, 2.
38. Zahnrad auf der Umdrehungsachse 1 . .	1, 2, 3, 4.
39. Erstes Zahnrad der Hemmungsvorrichtung.	3, 4.
40. Achse der Sperrräder 41	1, 2, 3, 4.
41. Sperrräder mit resp. 12, 24 und 48 Zähnen	1, 2, 3, 4.
42. Sperrkegel am Anker des Elektromagne- ten 43	1, 2, 3, 4.
43. Elektromagnet	1, 2, 3, 4.
44. Exzentrische Scheibe mit Griff, zum Ab- stellen des Sperrkegels 42	2.
45. Gehäuse der Spiralfeder des Sperrkegels 42.	1, 2, 3, 4.
46. Flügelregulator	1, 2, 3, 4.
47. Drehbares Holzblock der Fussplatte 4 . .	1, 2, 3, 4.
48. Scharniere desselben	1, 2, 3, 4.
49. Drehbares Holzblock des Motors 29 . . .	1, 2, 3.
50. Scharniere desselben	2, 3.
51 und 52. Feste Holzblöcke	1, 3.
53. Sandsteinblock	1, 3, 4.
54. Eisernes Gestell (Taf. IV und V oben) . .	1, 2.

Figur.

55. Geschlitzte Eisenschienen mit Bettschrauben	1, 2, 3, 4.
56 bis 61. Teile des intermittierenden Klinostaten.	
56. Messingscheibe mit Gradteilung	1, 2, 3, 4, 8.
57. U-förmige Messingstücke, welche auf die Scheibe 56 festgeschraubt werden	1, 2, 3, 4, 8.
58. Radius, der im Messingstück 57 geritzt ist.	8.
59. Kurzes Stahlmesser, dessen scharfe Kante im Radius 58 steht	4, 8.
60. Stahlerner Hebel	1, 2, 3, 4, 15.
61. Isoliert befestigte Kontaktfeder	1, 3, 4, 15.
62 bis 71. Teile der Wippe zum Umschalten der elektrischen Ströme.	
62. Horizontaler Teil der Wippe	9.
63 und 64. Verstellbare Messinggewichte	9.
65. Platinstift, der an beiden Enden der Unterseite der Wippe sitzt	9.
66 und 67. Eiserne Quecksilberwannen	9.
68. Isolierte Quecksilbertropfen	9.
69. Isoliert befestigtes U-förmiges Platindraht hinten am linken Ende der Wippe	9.
70 und 71. Elektromagnete der Wippe	9.
72 bis 94. Teile des Zählzählers.	
72. Hauptachse des Zählzählers	11.
73. Darmsaite von dessen Treibgewicht	11.
74. Windetrommel	11.
75. Aufziehwelle der Windetrommel	11.
76. Flügelregulator	11.
77. Hervorragender quadratischer Teil der Hauptachse 72	11.
78. Sperrrad mit 120 Zähnen	11.
79. Untere Ausfüllungsscheibe	11, 12.
79a. Loch für den Bolzen 81	12.

	Figur.
80. Obere Ausfüllungsscheibe	11, 12.
80a. Schlitz für den Bolzen 81	12.
81. Bolzen des Sperrrades 78 mit Schrauben- mutter	11.
82. Schraubenmutter auf der Hauptachse 72 .	11.
83. Contremutter der Mutter 82	11.
84. Sperrkegel des Sperrrades 78	11.
85. Elektromagnet des Zeitzählers	11.
86. Stahlstift am Vorderrand der oberen Scheibe 80	11, 12.
87. Kontaktfeder des Zeitzählers	11.
88. Aluminiumscheibe auf der Hauptachse 77.	11.
89. Klemme mit Stab auf dieser Scheibe . .	11.
90. Gewichtchen, auf dem Stab verschiebbar zum Zentrieren	11.
91. Langer Schenkel eines Hebels	11.
92. Hartgummiblöckchen mit U-förmigem Pla- tindraht am kurzen Schenkel dieses Hebels.	11.
93. Klemme auf der Scheibe 88	11.
94. Stift an dieser Klemme	11.
95 bis 122. Teile der Kontaktvorrichtungen an der Uhr.	
95. Sekundenpendel der Uhr	6.
96. Platinstift am unteren Ende des Pendels .	6.
97. Holzblöckchen unterm Pendel	6.
98. Loch darin, mit Quecksilber überfüllt .	6.
99. Schiefe Seiten des Holzblöckchen neben dem Quecksilbertropfen 98	6.
100. Seidenumspontenes Kupferdraht an dem Platinstift 96	6.
101. Holzstab des Pendels	6.
102. Nach unten gebogenes Platindraht oben am Kupferdraht 100	6.

Figur.

103. Spaltförmige hölzerne Quecksilberwanne hinterm Pendel	6.
104. Sekundenkontaktvorrichtung	6.
105. Messingscheibe auf dem Sekundenzapfen .	6.
106. Hartgummischeibe welche mit der Messingscheibe 105 verbunden ist	6.
107. 60 Löcher, welche von kleinen Schraubenbolzen ausgefüllt werden können	6.
108. 60 Stahldrähtchen, welche am Aussenrand der Scheibe 106 in 60 radialen Messingdrähte geschlagen sind	6.
109. Eiserne Wanne von schmal rechtwinkliger Form, überfüllt mit Quecksilber	6.
110. Quecksilberreservoir das mit der Wanne 109 kommuniziert	6.
111. Minutenkontaktvorrichtung	6.
112. Messingscheibe auf der Minutenwelle . .	6.
113. Hartgummischeibe	6.
114. 60 Löcher, von kleinen Schraubenbolzen ausfüllbar	6.
115. 60 Stahldrähtchen am Aussenrand der Scheibe 113	6.
116. Quecksilberwanne	6.
117. Kommunizierendes Reservoir	6.
118. Aluminiumstreifen am Pendel	6.
119. Isoliert befestigter zweiter Platinstift . .	6.
120. Isoliertes Kupferdraht am Platinstift 119 .	6.
121. Nach unten gebogenes Platindraht oben am Kupferdraht 120	6.
122. Obere Quecksilberwanne hinterm Pendel .	6.
123. Hilfsakkumulatoren, sichtbar unterm kleinen Tisch auf Tafel IV, und angedeutet in den Schaltungsskizzen . . . 10, 13, 14, 16, 17, 18.	

Figur.

I24 bis **I31.** Besondere Vorrichtungen am Klinostaten.

124. Druckschalter hinterm Hebel 60	1, 2, 3, 4, 15.
125. Messingdruckknopf.	2, 3, 15.
126. Spiralfeder	15.
127. Kupferblech in Verbindung mit der Klemmschraube K 4	1, 15.
128. Platinstift am Druckknopf 125	3, 15. -
129. Platinblech, in Verbindung mit der Klemmschraube K 5	15.
130. Hartgummistück rechts unten am Hebel 60	3, 15.
131. Stählernes Stück, das eventuell auf den Hebel 60 geschraubt wird bei Drehung des Klinostaten rechtsum	15.

K 1 bis **K 5.** Klemmschrauben am Klinostaten selbst.

K 1. Klemmschraube des Elektromagneten 43 des Klinostaten	2.
K 2. Klemmschraube welche mit der Fussplatte 4 und sonstigen Metallteilen des Klinostaten verbunden ist	2.
K 3. Klemmschraube der Kontaktfeder 61 . . 1, 2, 3, 4, 15.	
K 4. " des Druckschalters 124. 1, 2, 3.	
K 5. " " " 124. 1, 2, 3, 4.	

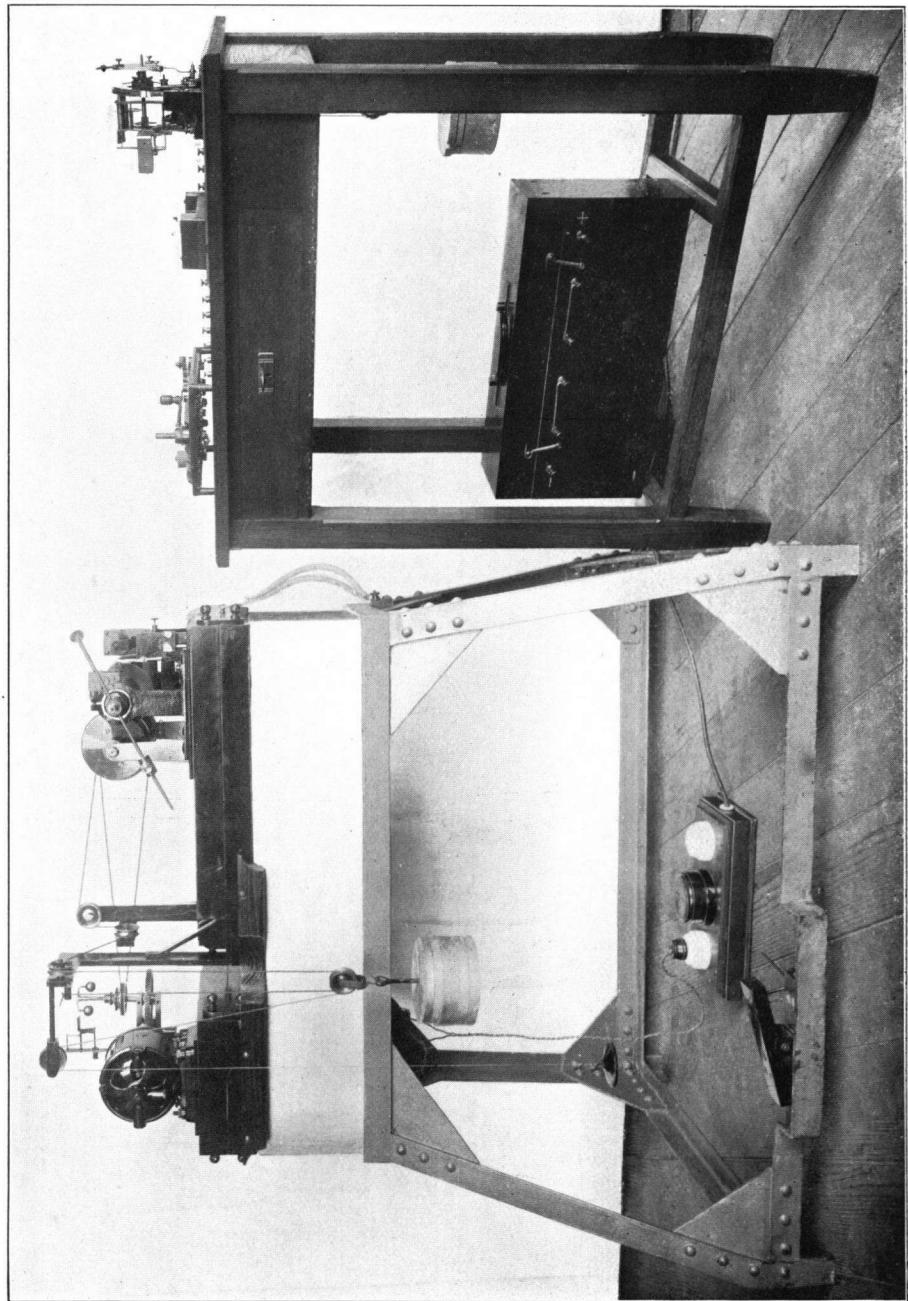
K 6 bis **K. 13.** Klemmschrauben der Wippe.

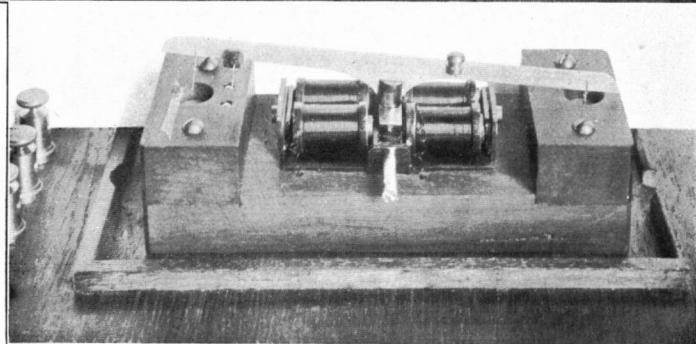
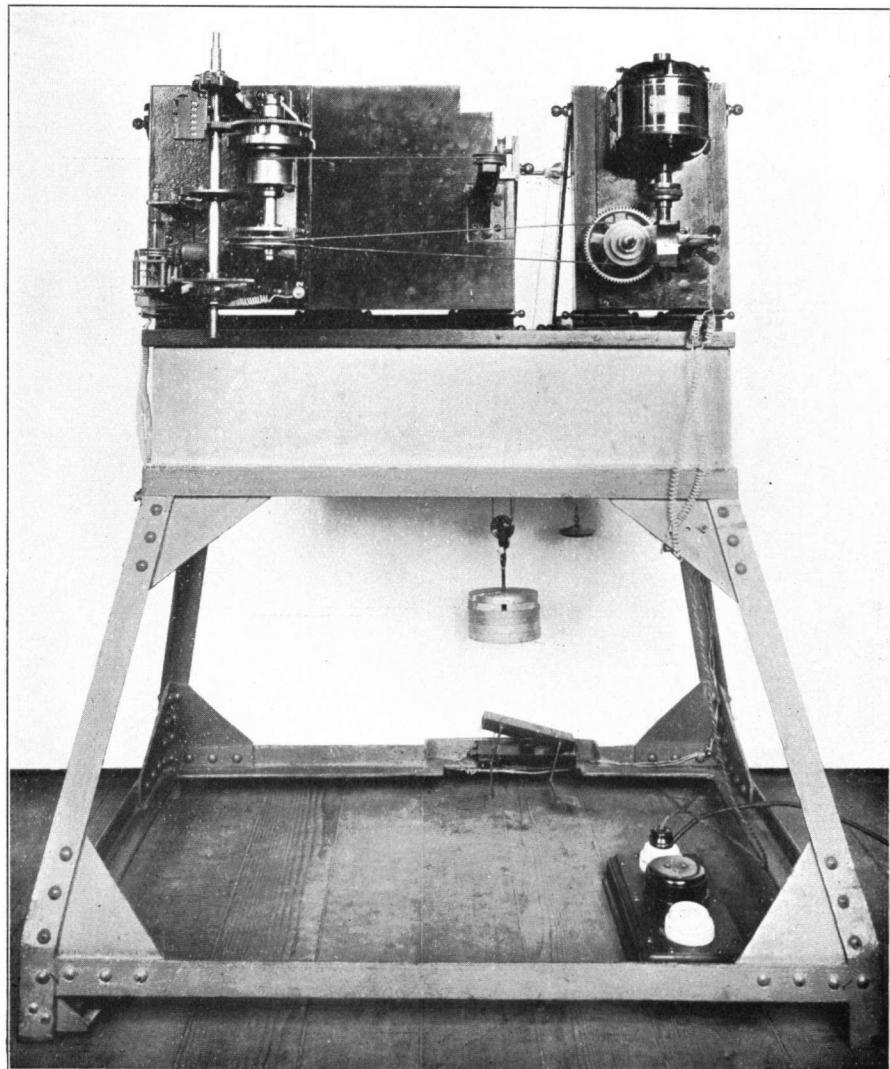
K 6. Klemmschraube, welche direkt mit dem Metall der Wippe 62, sowie mit dem Elektromagnete 70 verbunden ist	9.
K 7. Klemmschraube an der rechten Quecksilberwanne 67	9.
K 8. Klemmschraube an der linken Quecksilberwanne 66	9.

	Figur.
K 9. Klemmschraube an dem linken Elektromagnete 70 der Wippe	9.
K 10 und K 11. Klemmschrauben an dem rechten Elektromagnete 71 der Wippe	9.
K 12 und K 13. Klemmschrauben des isolierten Schalters 69 der Wippe	9.
K 14 bis K 19. Klemmschrauben des Zeitzählers.	
K 14 und K 15. Klemmschrauben des Elektromagneten 85 des Zeitzählers	11.
K 16. Klemmschraube an der Kontaktfeder 87.	11.
K 17. " welche mit dem Sperrrad 78 und den zugehörigen Teilen des Zeitzählers verbunden ist	11.
K 18 und K 19. Klemmschrauben des isolierten Schalters 92 des Zeitzählers	11.
S 20 bis S 22. Steckdosen der Akkumulatoren, angedeutet in den Schaltungsskizzen	7, 10, 13, 14, 16, 17, 18.
S 20. Steckdose für 1 Akkumulator.	
S 21. " 2 Akkumulatoren.	
S 22. " 3 "	
K 23, K 24 und K 25. Klemmschrauben an den drei festen Leitungsdrähten von den Arbeitszimmern nach der Uhr, angedeutet in den Schaltungsskizzen.	
K 26 bis K 31. Klemmschrauben an den Kontaktvorrichtungen der Uhr.	
K 26. Klemmschraube an der Quecksilberwanne 98 unter der Pendel spitze	6.
K 27. Klemmschraube an der unteren Quecksilberwanne 103 hinter dem Pendel	6.

Figur.

- | | |
|---|----|
| K 28. Klemmschraube an der oberen Quecksilberwanne 121 hinter dem Pendel | 6. |
| K 29. Klemmschraube an der Quecksilberwanne 116 der Minutenkontakte Scheibe 112 | 6. |
| K 30. Klemmschraube, welche mit dem Metall der Uhr und somit auch mit den Achsen der Kontakt Scheiben 105 und 112 in Verbindung steht | 6. |
| K 31. Klemmschraube an der Quecksilberwanne 109 der Sekundenkontakte Scheibe 105 | 6. |





J. VEENHOFF, Phot.