

Elektrotechnik für Uhrmacher

Einrichtung, Anlage und
Betrieb elektrischer
Zeitmesser

von

Johannes Zacharias

Zweite Auflage
mit Abbildungen im Texte und
∴ drei besonderen Tafeln ∴

BERLIN

1920

Verlag der Deutschen Uhrmacher - Zeitung

Alle Rechte
insbesondere das Recht der Übersetzung in andere Sprachen
vom Verlage vorbehalten.

Copyright by Deutsche Uhrmacher-Zeitung, Berlin SW 68.

Man beachte die Druckfehler-Berichtigung
auf Seite 237.

Inhalts-Verzeichnis.

Vorwort zur ersten und zweiten Auflage	V, VII
Einleitung.	
Die elektrischen Maße	3
Die Elektromagnete	4
Polarisierte Elektromagnete	5
I. Ueber die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen.	
Allgemeines	7
Allgemeine Grundsätze	12
Der Aether	13
Die Elektrizität	15
Der Magnetismus	18
Die Induktion	26
II. Elektrische Zeitmesser.	
Allgemeines	32
Das Pendel und dessen Antrieb	37
Das Nickelstahl-Kompensationspendel	40
Kompensiertes Holzpendel	41
Hemmung von Dr. Riefler	42
Hemmung von Prof. Strasser	44
1. Elektrische Einzeluhren.	
a) Elektromagnetische Triebkraft	45
System M. Hipp	46
Stromschlußvorrichtung für das Hipsche Pendel der Siemens & Halske A. - G.	48
System H. Aron	49
Pendelschwankungen mechanisch angetriebener Unren	55, 237
Beseitigung der Unterbrechungsfunken	56
Motorpendel Edmund Pfeiffer	57
Konstruktion Caesar Vogt	61
System der Eureka Clock Co.	62
b) Elektrischer Federaufzug	65
System H. Aron	65
System der Möller-Uhr Gesellschaft m. b. H.	70
Elektrische Uhr von David Perret	76
Elektrische Uhr der Gesellschaft „Normalzeit“	81
System Riefler	83
Aufzug-Elektromotor von C. Bohmeyer	85
2. Zentraluhren-Anlagen.	
Allgemeines	87
Die Hauptuhren	89
Zeitverteilungs-System M. Hipp	89
Zeitverteilungs-System von Siemens & Halske A.-G.	92
Zeitverteilungs-System der Gesellschaft „Normalzeit“	101
Das amtliche Zeitsignal	108
Zeitverteilungs-System der Deutschen Magneta A.-G.	115
Die Induktoren zur Stromerzeugung	117
Schiffs-Hauptuhr	122
Zeitdienstanlagen für Sternwarten	123
Hauptuhren unter Luftabschluß	124
Stromschlußvorrichtungen an transportablen Chronometern	125
System der A. E. G. Elektro-Uhr G. m. b. H.	127
3. Nebenuhren.	
Allgemeines	134
System C. Theod. Wagner	135
System C. Bohmeyer	138

System Siemens und Halske A.-G.	139
System der A. E. G. Elektro-Uhr G. m. b. H.	141
System der Deutschen Magneta A.-G.	142
System Peyer, Favarger & Cie.	143
System der Aron Elektrizitäts-Gesellschaft	145
System Riefler	148
Die Turmuhr als Nebenuhr	150
Vorzüge elektrischer Nebenuhren	152
4. Signaluhren und Reguliervorrichtungen.	
Allgemeines	153
Signaluhren der Aron Elektrizitäts-Gesellschaft	155
Signaluhren der Moeller-Uhr G. m. b. H.	159
Zeitsignalgeber der Siemens & Halske A.-G.	160
Signalscheibe von J. F. Weule	162
Zeitsignal-Einrichtung von Peyer, Favarger & Cie.	164
Hotel-Weckuhr der Möller-Uhr G. m. b. H.	166
Einbruchsicherung der Möller-Uhr G. m. b. H.	166
Signaluhr C. Bohmeyer	169
Uhren-Regulierung durch Telegraphen-Leitungen	170
Wächter-Kontrolleinrichtungen	173
Zeitverteilung und Regulierung durch elektrische Wellen	174
Vergleich der Systeme mit Batteriestrom und mit Induktionsstrom	175
5. Elektrische Turm- und Großuhren.	
Allgemeines	185
System J. F. Weule.	186
System J. & A. Ungerer	191
Minutenkontakt für Turmuhren	194
Der Zeitsignalapparat	194
Selbsttätige Beleuchtung für Turmuhr-Zifferblätter	196
Aufzug für Turmuhren von C. F. Rochlitz	197
Elektrische Aufziehvorrichtung von Georg Hartmann	200
Das Aufstellen von Turmuhren	203
6. Kostenanschläge.	
Allgemeines	205
Bedarf für elektrische Uhrenanlagen	208
1) Haupt- oder Normaluhren	208
2) Nebenuhren	209
3) Nebenapparate	209
4) Batterien	210
5) Leitungsmaterial	210
Großuhrenanlagen	211
Kostenüberschlag für eine elektrische Uhrenanlage in einer Großstadt	213
III. Einstellen elektrischer Apparate und Uhren.	
Allgemeines	216
Einstellen von elektrischen Uhren	218
IV. Aufsuchen von Fehlern.	
Allgemeines	221
Unterbrechung der Leitung	221
Nebenschluß, Erdschluß, Kurzschluß	222
Vorrichtungen zur Untersuchung	223
Aufsuchen und Erkennen von Fehlern	224
Unterbrechung in Hausleitungen	225
Leitungsbruch in Freileitungen	227
Stromableitung	228
Fehler bei elektrischen Uhren	231
Schlußwort	234
Nachtrag und Berichtigung	237

Vorwort zur ersten Auflage

„Die elektrischen Uhren dem Uhrmacher!“
— Mit diesem Schlagworte leitete die Deutsche Uhrmacher-Zeitung vor einigen Jahren einen Weckruf ein, der in der Forderung gipfelte: Der Uhrmacher soll und muß sich mit den elektrischen Uhren und ihrer Behandlung vertraut machen! Die Forderung war begründet, und ihre Unabweislichkeit drängte sich von Tag zu Tag stärker auf. Aber es fehlte bisher an einem wesentlichen Hilfsmittel zur Erreichung des Zieles, denn die vorhandene Literatur war teils veraltet, teils nicht genug den besonderen Zwecken des Uhrmachers angepaßt. Namentlich ließ sie die große Schar jener Uhrmacher im Stiche, die im Zeitalter der Elektrizität noch recht wenig von dieser Naturkraft erfaßt hatten und jeder elektrisch betriebenen Einrichtung mehr oder minder ratlos gegenüberstanden.

Das vorliegende Werk stellt einen Versuch dar, die bezeichnete Lücke im Fachschriftentume der Uhrmacherei auszufüllen. Es hat vor allem die Bestimmung, die Einrichtung und Wirkung der elektrischen Zeitmeß-Vorrichtungen mit der für den Uhrmacher gebotenen Ausführlichkeit zu erläutern. Daher nimmt der die elektrischen Zeitmesser behandelnde Abschnitt den größten Raum im Buche ein. Diesem Hauptteile mußten aber Erörterungen allgemeiner Natur über die Stromerzeuger und die Leitungen vorangehen. Daß auch diese Teile sowie die später folgenden Abschnitte über die elektrischen Messungen und über das Aufsuchen von Fehlern mit einer gewissen Ausführlichkeit abgehandelt wurden, geschah im Hinblick auf die vielfach (namentlich in kleineren Städten und Orten) zutage getretene, sehr beachtenswerte Neigung des Publikums, im Uhrmacher auch den für die Ausführung der gewöhnlich vorkommenden Installationsarbeiten geeigneten Fachmann zu sehen. Aus dem gleichen Grunde empfahl sich die Aufnahme besonderer Abschnitte über die Herstellung und die Reparatur von elektrischen Hausanlagen sowie über die elektrische Beleuchtung.

Mit Rücksicht auf den Zweck des Buches war es geboten, von weitläufigen theoretischen Erörterungen abzusehen. Dagegen

hat der Verfasser seine aus umfangreichen Forschungen geschöpften Anschauungen über das Wesen der Elektrizität (die allmählich in weitere Kreise zu dringen sich anschicken) in dem Schlußabschnitte „Über die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen“ in kurzem Auszuge niedergelegt. Dieses Kapitel wird von vielen mit besonderem Nutzen durchgenommen werden. —

Während der Arbeit sammelte sich ein umfangreiches Material an, so daß eine strenge Auswahl getroffen werden mußte. Die Beschreibungen der verschiedenen Uhrenarten sind fast durchweg entweder nach Musterwerken oder doch nach genauen Entwurfszeichnungen ausgeführt worden, deren Beschaffung in einigen Fällen freilich mit beträchtlichen Schwierigkeiten verbunden war. Allen Firmen, die in freundlicher Bereitwilligkeit das Werk durch Einsendung von Unterlagen, Modellen u. dgl. sowie durch Auskunfterteilung oder durch Überlassung von Druckstöcken gefördert haben, sei hierfür auch an dieser Stelle verbindlichst gedankt.

Zum wärmsten Danke fühlt sich der Verfasser Herrn R u d o l f P l e s k o t, Redakteur der Deutschen Uhrmacher-Zeitung, verpflichtet für die weitgehende und uneigennützigte Mitarbeit, die er dem Unternehmen gewidmet hat, und zu nicht minder warmem Danke dem Verlage für die vortreffliche Ausstattung des Buches, namentlich auch mit guten Abbildungen.

Indem der Verfasser das Werk der Öffentlichkeit übergibt, hegt er die Hoffnung, daß es — unbeschadet aller Mängel, die einem Unternehmen auf neuen Wegen nun einmal anzuhaften pflegen — dem Uhrmacher wirksam helfen werde, sich eines Gebietes zu bemächtigen, das ihm gehört von Rechts wegen!

Charlottenburg, im Juli 1908.

Johannes Zacharias.

Vorwort zur zweiten Auflage

Der Inhalt hat insofern eine wesentliche Änderung erfahren, als die in der Elektrotechnik allgemein gebräuchlichen Apparate, Vorrichtungen und Arbeitsweisen fortgelassen sind. Man findet heute hierüber in zahlreichen anderen Werken hinreichend Belehrung. Dies geschah auch besonders, um den Preis des Buches möglichst billig stellen zu können.

Ich habe mich daher auf die elektrischen Zeitmesser beschränkt. Veraltete, oder wenig gebrauchte Bauarten wurden fortgelassen, neue dafür aufgenommen, um der Zeit entsprechend das Wissenswerteste zu bieten. Zahlreiche Fabriken haben bereitwilligst die erwünschten Mitteilungen und Abbildungen hierfür gewährt. Trotz vieler Bemühungen war es jedoch nicht möglich, sie überall zu erhalten.

Verfasser hofft, daß auch die zweite Auflage die freundliche Aufnahme finden und dem gleichen Zwecke dienen werde als die erste. Der Krieg und heutige Unruhen haben die Herausgabe leider verzögert.

Oktober 1919.

Der Verfasser.

Einleitung

Als vor etwa vierzig Jahren die Elektrizitätslehre aus den Gelehrtenkreisen und physikalischen Laboratorien zur praktischen Verwendung gelangt war, machte sich bald das Bedürfnis geltend, gewisse praktische Maße zu vereinbaren, die jedermann verständlich und international gültig sind. Nachdem zahlreiche Kulturstaaen als Einheit der Länge das Zentimeter, als Einheit der Maße das Gramm und für die Zeiteinheit die Sekunde eingeführt hatten, lag es sehr nahe, daran anschließend nun auch für die Elektrotechnik praktische Maße einzuführen.

Die Technik kann ohne zu messen nicht arbeiten, und aus den Messungen ergibt sich die Notwendigkeit, gewisse Rechnungen auszuführen. Auch der Uhrmacher muß messen und rechnen, ja er ist bei vielen Arbeiten sogar genötigt, Hundertstel von Millimetern in Betracht zu ziehen. Ganz ähnlich verhält es sich in der Elektrotechnik. Wer sich mit ihr befassen will, hat sich vor allen Dingen mit den allernotwendigsten Messungen und Rechnungen vertraut zu machen. Der Praktiker ist sehr leicht geneigt, diese Dinge als „theoretischer Art“ zu bezeichnen und sie für überflüssig zu halten. Er vergißt aber, daß gerade die sogenannten theoretischen Erwägungen durch die Bedürfnisse der Praxis entstanden sind.

Nachdem nunmehr die elektrischen Maße nicht allein durch internationale Vereinbarung, sondern in vielen Staaten, wie z. B. auch im Deutschen Reiche, sogar gesetzlich festgelegt sind, so ist jeder Elektrotechniker um so mehr genötigt, sich mit den notwendigen bezüglichen Kenntnissen auszurüsten.

Wir wollen daher zunächst gewisse physikalische Begriffe und die elektrischen Maße erklären. —

Elektrizität, Licht und Wärme haben die gleiche Ursache; sie beruhen auf Bewegungen der kleinsten Teile, des sogenannten Aethers. Sie sind Bewegungen verschiedener Art,

verschiedener Länge und verschiedener Geschwindigkeit. Die Ursache dieser Bewegungen ist noch nicht vollkommen nachgewiesen; sie liegt begründet in der allgemeinen Kraft des Weltalls.

Wir können jene Bewegungen, welche wir mit dem Namen elektrische Erscheinungen, Elektrizität usw. bezeichnen, auf verschiedene Weise hervorbringen, und zwar durch Wärme, durch chemische oder durch mechanische Arbeit. Die Erzeugung der Elektrizität durch Wärme in den sogenannten Thermosäulen ist noch sehr wenig ausgebildet. Die chemische Arbeit geben die galvanischen Elemente als elektrischen Strom ab. Die mechanische Arbeit setzen wir in den elektrischen Maschinen (Dynamos, Induktoren) in elektrischen Strom um, welcher wiederum durch Elektromotoren als mechanische Arbeit erscheinen kann. Auf dieser Möglichkeit beruht die elektrische Kraftübertragung, die wir zum Betriebe von Maschinen, Straßenbahnen usw. benützen. Jede elektrische Telegraphenanlage oder auch z. B. die elektrischen Nebenzuhren machen von dieser Kraftübertragung Gebrauch, wenn auch die hierbei erforderliche Kraft sehr gering ist. —

Als Induktion bezeichnen wir den Einfluß eines elektrischen oder magnetischen Kraftfeldes (in Leitungsdraht, Drahtspule, Magnetpol oder Elektromagnet) auf ein anderes Kraftfeld oder auf eine Leitung, Drahtspule, auf Eisenteile usw. Es beruht hierauf die dynamoelektrische Maschine, bei welcher das anfänglich schwache magnetische Kraftfeld der Eisenkerne (der Elektromagnete) elektrische Ströme in der umlaufenden Armatur (im Anker) erzeugt. Es beruhen hierauf ferner die Wechselstrom-Maschinen, die Transformatoren, die Induktionsspulen u. dergl. Mit der Reibungselektrizität haben diese Apparate nichts zu tun. —

Als Magnetismus bezeichnen wir den Einfluß eines magnetischen oder elektromagnetischen Kraftfeldes bzw. elektrischen Stromes auf gewisse Metalle, insbesondere auf das Eisen, das durch den Druck der nach dem Magneten hin wirkenden Kraftstrahlen an den Enden der Magnete festgehalten wird. In Unkenntnis der Vorgänge hat man diesen Vorgang als magnetische „Anziehung“ bezeichnet. Der Magnetismus eines Elektromagneten ist abhängig von der Anzahl der isolierten Drahtwindungen und der Stromstärke in diesen, die durch den elektrischen Widerstand je nach dem Querschnitte des Drahtes bedingt ist (Ampere-Windungen). Betrachten wir die elektromagnetischen Erscheinungen als aus einer im Weltall vorhandenen Kraft entspringend, welche wie der Luftdruck im allgemeinen auf eine Fläche einen gewissen gleichbleibenden Druck ausübt, so finden wir, daß es für einen bestimmten Eisenquerschnitt der Elektromagnetkerne eine Grenze

der magnetischen Kraft geben muß (magnetische Sättigung), welche durch die Vermehrung der Ampère-Windungen nicht mehr vergrößert werden kann. Um stärkere Magnete zu erzeugen, müssen wir also den Querschnitt des Eisenkernes vergrößern.

Die elektrischen Maße.

Widerstand (W) ist die Eigenschaft der Leiter (z. B. der Metalle), dem Durchgange des Stromes ein Hindernis zu bieten. Die praktische Einheit ist das Ohm. Praktisch dargestellt wird dieser Widerstand durch eine Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 106 cm Länge bei der Temperatur des schmelzenden Eises. Dies ist das gesetzliche elektrische Maß, das Ohm.

Ampère ist die technische Einheit der Stromstärke oder die Stromeinheit (mit J bezeichnet). Das Ampère wird bestimmt durch den Ausdruck: ein Ampère gleich ein Volt geteilt durch ein Ohm. Es ist die Einheit der Elektrizitätsmenge, welche durch den Strom in einer Sekunde fortgeführt wird.

Coulomb (mit Q bezeichnet) ist die Strommenge, welche in einem Widerstande von einem Ohm mit einer Spannung von einem Volt in einer Sekunde einen Leiter durchfließt.

Spannung ist die Bezeichnung derjenigen Ursache, durch die die Elektrizität in einem Leiter bewegt wird. Die Einheit dieser elektromotorischen Kraft ist das Volt (mit E bezeichnet).

Die angeführten Maße sind durch das Deutsche Reichsgesetz betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 fest gesetzt.

Nach dem Ohmschen Gesetze ist die Spannung gleich dem Produkte aus Stromstärke und Widerstand, also

$$E = J \times W.$$

1 Ampère mal 1 Volt nennt man auch ein Volt-Ampère oder 1 Watt.

Die elektrische Arbeit ist gleich dem Produkte aus dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande:

$$A = J^2 \times W.$$

Es würde zu weit führen, wenn wir hier noch mehr über das Maßsystem mitteilen wollten. Wer sich eingehender darüber zu unterrichten wünscht, findet leicht verständliche und eingehende Auskunft in dem Werke „Die Elektrizität“ von Prof. Dr. L. Graetz. Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus, das jeden Praktiker im höchsten Maße interessieren muß, haben wir in einem besonderen Abschnitte behandelt.

In sehr vielen Apparaten benützen wir zur Erzeugung von Kraftwirkungen die Elektromagnete; wir müssen diese zunächst kurz besprechen, ehe wir auf das eigentliche Thema des Buches übergehen.

Die Elektromagnete.

Der elektrische Strom an sich müßte bedeutende Stärke haben, wenn er ohne besondere Hilfsmittel bedeutende Kraftäusserungen bewirken sollte. Sogenannte magnetische Wirkungen finden wir zwar bereits an jedem geraden, stromdurchflossenen Leiter; wunden wir aber einen besponnenen Draht auf eine Rolle auf, so vervielfältigen wir die Kraft im Verhältnisse der Windungszahl und der Stromstärke. Aber auch eine solche Drahtrolle allein ist noch nicht kräftig genug. Man pflegt daher den Hohlraum der Drahtrolle mit einem Eisenkerne auszufüllen. Eine solche Vorrichtung nennt man einen „Elektromagneten“. Wie wir später sehen werden, sitzt die magnetische Kraft nicht etwa im Eisen, sondern in dem freien Raume, welcher die Drahtspule umgibt.

Setzen wir zwei gleiche Drahtspulen mit Eisenkernen auf eine gemeinsame eiserne Grundplatte, so erhalten wir einen sogenannten Hufeisen-Elektromagneten, der besonders kräftig wirkt. Ueber oder zwischen den freien Enden der Eisenkerne bringt man gewöhnlich eine eiserne Platte an, die man Anker nennt. Sie wird meistens an einem Hebel oder an einer Welle befestigt und in der Ruhelage einige Millimeter von den Eisenkernen entfernt gehalten. Sobald der elektrische Strom die Drahtrollen durchfließt, kommt der Aether des umgebenden Raumes zur Wirkung und übt einen plötzlichen Druck auf die Enden der Eisenkerne und somit auch auf den Anker aus, welcher also hierdurch in Bewegung gesetzt wird. Dies ist der Vorgang, den man zur Betätigung elektrischer Uhren benützt. In Unkenntnis der mechanischen Vorgänge beim Zustandekommen der magnetischen Kraft sprach man bisher von „magnetischer Anziehung“, die also in Wirklichkeit eine Druckerscheinung ist, wie wir überhaupt in der Natur nur Druckkräfte nachweisen können.

Man hat den Elektromagneten und ihren Ankern sehr verschiedene Formen gegeben, um sie den jeweiligen Zwecken für den Betrieb elektrischer Uhren anzupassen. Vielfach wendet man einen Anker an, der sich um eine Welle dreht, welche senkrecht zur Verbindungslinie der Kernenden steht (rotierender Anker). Bei einigen Konstruktionen gibt man dem Anker auch die Form eines Rades mit breiten vorspringenden Teilen (Zähnen).

Besonders kräftig wirkt u. a. die Konstruktion der Fabrik elektrischer Uhren von Heinrich Cohen jun. in München (D. R. P.

Nr. 150 493). Die Eisenkerne S und S_1 (Abb. 1) sind in der Mitte geteilt und abgekrägt. Der obere Teil mit dem Verbindungs-
 joche E ist in dem Hohlraume der Spulen befestigt, während der
 untere Teil mit dem Querjoch E_1 sich leicht auf- und abbewegen
 kann. Das Gewicht des beweglichen Teiles dient zum Antriebe von
 Normaluhren. In dem Augenblicke, da das Querjoch E , mit den
 daran befestigten Teilen der Eisenkerne ein Stück herabge-
 sunken ist, wird der Strom an
 den beiden zwischen den Elek-
 tromagnetspulen befindlichen
 Kontaktfedern geschlossen und
 damit der bewegliche Teil, zu-
 folge der hierbei entstehenden
 magnetischen Kraft, wieder hoch-
 gehoben, wobei der Stromkreis
 durch Auseinanderdrücken der
 Federn unterbrochen wird. Der
 bewegliche Teil sinkt jetzt wieder
 nach unten, und das Spiel be-
 ginnt von neuem. — Die ver-
 schiedenartigen Einrichtungen
 und Anwendungen der Elektro-
 magnete zum Betriebe von Uhren
 werden wir später bei der
 Beschreibung der einzelnen Sys-
 teme genauer kennen lernen.

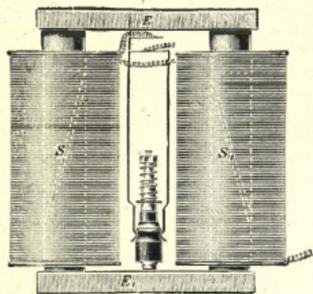


Abb. 1.
 Elektromagnet in Uhren der Firma
 Heinrich Cohen jun. in München.

Die geschlossene Form von Elektromagneten und besonders die Glockenform (Mantel-Elektromagnet) wirkt außerordentlich kräftig. Man suchte sich dies früher daraus zu erklären, daß auch der Magnetismus (wie der elektrische Strom) eines „geschlossenen Kreises“ in dem Eisen bedürfe, damit die sogenannten „Kraftlinien“ einen geschlossenen Verlauf nehmen. Da aber die magnetische Kraft in dem umgebenden Raume liegt und nach den Eisenkernen hin wirkt, so kann von einem magnetischen „Strom“ keine Rede sein, sondern wir konzentrieren in den geschlossenen Formen des Eisenkörpers von Elektromagneten die Kraft auf bestimmte Stellen und bringen sie dadurch natürlich viel vorteilhafter zur Wirkung, als wenn wir eine offene Form wählen. Es ist das ein ganz ähnlicher Vorgang, wie wir ihn auch von den Erscheinungen des Luftdruckes her kennen.

Polarisierte Elektromagnete

Besonders für den Betrieb von Nebenuhren, welche den Strom von einer Hauptuhr erhalten, verwendet man nicht die zuvor beschriebenen gewöhnlichen, sondern sogenannte polarisi-

sier te Elektromagnete, bei denen die Eisenkerne mit den Drahtspulen auf einem stählernen Dauermagneten befestigt sind. Die am Stahlmagneten vorhandene Kraft ist also auch an den Eisenkernen wirksam. Geht ein genügend starker elektrischer Gleichstrom in bestimmter Richtung durch die Drahtspulen, so wird die magnetische Kraft je nach der Stromrichtung und der magnetischen Richtung entweder verstärkt oder abgeschwächt. Durch die Anzahl der Windungen und die Stromstärke kann man die Schwächung so weit treiben, daß die magnetische Kraft am Eisenkerne zeitweise völlig aufgehoben wird. Wendet man bei einem derartigen polarisierten Hufeisen-Elektromagneten auch einen polarisierten Anker an, so erzielt man dadurch (wenn der Anker in der Mitte beweglich gelagert ist) eine hin- und hergehende Bewegung, welche zum Betriebe von Nebenuhren benutzt werden kann.

Man hatte früher keine Erklärung dafür, wie die Aufhebung der magnetischen Kraft beim polarisierten Elektromagneten zustande kommt. Jetzt wissen wir, daß zwei entgegengesetzt gerichtete Kraftzonen entstehen, die bei hinreichender Abgleichung und entgegengesetzter Richtung ihrer Kraft einander aufheben müssen*). Mit den früher angenommenen sich drehenden magnetischen Molekülen kann man diese Erscheinung nicht erklären**).

Der folgende Abschnitt wird uns zunächst eine Vorstellung geben, wie die magnetische Kraft entsteht. Ohne Vorstellung gibt es kein Verständnis. Den Zusammenhang der Naturerscheinungen behandelt mein Buch, das in München bei Joh. Goebel 1920 erschienen ist: „Rätsel der Natur“. Es sind hier höchst wichtige Aufklärungen besonders auch über den Magnetismus gegeben, die völlig neu sind.

*) Wir müssen uns hier weitläufigere Erklärungen versagen, verweisen aber auf das Kapitel, das „die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen“ behandelt.

***) Abbildungen und nähere Beschreibung der „Depolarisation“ findet der Leser in dem Buche des Verfassers: „Die wirklichen Grundlagen der elektrischen Erscheinungen. Aufklärungen über den Magnetismus durch neue Versuche“. — Wer sich für die alten Theorien der Elektrizität und des Magnetismus interessieren sollte, findet sie z. B. in Müller-Pouillet's „Physik“, neu herausgegeben von Dr. Pfandler.

I. Ueber die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen

Allgemeines

Der Uhrmacher hat nur mit wirklich vorhandenen Größen, mit mechanischen Werken und Arbeiten zu tun. Er muß die Grundsätze der Mechanik bei seinen Berechnungen anwenden und kann nur eine rationelle Physik brauchen. Die wahre Geschichte der Naturwissenschaften zeigt auch, daß die Zeit der Annahmen (der Induktion oder der Hypothesen) nur die Vorbereitung zum wahren wissenschaftlichen Aufbau bildet, der erst mit der allgemeinen Erklärung der Erscheinungen (der Deduktion) beginnt. Auch die rationelle Physik muß freilich von irgendwelchen Annahmen ausgehen. Es kann sich also nur darum handeln, festzustellen, welche Annahmen (Hypothesen) wir machen sollen. Wir wollen sie später näher erörtern.

Es ist aber unzweifelhaft, daß eine den praktischen Bedürfnissen genügende Vorstellung über das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus den Konstrukteur und Installateur in die Lage bringen muß, seine Arbeiten mit größerer Sicherheit ausführen zu können. Verfasser hat in eigener langjähriger Praxis das Bedürfnis und den weittragenden Nutzen eines tieferen Eindringens in das Wesen der Naturkräfte selbst vielfach empfunden und ist gewiß, daß auch die Leser dieses Buches das Gebotene würdigen werden.

Das Wesen der Materie im Weltall ist uns nur teilweise bekannt. Wir wissen aus Erfahrung, daß sie aus den kleinsten Teilen der wägbaren Stoffe und aus solchen eines unwägbaren Stoffes, des Aethers, gebildet wird, die beide in Wechselwirkung zueinander stehen. Es kann sich kein Körper durch sich selbst bewegen, sondern er kann immer nur auf die Masse eines anderen Körpers bewegend wirken. Es kommt also zunächst darauf an, den Begriff und den Ursprung der Kraft festzulegen. Wir sind gewöhnt, von

Naturkräften

zu sprechen, die uns in der verschiedenartigsten Weise wahrnehmbar sind. Wir unterscheiden z. B.: allgemeine Schwerkraft

(Gravitation), elektrische, magnetische, mechanische Kraft usw. Wir sprechen auch von Kraft und Stoff. Wir unterscheiden ferner zwischen Totem und Lebendem in der Natur. Sobald wir jedoch den Ursachen aller dieser „Naturkräfte“ ein wenig näher nachforschen, finden wir, daß es nur eine Kraft gibt, die uns in verschiedenen Formen bzw. „Umwandlungen“ überall entgegentritt. Kraft kann aber nur auf Bewegung beruhen.

Wir finden ferner, daß es keine Ruhe in der Natur gibt, sondern daß alles in steter Bewegung ist. Die Ursache aller Bewegungen in der Natur ist

die allgemeine Strahlung

aller Körper. Alles, was da ist in der Welt, sendet teils sichtbare, teils unsichtbare Strahlen aus, die jedoch von empfindlichen Personen im Finstern auch wahrgenommen werden *). Die Folge der Strahlung der Himmelskörper aber ist

die Schwerkraft.

Man suchte bisher eine „Anziehungskraft“ in den Körpern und nahm an, daß sie eine allgemeine Eigenschaft aller Körper sei. Sobald wir jedoch die Gravitation (den Schweredruck) als eine Wechselwirkung der Körper untereinander betrachten, ergibt sich, daß es eine Schwere in der Natur in bezug auf den Weltenraum nicht gibt, sondern daß der Schweredruck lediglich auf den einzelnen Weltkörpern in folgender Weise entsteht:

Alle Körper, insbesondere die Himmelskörper, senden Strahlen aus (wir sehen die Gestirne leuchten). Es empfängt also auch unsere Erde solche Kraft- oder Druckstrahlen. Sie gibt aber von dieser Kraft auch an die sie umgebenden Körper wieder ab. Also Druck und Gegendruck regieren das Weltall, und zwar nach dem bekannten Newtonschen Gravitationsgesetze**).

Die Himmelskörper „schwimmen“ im Aether, getrieben durch die Druckstrahlung der sie umgebenden Himmelsmassen. Der Erdkörper fängt in bezug z. B. auf einen fallenden Körper die allseitige Druckstrahlung teilweise ab. Hierdurch entstehen „Druckschatten“, es wird also ein Ueberdruck auf den fallenden Körper

*) Hierüber geben die Werke Karl von Reichenbachs und von Dr. I. H. Ziegler eingehende Auskunft. Der letztere stellte auch das Gesetz der allgemeinen Strahlung bzw. der Außenwirkung der Körper (und Farben) auf.

**) Dieses Gesetz lautet: Die Wirkung zweier Körper auf einander (die sogenannte Anziehung) steht im geraden Verhältnis zu ihren Massen und im umgekehrten Verhältnis zu dem Quadrate ihrer Entfernung.

erzeugt, welcher nach dem bekannten Fallgesetze zunimmt *). Diesen Vorgang nannte man bislang „Anziehungskraft“ der Erde. Der Vermittler und Träger aller Kraft in der Natur, also auch der Schwere, ist ein sehr feiner, unmittelbar nicht wahrnehmbarer Stoff, den wir „Weltaether“ oder auch schlechtweg „Aether“ nennen.

Wir müssen auch die Vorstellungen über den Aether der neuen Erkenntnis anpassen. Ihm liegt das Uratom des Lichts als das Absolute, oder Ewige zugrunde, als kampflöse Form der Materie. Es bildet mit der Kampfform, oder dem relativen Atom, zusammen das was wir Aether nennen **). Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus usw. beruhen alle auf der Bewegung dieses einen Stoffes, der also die allgemeine Grundlage alles Geschehens in der Natur bildet.

Der Zusammenhang unserer sogenannten „Naturkräfte“ ergibt sich aus folgender Darstellung: Tragen wir in einem rechtwinkligen Koordinatensysteme die „Wellenlängen“ der verschiedenen Kräfte nach ihrer Größe auf, so erhalten wir eine parabolische Schaulinie, auf der sie als chemische Kraft, Licht, Wärme, Elektrizität usw. geordnet sind***). Unsere „Naturkräfte“ sind also lediglich Funktionen der verschiedenen „Wellenlängen“ ein und derselben Kraft. Verändern wir die „Wellenlänge“, so erhalten wir (in bekannter Weise) aus der einen Kraft eine oder mehrere andere als „Umwandlung“. Die Kraft als solche können wir jedoch nicht übertragen oder wandeln, sondern nur die Arbeit. Es ist also nicht richtig, von „Kraft“-Uebertragung zu sprechen; es ist stets Arbeits-Uebertragung.

Mit der Form der Körperzustände (Aggregate) wandelt sich auch deren Strahlung: Festes Eis wird zu Wasser, dieses zu Dampf,

*) Die Geschwindigkeiten eines frei fallenden Körpers verhalten sich zu einander wie die Fallzeiten. Der Weg in der ersten Sekunde ist halb so groß als die Endgeschwindigkeit der ersten Sekunde usw. Jede Bewegung ist jedoch eine endliche. Die Beschleunigung bei frei fallenden Körpern geht, je nach der Kraft, bald in gleichförmige Bewegung über. Dies zeigen die Meteore. Endlose Beschleunigung gibt es also nicht.

**) Der Philosoph Kant hat uns s. Z. irre geführt, indem er behauptete, daß wir das Absolute (Ewige) niemals erfassen könnten. Wir können es zwar nicht mit Versuchen, wohl aber mit dem Verstande erkennen. Es ist daher auch ein vergebliches Bemühen, den Aether wägen oder sehen zu wollen.

***) Siehe auch: J. G. Vogt. „Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus“ (Leipzig 1891), Seite 314. — Bei vielen Vorgängen, in denen der Aether eine hervorragende Rolle spielt, finden wir daher sehr oft einen Verlauf nach obigen asymptotischen bzw. logarithmischen Schaulinien, z. B. wenn wir die Entladespannung einer Akkumulatorenzelle in angegebener Weise als Kurve aufzeichnen.

daraus entsteht Gas und dieses geht in Schallform über. Es gibt ebensoviele Strahlenarten als es Körperarten gibt. Sie wechseln tausendfältig ihre Wendigkeit, Gängigkeit und Bewegungsart, als geradlinig, krummlinig oder schraubenförmig. Hierin liegt auch der Unterschied der Spektralfarben, nicht in der „Wellenlänge“.

Da „Kraft und Stoff“ untrennbar miteinander innig verbunden sind, so hat eine Unterscheidung zwischen beiden keinen Sinn.

Für den Uhrmacher ergibt sich hieraus eine interessante Betrachtung.

Durch welche Kraft wird die Pendeluhr getrieben?

Leistet das Pendel, das Gewicht oder beide die erforderliche Arbeit? — Versuchen wir es, uns hierüber Klarheit zu verschaffen. Wie wir bereits gesehen haben, gibt es nur eine Naturkraft, nämlich die Energie des Weltalls, die allgemeine Strahlung, die uns der Weltaether als Licht, Wärme, Elektrizität und Gravitation auch nach unserem, gegenüber dem All so winzigen Erdkörper aus dessen Umgebung übermittelt. Betrachten wir zunächst den Vorgang bei der durch ein Gewicht getriebenen Uhr.

Die Schnur, Saite oder das Seil, an welchem das Gewicht der Uhr hängt, sind von Hand oder durch einen Elektromotor auf eine Walze gewunden worden. Haben wir bei diesem Vorgange in dem Gewichte etwa Arbeit „aufgespeichert“? Nein, wir haben Arbeit verbraucht, um die Schwerkraft, die auf dem Gewichte lastet und es nach unten treibt, zu überwinden. Wir haben damit dem Gewichte die Möglichkeit gegeben, von neuem durch die Schwerkraft Arbeit zu leisten.

Es kann sich kein Körper durch sich selbst bewegen. Bewegung entsteht nur durch gegenseitige Einwirkung von Körpern aufeinander. Eine tatsächliche Aufspeicherung von Kraft in irgendwelcher Form, als sogenannte „potentielle Energie“ (wie man sich vorgestellt hat), ist daher nicht möglich. Es gibt nur Bewegungs-Energie in der Natur. Da die Zeit ewig gleichmäßig fortschreitet, haben wir uns ein willkürliches Maß in der „Sekunde“ geschaffen, um für unsere menschlichen Bedürfnisse danach rechnen zu können. Es ist also notwendig, daß die Uhren im gleichen Zeitmaße mit ihrem Räderwerke sich bewegen. Ihre Angaben müssen mit diesem Maße (der Sekunde) übereinstimmen.

Wollten wir das Räderwerk ohne besondere Vorkehrung frei laufen lassen, so würden wir kein brauchbares Zeitmaß erhalten. Die Räder würden sich zu schnell drehen. Wir bedürfen also einer

Vorrichtung, welche das Räderwerk entsprechend hemmt und dafür sorgt, daß es sich in dem gleichmäßigen Takte unseres Sekundenmaßes bewegt. Diesen Takt gibt das Sekundenpendel an. Es hat in unseren Breiten eine mathematische Länge von rund 994 mm.

Ein solches Pendel ist von der Schwerkraft in senkrechter Richtung nach dem Erdmittelpunkte zu allseitig belastet. Das Pendel wirkt also wie ein einarmiger Hebel, an dessen Ende die „Schwerkraftstrahlen“ angreifen. Wenn wir dafür sorgen, daß die Schwerkraft das Pendel nicht in seine senkrechte Ruhelage durch den allseitigen Druck pressen kann, sondern ihm gleichmäßig so viel Kraft zuführen, als notwendig ist, dieser Pressung entgegen zu arbeiten und es in Schwingung zu erhalten, dann haben wir den gewünschten Takt, d. h. den gleichmäßigen Gang der Uhr.

Den für diesen Zweck erforderlichen Antrieb des Pendels mittels des Grades der Hemmung liefert uns wiederum die Schwerkraft durch Einwirkung auf das emporgewundene Gewicht.

Also: Die Schwerkraft treibt die Uhr und regelt auch ihren Gang.

Es ist jedoch durchaus nicht notwendig, daß das Pendel unmittelbar vom Uhrwerke beeinflußt wird. Bei der Konstruktion von M. Hipp ist das Pendel der Normaluhr für sich als Taktmesser durch Elektrizität in Schwingung erhalten. Davon getrennt ist das Zeigerwerk angeordnet, welches elektrisch oder durch Gewicht angetrieben bzw. ausgelöst wird. Das Pendel ist also tatsächlich nichts anderes als der Taktgeber für das durch besondere Arbeit getriebene Uhrwerk.

Nach dem Gesagten ist auch einzusehen, warum es lediglich auf die Länge und weniger auf die Schwere des Pendels ankommt. Die ganz bestimmte Länge des Hebelarmes gibt nur die gewünschte Einwirkung der Gravitation als Schwingungen nach Sekunden. Die schwere Linse des Pendels ist mehr aus praktischen Gründen wichtig, damit nämlich die Widerstände der Luft und die Reibung im Uhrwerke besser überwunden werden und etwaige ungleiche Wirkungen der Räder nicht wesentlich störend sind.

Bei einer Uhr, die durch eine gespannte Feder getrieben wird, liegt der Vorgang nicht so klar unserer Einsicht offen. Wir wissen über die Rolle, welche der Aether bei der Festigkeit und Elastizität des Stahles spielt, noch nichts Näheres. In jedem Falle aber ist es auch hier der Aether, dessen Tätigkeit wir als „Spannkraft“ bezeichnen. Da eine jede Kraft nur auf Bewegung beruhen kann, so müssen es auch hier die Schwingungen des Aethers sein, welche wir zum Betriebe der Uhr durch eine Spiralfeder benützen. Bei oberflächlicher Erwägung dieses Vorganges glaubte man früher

in der Triebfeder eine Kraft, als sogenannte „potentielle Energie“ „aufspeichern“ zu können. Sobald man aber alle physikalischen Vorgänge lediglich als rein mechanische Folgewirkungen nur einer und derselben Kraft auffaßt, ergibt sich aus einfachem folgerichtigem Denken die oben gebotene Aufklärung. Die scheinbare Bestätigung der früheren „Potentialtheorie“ durch die Rechnung kann hieran nichts ändern. Die allgemeinen Grundsätze der Mechanik und die Naturvorgänge stehen über den Rechnungen. Die ersteren bilden die einzig wahre Grundlage aller Technik und des weiten Gebietes der erklärenden Naturwissenschaften. Die Erklärung aller Naturvorgänge muß stets das vornehmste Endziel aller Forschung und menschlicher Erkenntnis sein und bleiben. Dies hat auch Professor Redtenbacher in seinem Buche „Das Dynamidensystem“ bereits 1857 anerkannt. —

Wenn wir nach obigen Grundsätzen die Naturvorgänge betrachten, dann können wir die Mechanik der bisher so rätselhaften elektrischen und magnetischen Kraft näher verfolgen und letztere den allgemeinen Gesetzen der Mechanik unterordnen. Wir gewinnen Uebersicht und Einheitlichkeit in unserer Naturanschauung und können viele jener früher so geheimnisvollen Erscheinungen aus wenigen einfachen Grundanschauungen ableiten. Zum allgemeinen besseren Verständnisse müssen wir diese vorausschicken, bevor wir auf den Gegenstand unserer Betrachtungen näher eingehen.

Allgemeine Grundsätze

1. Die **G r a v i t a t i o n** ist die Urkraft der Welt, entspringend aus der Strahlung aller Körper, deren kleinste Teile (Atome) in steter Bewegung und Strahlung begriffen sind.

2. Träger und Vermittler aller Kraft in der Natur ist der **A e t h e r**, dessen Bewegungen uns als Licht, Wärme, Elektrizität und mechanische Kraft erscheinen. Der Aether spielt also eine hervorragende und allgemeine Rolle in der Natur.

3. Der **A e t h e r** folgt ebenfalls den bekannten Gesetzen der Mechanik, er nimmt in der Natur keine Ausnahmestellung ein.

4. **E l e k t r i z i t ä t** ist Bewegung des Aethers. Die elastische Gegenwirkung, welche zufolge der Reibung im Aether entsteht, nennen wir **M a g n e t i s m u s**. Aus diesen Grundsätzen folgen ferner noch die weiteren:

5. Es gibt keine idealen, reibungslosen Flüssigkeiten oder Gase, wie sie ehemals durch Helmholtz aufgestellt wurden. Auch die Luft und auch das Licht machen Transversalschwingungen und nicht nur Longitudinalschwingungen (Quer- und Längsbewegungen).

6. Weil der Aether nicht reibungslos ist, sondern seine kleinsten Teile, wenn auch kaum nachweisbar, sich gegeneinander reiben, kann das Licht teils Transversalschwingungen machen.

7. Alle Stoffe sind elektrisch und damit auch magnetisch, mit abgestuften Unterschieden.

8. Alle Naturkräfte beruhen auf Schwingungen bzw. Wellen des Aethers. Resonanz (Zusammenklang) und Interferenz (Zwischenklang, Störung) dieser Wellen spielen hierbei eine hervorragende und allgemeine Rolle.

9. Der Aether ist teilweise untrennbar mit den kleinsten Teilen (Atomen) der wägbaren Materie verbunden nicht als intermolekularer Aether (in den Zwischenräumen), aber teilweise als freier Aether wirksam.

10. Eine Zweiheit bzw. Gegensätzlichkeit als Positiv und Negativ in der Natur ist nicht vorhanden. Bewegungen werden nur durch Druck und Gegendruck veranlaßt. Negatives kann nicht Wirklichkeit sein. „Anziehung“ ist in der Natur nirgends vorhanden. —

Um die elektrischen und magnetischen Erscheinungen ihrem Wesen nach zu verstehen, müssen wir zunächst die Eigenschaften des Aethers kennen lernen.

Der Aether

Die Erscheinungen, welche wir mit dem Namen Licht bezeichnen, sind nur möglich, wenn wir einen äußerst feinen Stoff annehmen, welcher in „transversalen“ Wellen (Querschwingungen) die als Licht bezeichnete Bewegung fortpflanzt. Diesen Stoff, den wir „Aether“ nennen, können wir mit unseren Sinnen zwar nicht direkt wahrnehmen, wir kennen ihn aber hinreichend genau aus seinen zahlreichen Wirkungen.

Der Aether ist nicht wägbare wie andere Stoffe, z. B. Gase, weil er die Schwere vermittelt. Wir können Wasser ebenfalls nicht im Wasser wägen. Seine Atome sind etwa zweitausendmal kleiner als diejenigen des Wasserstoffes. Hieraus erklärt sich auch die ungeheure Beweglichkeit des Aethers, dessen Geschwindigkeit bis zu 300 000 km in der Sekunde beträgt.

Die verschiedenen „Erscheinungsformen des Aethers“, die wir als Licht, Wärme, Elektrizität bezeichnen, unterscheiden sich durch ihre „Wellenlänge“. Sie ist gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, geteilt durch die Wellenzahl einer Sekunde. Hieraus ergibt sich die Wellenlänge des Lichtes je nach dessen Farbe zu 400 bis 800 Millionstel eines Millimeters. Die Länge elektrischer Wellen schwankt zwischen 3 mm und einigen Kilometern. Die drahtlose Telegraphie benützt Wellen von etwa

300 bis 1200 m Länge. Wie sich später ergeben wird, können wir von „magnetischen“ Wellen nicht sprechen, da sie mit den elektrischen in gewissem Sinne gleichbedeutend sind.

Das Primäre in der Natur ist nur das Eine, nämlich die aus sich selbst bewegte Materie. Das Sekundäre, d. h. die Folgeerscheinungen, sind die sogenannten „Naturkräfte“; das Wirken in verschiedenen Bewegungsformen, die man als „Wellenlängen“ bezeichnet. Man darf eben nicht die Wirkung für die Ursache nehmen.

Bei einheitlicher Naturanschauung beruht die Uebermittlung von Licht im Weltraume weder allein auf Emission (Aussenden) noch allein auf Undulation (Wellen) der kleinsten materiellen Teile, sondern es ist ein Zusammenwirken der relativen und absoluten Atome in unendlicher Bewegungsform als Licht, Schall usw. Je nach der Schwingungsweite und -Zahl entsteht eine Form aus der anderen. Licht wandelt sich z. B. auch in Schall, wie uns der „sprechende“ Lichtbogen lehrt.

Wir können die Natur nur begreifen, und eine geordnete Vorstellung schaffen, wenn wir vom Allereinfachsten, dem Allgemeinen, dem „Ur“ ausgehen, wie ich es hier getan habe. Wir erhalten dabei fünf wesentliche Verschiedenheiten oder Gestaltungsformen (Aggregatzustände): den Lichtzustand mit den Farben, den Schallzustand mit den Tönen, den luft- bzw. dampfförmigen, den flüssigen und den festen Zustand.

Alle Dampfformen haben luftförmige, alle Flüssigkeiten schallförmige und alle Festigkeiten lichtförmige Strahlungen. Hier interessieren uns nur die letzteren als „Elektrizität“.

Der Unterschied der Erscheinungen liegt eben nicht nur in der „Wellenlänge“, sondern auch in der Bewegungsart. Die Wärmewellen in festen Körpern müssen mehr in radialer Richtung erfolgen. Elektrische Wellen auf Leitern müssen schraubenförmig sich hauptsächlich der Länge nach fortpflanzen, wobei der Aether der Umgebung mit in Bewegung gerät. Die verschiedenen „Wellenarten“ scheinen in der Natur gar nicht getrennt vorzukommen. Die höheren Rechnungen von F. Redtenbacher ergeben z. B., daß jede Störung im Aether drei verschiedene „Wellen“ auslöst, welche sich nach allen Seiten fortpflanzen. Unsere höhere Mathematik reicht leider noch nicht dazu aus, alle hier eintretenden Vorgänge rechnerisch zu verfolgen*). Einstweilen müssen wir bescheiden eingestehen, daß wir über manche Vorgänge noch sehr wenig wissen und uns mit Annäherungen zu begnügen haben.

*) Diese Fragen behandelt F. Redtenbacher mathematisch in „Das Dynamensystem. Grundzüge einer mechanischen Physik“. (Mannheim 1857.)

Die Schwingungen eines Körpers, welche wir als „Schall“ bezeichnen, werden durch die Luft vermittelt. Falls die Zahl der Stöße des Körpers mit dessen Eigenschwingungszahl in der Zeiteinheit zusammenfällt, erhalten wir sehr starke Schwingungen. Die Schwingungen summieren sich, erzeugen „Resonanz“ (Zusammenklang), die uns aus der Tonlehre bekannt ist. Heben sich die Schwingungen gegenseitig auf, vernichten sie einander teilweise oder ganz, so entsteht „Interferenz“ der Wellen (dazwischenfahrende störende Schwingungen, Mißklang).

Da wir den Aether als ein sehr feines Gas aufgefaßt haben, so müssen beim Lichte und der Elektrizität ähnliche Erscheinungen wahrnehmbar sein. Wir kennen solche in der Optik und finden sie auch bei den elektrischen Schwingungen. Die drahtlose Telegraphie benutzt die Resonanz zur Abstimmung zweier Stationen aufeinander beim Telegraphieren.

Wie zwischen den Teilchen eines Gases ein inniger Zusammenhang ähnlich demjenigen der festen Körper vorhanden ist, so muß auch beim Aether ein innerer Zusammenhang seiner Teilchen bestehen, den wir „innere Reibung“ (seiner Teile unter sich) nennen. Aus der Größe der Geschwindigkeit der Aethertheilchen folgt ein sehr hoher Aetherdruck. Unter allen bekannten Stoffen muß also der Aether den größten Elastizitätsmodul besitzen und sich bei vielen mechanischen Vorgängen wie ein „zusammendrückbares Gas“ verhalten.

Da wir es hier lediglich mit der Wirklichkeit zu tun haben, so müssen wir uns auch klar zu machen suchen, woher die elektrische Kraft stammt und wie der Stoff beschaffen ist, der sie fortpflanzt.

Die Elektrizität

Die Rechnungen Maxwells und die Versuche von Hertz gaben uns die Gewißheit, daß Licht und Elektrizität die gleiche Grundlage haben; heute besteht kein Zweifel mehr darüber, daß Schwingungen des Aethers ihre Bewegungsursache sind. Während man beim Lichte nur einen Stoff, den Aether, als wirksam annimmt, schwanken die Anschauungen über die Elektrizität noch immer ganz erheblich, worauf wir jedoch hier nicht weiter eingehen können. Nach dem Gesetze der Analogie (Aehnlichkeit) in der Natur und aus zahlreichen anderen Gründen (die Verfasser in seinen Werken über Magnetismus bereits eingehend erörtert hat) wollen wir daran festhalten, daß eine einheitliche Naturanschauung nur den selbstbewegten Aether als Grundlage der elektrischen Erscheinungen betrachten kann.

„Wenn wir Körper aus der Ferne aufeinander wirken sehen, so können wir uns von der Natur dieser Wirkung verschiedene Vor-

stellungen machen.“ So schrieb Dr. Heinrich Hertz 1892 in seinen „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft“. „Wir können,“ fährt er fort, „die Einwirkung als eine unmittelbare, den Raum überspringende Fernkraft betrachten, oder wir können sie als die Folge einer Wirkung ansehen, welche in einem hypothetischen (angenommenen) Medium von Punkt zu Punkt sich fortpflanzt. In den Anwendungen dieser Vorstellungen auf die Elektrizität können wir indessen noch eine Reihe feinerer Unterschiede machen.“

In dieser Annahme, daß man bei elektrischen Vorgängen eine Ausnahmestellung gegenüber anderen Naturerscheinungen zuläßt, lag bereits die Ursache, daß Hertz die tatsächlichen Vorgänge nicht aufdecken konnte. Andererseits zeigen seine Arbeiten, daß er wohl nahe daran war, diejenige Erklärung zu geben, welche hier entwickelt wurde. Hertz führt vier verschiedene Erklärungsweisen an, die hier kurz wiedergegeben werden sollen.

1. Die Anziehung zweier Körper wird als eine Art „geistiger Hinneigung“ beider zueinander betrachtet. Es ist die Vorstellung der reinen Fernkraft, die Vorstellung des Coulombschen Gesetzes.

2. Die Anziehung der Körper ist hier immer noch „eine Art geistiger Einwirkung“ derselben aufeinander. Wir können sie nur dann bemerken, wenn wir mindestens zwei Körper haben, welche bestrebt sind, in jedem Punkte ihrer Umgebung „Anziehung“ hervorzubringen. Man nimmt jedoch am Orte der Wirksamkeit keine Veränderung des Raumes an, sondern Sitz und Ursprung der Kraft bleibt der wirkende Körper. Dieser Standpunkt ist etwa derjenige der Potentialtheorie. Es ist auch teilweise der Standpunkt in Maxwells Werk, wenn auch nicht der Standpunkt in der Maxwellschen Theorie.

3. Man behält die Vorstellungen des zweiten Standpunktes bei, nimmt aber außerdem noch an, daß die unvermittelten Fernkräfte die Wirkung der getrennten Körper nicht allein bestimmen, sondern daß vielmehr die Kräfte in dem überall erfüllt gedachten Raume Veränderungen hervorbringen, welche ihrerseits Anlaß zu neuen Fernkräften geben. Die Anziehung getrennter Körper beruht also teils auf der unmittelbaren Fernwirkung derselben, teils auf dem Einflusse des veränderten Mediums. Diese Veränderung denkt man sich als eine elektrische beziehungsweise magnetische Polarisation seiner kleinsten Teile (des Mediums) unter dem Einfluß der wirkenden Kraft. Bezüglich statischer Erscheinungen wurde dieser Standpunkt von Poisson für den Magnetismus entwickelt und von Mosotti auf die elektrischen Erscheinungen übertragen. In allgemeiner Entwicklung und Ausdehnung auf das Gebiet des Elektromagnetismus finden wir diesen Standpunkt in der Theorie

von Helmholtz vertreten. Im Grenzfall suchen wir die gesamte Energie im Medium. Die mathematische Behandlung dieses Grenzfalls führt uns auf die Gleichungen Maxwells, doch ist damit noch nicht gesagt, daß dieser Standpunkt auch die Vorstellungen Maxwells wiedergibt. Der Druck, welchen das Medium zufolge der Anziehung seiner inneren Elektrizität ausübt, „zieht“ z. B. zwei geladene Platten gegeneinander.

4. Wir nehmen an, daß die unter Punkt 3 vorausgesetzte Aenderung des Raumes tatsächlich vorhanden ist und diese den Einfluß vermittelt, welchen die greifbaren Körper aufeinander ausüben. Diese Polarisierungen des Raumes sollen jedoch nicht die Folgen von Fernkräften sein, welche überhaupt nicht zugelassen werden, sondern jene Polarisierungen betrachtet man als wirklich vorhanden und zugleich als die Ursache der Bewegungen der wägbaren Körper und sonstiger Erscheinungen. Die Erklärung des Wesens der Polarisation, ihres Zusammenhanges und ihrer Wirkungen wird nicht gegeben oder in mechanischen Hypothesen gesucht.

Jedes Teilchen denkt sich Maxwell im Dielektrikum mit „positiver und negativer“ Elektrizität belegt. Die Elektrizität in den Leitern soll mit derjenigen im Dielektrikum geschlossene Ströme bilden. Die Elektrizität soll sich nach Maxwell wie eine inkompressible Flüssigkeit bewegen.

Das Wort „Elektrizität“ hat leider bei Maxwell einen Doppelsinn. Es bedeutet einmal dasjenige, was man bisher unter „positiver“ und „negativer“ Elektrizität verstand, welche mindestens den Ausgangspunkt scheinbarer Fernkräfte bildet. Es bedeutet aber auch zweitens ein angenommenes (hypothetisches) „Fluidum“, von dem auch keine scheinbaren Fernkräfte ausgehen und das nur eine positive Größe haben kann.

Anstatt alle diese Vorstellungen zu verlassen und solche dafür zu setzen, die sonstigen Erfahrungen in der Natur entsprechen, zog Hertz diese naturgemäßen Folgerungen nicht aus seinen Versuchen, sondern er schloß sich möglichst eng an die Gleichungen Maxwells an, da er der Meinung war, daß er aus der Erfahrung nicht viel mehr entnehmen könne, als in den Maxwellschen Abhandlungen ausgesagt ist. Hertz war der Meinung, daß man über das Wesen der elektrischen „Polarisation“, des elektrischen „Stromes“ usw. sich nach Bedarf noch nachträglich sinnliche Vorstellungen machen könne. Er sagt allerdings, wir müßten streng wissenschaftlich wohl unterscheiden zwischen einer Theorie, die wir uns bilden, und der einfachen schlichten Gestalt, welche die Natur uns zeigt, an deren Formen wir aus unserer Willkür nichts zu ändern vermögen.

Wir haben jedoch einen anderen Weg eingeschlagen und uns zunächst, unter der Annahme eines allgemeinen Aetherdruckes im Weltall, aus der Erfahrung ein möglichst klares, physikalisches Bild zu machen versucht, hieraus eine der Natur möglichst entsprechende Anschauungsweise (Theorie) abgeleitet, welche durch mathematische Rechnung als möglich bestätigt ist. Man darf hierbei jedoch nicht vergessen, daß Theorie und Rechnung immerhin nur Näherungs- oder Grenzwerte ergeben können, oft aber die Wirklichkeit nicht darstellen.

Man hat früher weder danach gefragt, woher die von den Körpern ausgehende Kraft stammt, noch wie das Mittel (Medium) beschaffen ist, welches diese Kraft fortpflanzt. —

Nach diesen Erwägungen wollen wir nun auch die Folgeerscheinungen betrachten, welche die Elektrizität als sogenannter Magnetismus hervorbringt.

Der Magnetismus

Die magnetische Kraft steckt nicht im Eisen eines Elektromagneten, sondern sie befindet sich in dessen Umgebung. Jeder stromführende Draht (der also von elektrischen Bewegungen um-

geben ist) zeigt bereits „magnetische“ Kraft. Magnetismus beruht also auf Bewegung. Die natürliche Gegenwirkung bzw. die Folgeaktion elektrischer Bewegungen (der Magnetismus) ist, wie wir sehen werden, keine geheimnisvolle „Sonderkraft“, sondern der Magnetismus ist eine Begleiterscheinung elektrischer Schwingungen bzw. „Wellenbewegungen“; er ist also ebenfalls Elektrizität.

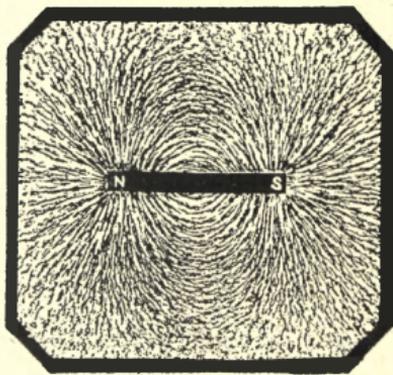


Abb. 2
Feilspanbild eines Stabmagneten

Die Sonderbenennung (Magnetismus) hat man eingeführt, als man sich über das Wesen dieser Erscheinung noch keine Rechenschaft geben konnte. Man verlegte ursprünglich auch den Sitz der „Anziehung“ in die Körper. Die Vorstellung der „Kraft-

linien“ bei der Einwirkung von Körpern auf einander gab auch keinen Aufschluß über dabei stattfindende Vorgänge, und ebensowenig geben ihn physikalische „Gesetze“ und Rechnungen. Wir müssen daher versuchen, uns eine Vorstellung zu verschaffen, welche unseren sonstigen Kenntnissen und Erfahrungen aus der Mechanik entspricht.

Bei einem Stahlmagneten finden wir die größte Kraft an den Enden (z. B. eines Stabes oder eines Hufeisens), bei einer Elektromagnetspule dagegen in der Mitte einer Drahtspule. Woher kommt das?

Verfasser hat fast ein halbes Menschenalter dazu aufgewendet, die Mechanik der magnetischen Erscheinungen klarzustellen. Er fand schließlich kein anderes Mittel, sein Ziel zu erreichen, als das Studium von „Feilspanbildern“, wie man sie erhält, wenn man auf die Magnete eine Glasplatte oder Kartenpapier legt, mit einem Siebe feine Eisenkörnchen aufstreut und das Glas oder den Karton vorsichtig durch Klopfen erschüttert. Bei einem Stahlmagneten erhält man z. B. auf diese Weise die beiden in Abb. 2 und 3 dargestellten Gruppierungen. Abb. 2 zeigt das

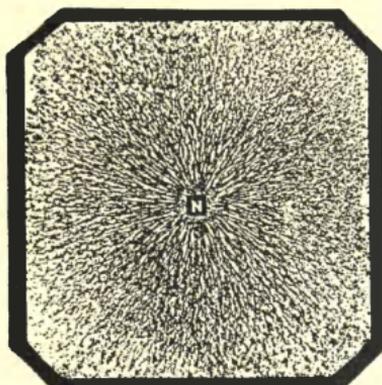


Abb. 3
Feilspanbild am Ende eines Stabmagneten

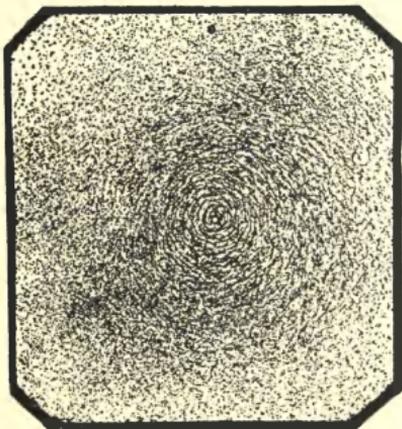


Abb. 4
Feilspanbild eines stromdurchflossenen Drahtes

Bild bei wagrechter Lage des Stabmagneten, Abb. 3 bei senkrechter Stellung am Ende.

Zunächst fand sich kein Aufschluß über die Vorgänge am Stahlmagneten; wohl aber kann man den Vorgang am Elektromagneten begreifen.

Jeder stromdurchflossene Leiter, z. B. ein runder Kupferdraht, der von sehr kräftigem Strome durchflossen wird, zeigt bereits „magnetische“ Erscheinungen. Die Abb. 4 und 5 zeigen Feil-

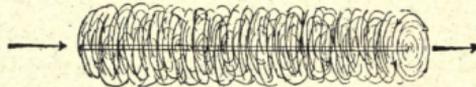


Abb 5
Feilspanbild an einem stromdurchflossenen Drahte

spanbilder an einem solchen Drahte. Abb. 4 zeigt eine wagrechte Fläche, durch deren Mitte der Draht senkrecht hindurchgeführt ist, Abb. 5 die Gruppierung längs des Drahtes. Es zeigt sich also, daß um den stromdurchflossenen Draht in dessen Umgebung bis zu einem gewissen Abstände Wirbelbewegungen stattfinden, welche magnetische Kraft erzeugen, die von der Anwesenheit eines Eisenkernes oder dergleichen zunächst gar nicht abhängig ist.

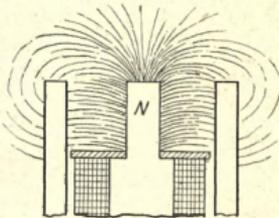


Abb. 6
Oberer Teil eines Mantel-Elektromagneten

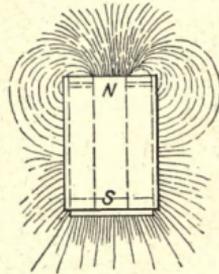


Abb. 7
Mantel-Elektromagnet

Die magnetische Kraft liegt also a u ß e r h a l b des Drahtes. Sie entsteht dadurch, daß die erregten elektrischen Wellen Bäuche und Knoten bilden. Die Wellenbäuche (der „Abtrieb“) stellen die elektrischen Wellen um den Draht dar, die Wellenknoten

(der „Antrieb“) bilden die Punkte der Gegenwirkung gegen die vom Drahte abtreibenden (expandierenden) Wellenbäuche, und **diese Gegenwirkung nennen wir Magnetismus.**

Von sich drehenden und ordnenden Molekularmagneten oder Molekularströmen im Eisen, wie man bisher gelehrt hat, kommt also die Kraft nicht her, sondern sie ist die natürliche Folge der Reibung des Aethers im Raume, die man bisher als nicht vorhanden betrachtet hat. Es gibt keine reibungslosen Vorgänge in der Natur.

Winden wir einen isolierten Kupferdraht zu einer Drahtspule auf, so vervielfältigen wir die Kraft des Stromes. Eine solche Drahtspule zeigt ebenfalls magnetische Kraft, die von der Anzahl der Windungen und der Stromstärke (Ampère-Windungen) abhängig ist. Der Vorgang in der Drahtspule ist im Grunde genommen der gleiche wie an einem geraden Drahte, nur prägt sich die Wirkung unserem Auge besser aus. Wir sehen im Feilspannbilde (das hier nicht besonders abgebildet ist) in der Mitte der Spule nach außen hin eine abtreibende (expandierende) Wirkung, etwa wie bei einer Zentrifuge, und hieraus folgt an den Enden eine Druckwirkung nach der Mitte der Spule zu (Depression). Legen wir eine solche Spule wagrecht hin, so wird eine eiserne Kugel, welche in der Bohrung der Spule Platz hat, nach der Mitte zu getrieben. Füllen wir die Spule vollständig mit einem Eisenkerne aus, so erhöht sich die Wirkung bedeutend.

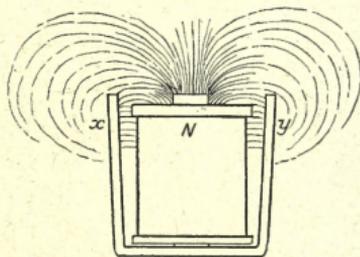


Abb. 8
Dreischenkiger Elektromagnet

Die um den Eisenkern kreisenden elektrischen Wellen werden vom Eisen gebrochen und reflektiert. Die „Abtrift“ in der Mitte, senkrecht zur Längsachse, ist größer geworden, und infolgedessen vergrößert sich auch die „Antrift“ an den Enden (Polen). In mangelnder Erkenntnis dieser Vorgänge nennt man diese Erscheinung bis jetzt immer noch magnetische „Anziehung“.

Die Abbildungen 6, 7 und 8 zeigen einige Feilspannbilder von Elektromagneten. In Abb. 6 ist das obere Ende eines Elektromagneten, welcher ringsum von einem eisernen Zylinder (Mantel) umgeben ist, mit geradem Eisenkerne abgebildet, dessen Nordpol aus der Drahtspule hervorragt. Abb. 7 gibt das Feilspannbild eines geschlossenen Mantelmagneten, dessen Drahtspule den Raum

zwischen Kern und Mantel vollständig ausfüllt. Ein ganz ähnliches Bild erhalten wir bei einem geraden Eisenkerne mit beiderseits emporgebogenen eisernen Schenkeln x und y (Abb. 8). Solche Elektromagnete äußern eine viel größere Kraft als die gewöhnlichen Elektromagnete ohne Eisen um die Drahtspule herum, weil die nach der Mitte der Drahtspule wirkende Kraft durch die äußere eiserne Wand eingengt wird. Von „entgegengesetzten Polen“ kommt das nicht her. Eine Kraft kann, mathematisch genommen, wohl positiv oder negativ sein. Im physikalischen Sinne kann sie ferner am sogenannten Leiter zwei Richtungen haben, die negative als „ausgehende“, die positive als „eingehende“ Richtung. Aber nimmermehr können es zwei verschiedene Kräfte sein, welche sich durch ihre Eigenschaften unterscheiden.

Es kann eine jede Kraft nur aus Bewegung entstehen, und daß die Kraft beim Elektromagneten aus Bewegung entsteht, die wir als „elektrischen Strom“ bezeichnen, ist nicht zu bestreiten. Es muß also auch die Kraft des Stahlmagneten, wie ich das bereits aus anderen Versuchen geschlossen habe, auf nicht ohne weiteres unseren Sinnen wahrnehmbaren Bewegungen beruhen. Diese Bewegungen können aber der Hauptsache nach nur auf der Oberfläche stattfinden und nicht im Innern durch Molekularitätigkeit hervor gebracht werden.

J. H. Ziegler weist darauf hin, daß harte Körper am meisten strahlen. Wir können dies auch wahrnehmen, wenn wir im Finstern den eisernen Anker eines Stahlmagneten plötzlich abreißen. Wir sehen dann heftiges Aufleuchten. Geben wir nun der natürlichen Strahlung eines gehärteten Stahles eine besondere Richtung, so entsteht eben der Vorgang, den wir „Magnetismus“ nennen; der Stahl ist „magnetisiert“, er hat nun eine gerichtete Strahlung.

Hält man an dieser letzteren Anschauung fest, so erklären sich viele Vorgänge einfach und leicht, für die man überhaupt keine Erklärung hatte. Wir dürfen jedoch die Ursache und den Sitz der Kraft nicht an den Enden oder sogenannten „Polen“ suchen, sondern wir müssen die Mitte, die sogenannte „Indifferenzzone“, als Kraftpunkt betrachten, wie dies ganz ähnlich auch beim Elektromagneten nur der Fall sein kann.

Mit Messen und Rechnen allein läßt sich kein mechanischer Vorgang erklären, sondern nur mit ursächlichem, folgerichtigerem und streng aufmerksamem Denken. Dies gilt ja auch für den Uhrmacher bei aller seiner Tätigkeit, insbesondere auch bei der Elektrotechnik. Es hat keinen Sinn nach der Elektromagnettheorie das Licht als „elektromagnetischer“ Natur zu

bezeichnen. Man darf nicht einen unbekanntem Zustand durch einen anderen, ebenso wenig bekannten erklären. Und was die Elektronen sind sagt uns die Theorie auch nicht. Der Theorie-wechsel nach Maxwell ist daher für die wahre Erkenntnis ganz wertlos.

Welche Form wir auch im allgemeinen einem Stahlmagneten geben: sobald wir ihn in der gewöhnlichen Weise magnetisieren, werden wir immer (abgesehen von gewissen Aenderungen, die von der Gestalt abhängig sind) den ähnlichen Vorgang im Feilspannbilde feststellen können.

Betrachten wir einen gebogenen Magneten, der die Form eines Winkels, eines Hufeisens oder eines Ringes hat, so zeigt das Feilspannbild dieser Formen immer den ähnlichen Vorgang wie bei dem geraden Magneten, als wenn man an diesen entsprechend geformte Verlängerungen angesetzt hätte, d. h. die Schleuderzone ist auf der einen Seite durch diese Verlängerung eingeengt, und das Gebiet des zentralen Druckes, bzw. die Achse dieses Gebietes, verschiebt sich seitwärts je nach Lage und Gestalt der Ansätze.

So sehen wir z. B. bei einem Hufeisenmagneten mit längeren Schenkeln die Kurven des Zentrifugalggebietes (Indifferenzzone) nicht nur außerhalb des Hufeisens an der Biegung desselben sondern auch an den Enden der Schenkel (den sogenannten Polen) Wir müssen also die Vorstellung fallen lassen, als ob eine Bewegung über die Länge des gebogenen Stabes (Hufeisens) als wesentlich stattfände. Die Gebiete der Zentrifugalkraft und des zentripetalen Druckes gehen naturgemäß an den Grenzgebieten vielfach ineinander über. Bei systematischer Darstellung in verschiedenen Schnittflächen des räumlichen Bildes findet man jedoch die eben hier geschilderten Vorgänge leicht heraus.

Wie die magnetische Kraft entsteht, sehen wir am Stahlmagneten nicht sogleich ein; der Elektromagnet dagegen gestattet eher einen Einblick in diesen bislang so geheimnisvollen Vorgang.

Der elektrische Gleichstrom und auch der Wechselstrom erzeugen (bei hohen Stromstärken bereits leicht nachweisbar) schon an einem geraden stromdurchflossenen Leiter sogenannte „magnetische“ Erscheinungen. Was wir als elektrischen „Strom“ bezeichnen, ist die in gleicher oder wechselnder Richtung vorhandene Wellenbewegung, welcher der sogenannte Welt- oder Lichtäther unterliegt. Der Eisenkern als solcher bringt nicht die magnetische Kraft hervor, sondern lediglich die elektrische Bewegung, welche an der den Eisenkern umgebenden Drahtspule stattfindet. Die Kraft, welche die magnetischen Erscheinungen erzeugt, befindet sich weder in dem Eisenkerne noch in der Drahtspule, sondern sie liegt außerhalb des Apparates im Äther.

Wir wissen, daß bereits an einer Drahtspule auch ohne Eisenkern magnetische Kraft besonders an den offenen Enden vorhanden ist. Wir können diesen Vorgang nur in der Weise erklären, daß der elektrische Strom der Drahtspule eine zentrifugale, senkrecht zur Achse des Solenoids (Spule) wirkende Bewegung erzeugt und infolgedessen in dem elastischen Medium des Aethers hauptsächlich an den Enden zentripetale Bewegung oder magnetischer Druck entsteht, den man fälschlich bisher als „Anziehung“ bezeichnet, obgleich man seit Jahren weiß, daß die magnetische Kraft außerhalb des Magneten liegt.

Elektrische Schwingungen bilden um Metalldrähte, wie schon Heinrich Hertz gezeigt hat, Bäuche und Knoten. Der Abtrieb, die ausgehende Kraft oder Strahlung, liegt an den Bäuchen, die eingehende Kraft, der Magnetismus aber an den Knoten. Der Elektromagnet in einer Leitung ist also nichts anderes als ein zwangsläufiger Wellenbauch, verstärkt durch die Windungszahl und den Eisenkern. An dessen Enden, den Knoten, entsteht die eingehende Strahlung bzw. Kraft. Diesen Vorgang nennt man aus Mangel an Einsicht in die Vorgänge bislang magnetische „Anziehung“. Sie ist in der Natur aber überhaupt nicht vorhanden, ja unmöglich. Der Elektromagnet arbeitet als elektrische Zentrifuge. Magnetismus ist keine geheimnisvolle Sonderkraft etwa im Eisen, oder Stahle. Beim letzteren geben wir der natürlichen Strahlung die erforderliche Bewegungsrichtung, wir polarisieren ihn sagt man bisher.

Untersuchen wir die magnetische Kraft am Eisen bei verschiedenen Temperaturen, so ergibt sich, daß sie z. B. bei $+770^{\circ}\text{C}$ noch sehr bedeutend ist, bei 785°C aber praktisch null wird, wie Hopkinson ermittelt hat. Es sind dann also die Moleküle (kleinen Teile) so weit voneinander entfernt, daß die Drucke sich ausgleichen, daß also keine erhebliche Zentrifugalkraft, mithin auch keine Depression (Antrieb) an den Enden des Eisenkerns, eintreten kann.

Schon Faraday war der ganz bestimmten Ansicht, daß auch andere Metalle bei niedriger Temperatur magnetisierbar sein müßten. Hopkinson weist an Hand von Versuchen auch nach, daß die bisherigen Theorien von Poisson, Weber und Ampère keine Erklärung für dieses Verhalten des Eisens zu geben vermögen. Dergleichen Widersprüche oder Mängel haben wir im vorstehenden vermieden. Durch Versuche wurde die Richtigkeit der Darlegungen nachgewiesen.

Bei den permanenten oder Stahlmagneten sehen wir ganz ähnliche Erscheinungen wie an dem Elektromagneten. Wir müssen daraus folgern, daß auch ähnliche Bewegungsursachen vorhanden sind, welche auf ähnlichem Wege die magnetische Kraft erzeugen.

Die seit einigen Jahren im Gange befindlichen Untersuchungen über die „strahlende“ Materie (Strahlen aller Arten), wie die Untersuchungen des Verfassers über die Ursache des Magnetismus, welche derselbe 1904 in seiner Schrift „Elektrische Spektra“ beschrieben hat, führen zu der Annahme, daß um jeden Körper gewisse Aetherbewegungen vorhanden sind, die durch den Magnetisierungsprozeß beim Stahle konzentriert werden und gleichzeitig gewisse Richtung erhalten. Dies gelingt z. B. auch bei einem Glasstreifen durch Reiben mit den Fingern. Man kann ihn „positiv“, „negativ“ oder „neutral“ elektrisch machen. Es dürfte also beim Magnetisieren von Stahl ein ganz ähnlicher Vorgang eintreten.

Die Linien im Expansionsgebiete des Feilspanbildes krümmen sich stärker, bauchen sich bei der Verstärkung der Expansion (Ausbreitung des magnetischen Feldes) an einem Elektromagneten mehr aus, sie lagern sich wohl auch dichter aneinander; doch bleibt immer ein gewisses Druck- oder Depressionsgebiet, dessen Kurven nur mit einem Ende am Magneten aufsitzen, mit dem anderen aber im Raume endigen und sich um eine Gerade als Achse anordnen (vgl. auch Abb. 2 und 7).

Die hier behauptete zentrifugale Expansion des Feldes (nicht des Aethers) stimmt völlig mit den Ampère-Windungen, welche bei deren Zunahme die magnetische Kraft vergrößern. Es findet hierbei, wie die Rechnung beweist, eine größere Geschwindigkeit statt, so daß Theorie und Rechnung völlig übereinstimmen. —

Der Elektromagnet arbeitet als elektrische Zentrifuge. Er ist ein zwangsläufiger, verstärkter Schwingungsbauch, an dessen Enden die Schwingungsknoten liegen. Dies ist die bisher nicht aufgeklärte magnetische „Anziehung“. Sie ist tatsächlich aber nichts anderes als Aetherdruck. (Näheres findet man in meinem Buche: „Rätsel der Natur“. — Ein Urteil über diese Auffassung bringt der Philosoph Emil Horst 1906 in: „Kritik der reinen Vernunft des 20. Jahrhunderts“, S. 142—145.)

Die Vorgänge am geraden Elektromagneten haben wir im vorstehenden erklärt und betrachten nun die weiteren Formen von Elektromagneten.

Schon die Ablenkung der Kompaßnadel durch magnetische oder magnetisierbare Stoffe weist darauf hin, daß Magnetismus ein Bewegungsvorgang sein muß; denn das Stück Eisen, welches man der Kompaßnadel an einem Ende nähert, kann diese Bewegung (nämlich die Ablenkung der Nadel) nicht vollbringen, sondern die Ursache muß in Bewegungen gesucht werden, welche um den Magneten im Raume stattfinden; denn es gibt keine „Anziehung“! Auch dieser scheinbar so einfache Vorgang ist, wie alle Vorgänge, bei denen der Aether in Frage kommt, höchst verwickelter Natur.

Die Kompaßnadel wird jedoch nicht nur von dem magnetischen Stahle, Eisen oder Nickel, sondern auch durch den elektrischen Strom abgelenkt. Ein stromdurchflossener paralleler Leiter stellt die Kompaßnadel bei genügender Stromstärke senkrecht zu einer Bewegungsrichtung ein *).

Wir sind uns klar darüber, daß an einem stromdurchflossenen Drahte wirbelnde Bewegungen in dessen ganzer Länge stattfinden, welche in senkrecht zur Drahrichtung liegenden Ebenen sich vollziehen. Die Bewegungen um die Magneten dagegen beschreiben Kurven von einem Ende der Nadel zum anderen, die aus spiralförmigen Bewegungen um diese Kurven zusammengesetzt sein müssen (so daß die Feilspäne als Knotenpunkte dieser Schwingungen anzusehen sind). Wir können schließen, daß die Ablenkung der Nadel die Richtlinie (Resultante) dieser Bewegungen anzeigt. Finden die Bewegungen in gleichem Sinne statt, so wird die Kompaßnadel z. B. einem nahe gehaltenen Magneten genähert; haben die Bewegungen entgegengesetzten Sinn, so wird die Nadel abgetrieben. Hierbei ist Voraussetzung, daß bei diesem Versuche der Magnetismus der Nadel sich nicht ändert bzw. nicht umgekehrt wird. Es sind also Interferenz und Resonanz dieser unsichtbaren Bewegungen die Ursache der uns sichtbaren Lage-Änderungen der Kompaßnadel. In einem der Kompaßnadel genäherten Stücke Eisen wird nicht durch „Influenz“ ein entgegengesetzter „Pol“ und infolgedessen eine Ablenkung erzeugt.

Nähert man eine Kompaßnadel der Mitte eines normalen Stabmagneten, so stellt sie sich parallel zu dessen Längsachse mit entgegengesetzten „Polen“, jedoch nicht weil die Enden einander gleichmäßig „anziehen“, sondern weil die um beide Stücke stattfindenden Bewegungen die bewegliche Nadel in gleichem Abstände halten. Fügen wir zu diesen Bewegungen durch mechanische Kraft noch eine andere Bewegung hinzu, indem wir den Stabmagneten senkrecht zu seiner Längsachse um seine Mitte rotieren lassen, so ändert sich das Bild nicht.

Die Induktion.

Nachdem durch Untersuchungen so weit als möglich festgestellt wurde, in welcher Weise die Bewegungen der Elektrizität um einen Draht, einen Eisenkern oder einen Stabmagneten stattfinden, wollen wir nunmehr untersuchen, wie sich diese Bewegungen benachbarten Leitern mitteilen. Diesen Mitteilungsvorgang oder Nachbareinfluß nennen wir seit Faraday „In-

*) Schon in dem Werke „Elektrische Spektra“, Seite 88, hat Verfasser in Abb. 50 und 51 zwei Spektra dargestellt, welche Abtritt und Antritt der Kompaßnadel bei einem Hufeisenmagneten veranschaulichen und den Grund der Ablenkung sichtbar machen.

duktion“ *). Die Untersuchungen gestatten nunmehr einen weiteren Einblick in die Mechanik dieses „Nachbareinflusses“. Im allgemeinen ist dabei Bedingung, daß die ursprüngliche Bewegung (der primäre Einfluß) der neu erzeugten Bewegung (dem sekundären Einfluß) möglichst nahe liegt, weil die von der ursprünglichen Bewegung ausgehende Kraft bekanntlich mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt.

Es ist hierbei gleichgültig, ob diese Bewegung von einem geraden metallischen Leiter, einer Drahtspule, einem Elektromagneten oder einem Dauermagneten ausgeht, da alle mittels desselben Mittels (Mediums) zustande kommen und sich auch in demselben Medium fortpflanzen. Wir haben jedoch auch bei der ursprünglichen Bewegung zwei „Richtkräfte oder Komponenten“ wohl zu unterscheiden, nämlich die „Urbewegung“ (die elektrischen oder „magnetischen“ Wellen) und die von dieser erzeugte elastische äußere „Gegenbewegung“ (die sogenannten „magnetischen“ oder elektrischen Wellen). Beide ursprünglichen Bewegungen, die Urbewegung und die von dieser erzeugte Gegenbewegung oder Folgebewegung, die wir die primären Einflüsse nennen müssen, erzeugen die oben besprochenen Folgeerscheinungen.

Die Folgebewegung oder der Nachbareinfluß der Urbewegung ist der sogenannte sekundäre Schließungsstrom. Die Folgebewegung der Gegenbewegung gegen die Urbewegung ist der sekundäre Oeffnungsstrom. Außerdem haben wir noch zwei Selbstinduktions-Bewegungen zu unterscheiden, die bei Anfang und Aufhören der Urbewegung bemerkbar sind.

Wir unterscheiden also:

1. Urbewegung oder primären Stromschluß.
2. Folgebewegung oder elastische Gegenwirkung, die beide zusammen den induzierenden Einfluß bilden. Ferner
3. Nachbareinfluß zu 1, oder entgegengesetzt gerichteter sekundärer Schließungsstrom.
4. Nachbareinfluß zu 2, oder gleichgerichteter Oeffnungsstrom.
5. Vorbewegung im Augenblicke des Beginnes der Urbewegung, und
6. Nachbewegung im Augenblicke des Aufhörens der Urbewegung, welche beiden letzteren die Selbstinduktion darstellen, die im gestreckten Leiter zunächst auftritt, also den Vorgang noch verwickelter macht (sich als Nachbareinfluß, wie bei 3 und 4, geltend macht), wenn der Leiter eine Drahtspule bildet, deren Windungen sich gegenseitig beeinflussen.

*) Bereits in „Elektrische Spektra“ wurden die Grundlagen dieser Bewegungen (Seite 148 bis 152) erörtert.

Jede Veränderung der Urbewegung in ihrer Masse, Geschwindigkeit oder Richtung bringt entsprechende Folgebewegungen hervor. Es ist auch nicht immer nötig, daß diese Erscheinungen lediglich auf elektrischem Wege zustande kommen, sondern wir können auch durch mechanische Kraft, z. B. durch unsere Hand, den von Urbewegungen umgebenen Gegenstand, nämlich einen metallischen Leiter, Magneten oder Elektromagneten, in Bewegung setzen, wodurch gleichfalls Folgebewegungen (Induktion) hervorgebracht werden.

Die Ur- und die Folgebewegungen stellen also das Wesen der bekannten Vorgänge dar, die wir als Induktion, Selbstinduktion, Extraröme usw. bezeichnen *).

Solange wir es mit langgestreckten, drahtförmigen Leitern, Drahtspulen oder Magneten verschiedener Art zu tun haben, können wir über die Grundbedingungen, unter denen die Folgebewegungen (Induktionsströme) zustande kommen, gar nicht zweifelhaft sein. Der englische Ministerpräsident Arthur James Balfour hebt in einem am 17. August 1904 in der *British Association* gehaltenen Vortrage ebenfalls die überaus mangelhafte Forschungsmethode hervor **).

„Das Arbeitsziel muß die Erkenntnis des Wesens der wahren Dinge sein.“ (Dies sprach 1857 auch bereits Redtenbacher aus.)

„Daß ein derartiges wahres Wesen der Dinge besteht (mögen Philosophen es auch in Zweifel gestellt haben), ist ein unerschütterliches Dogma der Wissenschaft. Denn gelänge es je der kritischen Forschung, den Glauben daran mit wuchtigen Hieben zu zerstören, so wäre dies auch gleichbedeutend mit dem Ende aller exakten Wissenschaften oder mindesten dessen, was die Vertreter derselben gewöhnlich darunter verstehen“ — sagt Balfour.

Es ist klar, daß bei der hier angedeuteten und vom Verfasser verlangten, nach Möglichkeit selbst befolgten Forschungsmethode auch Fragen mehr philosophischer Natur auftauchen, die besser mit rein wissenschaftlichen Fragen nichts zu tun haben sollten. Es gibt eben ein ungewisses Grenzgebiet, auf welchem Philosophie und Naturforschung ineinander übergehen. Obiges erscheint also berechtigt. Ja es ist unzulässig, philosophische Streiflichter hierauf völlig zu vermeiden. Waren es schließlich doch rein philosophische Betrachtungen, die dem Verfasser vor nunmehr vierzig Jahren zu seinen magnetischen Forschungen Veranlassung gaben und

*) Ihr Wirken hat Verfasser in seinem Buche „Elektrische Spektra“ (Seite 149) in schematischen Figuren dargestellt.

**) Dieser Vortrag. „Unsere heutige Weltanschauung. Einige Bemerkungen zur modernen Theorie der Materie“ ist deutsch von Dr. M. Ernst (II. Auflage, Leipzig 1905) erschienen.

somit zu der „Entdeckung der Ursache des Magnetismus“ führten. Das Werk von Angelo Secchi über „die Einheitlichkeit der Naturkräfte“ und die mit Aurel Anderssohn darüber geführten Diskussionen und dessen eigene Anschauungen in diesen Fragen bildeten den Untergrund für diese Arbeit.

Bei den Betrachtungen über das Wesen der Induktion zeigt sich ebenso wie bei einigen anderen, wie der Mangel an Erkenntnis der Vorgänge in früheren Zeiten dazu geführt hat, eine Gruppe von Vorgängen, die hier in Rede steht, nicht, wie es richtig gewesen wäre, nach allgemeinem Gesichtspunkte zusammenzufassen, sondern in Einzelscheinungen zu zerlegen und jede derselben mit besonderem Namen zu benennen. Es wäre ungefähr das gleiche, wie wenn man die Bewegungen der Luft nicht nach Windrichtungen oder Richtungen überhaupt, sondern, ähnlich wie bei der Induktion, mit Öffnungswind, Schließungswind, Extrawind usw. bezeichnen wollte.

In der dynamoelektrischen Maschine erzeugen wir durch mechanische Kraft „Strom“ oder elektrische Bewegung, und umgekehrt erzeugt diese Bewegung im Elektromotor mechanische Kraft. Die tatsächlichen Vorgänge hierbei sind bisher noch unzureichend aufgeklärt worden.

Die Kraft des Elektromagneten liegt nicht in ihm, sondern außerhalb. Es sind also z. B. zwei Bewegungen in einem „zweitriftigen“ Felde, welche von den Ankerwicklungen in der Dynamomaschine durchschnitten werden. Diese Bewegungen sind nach den Enden hin gerichtet; da aber jene wirbelnden Bewegungen gleichartig stattfinden, so gehen sie ineinander über. — Da eine Kompaßnadel sich in die Richtung der beiden Trifortorte stellt, so hat man angenommen, daß eine Bewegung „von Pol zu Pol“ stattfände; tatsächlich müssen diese Bewegungen jedoch anders verlaufen. Bewegen wir einen geschlossenen Leiter in Gestalt eines rechteckig gebogenen Drahtes in der bekannten Weise, wie die Armaturdrähte eines Trommelankers sich im magnetischen Felde drehen, so entsteht bekanntlich ein Strom, d. h. die Bewegungen an den beiden Trifortorten des Feldes erzeugen in dem Drahte zwei neue Bewegungen als Kraftkomponenten, deren Resultante eine neue Bewegung (nämlich den elektrischen Strom im bewegten Leiter) darstellt. Tatsächlich müssen sich die Ströme im bewegten Leiter auf beiden Seiten der Drehachse in entgegengesetzter Richtung bewegen, sonst könnten sie keinen Gleichstrom ergeben, und ihre Kräfte könnten sich nicht summieren.

In Wirklichkeit steht einem Trifortorte am Feldmagneten ein entsprechender Trifortort am Anker gegenüber, wenn dieser dicht am Magneten mit seinem Eisenkörper vorbeistreich und infolgedessen die Reaktionsbewegungen um so besser zur Wirkung bringt. Der

Vorgang der Stromerzeugung findet also lediglich zufolge von Bewegungen in der Lücke zwischen Magnet-Enden und Ankerkörper statt, und das Eisen sowohl im Anker wie am Magnetfelde hat nur den Zweck, die Bewegungen so einzuengen, daß von ihrer Kraft möglichst wenig verloren geht. Tatsächlich erzeugen die Drahtwicklungen im Felde in Leitern des Ankers den elektrischen Strom, und nicht die Eisenkerne, welche lediglich eine passive Rolle dabei spielen. Die tatsächliche Wirkung haben also nur die Bewegungen in den Drahtspulen.

Ohne irgend eine Aenderung der zu beeinflussenden Drähte in ihrer Lage, also ohne mechanische Bewegung kann keine elektrische Reaktion (Induktion) zustande kommen.

Aus diesem Grunde ist der Prozeß auch umkehrbar. Erzeugen wir durch Einleiten elektrischen Stromes in einen Elektromotor sowohl Bewegungen in den Wicklungen der Feldmagnete als auch in denjenigen des Ankers, so stoßen sich die dabei entstehenden Wirbel derartig ab, daß sie eine Verschiebung der Ankerwicklungen und damit Rotation hervorbringen. Die nach den Trifortoren des Feldes gerichteten wirbelnden Bewegungen senkrecht zur Drehungsachse des Ankers treffen mit den um die Drähte des Ankers stattfindenden Stromwirbeln so zusammen, daß deren Bewegungen einander abstoßen, also infolgedessen den Umlauf der Welle erzeugen.

Die Magnetnadel stellt sich im Magnetfelde nicht deshalb in die Richtung beider entgegengesetzten Pole, weil von einem zum andern ein magnetischer Strom fließt (ein „Strom“ ist gar nicht vorhanden), sondern weil die Bewegungen um die Nadel und diejenigen nach den beiden Polen hin gleich stark, aber entgegengesetzt auf die Enden wirken. Wir haben also keinen magnetischen Fluß und keine magnetischen Kreise, sondern nur elektrische Bewegungen, deren Zentrum in der Mitte der Wicklungen liegt; alles andere ist Täuschung.

Die magnetische Kraft ist zur Bewegungsrichtung des Stromes senkrecht gerichtet; sie geht nicht an einem Magneten entlang, sondern sie wirkt nach ihm hin.

Die „drahtlose Telegraphie“ z. B. ist ebenfalls ein Mitteilungs-vorgang (eine Induktion). Es ist bekannt, daß Sende- und Empfangsdraht „einander sehen müssen“, wenn man vorteilhaft arbeiten will. Wie bei so vielen neuen Erfindungen hat man auch hier die scheinbar ganz neuen und eigenartigen Erscheinungen nicht schon bekannten Vorgängen eingeordnet, weil man eben das Wesen des Nachbareinflusses zu wenig kannte oder beachtete. Der Unterschied gegen die bekannten Induktionserscheinungen liegt nur in der größeren Entfernung und dem hierdurch bedingten größeren Energieaufwande bei der elektrischen Wellentelegraphie. Genügen doch schon die geringen Wellen eines kleinen, mit einem Elemente betriebenen Weckers, um auf 1 bis 3 m Entfernung den Empfangs-

apparat zu betätigen. Der Funke der am Induktor erzeugten Schwingungen allein aber macht es auch noch nicht; die ganze Konstruktion spielt dabei eine hervorragende Rolle. —

Bevor wir diesen Abschnitt schließen, möchten wir noch auf einen grundsätzlichen Punkt hinweisen. Es ist allgemein Gebrauch zu sagen, ein Magnet, ein Strom induziere auf gewissen leitenden Körpern (wie z. B. im Ferrarisschen Drehfelde) Ströme. Man spricht von Foucault-Strömen, Wirbelströmen usw. Die Mechanik dieser Einflüsse muß jedoch ganz anders vor sich gehen, als diese Ausdrucksweise anzudeuten scheint. Die einzelnen stoßartigen Bewegungen z. B. eines Stromes, eines bewegten Magneten usw. erzeugen im Raume Folgebewegungen, die sich bis auf den induzierten Leiter erstrecken. Da die Metalle für dergleichen Wellenstöße den Weg bilden, auf den sie sich konzentrieren und auf dem sie sich fortpflanzen können, so erhalten wir „Folgebewegungen zweiter Ordnung“, die man „Induktionsströme“ genannt hat. Neue, ihrem Wesen nach andere Ströme sind es jedoch nicht. Aus dem Gesagten geht auch ohne weiteres die Möglichkeit der Erzeugung von Induktionsströmen durch Magnete oder Ströme bzw. von magnetischen Wirkungen hervor.

* * *

Für den vorliegenden Zweck kam es vornehmlich darauf an, die Erkenntnis der Vorgänge zu fördern bzw. den Verknüpfungsprozeß der Erscheinungen und deren ursächlichen Zusammenhang zu ergründen. Wir haben darauf verzichtet, hier auch die mathematische Berechnung der Elektromagnete aus Bewegung zu bieten (wie sie bereits in dem Buche des Verfassers „Wirkliche Grundlagen der elektrischen Erscheinungen“ behandelt ist). Die Mathematik kann nie die Ursachen bzw. das wirkliche Geschehen aufdecken. Dies kann nur auf logischem Wege, durch rein „ursächliches“ Denken geschehen. Ohne eine genaue Prüfung und Wertbestimmung der Voraussetzungen bleiben alle mathematischen Entwicklungen wertlos, sie sinken zum reinen Formelkram herab. Jeder mathematischen Tat, sagt J. G. Vogt, muß unbedingt eine philosophische Tat vorhergehen. Die Vorstellbarkeit und die Uebereinstimmung mit den Beobachtungstatsachen ist die erste Forderung bei allen praktischen Arbeiten des Technikers. Sie war uns auch für den vorliegenden Abschnitt maßgebend. Die hier gebotene Erkenntnis und Aufklärung der Vorgänge wird bei den praktischen Arbeiten des Uhrmachers gute Dienste leisten.

Nachdem wir uns von der Elektrizität und ihrem Wirken ein Bild gemacht haben, wenden wir uns nun deren praktischen Anwendung für die Zeitmessung zu.

II. Elektrische Zeitmesser

Allgemeines

Der Uhrmacher hat sich bislang mit der Elektrotechnik nur sehr wenig befaßt. Die Herstellung elektrischer Uhren ist heute noch immer eine Sondertechnik, die nur von einzelnen Fabrikanten betrieben wird. Nachdem aber die Elektrotechnik, man möchte sagen auf allen Gebieten des menschlichen Tuns, Anwendung gefunden hat, ist es nur natürlich, daß auch die Herstellung elektrischer Zeitmesser sich neuerdings ausgebreitet hat.

Der Mangel an guten und genügend billigen elektrischen Uhren, die selbständig und unabhängig von einer Stromquelle getrieben werden, führte schon frühzeitig zu dem Zentraluhren-Systeme, zu einer Verteilung der Zeit mit Hilfe elektrischer Vorrichtungen. Der erste, der bahnbrechend auf diesem Gebiete gewirkt hat, war wohl Dr. M. Hipp in Neuchâtel. Er baute nicht allein Uhren, die selbständig durch eine Batterie getrieben wurden, sondern er legte auch ganze Netze von Nebenuhren an, die von einer oder mehreren Hauptuhren abhängig sind. Ihm folgten später Grau, Wagner, Bohmeyer, Mayerhofer u. a.

In den letzten Jahren sind eine Reihe von Konstruktionen bekannt geworden, die es ermöglichen, einzelne selbständige Uhren mit ein bis zwei Trockenelementen oder durch Anschluß an Elektrizitätswerke in sehr befriedigender Weise zu betätigen. Zu diesen Systemen gehören z. B. die Fabrikate der Firmen H. Aron, Max Möller, Siemens & Halske A.G. usw., die wir später besprechen werden.

Wenn bisher den meisten Uhrmachern die elektrischen Uhren wenig sympathisch waren und infolgedessen heute viele noch nicht in der Lage sind, Uhren gedachter Art aufzustellen, zu regulieren und zu reparieren, so dürfte es jetzt an der Zeit sein, das Versäumte alsbald nachzuholen und sich auch mit den elektrischen Zeitmessern aller Arten baldigst vertraut zu machen. Wir können hier nicht auf die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Zeitmesser näher eingehen und auch nicht alle im Laufe der Entwicklung dieses jüngsten, aber hoch bedeutsamen Fortschrittes im Uhrenbau auf-

getauchten Konstruktionen beschreiben, sondern wir dürfen uns damit begnügen, einige charakteristische, eingeführte Systeme herauszugreifen und darzustellen, deren Kenntnis dem Uhrmacher ermöglichen wird, sich auch in andere Systeme hinauszufinden.

Die allgemeine Einrichtung der elektrischen Uhren ist in bezug auf das Räderwerk und das Zeigerwerk bei den meisten Systemen die gleiche; ein Unterschied liegt vornehmlich in den Vorkehrungen für den Antrieb der Räder, also in dem Ersatze der bisher notwendigen Zugfeder oder des Gewichtes, die von Hand aufgewunden werden müssen, durch einen elektrischen Antrieb. Ein weiterer Unterschied liegt in der Konstruktion der Nebenuhren, die (durch elektrische bzw. magnetische Einrichtungen) von den Hauptuhren aus getrieben werden. Um eine Uebersicht der verschiedenen Einrichtungen zu gewinnen, wollen wir folgende Einteilung wählen:

I. Elektrische Einzeluhren für

- a) elektromagnetische Triebkraft,
- b) elektrischen Gewichtaufzug,
- c) elektrischen Federaufzug,
- d) elektrischen Gewicht- oder Federaufzug.

II. Zentraluhrenanlagen

- a) Hauptuhren für
 1. Gewichtbetrieb,
 2. elektrischen Betrieb.
- b) Nebenuhren mit
 1. selbständigem Gangwerk,
 2. elektromagnetischem Triebwerk.
- c) Signaluhren. —

Ein fernerer Unterschied in den Einrichtungen liegt auch in der Art der Stromerzeugung. Während man für Einzeluhren naturgemäß hauptsächlich den aus Batterien entnommenen Gleichstrom verwendet, gebraucht man für den Betrieb von Nebenuhren hauptsächlich Wechselstrom (Stromrichtungs-Wechsel). Dieser wird entweder aus Batterien mit Hilfe eines Stromwenders (oder Polwechself) entnommen, oder man gebraucht zur Stromerzeugung (wie dies z. B. die Gesellschaft „Magneta“ tut) Magnet-Induktoren, deren Anker durch ein schweres Gewicht betrieben werden und auch Wechselströme abgeben.

Man ist vielfach der Meinung, daß eine „Zentraluhrenanlage“ als Ideal für die Zeitvereinheitlichung anzusehen sei. Es gibt jedoch mancherlei Gründe, die entweder dagegen sprechen oder doch wenigstens eine Einschränkung solcher Anlagen veranlassen können. Die richtige Zeit spielt im täglichen Leben eine ungeheure Rolle. Die heutigen Verkehrsverhältnisse

und die viel verzweigten Erwerbsverhältnisse zwingen zur Anwendung möglichst genau zeigender Uhren. Eine gut gehende Uhr aber ist immerhin ein nicht billiger Apparat. Aus diesem Grunde hat man auf Eisenbahnen, in der Telegraphie und bei Postverwaltungen schon seit längerer Zeit Zentraluhrenanlagen eingeführt. Sie empfehlen sich auch für große Fabrikbetriebe, Verwaltungsgebäude und größere Miethäuser. Die Uhren einer Anzahl Privathäuser dagegen, die z. B. in demselben Baublocke liegen, von einer einzelnen Hauptuhr zu betreiben, ist unter Umständen nicht empfehlenswert. Denn die Nebenuhren sind vollständig abhängig von der Hauptuhr; durch Störungen im Betriebe der Hauptuhr werden auch alle Nebenuhren in Mitleidenschaft gezogen. Wird die Hauptuhr nicht regelmäßig aufgezogen, sorgfältig behandelt und kontrolliert, so ist eine Zentraluhrenanlage wenig wert. In Privathäusern dürfte die Hauptuhr in den meisten Fällen wohl beim Hauswart Aufstellung finden, so daß schließlich die ganze Uhrenanlage von der Sorgfalt und dem guten Willen eines Einzelnen abhängig wäre, abgesehen davon, daß Streitigkeiten auch die mutwillige Unterbrechung von Leitungen und damit unliebsame Störungen nach sich ziehen könnten.

So gut wie man heute in größeren Privathäusern Zentralanlagen für Heizung, Beleuchtung und Fernsprecher geschaffen hat und jede Wohnung jetzt eine elektrische Haustelegraphen-Anlage erhält, ebenso fängt man an, in den verschiedenen Wohnungen auch elektrische Nebenuhren anzubringen. Wir haben heute bereits mehrere Fabriken, die sich mit der Herstellung und der Einrichtung von Zentraluhrenanlagen mit Erfolg befassen. — Da wir heute jedoch andererseits auch bereits sehr gute elektrische betriebene Einzeluhren besitzen, so wird man in vielen Fällen von einer Zentraluhrenanlage absehen können und namentlich in den Wohnungen einzelne Uhren anbringen, die entweder aus dem Leitungsnetze der Elektrizitätswerke oder durch Trockenelemente (oder auch nasse Elemente) betrieben werden.

Diese Erwägungen zeigen unwiderleglich, daß die Zeit der alten Gewicht- und Federzughren ihrem Ende naht. Sobald wir gute elektrisch betriebene Einzeluhren besitzen, die nicht zu hoch im Preise stehen, werden diese von sehr vielen bevorzugt werden, weil sie viel weniger (oder fast gar keine) Bedienung erfordern als unsere bisherigen Uhren, die gewöhnlich wöchentlich oder sogar täglich aufgezogen werden müssen (die Jahresuhren können wir hier außer Betracht lassen, da sie gegen Erschütterungen ziemlich empfindlich sind und ihr Gang nicht so zuverlässig sein dürfte wie derjenige guter elektrischer Uhren).

Es gibt doch nichts Bequemerer als eine gute elektrische Wanduhr. Sie zeigt die richtige Zeit und bedarf keiner steten

Aufmerksamkeit. In meinem Hause habe ich schon seit Jahren nur elektrische Uhren in drei Räumen in Gebrauch und bin damit sehr zufrieden. — Die öffentlichen Uhren sind heute auch an vielen Orten elektrisch betrieben. Sie gestatten auch von einer Mutteruhr aus Nebenuhren zu betreiben, was man mit mechanisch angetriebenen Uhren nicht bewerkstelligen kann.

Während man also gezwungen ist, die bisherigen Uhren so anzubringen, daß man sie leicht und bequem aufziehen kann, fällt diese Rücksicht bei elektrischen Uhren weg. Man kann sie an beliebigen Stellen, z. B. hoch über einer Tür, anbringen. Die Uhr ist auch nicht mehr von der Pünktlichkeit und Geschicklichkeit derjenigen Personen abhängig, welche sonst das Aufziehen der Uhr zu besorgen hat.

Diese Tatsachen sprechen schon an sich für die weiteste Einführung elektrischer Uhren und ergeben damit die Notwendigkeit, daß der Uhrmacher sich möglichst eingehend mit der Elektrotechnik vertraut macht, soweit sie wenigstens für den Betrieb elektrischer Uhren in Betracht kommt. Damit ist auch die Berechtigung und die Notwendigkeit des vorliegenden Werkes nachgewiesen. —

Es ist nicht schwierig, einem Uhrwerke hinreichende Triebkraft durch elektrische bzw. magnetische Vorrichtungen mitzuteilen; es ist aber wohl schwierig, eine möglichst gleich bleibende Kraft hervorzubringen, die bei einem Mindestmaße von Stromverbrauch eine möglichst lange Brauchbarkeit der Batterie oder des einzelnen Elementes gestattet. Es hat lange Jahre gedauert, bis man diese Schwierigkeiten überwinden konnte.

Der unmittelbare Antrieb einer Pendeluhr durch Stromstöße, die z. B. alle Sekunden erfolgen, erfordert nicht allein ziemlich viel Energie, sondern auch eine stets gleich bleibende Spannung der Batterie. Diese beiden Anforderungen aber widersprechen einander. Eine Batterie, die stark beansprucht wird, läßt bald in der Spannung nach; ja selbst bei geringer Beanspruchung ist die Betriebsspannung der Batterie nicht gleichmäßig, sondern sie sinkt langsam aber ständig mit der Betriebsdauer bzw. mit dem fortschreitenden elektrolytischen Prozesse, der die Strombildung hervorruft. Man war daher vielfach gezwungen, von einem unmittelbaren elektrischen Betriebe der Uhren abzusehen, entweder ein Gewicht oder eine Feder zur Wirksamkeit zu bringen und auch nur periodische Stromstöße anzuwenden.

Bevor wir nach diesen allgemeinen Betrachtungen einige charakteristische Konstruktionen mit verschiedener Antriebsweise kennen lernen, seien einige allgemeine Bemerkungen über das Pendel und dessen Antrieb angebracht.

Die alte Technik des mechanischen Antriebes der Uhren ist mit mancherlei Mängel behaftet. Die Triebfeder gibt ungleichmäßige Kraft, Gewicht oder Feder geben überschüssige Kraft, die vielen Eingriffe und die starken Reibungen beeinflussen den genauen Gang, Federbrüche können zu kostspieligen Reparaturen führen. Wird das rechtzeitige Aufziehen der Uhr vergessen, so bleibt sie stehen; unter Umständen erfordert das Aufziehen besondere Steigleitern. Alle diese Uebelstände führen zu ungenauer Zeithaltung.

Da bei Zunahme oder Abnahme der bewegenden Kraft der Hemmungen die Schwingungsweite von Präzisionspendeln derart beeinflußt wird, daß die Aenderung dieser Größe selbst bei nur einem drittel Millimeter auf vierundzwanzig Stunden schon eine zehntel Sekunde Vor- oder Nacheilen der Uhr bewirkt (vgl. Deutsche Uhrmacher-Zeitung 1908, Seite 25: „Beobachtungen über den Einfluß der Wirkung einiger Hemmungen auf die Schwingungsweite von Präzisionspendeln“ von Prof. A. Yrk), so steht es fest, daß weder ein gut kompensierendes Pendel noch ein gleichmäßiger Antrieb allein den höchsten Genauigkeitsgrad herbeiführen kann, sondern daß zahlreiche andere Maßnahmen notwendig sind, um das höchste Maß der Vollkommenheit zu erzielen. Die an anderer Stelle in diesem Buche mitgeteilten Versuche über Zeitvergleichen mit Hilfe elektrischer Wellen und die Erdbebenforschungen *) führten ferner zu der Erkenntnis, daß unsere astronomischen Uhren auch fortlaufend durch Erdbebenwellen gestört werden und daß unter Umständen hierin eine Quelle der Ungleichmäßigkeit liegt, die wir überhaupt nicht beseitigen können. —

Bahnbrechend für die Konstruktion der Präzisions-Pendeluhr wurden die Arbeiten von Dr. S. Riefler, welcher eine ausführliche Schrift hierüber dem Verfasser des Buches freundlichst zusandte **). Dr. Riefler richtete seine Studien und Entwürfe hauptsächlich auf folgende Bestandteile: die Pendeluhr-Hemmung, das Nickelstahl-Kompensationspendel, die Luftdruck-Kompensation des Pendels, den elektrischen Aufzug der Uhren, den elektrischen Sekundenkontakt und den luftdichten Verschuß. Von der zweckmäßigen Einrichtung und Ausführung dieser Teile ist die Genauigkeit des Ganges einer Uhr vor allem abhängig. Es ist hier nicht der Ort, die genannten Bestandteile alle zu be-

*) Vg. Deutsche Uhrmacher-Zeitung 1908, Seite 19: „Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Präzisions-Zeitmessung“, Vortrag von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. W. Foerster auf der vierten Tagung des Deutschen Uhrmacher-Bundes zu Berlin.

**) „Präzisions-Pendeluhr und Zeitdienstanlagen für Sternwarten“ von Dr. S. Riefler, München.

schreiben; wir wollen daher nur das Nickelstahlpendel näher betrachten, da es auch in elektrischen Uhren zweiter Güte viel verwendet wird, sowie die beiden vollkommensten Pendeluhren-Hemmungen, die wir heute besitzen: die von Dr. S. Riefler und die von Prof. L. Strasser.

Das Pendel und dessen Antrieb

Das Nickelstahl-Kompensationspendel

Dr. Ch. Ed. Guillaume, Mitglied des Direktoriums des internationalen Maß- und Gewichts-bureau zu Sevres bei Paris, hatte durch Versuche festgestellt, daß ein Metallgemisch von 64,3% Stahl und 35,7% Nickel sich bei Temperaturwechsel nur sehr wenig in seiner Länge verändert. Dies hatte Dr. S. Riefler (der Firma Clemens Riefler in München) veranlaßt, den Nickelstahl zur Herstellung von Uhrenpendeln zu benützen. Versuche haben dann ergeben, daß diese Mischung bei geeigneter Herstellung der Stäbe hierzu in der Tat sehr geeignet ist. Um die ungleiche Spannung im Materiale, wie es von den Hüttenwerken bezogen wird, zu beseitigen, werden die Pendelstäbe, nachdem sie bearbeitet und mit Gewinde versehen sind, mehrere Wochen hindurch einem besonderen Abkühlungsverfahren unterworfen. Die Stäbe erhalten zunächst eine Temperatur von etwa 180 Grad, die dann täglich etwas erniedrigt wird, bis sie nach mehreren Wochen auf die Temperatur des Arbeitsraumes herabgesunken ist. Während dieser Zeit werden die Stäbe öfter Erschütterungen ausgesetzt. Die in solcher Weise vorbereiteten „getemperten“ Stäbe lassen kaum noch Spuren von ungleicher Ausdehnung (thermische Nachwirkung) erkennen.

Zur Kompensation der Ausdehnung in verschiedenen Temperaturen ist Quecksilber nicht mehr notwendig. Man erreicht genügende Kompensation bereits bei Anwendung von Messing, Aluminium, oder einer Zusammenstellung eines dieser beiden Metalle mit Stahl. Die ganze Ausgleichs-Vorrichtung wird dadurch erheblich einfacher, als bei Stahlrohr-Pendeln mit Quecksilberausgleich. —

Das von der Firma Riefler hergestellte Nickelstahl-Kompensationspendel (Abb. 9, D. R. P. Nr. 100870) besteht aus: einem

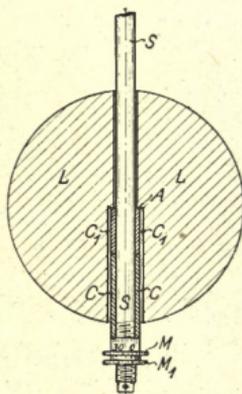


Abb. 9
Nickelstahlpendel von Riefler

massiven Nickelstahlstabe S , dem Pendelkörper L (der entweder linsenförmig oder zylindrisch gestaltet ist, je nachdem das Pendel in freier Luft, oder unter luftdichtem Glasverschlusse schwingen soll), den lose auf den Pendelstab aufgesteckten Ausgleichrohren C und C_1 , von denen das untere durch eine Führung gegen Verdrehen am Pendelstabe geschützt ist, und den Stellmuttern M und M_1 . Die Auflagestelle A , an welcher der Linsenkörper L von dem Kompensationsrohre C_1 unterstützt wird, befindet sich genau im Mittelpunkte der Linse.

Die Ausdehnung des Kompensationskörpers muß in einem bestimmten Verhältnisse zur Ausdehnung des Pendelstabes stehen. Nun haben selbst die aus ein und demselben Nickelstahlblocke hergestellten Stäbe nicht immer die gleiche Ausdehnung. Die Kompensationswirkung des Pendels muß daher innerhalb verhältnismäßig bedeutender Grenzen verändert werden können. Dies kann nur durch einfache Verlängerung oder Verkürzung der Kompensationsrohre nicht immer erreicht werden. Man verwendet daher zur Kompensation nicht ein, sondern zwei Rohre (C und C_1), und zwar aus Metallen, deren Ausdehnungskoeffizienten erheblich voneinander abweichen. So erhalten die Sekundenpendel ein unteres Kompensationsrohr (C) aus vernickeltem Messing und ein oberes (C_1) aus Stahl, die beide zusammen 10 cm lang sind. Das Längenverhältnis der beiden Rohre zueinander wird (für jeden Fall besonders) so bemessen, daß sie zusammen die erforderliche Kompensationswirkung hervorbringen. Eine stärkere Kompensation erfordert ein längeres Messingrohr und ein dementsprechend kürzeres Stahlrohr. Nur wenn der Pendelstab einen außergewöhnlich hohen Ausdehnungskoeffizienten hat, wird das Messingrohr C länger als zehn Zentimeter gewählt und das Stahlrohr fortgelassen. Unter Umständen ist auch anstelle des Messingrohres ein Aluminiumrohr anzuwenden.

Das Gewinde unten am Pendelstabe für die Stellmuttern ist als Flachgewinde ausgebildet, das bei Sekundenpendeln mit 14 mm dickem Pendelstabe 1 mm Steigung erhält. Auch die Stellmuttern sind aus Nickelstahl hergestellt, damit sie gleiche Ausdehnung wie der Pendelstab haben. Der Pendelstab eines solchen Sekundenpendels wiegt mit der Linse zusammen 7,4 kg.

Eine ganze Umdrehung der in hundert Teile geteilten Stellmutter ändert die Schwingungsdauer des Pendels um 40 Sekunden; die durch die Drehung um nur einen Teil bewirkte Aenderung beträgt somit 0,4 Sekunden täglich. Zur feinsten Regulierung erhält jedes Pendel drei Zulagegewichte aus Neusilber für eine tägliche Beschleunigung von je einer Sekunde, drei Gewichte aus Aluminium für je 0,5 Sekunden und fünf Gewichte aus Aluminium für je 0,1 Sekunde Beschleunigung. Die Zulagegewichte werden

auf einen am Pendelstabe angebrachten Teller gelegt, der sich bei Pendeln unter Luftabschluß 27 cm unterhalb der Schwingungsachse des Pendels befindet; bei allen übrigen Pendeln ohne Luftabschluß ist der Teller in der halben äquivalenten mathematischen Höhe, d. h. bei Sekundenpendeln 49,7 cm unterhalb der Schwingungsachse, angebracht. Beim Verschieben der Pendellinse durch die Stellmutter wird eine Metallklappe oder ein Sicherheitsstift benützt, um ein Verdrehen des Pendels und damit eine Verletzung der Pendelfeder zu verhindern.

Auf Grund der Ausdehnungskoeffizienten der Stäbe, die im Internationalen Maß- und Gewichts-bureau zu Sevres und von der Normal - Eichungs - Kommission zu Charlottenburg ermittelt werden, wird die Berechnung der Kompensation nach einem von Dr. S. Riefler angegebenen Verfahren ausgeführt. Die nachstehende Zusammenstellung vergleicht die Kompensationskonstanten zweier Rieflerscher und einer Reihe anderer bewährter astronomischer Uhren und erweist die große Genauigkeit jener Rechnungsweise.

Zusammenstellung der Kompensationskonstanten einiger der besten astronomischen Uhren

Lauf. Nr.	Name der Uhr und Ort ihrer Aufstellung	tägl. Gang- änderung für + 1° Sek.	größte Tempe- ratur- Differenz °C	Quellenangabe
1	Hohwü Nr. 17. Sternwarte zu Leiden	— 0,0151	17,6°	Kaiser, Astr. N., Bd. 63, Nr. 1502
2	Tiede Nr. 400. Sternwarte Berlin	— 0,0222	15,4°	Zwink, Inaug.-Diss., 1888
3	Knoblich Nr. 1952. Observ. Potsdam	— 0,0360	16,8°	Becker, Astr. N., Bd. 96, Nr. 2290
4	Dent. Observ. Hongkong	— 0,0350	—	Doberck, Astr. N., Bd. 120, Nr. 2868
5	Hohwü Nr. 34. Sternwarte Upsala	— 0,0265	15°	Schultz., Astr. N., Bd. 103, Nr. 2452
6	Knoblich Nr. 1847.	— 0,0025	19°	Schumacher, Astr. N., Bd. 91, Nr. 2166
7	Denker Nr. 12.	— 0,0160	22°	R. Schumann, Ber. d. Wiss., 1888
8	Hipp. Sternw. Neuchâtel (von 1885 bis 1887)	— 0,0610	—	Hirsch, Rapport general sur l'observatoire de Neuchâtel
	Desgl. (v. 1888 b. 1890)	— 0,0049	16,5°	
9	Knoblich Nr. 1770. Sternw. Bothkamp	— 0,0442	19,8°	Tetens, Inaug.-Diss., 1892
10	Riefler Nr. 1. Sternw. München	— 0,0008	31°	Anding, Sternw. München Astr. N., Bd. 133, Nr. 3182
11	Riefler Nr. 20. Geodät. Institut. Pots- dam	— 0,003	15°	Wanach, Jahresber. d. K. Geodät. Inst. Potsdam 1905-6

Durch jene Rechnung wird festgestellt, wie groß der Ausdehnungskoeffizient des zusammengesetzten Kompensationsrohres sein muß, damit der Bruch: „Trägheitsmoment des Pendels geteilt durch statisches Moment des Pendels“ für jede in Betracht kommende Temperatur den gleichen Wert, nämlich die mathematische Pendellänge ergibt. Für Pendel, die in freier Luft schwingen, ist ferner zu berechnen, um wieviel die Größe der Kompensationswirkung aus diesem Grunde vermindert werden muß. Bei Pendeln mit Luftdruckkompensation (die durch eine Art Aneroid-Barometer bewerkstelligt wird), ist noch eine weitere kleine Aenderung der Kompensationswirkung notwendig. Der etwa dann noch verbleibende Kompensationsfehler, der durch kleine Unsicherheiten in den der Rechnung zugrunde gelegten Werten entsteht, beträgt bei den erstklassigen Pendeln im Mittel — 0,005 Sekunden täglich für 1° C.

Nickelstahl-Kompensationspendel

Anzahl der Pendel-schwingungen i. d. Minute	Pendel-länge		Gewicht des Pendels	Linsen				Tägl. Gang-änderung durch d. Regulier-mutter		Abn. d. des Zugs- ²⁴ durch d. Winkel-Leiter ²⁵ von der Schwingungssache
	mathematisch	wirklich		Form	Material	Durchmesser	Di. ste	1 Rotation	1 Intervall der Teilung	
	cm	cm								
60 (Sekunden-Pendel)	99,4	119	7,35	Doppel-Kegel Spitze abgeflacht Zylinder	Messing vernick.	18	6	40	0,4	49,7
60 (Sekunden-Pendel)	99,4	118	7	Doppel-Kegel Spitze abgeflacht Zylinder	Messing vergoldet	8 Zyl-Ø	16 Zyl-Länge	40	0,4	27
60 (Sekunden-Pendel)	99,4	119	13,1	Doppel-Kegel Spitze abgeflacht Linse	Gußeisen vernick.	23	8,5	40	0,4	49,7
60 (Sekunden-Pendel)	99,4	119	6,3	„	Messing vernick.	21	3,5	32	0,6	49,7
80 (Achtzig-schläger)	56	70	2,4	„	„	14	3	52	1,0	28
90 (Neunzig-schläger)	42,2	57	1,9	„	„	13	2,8	65	1,3	22
120 (Halbsek. Pendel)	24,85	37	1,4	„	„	12	2,4	112	2,2	12,4

Für billigere Sekundenpendeluhrn, Turmuhrn und kleinere Gewichtsregulatoren wird auch ein zweitklassiges Pendel hergestellt, bei dem der mittlere Kompensationsfehler etwa $-0,02$ Sekunden für 1° C. beträgt. Weitere Angaben über Länge, Gewicht usw. der gebräuchlichsten Nickelstahlpendel enthält die vorstehende Tabelle. Die wirkliche Pendellänge ist vom unteren Ende des Pendels bis zur Biegungsstelle der Pendelfeder (Schwungungsachse) gemessen. —

Eine neuere Form des Nickelstahlpendels, entworfen von Prof. L. Strasser, wird von der Firma Strasser & Rohde in Glashütte i. S. hergestellt. Bei diesem ist der Kompensationskörper (Rohr) über dem Pendelkörper angeordnet. Dieses Nickelstahlpendel besitzt eine Korrekptions-Vorrichtung, ähnlich beschaffen wie die der Rostkompensationspendel; es gestattet also, auch nachträglich erheblichere Aenderungen der Kompensationswirkung vorzunehmen *).

Wie mir der verstorbene Dr. S. Riefler s. Z. mündlich mitteilte, wirkt bei Holzpendeln weniger die Temperatur als die Feuchtigkeit auf dessen Länge ein. Man pflegt daher das Holz nicht allein sehr gut zu trocknen, sondern auch mit Firnis oder Paraffin völlig zu durchtränken.

Die Firma Carl Heuser in Elberfeld fertigt für Großuhrn ein Holzpendel an, das eine weitgehende Kompensation ergibt, so daß man nur selten die Turmuhrn stellen muß. Bauart und Verfahren der Herstellung hat Herr Heuser mir mitgeteilt, und die Bekanntgabe freundlich gestattet.

Kompensiertes Holzpendel

Eine Tannenholzstange wird der Länge nach in zwei Hälften geteilt, die eine Hälfte umgedreht und beide miteinander verleimt. Die Stange wird nun mit 5 kg belastet aufgehängt und ein halbes Jahr lang getrocknet. Hierauf kommt sie in ein Leinölbäd, in dem sie drei Monate verbleibt. Alsdann wird die Stange wieder aufgehängt, mit 5 kg belastet und nach einem Jahre oder länger in Gebrauch genommen. Die eiserne Pendellinse wird mit heißem Leinöl behandelt, um jede Oxydation zu verhindern. Eine Hartgummischeibe zwischen Linse und Reguliermutter vervollständigt die Kompensation. — Es ist sicher, daß man bei Zimmeruhrn das gleiche Verfahren anwenden kann, um besseren Gang auch

*) Die älteren Kompensationspendel (das Rostpendel und das Grahamsche Quecksilberpendel) dürfen heute als durch das Nickelstahlpendel verdrängt gelten. Wer sich für ihre Einrichtung und Berechnung interessiert, der findet alles Bezügliche und namentlich einfache, praktisch brauchbare Formeln in der Schrift: „Die näherungsweise Berechnung der Kompensationspendel“ von Rudolf Pleskot (Verlag Wilhelm Diebener, Leipzig 1905).

ohne Nickelstahl zu erzielen. Herr Dr. Riefler riet mir auch, für diese Zwecke statt eines Holzstabes ein Quarzglasrohr zu verwenden, das einen sehr gleichmäßigen Gang ergibt.

Die Firma J. F. Weule verwendet für Großuhren Pendelstangen aus Eichenholz, die mit Oel getränkt und poliert werden. Kleinere Uhrwerke erhalten Sekundenpendel, größere dagegen längere und schwerere Pendel. Hierdurch werden die Einflüsse der Turmschwankungen besser eingeschränkt. Die Pendellinse hat je nach Größe der Uhr ein Gewicht von 7—40 kg. Die Aufhängung erfolgt an doppelter Feder aus Stahl. Für derartige Uhren hat sich die Grahamhemmung am besten bewährt.

Hemmung von Dr. Riefler

Bei den Rieflerschen Präzisions-Pendeluhrn schwingt das Pendel vollkommen frei, weil es mit dem Uhrwerke nur durch die Aufhängefeder in Verbindung steht und von dieser den Antrieb erhält. Dieser erfolgt bei jeder Schwingung, und zwar in der Weise, daß die Pendelfeder durch das Räderwerk der Uhr eine kleine

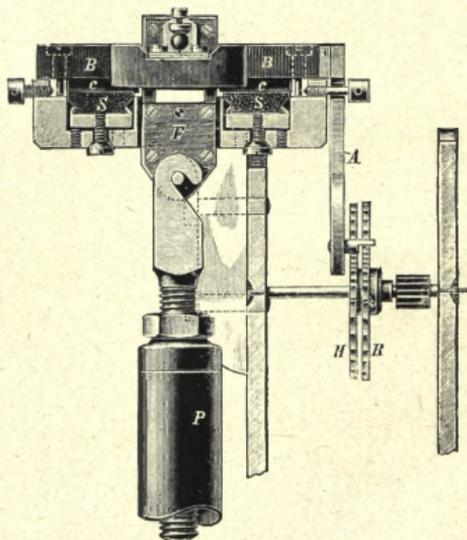


Abb. 10
Pendeluhr-Hemmung von Riefler

Biegung erfährt und hierdurch ein wenig gespannt wird. Diese Spannkraft der Pendelfeder gibt dem Pendel den erforderlichen Antrieb. Es wird dies erreicht, indem das Pendel P (Abb. 10) bzw. die Aufhängefeder F in einem um zwei stählerne Schneiden cc schwingenden Rahmen B befestigt ist, der auch den Anker (A) trägt. Ungleichheiten in der Kraftzuführung vom Räderwerke aus oder Auslösungswiderstände in der Hemmung haben keinen erheblichen Einfluß auf die Gleichförmigkeit des Betriebes der Uhr, weil die Biegung der Aufhängefeder mit der Schwingungsachse des Pendels zusammenfällt und jedesmal nahezu in dem Augenblicke eintritt, wenn das Pendel durch die Mittellage schwingt, also die größte Kraft besitzt.

Eine genaue Beschreibung dieser eigenartigen Hemmung müssen wir uns hier mit Rücksicht auf den Zweck des Buches versagen; sie ist u. a. in der auch sonst höchst lesenswerten Schrift von Dr. S. Riefler: „Präzisions-Pendeluhr und Zeitdienstanlagen für Sternwarten“ enthalten. Es sei nur noch erwähnt, daß die Stahlschneiden cc sich auf zwei wagrechte Steine $S S$ stützen, die auf einem starken Träger des Gestelles befestigt sind, und daß die Achse dieser Schneidenaufhängung mit der Biegungsachse der Aufhängefeder sowie der Ankerachse in einer Wagrechten liegt. Wie ferner aus Abb. 10 ersichtlich ist, arbeitet der Anker mit zwei Gangrädern zusammen: dem Hebungsrade H , das dem Anker die zur Spannung der Pendelfeder nötige Drehung erteilt, und dem Ruherade R .

Die Rieflersche Hemmung arbeitet mit konstanter Kraft. Die Bewegung des Ankers von der Mittellage nach beiden Seiten hin erfolgt stets innerhalb der gleichen Grenzen, während bei anderen Hemmungen, z. B. beim Graham-Gang, die Bewegung des Ankers von der Größe des Pendelausschlages abhängt. Die Pendelfeder, welche infolge der Drehbewegung des Ankers gebogen wird, erfährt somit stets die gleiche Biegung, gleichgültig, ob die am Hebungsrade wirkende Kraft groß oder klein ist, wenn diese nur überhaupt jenen Grad von Stärke erreicht, der erforderlich ist, die Feder zu biegen. Ein weiteres Anwachsen dieser Kraft kann keine stärkere Biegung der Pendelfeder bewirken. Die infolge der gleich großen Biegung unmittelbar an der Biegungsstelle entstehenden Molekularspannungen der Pendelfeder treten daher stets in der gleichen Stärke auf und bilden eine konstante Antriebskraft, solange sich nicht etwa durch ungünstige Umstände (Rostbildung an der Feder) die Elastizitätsverhältnisse der Pendelfeder wesentlich ändern sollten. Der Schwingungsbogen des Pendels ist daher bei dieser Hemmung so gut wie konstant. Was seine Größe anbelangt, so hängt diese lediglich von der Spannkraft der Pendelfeder ab. Diese Spannkraft richtet sich einerseits nach der Größe der

Biegung, welche die Feder bei der Umschaltung des Ankers erfährt, und dieser Biegungswinkel ist durch die Neigung der Zähne des Hebungsrades bestimmt; andererseits ist die Spannkraft der Pendelfeder auch von der Breite der Feder, hauptsächlich aber von ihrer Dicke abhängig.

Uhren mit der Rieflerschen Hemmung erfordern eine sehr genaue Aufstellung an erschütterungsfreiem Orte.

Hemmung von Prof. Strasser.

Die von Prof. L. Strasser konstruierte Hemmung für Präzisionspendeluhren, eine Verbesserung und glückliche Vereinfachung der Rieflerschen, gibt dem Pendel ebenfalls in der Mittellage den Antrieb, gestattet dessen freies Ausschlagen und ist unabhängig von dem Zustande des Oeles. Das Pendel bleibt an den Umkehrpunkten seiner Schwingung vollständig unbeeinflusst.

Abb. 11 zeigt die Hemmung in Verbindung mit dem Pendel. Dieses hängt an den beiden mittleren Federn f . Die beiden äußeren,

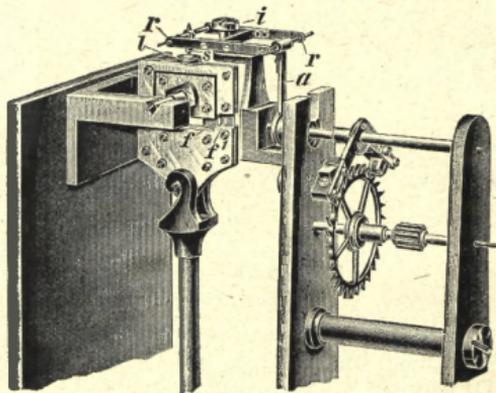


Abb. 11
Pendeluhr-Hemmung von Strasser

der Pendelfeder gleichen Federn f_1 dienen zum Antreiben des Pendels. Ihr Bügel trägt oben ein Zäpfchen l mit einem Saphirstein in das die Spitze s eines kleinen beweglichen Rahmens r eingesetzt ist. Dieser Rahmen ist durch einen auf der Ankerwelle sitzenden Arm a mit dem Anker der Hemmung verbunden. Die Ankersteine haben am Ende der Hebefläche eine kleine Ruhefläche. Der Anker

spannt die Antriebfedern (f^1), die dann dem Pendel den erforderlichen Antrieb geben. Die Auslösung geschieht dadurch, daß das Pendel beim Rückschwingen, kurz nachdem es seine Mittellage überschritten hat, die Antriebfedern so viel in entgegengesetztem Sinne spannt, daß durch diese Spannung die geringe Reibung auf der Ruhefläche überwunden wird und der Anker sich unter der noch wachsenden Federspannung nach der anderen Seite neigen kann. Dadurch wird das Gangrad an der Eingangsseite frei und fällt nun an der Ausgangsseite auf die Hebefläche, wobei ein neuer Antrieb erfolgt. — Die Kopfschraube i dient zum Feststellen des Rahmens und des Ankers beim Transport der Uhr.

1. Elektrische Einzeluhren

a) Elektromagnetische Triebkraft

Wir wollen nun auf Grund der bereits gebotenen Uebersicht einige charakteristische Konstruktionen elektrischer Uhren kennen lernen.

Allgemeines: Für elektrische Einzeluhren verwendet man den direkten Antrieb des Pendels durch einen Elektromagneten, das Spannen einer Feder oder Heben eines kleinen Gewichts durch Drehbewegung des Ankers eines Elektromagneten, oder das Aufwinden einer Feder bzw. Gewichts durch einen kleinen Elektromotor.

Diese verschiedenen Antriebsweisen müssen aber bei Einzeluhren so beschaffen sein, daß der Stromverbrauch möglichst gering ist und der Antrieb des Pendels möglichst gleichmäßig erfolgt.

Beim Anschlusse der Einzeluhren an Starkstromleitungen spielt der Stromverbrauch keine so bedeutende Rolle. Da jedoch bei Ueberland-Freileitungen Betriebsstörungen nicht völlig ausgeschlossen sind, so wird man in manchen Fällen, besonders an kleineren Orten, den Batteriebetrieb vorziehen.

Um die Betriebskosten möglichst gering zu halten, verwendet man für gedachten Zweck gewöhnlich zwei Trocken-Elemente, die eine Anfangsspannung von $2 \times 1,5 = 3$ Volt haben. Sobald deren Klemmenspannung auf $1,0 \times 2 = 2$ Volt gesunken ist, pflegt ihre Kraft nicht mehr zu genügen. Sie müssen dann ausgewechselt werden. Trotzdem sind die Elemente für ein bis drei Jahre hinreichend. Man muß sie jedoch nicht zu klein wählen, und aus guter Quelle beziehen.

Für den Antrieb des Zeigerwerkes genügt bei vielen Bauarten eine Stromstärke von 0,25–0,30 Ampère, die gewöhnlich nur

auf etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde bei jedem Stromschlusse beansprucht wird. Schlagwerke erfordern jedoch 0,40—0,50 Ampère und längeren Stromschluß.

System M. Hipp

Wohl der erste, der eine sehr gute selbständige Einzeluhr geschaffen hat, war Dr. M. Hipp. Er gab seiner elektrischen Uhr (Abb. 12 und 13) folgende Einrichtung:

Ein sorgfältig kompensiertes Pendel für ganze oder halbe Sekunden wird durch einen Elektromagneten ständig im Betrieb erhalten. Etwa in der Mitte der zweistöbigen Pendelstange befindet sich auf dieser ein eiserner Anker, der bei seinen Schwingungen dicht über den Kernen eines Elektromagneten hin- und herschwingt. Das Pendel trägt an passender Stelle eine senkrecht herabhängende, ganz leicht bewegliche Zunge, die bei dessen Schwingungen über eine Kontaktvorrichtung hinwegstreicht. Solange die Pendelschwingungen groß genug dazu sind, streicht die Zunge über einen Einschnitt des Kontaktes ohne irgend eine Einwirkung hinweg; werden die Schwingungen jedoch zu klein, so stützt sich für einen Augenblick die Zunge in einen Einschnitt des einen Kontaktteiles, drückt diesen nach unten und schließt so den Stromkreis des Elektromagneten. Die Einrichtung ist nun derart getroffen, daß der vorhin erwähnte eiserne Anker der Pendelstange sich in diesem Augenblicke noch etwas seitlich vom Elektromagneten befindet, so daß dieser auf ihn einwirken, ihn gegen die Mittellinie bewegen kann und infolgedessen das Pendel einen Antrieb erhält. Es wird also die dem Pendel verloren gegangene Kraft durch den Elektromagneten periodisch ersetzt.

Bei jeder Rechtsschwingung nimmt das Pendel einen durch ein Gegengewicht ausbalancierten Winkelhebel mit, und eine Stoßfeder schleift über ein Sekundenrad mit 60 Zähnen, während ein Gesperr die Drehung des Rades in dieser Richtung verhindert. Beim Rückgange des Pendels schiebt die Stoßfeder das Rad um einen Zahn weiter. Die Weiterbewegung des Rades wird durch gleichzeitiges Einfallen eines Stiftes am Seitenarme gehindert. Diese Bewegung des Sekundenrades wird in bekannter Weise auf das Minuten- und das Stundenrad übertragen.

Für astronomische Zwecke hat Hipp sein Pendel in einen luftleeren (evakuierten) Glaszylinder eingeschlossen (Abb. 13). Das Uhrwerk befindet sich außerhalb des Glaszylinders und wird durch ein Relais betrieben, dessen Stromkreis durch eine oben am Pendel angebrachte Kontaktvorrichtung periodisch geschlossen wird.

Auf diese Weise hatte Hipp die ersten elektrischen Präzisionsuhren hergestellt, die auch zum Betriebe von Nebenuhren verwendet werden. Als Stromquelle dient eine Meidinger-Batterie.

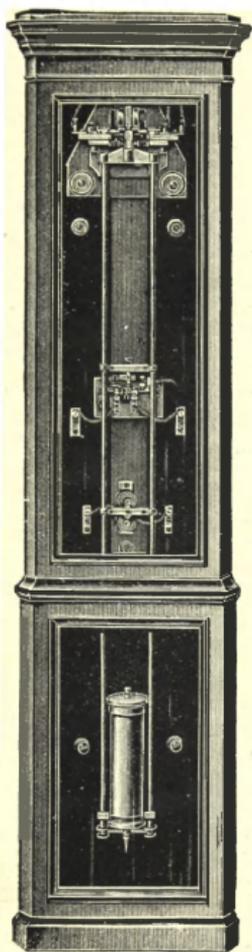


Abb 12
Pendeluhr von Hipp
im Holzgehäuse

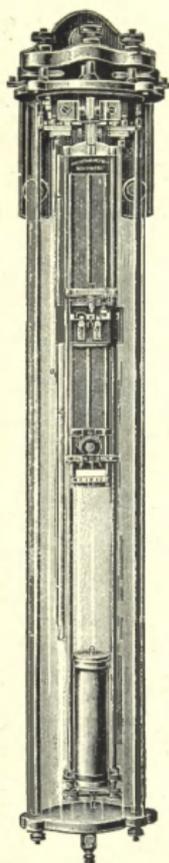


Abb 13
Pendeluhr von Hipp
in luftleerem Glaszylinder

**Stromschlußvorrichtung für das Hippische Pendel der
Siemens & Halske A. G.**

Zur Vermeidung des Unterbrechungsfunkens am Pendelkontakte verwendet die Firma eine besondere Einrichtung, welche kurz vor dem Öffnen des Stromkreises den Elektromagneten einen Augenblick kurz schließt. Zu diesem Zwecke sind die beiden

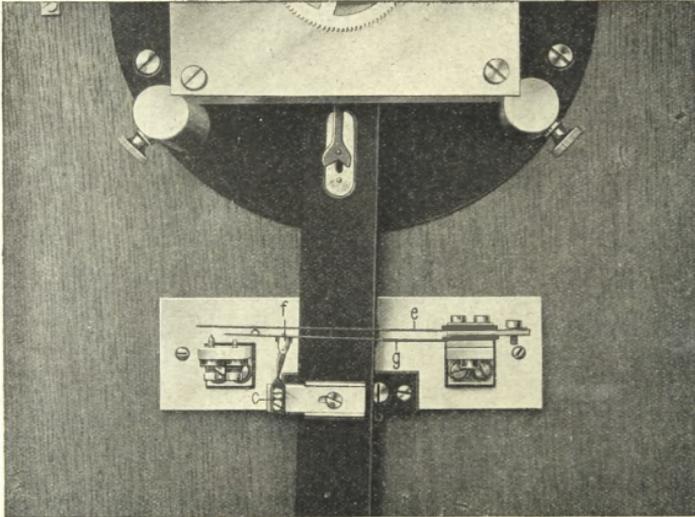


Abb. 11
Pendel-Kontakt geschlossen (Siemens & Halske A. G.)

Federn *g* und *e* Abb. 14 angeordnet. Nach dem erstmaligen Anstoß des Pendels nimmt dessen Schwingungsweite langsam ab, bis das an der Oberseite geriffelte Stahlprisma *c* am Pendel nicht mehr unter der Zunge, an der Feder *g*, hindurchgeleitet, sondern im Augenblicke der Umkehr diese anhebt. Hierdurch kommen die beiden Federn *g* und *e* in Berührung und schließen den Strom. Das Pendel bekommt vom Elektromagneten neuen Antrieb. Die Federn *g* und *e* werden wieder frei. (Diese Einrichtung

ist durch Patent geschützt.) Die Ruhelage der Federn zeigt Abb. 15. — Beim Schließen des Stromes wird der Kurzschluß einen Moment später aufgehoben als die Berührung der Federn *e* und *g* erfolgt. — Die Schwingungen des Pendels werden durch ein Fortschaltrrad Abb. 16 vermittelt der Pendelgabel auf das Zeigerwerk übertragen. Der Eingriff der beiden Schubklauen erfolgt im gleichen Sinne.

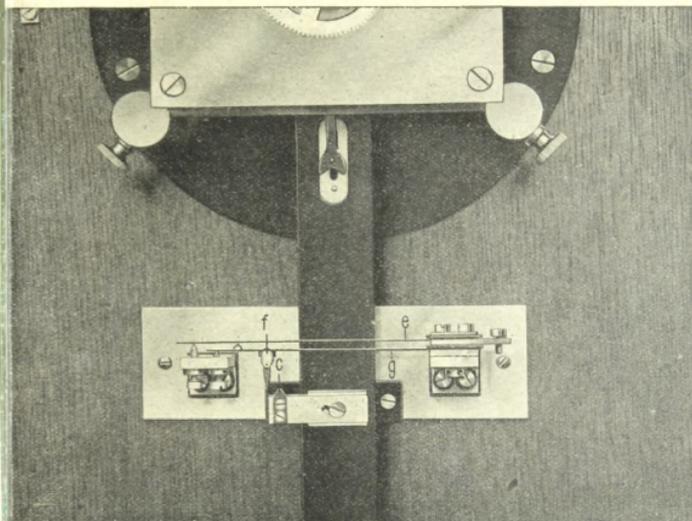


Abb. 15
Pendel-Kontakt offen (Siemens & Halske A. O.)

System H. Aron.

Die erste Konstruktion von Aron ist sehr einfacher Art. Sie ist in Abb. 17 dargestellt. Zum Betriebe eines 2 kg schweren Pendels dient ein kleiner Elektromagnet, der den Strom von einem galvanischen Element erhält. Das Pendel macht 80 Schwingungen in der Minute und schließt halb so oft den Stromkreis, indem es mit Hilfe einer kleinen Stoßfeder ein Sperrädchen dreht, dabei die Zeiger bewegt und einen Platinkontakt schließt. Sehr wesentlich

bei dieser Einrichtung ist eine sogenannte induktionsfreie Wicklung der Drahtspulen des Elektromagneten, die darin besteht, daß zwischen jede Lage der isolierten Drahtwicklung ein Stanniolblättchen gelegt ist, so daß die beim Oeffnen des Stromkreises entstehenden Induktionsströme die Stanniolzwischenlage wie eine Leydener Flasche laden, wodurch die Funkenbildung an der

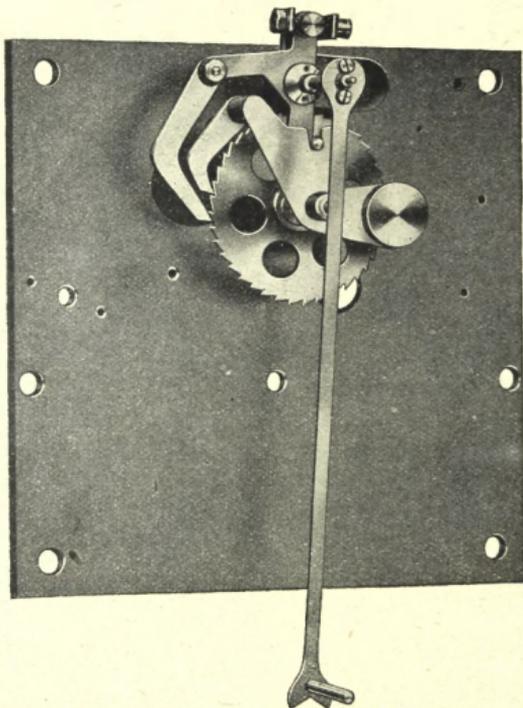


Abb. 16
Fortschaltrad (Siemens & Halske A. G.)

Unterbrechungsstelle verhindert wird. Eine solche Uhr hat Verfasser seit zwanzig Jahren in unausgesetztem Betriebe.

Ein gutes Trockenelement mittlerer Größe genügt für eine Betriebsdauer von etwa anderthalb Jahren. Da man damals

kein den Anforderungen genügendes galvanisches Trockenelement besaß und die Uhr beim Nachlassen der Stromstärke vorgeht, so wurde die Fabrikation dieser Konstruktion schließlich aufgegeben. Sie ist jedoch in vieler Beziehung lehrreich.

Dr. H. Aron hatte schon in den achtziger Jahren erkannt, wie wichtig eine gute elektrische Einzeluhr ist. Seine Konstruktion ist in elektrotechnischer Hinsicht sehr interessant und lehrreich; wir wollen sie daher hier zunächst beschreiben. Abb. 17 zeigt die hintere Ansicht des elektrischen Triebwerkes. Das Pendel P trägt an einer Holzstange eine 2 kg schwere Pendellinse. Bei jeder Linksschwingung nimmt es den Gabelstift D mit der Gabel C mit, die mit dem wagerechten Hebel K auf derselben Welle festsetzt. Beim Zurückschwingen des Pendels trifft die am Seitenarme G der Gabel sitzende Stoßfeder F in eine Zahnücke des Sperrades H , hebt durch Drehung des Sperrades einen Kegel an der Feder f in die Höhe, dessen hinteres Ende gegen die Feder f_1 drückt, wodurch der Kontakt e für den Stromkreis des Elektromagneten M geschlossen wird. Der Elektromagnet wirkt nun bei a auf den Hebel K und bewegt dadurch die Pendelgabel C in der Richtung nach ihrer Mittellage, wobei die Gabel, die mit dem Stifte D an dem im gleichen Sinne schwingenden Pendel P anliegt, diesem einen Antrieb erteilt.

Der Hebel K und die Pendelgabel C sind durch ein Gegengewicht L ausbalanciert. Die Stromzuführung aus der Batterie geschieht bei g und am hinteren Ende der Feder f_1 in der Weise, daß beim Einschieben des Uhrwerkes in den Stuhl am Gehäuse senkrecht abgelenkte Winkelstücke mit entsprechenden Kontaktfedern in Berührung kommen. Die Stoßfeder F ist so bemessen, daß sie bei ihrer Seitwärtsbewegung immer nur um einen Zahn zurückgleitet und das Sperrad H auch nur um einen Zahn gedreht wird. Von der Welle des Sperrades H wird dessen Bewegung in bekannter Weise auf das Zeigerwerk übertragen.

Der Energieverbrauch dieser Uhr wurde in folgender Weise ermittelt. In einer Minute erfolgen vierzig Kontaktschlüsse, jeder von etwa 0,375 Sekunden Dauer. Hieraus ergibt sich die Zeit des Stromschlusses in der Minute zu 15 Sekunden, so daß auf 24 Stunden sechs Stunden Stromschluß entfallen. Die Stromstärke beträgt bei dauernd geschlossenem Kontakte zwar 50 Milliampère, wird jedoch zufolge des sehr kurzen Stromschlusses und der Selbstinduktion der Elektromagnetspulen auf nur 7 Milliampère durchschnittlich herabgemindert. Der in einem Tage verbrauchte Strom beträgt also 0,042 oder in einem Jahre 15,33 Ampèrestunden. Ein gutes Trockenelement erhält die Uhr bei einer Anfangsspannung von 1,5 bis 1,6 Volt zwei Jahre lang im Betrieb. Sobald die Spannung unter 1 Volt sinkt, geht die Stromstärke auf etwa 5 Milliampère herab. Die Triebkraft wird dann zu gering, die Pendelschwingungen

werden kleiner, und die Uhr beginnt stark vorzulaufen, bis sie schließlich stehen bleibt. Der vorstehenden Berechnung liegt natürlich die Annahme zugrunde, daß die Stromstärke sich bei abnehmender Spannung nicht vermindert hat. Bei guten Ele-

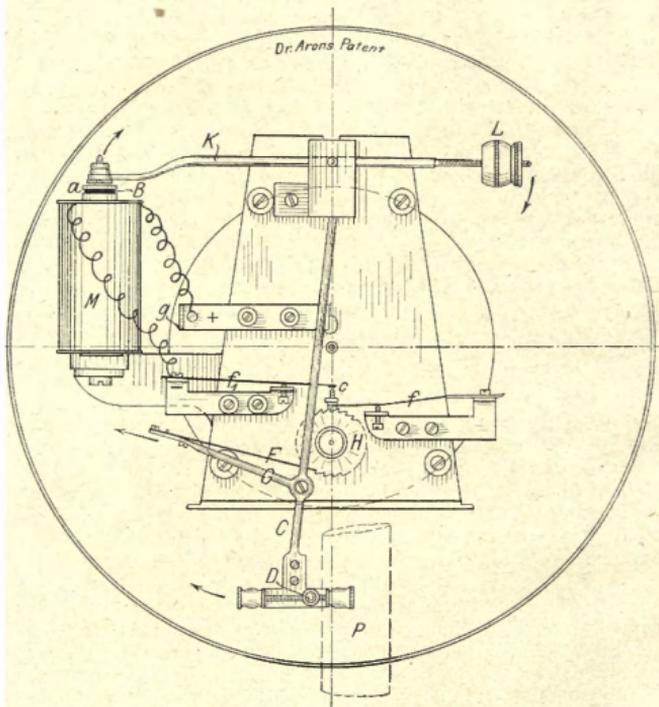


Abb. 17
Elektrisches Pendel-Gehwerk von H. Aron

menten pflegt monatelang eine fast gleichbleibende Spannung vorhanden zu sein. Sehr viel besser eignen sich für den Betrieb dieser Uhr die „Kupferoxyd-Elemente“. Sie haben eine sehr hohe Kapazität und sehr lange Zeit gleichbleibende Spannung

von 0,8 Volt, die in der ersten Zeit beinahe 1 Volt beträgt. Man ist also genötigt, zwei solche Elemente hintereinander zu schalten. Die gleichmäßige Wirkung dieser Zellen beruht nicht allein auf der vorzüglichen Anbringung des Kupferoxydes, sondern auch auf dem Luftabschlusse, der die Ausscheidung von kohlen-saurem Natron, durch welche die Gebrauchsdauer von Alkali-Elementen sehr herabgesetzt würde, verhindert.

Besondere Sorgfalt muß natürlich bei dieser wie bei vielen andern elektrischen Uhren auf die Regulierung des elektrischen Kontaktes verwendet werden. Der Kontakt darf nur dann geschlossen werden, wenn das Sperrad H um einen Zahn weitergedreht wird. Liegt der Kontakt dauernd auf, so ist der Elektromagnet M stets unter Strom, der Anker sitzt (bei a) fest auf den Eisenkernen, und das Pendel würde in seinen Schwingungen behindert.

Interessant ist, daß der Kontakt an dieser Uhr sich vorzüglich bewährt hat. Er wird, wie erwähnt, vierzigmal in der Minute geschlossen, macht also in einem Jahre 310 400 Kontakte, und in den zwanzig Jahren, in denen die Uhr des Verfassers im Betriebe ist, erfolgten 6 208 000 Kontaktschlüsse. In dieser langen Zeit wurde er nur zweimal nachgesehen und mit einem Polierstahle geglättet. Irgendwelche Verbrennungsspuren waren nicht wahrzunehmen; nur in dem Platinplättchen bei C an der Feder f_1 war eine kleine Vertiefung entstanden. Diese Erfahrung beweist also, daß es mit einfachen Mitteln möglich ist, einen funkenlosen Kontakt zu erzielen. s. a. D. U. Ztg. Nr. 10 von 1910 S. 162, „Beseitigung der Störungen an Strom-schließern bei elektrischen Uhren“ vom Verfasser dieses Buches.

Es mag hier gleich erwähnt werden, daß für die Zwecke elektrischer Uhren Kontakte dauernd nur dann brauchbar sind, wenn sie funkenlos arbeiten und Reibungskontakte sind. Die Berührung allein selbst von mit Platin belegten Flächen oder Stiften ist niemals so sicher wie eine Kontaktvorrichtung, die ein wenig Reibung hat. Besonders bei elektrischen Uhren ist dies sehr wichtig, weil diese in Privathänden häufig keine sorgfältige Behandlung haben. Auch das Oelen solcher Uhren ist nicht so sehr wichtig wie bei den Federzug- oder Gewichtuhren, weil bei den elektrischen Uhren die Zapfenreibung der wenigen Räder sehr gering ist. Unsere bisherigen mechanischen Uhren brauchen eine große Triebkraft, um so größer, je länger ihre Gangdauer ist; eine elektrische Uhr dagegen, die durch selbsttätiges Spannen einer Feder oder Anheben eines Gewichthebels in kurzen Zwischenräumen (bei vielen Konstruktionen alle fünf bis zehn Minuten) erneute Antriebskraft erhält, braucht eine weitaus kleinere Triebkraft,

die bei manchen Uhren kaum 20 g beträgt. Bei der vorhin beschriebenen Uhr haben nur die Zapfen eine einigermaßen größere Belastung, um die sich der Hebel K , der den Magnetanker trägt, dreht; die übrigen Zapfen der wenigen Räder haben daher nur ganz geringfügige Reibung.

Die erste Uhr von Aron hätte eine größere Verbreitung finden können, wenn die Uhrmacher mehr Elektrotechniker und namentlich in der Lage gewesen wären, den Kontakt richtig einzustellen. Wir werden daher in einem späteren Abschnitte über die Kontakte noch ausführlich zu sprechen haben.

Diese Uhr gab Veranlassung zu einer sehr wichtigen, interessanten Beobachtung, die mir später auch von anderer Seite bestätigt wurde; ich will sie daher gleich hier mitteilen. Jahrelang ging die Uhr zeitweise richtig, zeitweise aber sehr ungleichmäßig. Vorerst glaubte ich dem Elemente die Schuld zuschreiben zu müssen. Endlich aber, nachdem ich sehr gute Elemente anwenden konnte, zeigte sich, daß hier ein ganz anderer Vorgang die Veranlassung ist.

Selbst bei gleichbleibender Spannung und Stromstärke, sowie gleichem Luftdrucke, änderte sich der Pendelausschlag bis um die Hälfte. Dies trat z. B. auch bei einer fast totalen Sonnenfinsternis ein. Eine halbe Stunde später war der Ausschlag wieder normal. Mehrjährige Beobachtung führte schließlich zu der Ueberzeugung, daß „die elektrische Witterung“ die Kraft des Elektromagneten verändert, und hierdurch der Pendelausschlag beeinflußt wird. Später konnte ich denn auch bei anderen Uhren und elektrischen Weckern solche Kraftschwankungen feststellen. Ja es war mitunter möglich, aus dem Verhalten des Pendels auf die kommende Witterung zu schließen. — Hieraus folgt eine für elektrische Uhren höchst wichtige Regel: Die Kraft eines Elektromagneten jeder elektrischen Uhr muß so bemessen werden, daß sie unter allen Witterungsverhältnissen zum Betriebe ausreicht. Es muß aber die Bauart auch so gewählt werden, daß diese Kraftschwankungen den Gang der Uhr nicht beeinflussen können. Dies ist z. B. bei dem Hippischen Stromschließer, den wir zuvor kennen gelernt haben, der Fall. Bei einem elektrischen Feder- oder Gewichtaufzuge aber kann die Uhr eventl. stehen bleiben, wenn die Kraft zufolge gedachter Vorgänge, zeitweise nicht ausreicht, um die Feder zu spannen, oder das Gewicht zu heben. — Bei Stahlmagneten tritt eine solche Kraftschwankung sehr selten und nur momentan auf. Hier spielt das Nachlassen der Kraft also nicht eine so störende Rolle, falls der Stahl nicht etwa zu stark entmagnetisiert ist.

Nachdem wir nunmehr wissen, daß alle Vorgänge in der Natur auf gleicher einheitlicher Grundlage ruhen, gleichsam alles „Licht“ ist was geschieht, erscheint dieser Vorgang auch gar nicht mehr

wunderbar. Man hat meine Beobachtungen zunächst bezweifelt auf mangelhafte Apparate oder schlechte Beobachtung geschoben, ja versucht sie lächerlich zu machen. Sie sind aber nicht von der Hand zu weisen. Man tut besser sie genau zu beachten. Es ist alles in steter Veränderung, im Trennen und Vereinen begriffen. —

Man findet hierüber noch in keinem Lehrbuche auch nur die geringste Andeutung, weil unsere heute noch geltenden Lehren bislang nicht zur allgemein einheitlichen Anschauung übergegangen sind. Diese Erfahrung aber zeigt auch, wie wichtig es für jeden Konstrukteur elektrischer Apparate ist, die Naturvorgänge eingehend zu kennen, um Fehler bei seinen Arbeiten zu vermeiden. Es ist sicher, daß manche an sich ganz brauchbare Arbeit ohne Erfolg unternommen wurde, weil man gewisse Naturvorgänge nicht genügend gekannt hat. So ist mir eine elektrische Uhr bekannt, die eine Zeit lang sehr gut funktionierte, aber schließlich völlig versagte, weil der darin verwandte Stahlmagnet an Kraft verloren hatte. Er war aus nicht geeignetem Stahl hergestellt. Auch die erste zuvor beschriebene Uhr von Aron zeigt ja einen Fehler, den der Konstrukteur in Unkenntnis der Vorgänge s. Z. nicht meistern konnte. — Da das Wetter sich ständig ändert und jedes Jahr anders verläuft, so brauchte ich viele Jahre, um die Ursache der Schwankungen festzustellen. Das Weltall ist kein Laboratorium!

Pendelschwankungen mechanisch angetriebener Uhren.

Die vorstehenden Beobachtungen veranlaßten mich, auch Pendel nicht elektrisch angetrieben zu beobachten. Erst während der Drucklegung der zweiten Auflage konnte ich diese Beobachtungen abschließen. — Ich besitze eine sehr gute Sekundenuhr, die etwa alle 6—7 Minuten eine zylindrische Spiralfeder zum Antrieb spannt. Der Antrieb bei dieser Konstruktion ist so gleichmäßig, daß nach dem Aufziehen die Ausweichung des Pendels nur auf eine Sekunde im Mittel um 0,5—1,0 mm größer wird. Sind die Trocken-Elemente neu, so wird die Spiralfeder ein wenig mehr gespannt, und der Pendelausschlag ist dann etwa 1,0 mm größer, sowie sie aber einige Zeit gearbeitet haben, ist der Ausschlag nur mit der Lupe als ein wenig verändert wahrzunehmen. Die Pendelstange besteht aus Eichenholz, gut lackiert, und ist schon 10 Jahre in Gebrauch. — An dieser Uhr habe ich nun folgendes beobachtet:

Im Mittel ist der Pendelausschlag etwa 80 mm, er schwankt aber zu Zeiten von 79—85, also um fast 6 mm! — Wäre eine Ungleichheit in den Zähnen der sehr gut gebauten Uhr vorhanden, so müßten sich die Schwankungen periodisch in gleicher Weise wiederholen. Dies ist aber nicht der Fall. — Bei Nebel und

sehr schwachem Regen sind sie nämlich sehr gering. Oft weicht das Pendel in dieser Zeit von 79 mm kaum mehr als 0,25 ab, sowie aber wechselnde Bewölkung eintritt fangen die stärkeren Schwankungen wieder an. Während sie zuvor 5—10 Minuten lang fast Null waren, sind sie nun 3—4 mm groß. Ueber 83 mm gehen sie aber nur sehr selten hinaus. Woher kommt das?

Die Uhr hängt an einer sehr starken Mauer in einem stillen Orte auf dem Lande. Schwere Fuhrwerke, die etwa das Haus erschüttern würden, kommen sehr selten vorbei. Es bleibt also nur die eine Erklärung übrig, wie ich sie zuvor an elektromagnetisch getriebenen Pendeln gegeben habe. Das Pendel wiegt 1,30 kg und schwingt fast genau in west-östlicher Richtung. Es können also nur elektrische Ströme um die Erde die 20 cm große Pendelscheibe beeinflussen. Daß solche Ströme vorhanden sind ist ja bekannt. Ich konnte sie auch bereits vor 17 Jahren an meinen „astatischen Magneten aus einem Stück“ nachweisen. Wer sich näher über diese Strahlungen unterrichten will, findet reiches Material in meinem Buche „Rätsel der Natur“, München 1920 erschienen. Es dürfte also nicht gleichgültig sein, in welcher Richtung lange Pendel mit großen Scheiben schwingen. Ist die Pendelstange aber aus Metall, so werden die Strahlungen wahrscheinlich abgeleitet. Diese Beobachtungen und Schlüsse konnte man aber solange nicht machen, als man in den herrschenden Lehren von der allgemeinen Strahlung aller Körper noch nichts weiß. — Da die Schwankungen in den angegebenen Grenzen sich ständig wiederholen, so scheint ihr Einfluß auf den Gang der Uhr schließlich nicht groß zu sein, sie geht für eine Hausuhr genau genug. Ich brauche sie nur selten zu stellen. Würden diese Schwankungen auch nur 1 mm betragen, aber längere Zeit hindurch gleichmäßig vorhanden sein, würden sie sich also nicht ausgleichen, dann wären sie störend. Das hat bereits Professor Yrk nachgewiesen. Da man bei Präzisionsuhren die Pendelstangen aus Metall macht, so hat man diesen Vorgang bislang wohl nicht wahrnehmen können.

Das Spannen einer Feder gibt keine Stöße, jedoch nicht völlig gleichmäßige Kraft. Das Heben eines Gewichtes dagegen gibt gleichmäßige Kraft, aber kleine Stöße nach dem Antrieb. Am gleichmäßigsten wirkt ein Gewicht, das durch einen Elektromotor aufgewunden wird. Wie man die verschiedenen Antriebsweisen ausgebildet und die Schwierigkeiten überwunden hat werden wir nachstehend kennen lernen.

Beseitigung der Unterbrechungsfunken.

Bei allen Uhrenanlagen oder Einzeluhren mit Batteriebetrieb ist die stete metallische Berührung der Stromschließer unerlässlich. Man hat zur Beseitigung von Oxydation der Kontakte

zahlreiche Vorkehrungen eronnen. Ohne solche ist ein ungestörter Betrieb nicht möglich. Die Elektromagnete erzeugen beim Oeffnen ihres Stromkreises starke Induktionsströme, welche alsbaldige Verbrennungen an der Unterbrechungsstelle der Stromschließer hervorrufen.

Man schaltet in vielen Einrichtungen parallel zum Kontakte einen Widerstand aus Metalldraht oder Polarisationszellen bzw. einen Kondensator, deren Größe sich nach der Spannung und Stromstärke richtet. — Als Kondensator kann auch eine besondere Einrichtung der Wicklung der Elektromagnetspulen oder eine metallische Spule teils aus Messing mit eisernen Endscheiben dienen. — Den gleichen Zweck erfüllt auch eine Vorrichtung, welche im Augenblicke der Stromunterbrechung den Elektromagneten kurzschließt. Unter Umständen ist es auch zulässig, parallel zu den Spulen des Elektromagneten eine Drahtspule von hohem Widerstande einzuschalten, die den Strom der Spulen nicht wesentlich vermindert. Bei guten Reibungskontakten oder solchen mit Quecksilber spielt die Verbrennung keine Rolle. Sie lassen sich jedoch nicht überall anwenden. Diese verschiedenen Vorkehrungen werden wir bei Beschreibung der verschiedenen Einrichtungen kennen lernen.

Schon vor längerer Zeit hatte man erkannt, daß eine richtig zeigende, elektrisch angetriebene Einzeluhr das Ideal eines Zeitmessers wäre. Es fehlte auch nicht an Entwürfen, die für den gedachten Zweck geeignet erschienen; man kannte aber keine geeignete Stromquelle, die hinreichende und gleich bleibende Triebkraft geliefert hätte. Die Antriebskraft ist besonders bei den älteren Konstruktionen von der Stromstärke und diese wiederum von der Spannung der Batterie abhängig. Die galvanischen Elemente sind für gleichmäßige Kraftabgabe wenig geeignet, und auch die sogenannten konstanten Elemente liefern in Wirklichkeit nicht dauernd die gleiche Energie; denn alle Elemente nehmen mit dem Fortschreiten der Elektrolyse in ihrer Leistungsfähigkeit ab. Es war daher notwendig, das elektrische Triebwerk der Uhr so einzurichten, daß selbst bei abnehmender Energie der Batterie ein gleichmäßiger Gang der Uhr erreicht wurde. Die folgenden Beispiele mögen dies erläutern.

Motorpendel Edmund Pfeiffer

Bei diesem Pendelantriebe dient nicht ein gewöhnlicher, sondern ein polarisierter Elektromagnet zur Krafterzeugung, ähnlich wie wir ihn später bei Nebenuhren kennen lernen werden. Zwischen den Schenkeln aus weichem Eisen mit den Drahtspulen ist ein starker, runder Stahlmagnet an dem eisernen Verbindungsstücke angeschraubt, Abb. 18 und 19, so daß die beiden Eisen-

kerne stets die gleiche Wendigkeit mit dem oberen Ende des Dauermagneten haben. Der darunter befindliche Anker mit den beiden abwärts gebogenen Enden berührt nicht den Stahlmagneten und hat etwas Abstand von den abgeschrägten Eisenkernen *b*. Der Elektromagnet erhält aus zweiteiligen Batterien Gleichstrom wechselnder Richtung. Hierdurch wird die Kraft in dem einen Schenkel geschwächt, in dem anderen aber verstärkt, so daß der

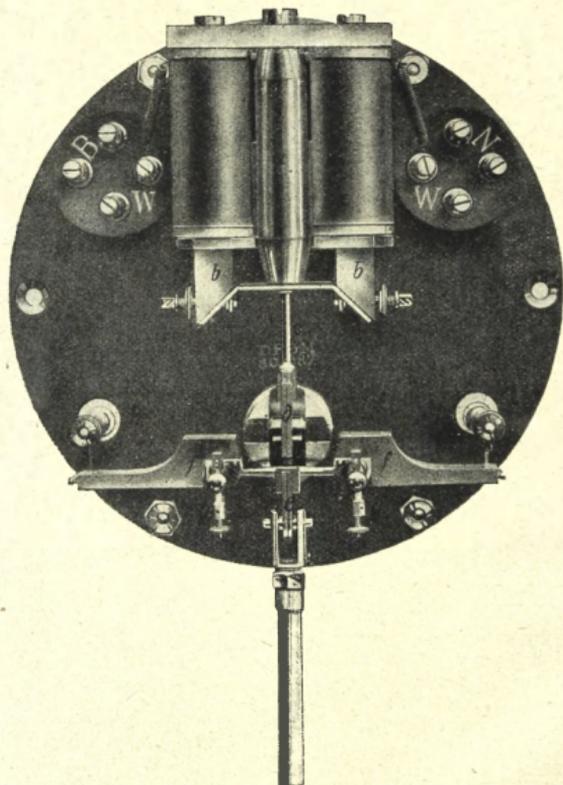


Abb. 18
Motorpendel Edmund Pfeiffer

Anker einerseits abgestoßen, andererseits angetrieben wird. Das Pendel hängt an zwei Federn wie bei der Hemmung von Strasser, die wir bereits kennen gelernt haben. Es trägt einen Rahmen mit zwei längeren Federn, an denen der Anker des Elektromagneten mit einem Stiele befestigt ist. An diesem Rahmen *d* sind auch zwei Kontaktarme *f* befestigt, die bei den Schwingungen des Pendels auf beiden Seiten abwechselnd den Strom schließen. Die Bewegungen des Ankers biegen die beiden äußeren Pendelfedern und geben hierdurch dem Pendel den erforderlichen Antrieb.

Die Kontaktarme tragen an ihren Enden je drei feine Federn mit einem Querstücke, das mit rollender Reibung an den Stiften *h* den Strom schließt. — Polarisierte Elektromagnete sprechen viel leichter und schneller als gewöhnliche an, so daß diese Einrichtung nicht so stark dem Einflusse der elektrischen Witterung unterworfen ist als gewöhnliche Elektromagnete. Hierüber habe ich bei Beschreibung der alten Aronuhr näheres mitgeteilt. — Die Stärke des Elektromagneten und der den Anker tragenden Federn hängt vom Gewichte und der Länge des Pendels ab.

Eigenartig ist bei dieser Erfindung die Verhinderung des Unterbrechungsfunkens. Die zweiteilige Batterie wird beim Gange der Uhr abwechselnd eingeschaltet, sie gibt Gleichstrom wechselnder Richtung ab. In dem Mittelleiter zwischen den beiden Batterieteilchen sind drei Kehrzellen eingeschaltet, durch die der Strom der Batterie jedesmal geht. Diese Kehrzellen enthalten in Gefäßen

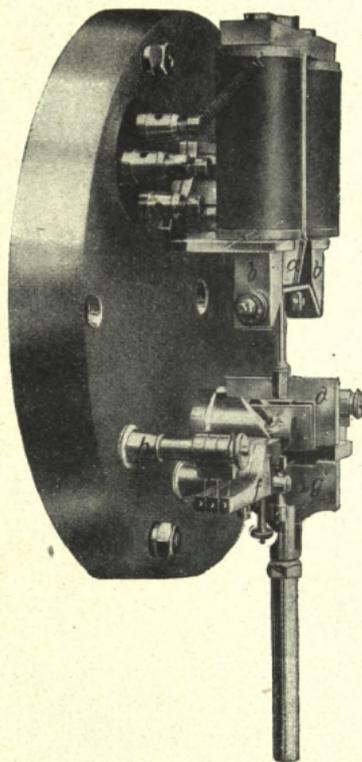


Abb. 19
Motorpendel Edmund Pfeiffer

gesättigte Boraxlösung, in die zwei Aluminiumplatten von 200 bis 300 qcm Oberfläche tauchen. Bei jedem Stromdurchgange werden diese Zellen geladen. Da aber bei jedem Stromschluß der Strom die Richtung wechselt, so heben die Ladungen der Zellen durch Gegenstrom den Unterbrechungsfunkten auf,

Der Stromlauf der Uhr ist in Abb. 20 dargestellt. Vom negativen Pole der rechten Batteriehälfte geht der Strom beim Schlusse auf der rechten Pendelseite über *dh* durch den Elektromagneten nach *g*, durch einen Widerstand nach *u* und *n*, über den Hebel *p*₁ zum Kontakte *q*, nach *c* und von dort zum positiven Pole der rechten Batteriehälfte zurück. — Beim Stromschlusse auf der linken Pendelseite geht der Strom vom negativen Pole der linken Batteriehälfte über *bp* nach *o* bzw. *n* und *f* durch den Widerstand nach *g*, von hier durch den Elektromagneten über *k* nach *hd* und über die drei Kehrzellen zum positiven Pole der linken Batteriehälfte zurück. Die Klemmen *d* und *e* dienen auch zum Einschalten von Nebenuhren. Als Batterie dient gewöhnlich ein Akkumulator. Eine solche Uhr ist z. B. seit Jahren bei der Uhrenanlage im Rathause zu Dresden in gutem Betriebe. —

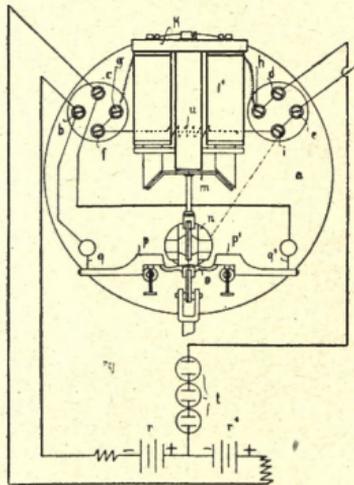


Abb. 20
Schaltung des Motorpendels Edmund Pfeiffer

Zufolge der Anwendung eines polarisierten Elektromagneten ist der Stromverbrauch sehr gering, aber der Antrieb viel gleichmäßiger als beim Hippischen Pendel.

Beim Betriebe von Nebenuhren wird die Schaltung wie in Abb. 21 ausgeführt. Die Nebenuhren haben im übrigen die gleiche Bauart wie sie sonst üblich ist, die Stromwechsel zu ihrem Betriebe werden durch ein Quecksilber-Vakuumrelais erzeugt, auf das wir hier jedoch nicht näher eingehen können. (Eine genaue Beschreibung findet man in Dr. Tobler Elektrische Uhren, von 1909 S. 55—57.) Das Motorpendel, wie wir es zuvor beschrieben

haben, bedarf nämlich zu seinem Betriebe nur 2 Milliampère und die würden für Nebenuhren und längere Leitungen nicht ausreichen.

Es wird als bekannt vorausgesetzt, daß das Motorpendel sekundliche Stromstöße abgibt, diese erst wieder ein Relais antreiben, welches nun wieder seinerseits die Minuten-Nebenuhren durch einen besonderen Stromkreis steuert. Die Pendelfeder unterliegt einer besonderen Theorie. Bei richtiger Abstimmung zur Pendelmasse legt man den Drehpunkt in das obere Drittel, bzw. rechnet damit. Bei der Spannfeder, welche keinem Zuge oder Drucke ausgesetzt ist, rechnet man mit einem Drehpunkte in der Mitte. Deshalb trifft man die Anordnung, beide theoretischen Drehpunkte in eine Achse zu bringen.

Die Praxis hat auch gezeigt, daß es sich empfiehlt, namentlich bei den Sekunden-Stromzuleitungen, gedrißte Litze zu verwenden, weil dadurch die Selbstinduktion und kondensatorische Einflüsse aufgehoben werden.

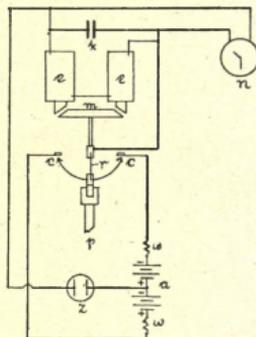


Abb. 21
Motorpendel-Schaltung für Nebenuhren
Edmund Pfeiffer

Konstruktion Caesar Vogt

Caesar Vogt benützt in eigenartiger Weise das Hippische Pendel zum Antriebe des Uhrwerkes. Ein dreischenklicher Elektromagnet M Abb. 22 trägt angelenkt einen Anker, der das obere Ende der Pendelstange P beim Stromschlusse anstößt. Der Stromschluß wird in bekannter Weise durch die Zunge Z bewirkt, bei deren Anhub der Kontakt bei C erfolgt. Das Pendel P trägt zwei kleine in Gelenken bewegliche Stoßplatten, welche die sternförmigen Rädchen R_1 und R_2 um je eine Zacke fortschieben. Die Wellen dieser Rädchen tragen gleich große Zahnräder, die miteinander in Eingriff stehen, so daß das Uhrwerk bei jedem Pendelschlage in derselben Richtung fortbewegt wird. Zum Betriebe dienen die Elemente D_1 und D_2 . Der Kondensator K ist parallel zum Kontakte C geschaltet, um den Unterbrechungsfunken zu verhindern. Der Zweck der Bauart ist nicht allein der, eine billige Uhr herzustellen, sondern vor allem für alle Pendellängen nur

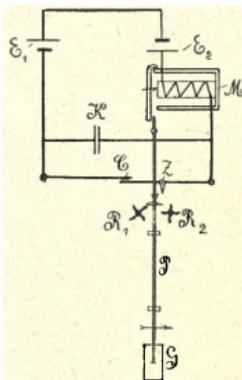


Abb. 22
Pendelantrieb Caesar Vogt

ein Werk zu verwenden. Je nach der Pendellänge ändert sich lediglich die Zahnzahl der Sternrädchen R_1 und R_2 . Beim Sekundenpendel haben diese Rädchen 4 Zähne. — Nach meinen Untersuchungen dürfte die Bauart sich für lange Pendel nicht so eignen als für kurze, da beim Sekundenpendel etwa 0,3—0,4 Ampère gebraucht werden und der Stromschluß in Abständen von 8—12 Sekunden erfolgt. Die Intervalle wechseln je nach der elektrischen Witterung. Zuzufolge des Hippschen Pendels hat dies aber auf den Gang der Uhr keinen großen Einfluß, sondern mehr auf den Energieverbrauch. Beim Anschlusse an ein Lichtnetz spielt dies jedoch keine Rolle. —

System der Eureka Clock Co., Limited, London.

Während die zuvor beschriebenen Uhren elektromagnetischen Pendelantrieb benutzen, ist hier die Unruh elektromagnetisch betätigt. Der Reif der Unruh U Abb. 24 besteht aus zwei Metallen und ist aufgeschnitten, also in gewissen Grenzen kompensiert. Sie enthält einen zweiseitigen Elektromagneten $s m$, der bei jeder zweiten Schwingung von zwei im Sockel untergebrachten Trockenelementen Strom erhält. Eine Platte aus weichem Eisen, die gleichzeitig das Werk trägt, dient als Anker. Der Stromschluß erfolgt in dem Augenblicke, in dem sich die Enden des Elektromagneten der Ankerplatte nähern. Hierdurch erhält die Unruh den erforderlichen Antrieb. Abb. 23 zeigt eine Gesamtansicht der Uhr, während die Abb. 24 das Werk, Abb. 25 die Stromschlußvorrichtung und die Schubklinke darstellen, welche das Zeigerwerk bei jeder Schwingung fortschalten. (Vergl. Deutsche Uhrmacher-Zeitung Nr. 1, 1911. Die Gesamtansicht verdanke ich der Firma A. Wertheim, Berlin.)

Die Welle der Unruh U ist in Kugellagern angeordnet. Sie sind hinter einer Glasplatte bei k sichtbar, die von der Kapsel G gehalten wird. Die Batterie ist einerseits mit dem metallenen Gestelle des Werkes, andererseits mit der isolierten Feder F verbunden. Die Drahtwindungen des Elektromagneten sind an die metallische Unruh, also das Werk, bzw. an den isolierten Stift B der Scheibe A auf der Unruhwellen geführt. Der Stift B aber besteht aus zwei Hälften, deren vorderer Teil aus Isoliermaterial hergestellt

ist. Bei den Schwingungen der Unruh schleift der Stift *B* einmal mit der metallenen Hälfte auf der Feder *F*, und schließt dadurch für einen Augenblick den Stromkreis, bei der Rückschwingung aber schleift die isolierte Hälfte des Stiftes *B* auf der Feder *F*, so daß nur bei jeder zweiten Schwingung ein Antrieb erfolgt. Dieser schleifende Kontakt sichert unter allen Umständen den Stromschluß. — Die Scheibe *A* auf der Unruhwellen hat eine Nase Abb. 25. Diese bewegt vermittels des Rädchens *e* den um *e* drehbaren Hebel *d*, der in dem oberen Bügel *d*₁ eine Schubklinke trägt. Sie greift in die Zähne des Schaltrades *f* und schaltet bei jeder Schwingung der Unruh das Zeigerwerk fort.

Nach Mitteilungen der Fabrik soll die Regulierung des Ganges der Uhr bis auf einige Sekunden täglich möglich sein. Am Fuße des Gestells befindet sich zu diesem Zwecke der Stern *r* mit dessen Hilfe man die Spirale der Unruh bzw. ihre Schwingungen verändern kann. Die Uhr wird auch als Tausend-Tage-Uhr bezeichnet, weil die Trockenelemente für diese Zeit ausreichen.

Die Uhr ist sicher von der Lage des Elektromagneten zum magnetischen Meridian des Aufstellungsortes abhängig, sie muß daher beim Wechsel des Platzes von neuem reguliert werden. Die elektrische Witterung muß auch die elektromagnetische Kraft verändern, wie ich dies bei der alten Aronuhr ausführlich auseinandergesetzt habe. Die Winkelgröße der Schwingungen der Unruh wird also unter Umständen gewissen Schwankungen unterworfen sein, da die Kraft des Elektromagneten niemals ganz gleich groß sein kann. Dies muß auch schon beim Sinken der Spannung der allmählich entladenen Elemente eintreten. Alle diese Einflüsse mögen immerhin nicht allzugroß sein, da die Uhr nur sehr geringe

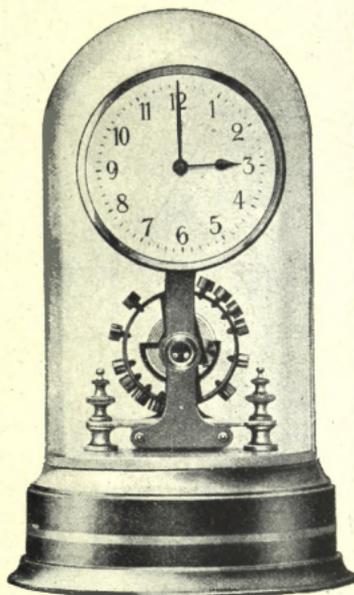


Abb. 23
Stutzuhr Eureka Clock Co.

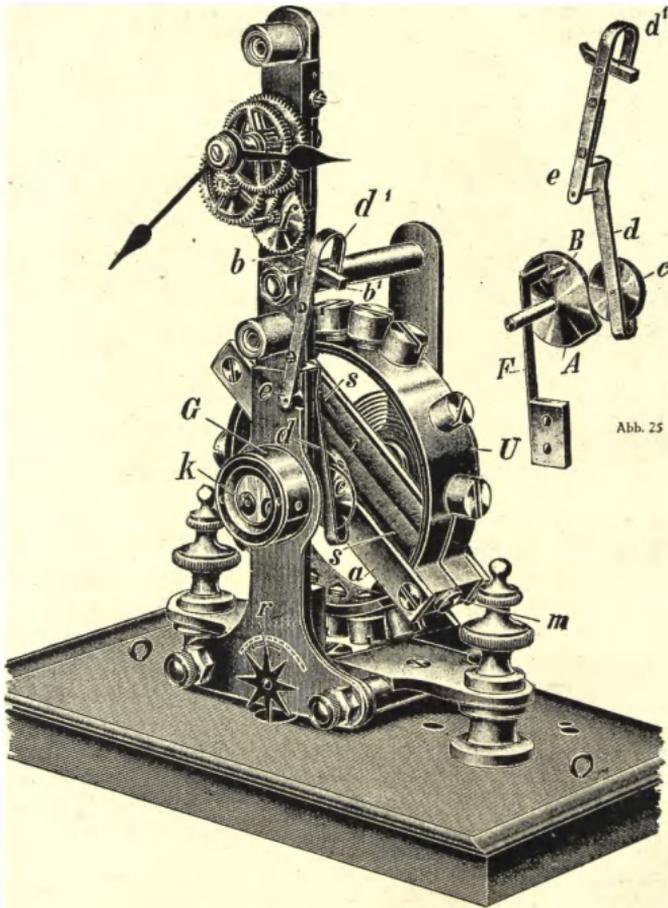


Abb. 24
Elektrische Stutzuhr Eureka Clock Co.

Antriebskraft benötigt. Daß Kugellager die Zapfenreibung sehr verringern ist ja allgemein bekannt. Aus diesen Gründen wird man keine zu hohen Ansprüche an die Genauigkeit des Ganges der Uhr stellen dürfen. Sie wird besonders wohl als Kaminuhr Verwendung finden, darf aber nicht zu warm stehen, damit die Elemente nicht frühzeitig eintrocknen.

b) Elektrischer Federaufzug

System H. Aron

Die Veranlassung zur Konstruktion des im folgenden beschriebenen elektrischen Aufzuges gaben die bekannten Pendelzähler zum Messen des Verbrauches der elektrischen Energie für Elektrizitätswerke. Diese Zähler enthalten zwei voneinander abhängige Uhrwerke mit zwei Pendeln. In der ersten Zeit mußten diese Werke wöchentlich von Hand aufgezogen werden; es kam daher mitunter vor, daß ein Zähler stehen blieb, weil man das rechtzeitige Aufziehen versäumt hatte. Durch Anbringen einer selbsttätigen elektrischen Aufziehvorrichtung war diesem Uebel alsbald abgeholfen, und später wurde der Aufzug auch für den Betrieb von Uhren verwendet.

In den Abbildungen 26 und 27 ist die erste Bauart des Aufzuges dargestellt. Der Elektromagnet D hat einen hufeisenförmigen Kern aus einzelnen Eisenblechen. Auf seinem mittleren Teile befindet sich eine Drahtspule mit einigen tausend Windungen von 0,13 bis 0,15 mm starkem, durch Seidenbespinnung gut isoliertem Kupferdrahte. Der Widerstand der Drahtspule ist je nach der Betriebsspannung der Stromquelle bemessen: für Batteriebetrieb von 1,5 bis 3 Volt beträgt er etwa ein Ohm, für den Anschluß an Elektrizitätswerke bei Spannungen bis 110 Volt etwa 300 bis 400 Ohm; bei höheren Spannungen werden entsprechende Widerstände vorgeschaltet.

Bei Stromschluß wird der Z-förmige Anker A in die Verbindungslinie der Pole des Elektromagneten gedreht. Durch diese Bewegung wird der Strom wieder unterbrochen, so daß die Feder F den Anker in die gezeichnete schräge Lage zurückzuführen vermag. Da aber die Klinen N (Abb. 26) in das fest auf der Achse J sitzende Sperrrad eingreifen, so muß die Triebfeder die Achse J , mit der die Antriebswelle des Uhrwerkes gekuppelt ist, beim Rückgange mitnehmen.

Die Stromunterbrechung wird durch die gabelförmige Kippe K bewirkt, deren rechter Schenkel isoliert ist, während der linke (D) durch ein feines Drahtseil mit der Stromzuführung in Verbindung steht. Zu Anfang eines Hubes liegt der isolierte Schenkel an dem Kontaktstücke C an; wenn der Anker aber, dem Zuge der Feder F

folgend, bis in die gezeichnete schräge Lage zurückgelangt ist, dann schlägt die leicht bewegliche Kippe *K* unter dem Zuge der Felder *G* (Abb. 27) um, so daß der andere, nicht isolierte Schenkel *D* den Stift *C* berührt. Nun geht der Strom über *D*, *C* und *F* in die Wicklung *B* des Elektromagneten, der den Anker bewegt und dadurch die

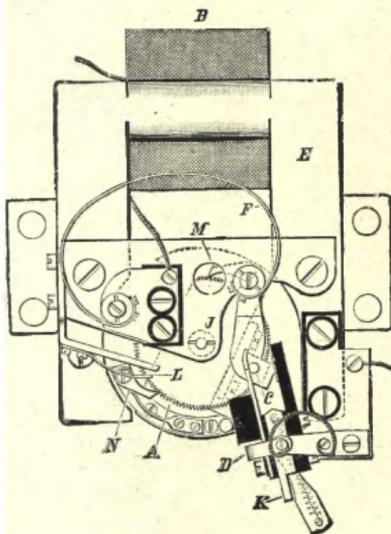


Abb. 26
Elektrischer Federaufzug von H. Aron

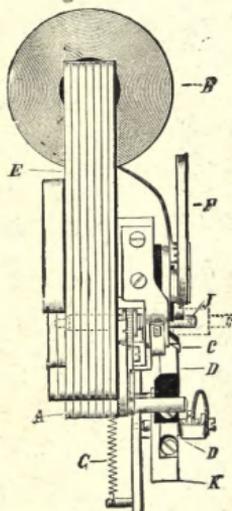


Abb. 27

Feder *F* von neuem spannt. Das Sperrrad kann diese Bewegung des Ankers nicht mitmachen, weil es gegen Rückgang durch die Gegensperrklinke *M* gesperrt ist. Dagegen wird die Kippe *K* durch den Stift *C* mitgenommen, und sobald der bewegliche Angriffspunkt der Schraubenfeder *G* hierbei die Verbindungslinie ihres unteren Befestigungspunktes mit der Drehungsachse überschreitet, schlägt die Kippe wieder in die Ruhelage zurück, wobei der Strom unterbrochen wird. Die Abb. 28 wird die Einrichtung noch deutlicher veranschaulichen.

Die Enden der Blattfeder *F* Abb. 26 sind an Ringen befestigt, welche mit einer Schraube festgeklemmt werden. Durch Drehen

dieser Ringe kann man die Spannung der Feder verändern. Sie wird so eingestellt, daß die Kraft der Feder das Uhrwerk sicher antreibt. Stärkere Spannung würde mehr Kraft des Elektromagneten bzw. der Batterie erfordern, diese also frühzeitig entladen. Meine jahrelangen Beobachtungen an dieser Aufziehvorrichtung haben ergeben, daß der Kontakt sicher arbeitet und keine starke Abnützung aufweist.

Die Abb. 29 zeigt uns die Anordnung der Aufziehvorrichtung sowie der übrigen Teile bei einer Aronschen Rundrahmenuhr. —

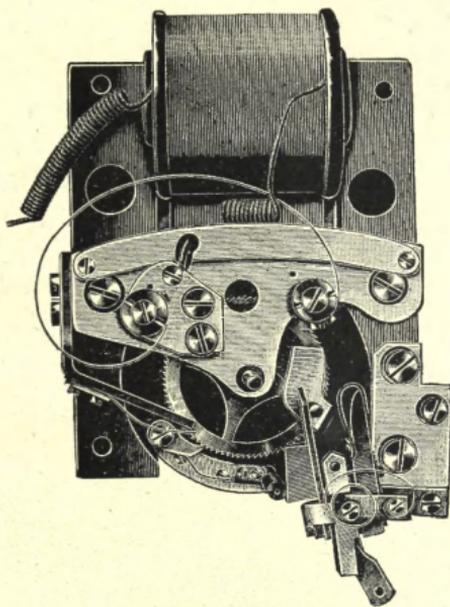


Abb. 23
Elektrischer Federaufzug von H. Aron

Beim Befestigen der Aufziehvorrichtung an Regulatoren im hölzernen Gehäuse war das Verziehen des Holzes mitunter störend. Die Firma hat daher neuerdings den Aufzug wie in Abb. 30 abgeändert, so daß er am Werkgestell der Uhr selbst angeschraubt werden kann. Die Elektromagnetwicklung dieses Aufzuges hat

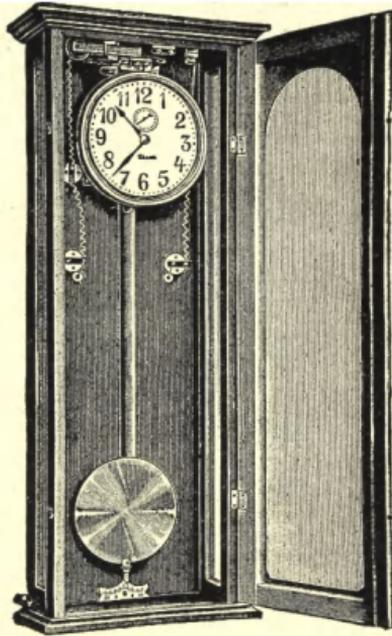


Abb. 29
Rurdrarmenuhr mit elektrischem Federaufzug von H. Aron

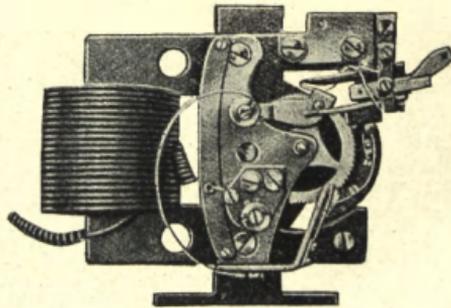


Abb. 30
Elektromagnetischer Aufzug von H. Aron

für Schwachstrom nur einen Widerstand von 0,24 Ohm, es müßte also nach dem Ohmschen Gesetze ein Strom von 6 Ampere bei einem Elemente von 1,4 Volt hindurchgehen. Tatsächlich aber werden nur höchstens 1,86 Ampere auf $\frac{1}{2}$ Sekunde gebraucht. Den geringen Energieverbrauch zeigen die beiden Schaulinien

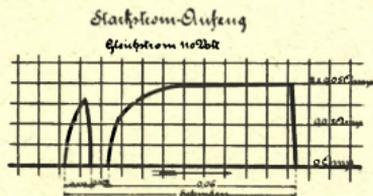


Abb. 31
Aron Elektr. Ges. Stromdauer

der Abb. 31 und 32. Sie sind oszillographischen Aufnahmen der Physikalisch Technischen Reichsanstalt entnommen. (Näheres hierüber findet man in einem Vortrage des Herrn Direktor Schoder in der Elektr. Techn. Zeitschr. Heft 19 von 1911.) — Bei einem normalen Regulator erfolgt der Aufzug etwa 5 mal in der Stunde, also alle 12 Minuten. Der durchschnittliche Verbrauch für jeden Aufzug beträgt bei 1,25 Ampere und $\frac{1}{2}$ Sekunde 150 Milliampere-Sekunden. Es ergibt sich also $5 \times 0,1 \times 1,5 = 0,75$ Ampere-

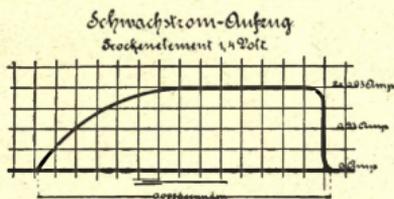


Abb. 32
Aron Elektr. Ges. Stromdauer

Sekunden, oder im Jahre etwa 1,82 Ampere-Stunden. Gute Elemente können also bis zu 7 Jahren die Uhr treiben. Ich selbst habe zwei Elemente für eine solche Uhr bis zu drei Jahren benützen können.

Die Befestigung des neuen Aufzugelektromagneten an das Werk für Einzeluhren zeigt Abb. 33.

Während in der soeben besprochenen Konstruktion eine bogenförmige Blattfeder gespannt wird, liefert in der nachstehend beschriebenen Uhr eine Schraubenfeder (Zylinderfeder) aus Stahldraht die Triebkraft.

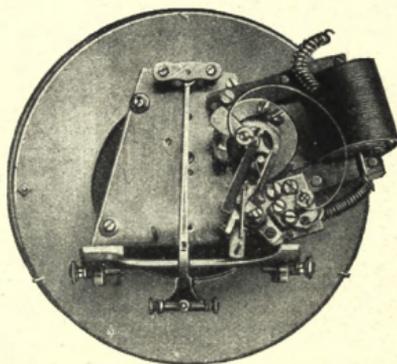


Abb. 33
Aron Elektr. Oes. Einzeluhr

System der Möller-Uhr G. m. b. H.

1. Elektrisches Gehwerk.

Bei dem System der Firma Möller-Uhr in Schöneberg-Berlin wird die (auf die Minutenwelle wirkende) Triebkraft für eine Pendel- oder Unruh-Uhr durch eine 5 cm lange, enggewundene, gehärtete Schraubenfeder aus Stahldraht geliefert, die durch einen Elektromagneten in Zeitintervallen von etwa fünf bis zehn Minuten immer von neuem gespannt wird.

In Abb. 34 ist das Uhrwerk in perspektivischer Ansicht dargestellt, und Abb. 35 zeigt die hintere Seite des Werkes. Die Kraft zum Spannen der zylinderförmigen Triebfeder (Schraubenfeder) wird durch einen kräftigen Elektromagneten geliefert, zwischen dessen Polschuhen sich ein Magnetanker dreht. Bei Stromschluß legt sich der Anker in die Richtung der Verbindungslinie der beiden Polschuhe (Stellung wie in Abb. 36). Durch zwei kurze Säulen ist mit dem Anker ein doppelarmiger Hebel fest verbunden, der an seinen Enden kleine Schwunggewichte trägt. Die Schraubenfeder für den Antrieb der Uhr greift etwa 8 mm seitlich vom Drehungspunkte des Hebels (Ankerachse) an. Der Hebelarm ist am größten, wenn die Feder sich zusammengezogen hat, wenn also ihre Kraft etwas vermindert ist; er ist (zufolge der Kreisbewegung des An-

griffpunktes) am kleinsten, wenn die Schraubenfeder gespannt ist. Auf diese Weise wird durch die sich verändernde Hebellänge ein Ausgleich der sonst ungleichen Wirkung der Schraubenfeder erreicht.

Die Schraubenfeder wird beim Aufziehen nur etwa um 8 mm ausgedehnt, während in der Ruhe deren Windungen eng aneinander liegen. Sie ist jedoch so elastisch, daß man sie wiederholt bis auf 20 cm Länge ohne Schaden ausdehnen kann.

Der doppelarmige Hebel mit den beiden Schwunggewichten trägt in der Mitte einen schräg aufwärts stehenden Kontakthebel mit einem Kontaktstifte am Ende, welcher letzterer sich beim Gange der Uhr allmählich gegen ein Isolierplättchen eines zweiten, wagrechten Kontakthebels legt und, an dem Isolierplättchen entlang gleitend, schließlich von diesem abfällt, so daß der wagrechte Kontakthebel auf den Kontaktstift trifft und den Stromschluß herbeiführt. Vergl. auch Abb. 36 auf S. 73.

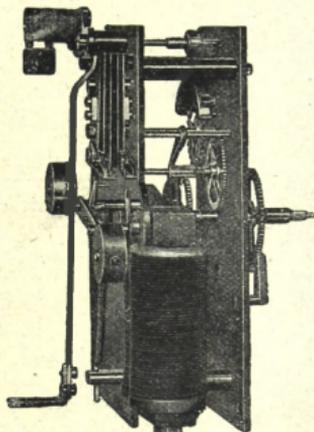


Abb. 34
Elektrisches Gehwerk von Max Möller

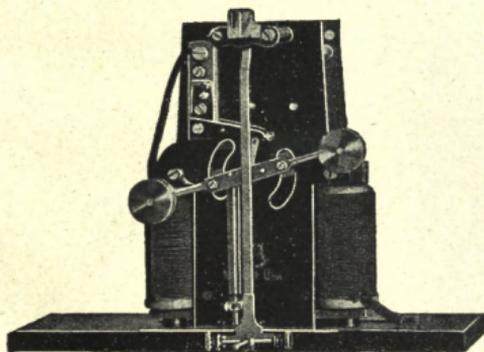


Abb. 35
Elektrisches Gehwerk von Max Möller (Rückansicht)

In diesem Augenblicke dreht der Elektromagnet den Anker. Dieser nimmt den auf seiner Achse sitzenden schrägen Kontakt- hebel mit dem Kontaktstifte mit, der nun zwischen dem Isolier- plättchen und dem wagrechten Kontakthebel (die beide durch eine Feder verbunden sind) hindurch gleitet, so daß der Kontakt schnell unterbrochen wird. Stromschluß und Unterbrechung des Stromkreises erfolgen also plötzlich, wobei die Batterie nur etwa 0,1 Sekunde lang beansprucht wird.

Auf der Minutenwelle sitzt ein Sperrad (Gegengeserr), auf dem beim Anspannen der Schraubenfeder ein am Anker ange- brachter Sperrkegel entlanggleitet, während ein zweiter Sperrhaken das Rückwärtsdrehen der Minutenwelle verhindert. Der Anker nimmt also unter dem Zuge der Schraubenfeder das Sperrad mit und dreht somit die Minutenwelle stets in der gleichen Richtung. — Das Räderwerk enthält nur drei Räder: Gangrad, Zwischenrad und Minutenrad.

Die Messungen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ergaben einen Energieverbrauch von 0,017 Ampèresekunden für jeden Aufzug. Er erfolgte in Abständen von 6—4 Minuten mit Abweichungen von 4—6 Sekunden. Die Spannung der Elemente sank in 13 Monaten von 1,51—1,41 Volt. — An zwei Möller-Uhren habe ich selber jahrelange Beobachtungen angestellt, und zwar an einer Uhr mit Schlagwerk und Viertelsekunden-Pendel, als auch an einer größeren Uhr mit Sekundenpendel. Die Kontakte zeigten keine Abnützung. Der Abstand zwischen zwei Aufzügen findet bei guten Elementen zwischen $7\frac{1}{2}$ —8 Minuten statt. Bei sinkender Spannung der Elemente verringern sich die Abstände, weil die Winkelbewegungen des Ankers, zufolge geringerer Kraft, kleiner werden. Bei der Sekunden-Uhr ist der Pendelausschlag nach dem Aufziehen auf einige Sekunden um einen Millimeter größer. Beide Uhren haben voll befriedigt und zeigten einen für gewöhnliche Zwecke durchaus gleichmäßigen Gang. Je nach der Größe der Uhr, bzw. Länge und Gewicht des Pendels beträgt die Stromstärke bei jedem Aufzuge 0,25—0,29 Ampère auf etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde. Das günstige Ergebnis meiner Beobachtungen ist nicht allein in der Konstruktion, sondern auch in der sorgfältigen Ausführung begründet. Zerlegen und Zusammensetzen der Werke machen keine Schwierigkeiten. Das Schlagwerk benötigt eine etwas größere Stromstärke als das Gehwerk, und natürlich auch auf längere Zeit. Die Stromstärke beträgt bei jedem Schläge 0,45—0,5 Ampère. Trocken-Elemente mittlerer Größe reichen für den Betrieb einer Uhr bis zu drei Jahren aus. —

2. Elektrisches Schlagwerk.

Die Triebvorrichtung ist hier die gleiche wie die soeben be- schriebene. Es ist nur die unwesentliche Abweichung vorhanden,

daß der Elektromagnet des Gehwerkes über dem Uhrwerke liegt, wie Abb. 36 zeigt, die uns die Einrichtung und Wirkung des Gehwerkes noch klarer machen soll. Die Polschuhe *P* drehen den Anker *A* in die Verlängerungslinie des Magnetsystems, sobald die Feder *F* den wagrechten Hebel mit den Gewichten *G* in seine

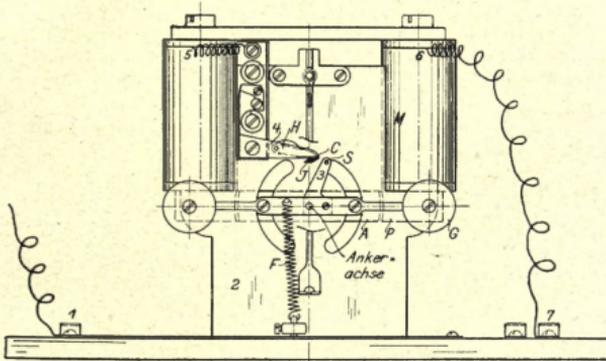


Abb. 36
Elektrisches Gehwerk der Schlaguhr von Max Möller

tiefste Lage gezogen hat. Bei dieser Bewegung des Ankers *A* gleitet der Kontaktstift *S* unter dem Isolierstücke *C* hinweg, berührt den Kontakthebel *H* und schließt damit den Stromkreis der Batterie, welche mit den Klemmen 1 und 7 eingeschaltet ist.

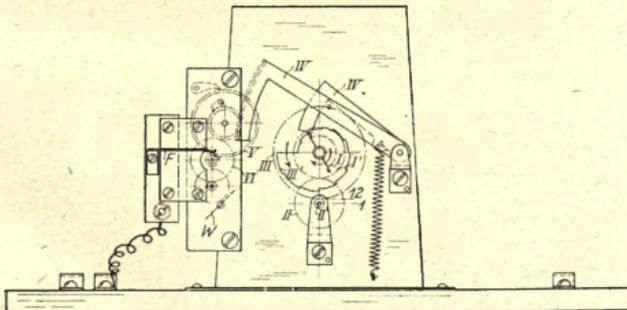


Abb. 37
Elektrisches Schlagwerk von Max Möller

Die Ziffern 1 bis 7 bezeichnen den Stromweg, der beim Kontakt-
 schlusse stattfindet. Danach nimmt der Strom, von der Batterie
 kommend, seinen Weg über 1 durch das Gestell 2 und die Anker-
 achse nach 3, von da nach 4 und dann über 5, 6 und 7 wieder zur
 Batterie zurück. In dem Augenblicke, da der Stift *S* den Hebel *C*
 berührt, dreht der Elektromagnet den Anker *A* wieder in seine
 wagrechte Lage. Zuzolge der Schwingkraft bewegt er sich noch
 ein Stück darüber hinaus und wird durch ein Gesperr festgehalten.
 Bei dieser Bewegung gleitet der Kontaktstift *S* zwischen dem
 Isolierstücke *J* und dem Hebel *C* hindurch, wodurch der Stromkreis
 wieder unterbrochen wird. Die Schraubenfeder *F* fängt von neuem
 an zu wirken, und der Arbeitsvorgang wiederholt sich wie vorhin.

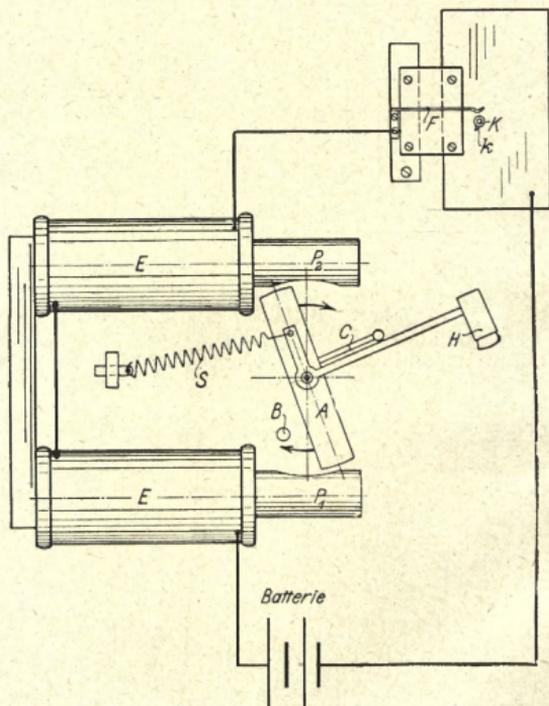


Abb. 38

Schaltungsschema zum elektrischen Schlagwerk von Max Möller

Die Einrichtung des Schlagwerkes, das unter dem Zifferblatte auf der Gestellplatte sitzt, zeigt Abb. 37. Der Hebel IV wird in bekannter Weise durch zwei am Minutenrohrrade I sitzende Stifte nach Ablauf jeder halben Stunde emporgehoben. Mit ihm ist auf derselben Welle ein Rechen (in der Abbildung ebenfalls mit IV bezeichnet) fest verbunden, der sich also mit emporhebt. In dem Augenblicke, da die Uhr schlagen soll, geben die Stifte des Rades I den Hebel IV frei, der sich mit dem Rechen, von einer Schraubenfeder getrieben, nach unten bewegt.

Der Rechen dreht hierbei ein Kontaktwerk, dessen Ablauf durch den Windfang *W* geregelt wird und das zur Betätigung des Hammers dient. Es schiebt beim Herabsinken des Rechens so oft einen Strom durch einen Elektromagneten, als jeweils Schläge erfolgen sollen, und dieser Elektromagnet bewegt den Hammer.

In Abb. 37 ist nur die Kontaktvorrichtung ohne den Hammer mit seinem Elektromagneten abgebildet. Die schematische Abb. 38 veranschaulicht die Einrichtung und Wirkung der Hammerbetätigung. Die Welle *K* mit dem Kontaktstifte *k* wird beim Herabsinken des Rechens in Umdrehung versetzt. Bei jeder Umdrehung schleift der Kontaktstift *k* über die Kontaktfeder *F* hin und schließt einen Stromkreis. Hierdurch tritt der Elektromagnet *E* mit den Polen P_1 und P_2 in Tätigkeit, der nun den Anker *A* in der Richtung der Pfeile kräftig bewegt, wobei der Mitnehmer *C* den auf der Achse des Ankers drehbaren Schlaghammer *H* mitnimmt. Die

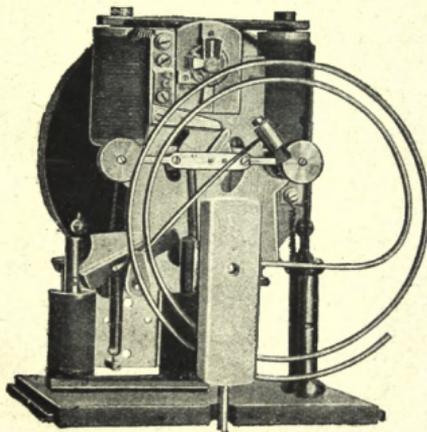


Abb. 39
Elektrisches Schlagwerk von Max Möller

Bewegung des Ankers ist durch den Anschlag *B* begrenzt; der drehbare Hammer aber bewegt sich zufolge seines Schwunges noch ein kleines Stück weiter, bis er auf die Tonfeder trifft, und wird dann durch die Schraubenfeder *S* wieder zurückgezogen. Auf diese Weise ist ein weicher, ungedämpfter Schlag erzielt.

Je nach dem die Stundenstiege (*III'*) eine kleinere oder grössere Bewegung des Rechens zuläßt, erfolgen weniger oder mehr Umgänge der (auch in Abb. 37 unter der Feder *F* sichtbaren) Kontaktwelle *K*. Damit das Kontaktwerk beim Rückgange des Rechens in Ruhe bleibe, ist an dem Rechenriebe ein Gegengesperren angeordnet (vergl. Abb. 37).

Soll die Uhr nicht schlagen, so wird der Stromkreis einfach durch einen im Uhrgehäuse angebrachten Schalter dauernd unterbrochen. Nach dem Einrücken des Ausschalters schlägt die Uhr natürlich wieder richtig.

Abb. 39 zeigt das vollständige Werk einer elektrischen Schlaguhr, wie solche von der Firma Möller-Uhr-G. in Berlin geliefert werden.

Elektrische Uhr von David Perret.

Zum Antriebe der Minutenwelle dient eine Schraubenfeder, welche durch den Anker eines Elektromagneten zeitweise gespannt wird. Die Abb. 40 zeigt die photographische Aufnahme einer runden Uhr mit Ankergang. Die einzelnen Teile des elektrischen Triebwerkes sind in den Abb. 41 und 42 dargestellt.

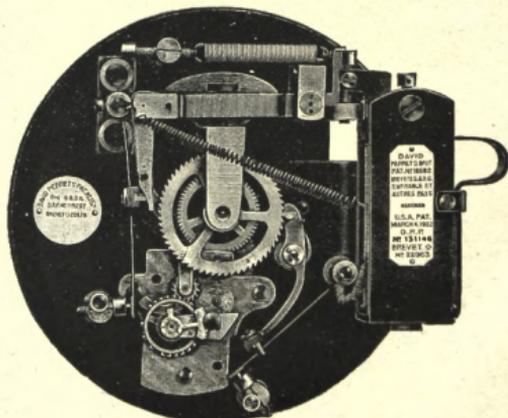


Abb. 40
Rundrahmenuhr mit elektrischem Federaufzug von David Perret

Das Schaltrad *F* Abb. 41 wird Zahn für Zahn in der durch den Pfeil angezeigten Richtung durch die Wirkung der Schraubenfeder *R* bewegt. Diese wird jede Minute von neuem durch den Elektromagneten *A* (punktiert gezeichnet) gespannt, so oft das Schaltrad

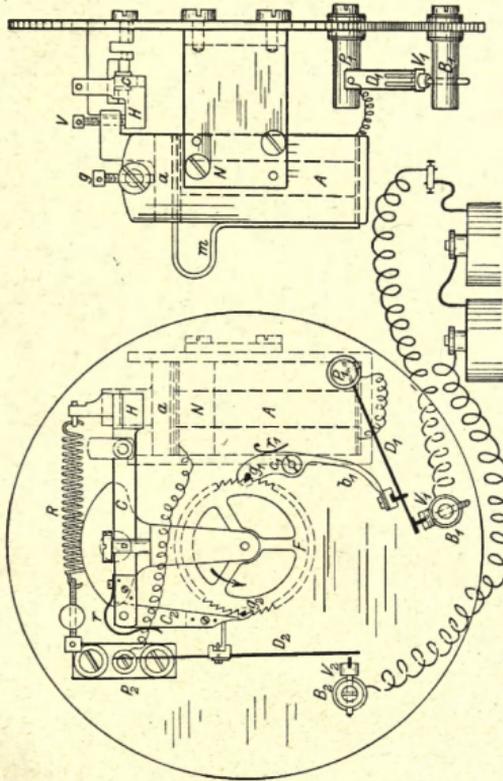


Abb. 42

Elektrisches Getriebe von David Perret

Abb. 41

um einen Zahn vorgerückt ist, d. h. wenn die beiden Federn D_1 und D_2 in Kontakt mit den Klemmen B_1 und B_2 sind.

Abb. 41 zeigt die Lage der Teile unmittelbar nachdem die Schraubenfeder *R* von dem Elektromagneten gespannt worden ist.

Das eine Ende der Wicklung des Elektromagneten A ist mit der Kontaktfeder D_1 durch den Pfeiler P_1 , das andere mit der Kontaktfeder D_2 durch den Pfeiler P_2 verbunden. Der Arm C ist mit einer drehbaren Klinke C_2 versehen, die in das Schaltrad F sperркеgelartig eingreift und es in Umdrehung versetzt. Sie wird durch die Feder r gegen das Rad gedrückt, so daß die Feder D_2 keinen Druck auf die Klinke auszuüben, sondern nur deren Bewegung mitzumachen hat, durch die entweder Stromschluß oder Stromunterbrechung bei V_2 veranlaßt wird. Die Klemmen B_1 und B_2 sind mit je einem Pole der Batterie verbunden.

In dem Augenblicke des Stromschlusses, d. h. wenn D_1 und D_2 die Kontakte (V_1 und V_2) berühren, wird die Armatur a lebhaft bewegt und schlägt mit Hilfe der Schraube V (Abb. 42) so auf das Ende H des Armes C , daß dadurch die Feder R gespannt wird. Die Klinke C_2 schnappt dabei in die nächste, höher liegende Zahnücke ein, die Kontaktfeder D_2 entfernt sich von der Schraube V_2 , und der Stromkreis ist wieder unterbrochen.

Durch die Klinke C_2 wird die Kraft der Feder R auf das Schaltrad übertragen, das dadurch in der durch den Pfeil angezeigten Richtung weitergetrieben wird. Nun senkt sich C_2 und drückt allmählich D_2 gegen V_2 ; der Kontakt wird also von neuem bei V_2 geschlossen. Sobald die Klinke C_1 in die nächste Zahnücke fällt, kommt die Feder D_1 mit der Schraube V_1 in Berührung, der Strom durchfließt den Elektromagneten, und dieser wirkt von neuem auf den Arm C , spannt also abermals die Schraubenfeder R . Dies wiederholt sich jede Minute. Die Klemmen B_1 , B_2 , P_1 und P_2 sind vom Mechanismus isoliert. Die Klanken C_1 und C_2 wirken durch die Stifte g_1 und g_2 , deren Form ihrer Tätigkeit angepaßt ist. Die Klinke C_1 trägt den Arm b , der durch die Feder r_1 an die Kontaktfeder D_1 gedrückt wird und dadurch einen guten Kontakt für den Augenblick des Aufziehens sichert.

Die Kontaktfedern D_1 und D_2 laufen in mehrere Klanken aus (vgl. D_1 in Abb. 42), deren Enden mit Silberplättchen belegt sind. Diese mehrteilige Feder hat den Zweck, einen schlechten Kontakt zu verhindern. Die auf der Schaltradbrücke angebrachte große Schraube soll verhüten, daß der Arm C beim Aufziehen zu hoch geht; denn hierdurch könnte die Klinke C_2 über zwei Zähne schnappen.

Wie Abb. 42 zeigt, ist der Elektromagnet sehr einfach. Die Feder m hat den Zweck, die Armatur a immer sofort in ihre Ruhestellung zurückzuführen; die Schraube V berührt also den Arm C nur einen ganz kurzen Augenblick. Der Elektromagnet ist unabhängig vom Mechanismus und verhindert somit jeden schädlichen Einfluß der Remanenz. Die Schraube g dient zur richtigen Einstellung des Laufes der Armatur.

Regulierung. Indem eine Schraubenfeder, die an die Stelle des Federhauses tritt, durch einen ganz schwachen Strom jede Minute gespannt wird, erzielt man eine gleichbleibende Betriebskraft. Die Spannfeder wirkt direkt auf die Minutenwelle, wodurch eine erhebliche Verminderung der Zahl der Räder ermöglicht und gleichzeitig keiner der Bestandteile einem derartig starken Drucke unterworfen ist, wie ihn z. B. das Federhaus einer für acht oder vierzehn Tage aufgezogenen gewöhnlichen Uhr hervorbringt. Es geht aus dem Gesagten ohne weiteres hervor, daß solche Uhr sehr regelmäßig geht.

Ein derartiger Regulator verblieb ungefähr ein Jahr im Observatorium zu Neuchâtel; seine tägliche Zeitveränderung betrug nicht über acht hundertstel Sekunden. Der damalige Direktor Dr. A. Hirsch, äußerte sich in seinem Berichte hierüber wie folgt:

„Nachdem die von mir unternommenen Versuche, eine zweite Pendeluhr Hipp zu konstruieren, keine befriedigenden Resultate ergeben haben, hoffe ich, nunmehr ehestens mit dem neuen, von Herrn David Perret, Mitglied der Kommission des Observatoriums, erfundenen System einer elektrischen Uhr durchzudringen. Die ganz gewöhnliche Uhr, welche er, um sein System zu prüfen, provisorisch im Observatorium aufgestellt hat, ergab während einiger Wochen derartig überraschende Resultate, daß die Hoffnung vollständig berechtigt ist, daß dieses System, sobald es an einer Präzisions-Uhr mit Stahl-Nickel-Pendel angewendet wird, hinsichtlich Genauigkeit mit unserer Pendeluhr Hipp wird rivalisieren können.“

Leider hat der Tod Herrn Dr. Hirsch verhindert, seine Hoffnung verwirklicht zu sehen. Die neue astronomische Pendeluhr von David Perret wird im Observatorium zu Neuchâtel heute für die Übermittlung der Stundensignale an die verschiedenen schweizerischen Stationen verwendet. Unter dem sie umgebenden Temperatur- und Atmosphärendrucke beträgt ihre tägliche Zeitveränderung nicht mehr als drei oder vier hundertstel Sekunden. Ihr Gang ist ebenso regelmäßig wie derjenige der übrigen im Observatorium unter konstantem Drucke stehenden Pendeluhren, wie dies aus dem Atteste des gegenwärtigen Direktors hervorgeht.

Einige Perrettsche Pendeluhren gewöhnlicher Konstruktion, die vom Observatorium beobachtet wurden, ergaben gute Resultate.

c) Elektrischer Gewichtsauzug

Eine gespannte Feder liefert nur bei bester Beschaffenheit eine genügend gleich bleibende Triebkraft. Man hat daher auch die Schwerkraft zum Antreiben von Uhren verwendet, wobei man ein oder mehrere am Ende mit einem Gewichte beschwerte Hebel

benützt. Zufolge der Schwerkraft sinkt der Hebel langsam herab, und nach Zurücklegung eines gewissen Fallweges wird er durch einen Elektromagneten wieder emporgehoben. Beim Sinken treibt er das Räderwerk. Ein auf seiner Achse angeordnetes Gesperr ermöglicht es, daß er leer emporgeht.

Solche Uhren sind z. B. von Favereau (La Sempire Clock Co.) gebaut worden. Der Anker des Elektromagneten hat zwei Schenkel, die einen Winkel von etwa 60° bilden und deren Enden über einen Elektromagneten mit kreisförmig gestalteten Polen streichen. Die Automatic Electric Clock Company in Chicago läßt die Kraft eines hufeisenförmigen Elektromagneten durch ein Hebelwerk auf ein Gesperr wirken, dessen Bewegung einen Gewichthebel emporzieht. Bei der Uhr von Antal Kuliscka wird das an einem Hebel sitzende eiserne Gewicht von einem Elektromagneten zeitweise direkt emporgehoben, und nach Unterbrechung des Stromes sinkt es, die Uhr treibend, herab. Wer sich für diese Konstruktionen interessiert, findet Näheres in der Abhandlung „L'Horlogerie Electrique“ von P. Decressain in der Pariser Zeitschrift „Revue chronometrique“, Jahrgang 1900.

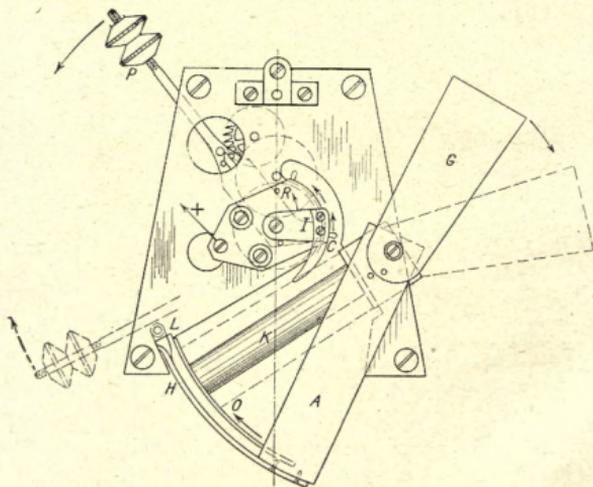


Abb. 43

Aufzug-Vorrichtung der Gesellschaft „Normal-Zeit“

Neuerdings fertigt die Gesellschaft ein anderes Modell, bei dem Antrieb- und Regulier-Magnet unterhalb des Werkes angebracht sind. Der Anker des Elektromagneten dient hierbei gleichzeitig als Antriebsgewicht, sodaß der Gewichtshebel fortfällt.

Elektrische Uhr der Gesellschaft „Normal-Zeit“.

Die elektrischen Einzeluhren der Firma Normal-Zeit, G. m. b. H. in Berlin, sind mit dem in Abb. 43 dargestellten Aufzuge versehen. Der Eisenkern *K* des Elektromagneten ist an der Gestellplatte befestigt und trägt am unteren Ende einen gebogenen, spitz zugehenden Polschuh *L*, der von einem bügel-förmigen eisernen Anker *A* umgeben ist. Zum Gewichtsausgleich ist das Gegengewicht *G* angebracht. Sobald der Stromkreis der Ortsbatterie geschlossen wird, bewegt sich der Anker *A* mit dem Stoßhebel *H* in der Richtung des Pfeiles so weit, bis er über *K* steht. Hierbei wird ein Hebel mit dem Gewichte *P* um etwa 90° gedreht, und dieser nimmt durch ein Sperrrad die Antriebswelle, um die er

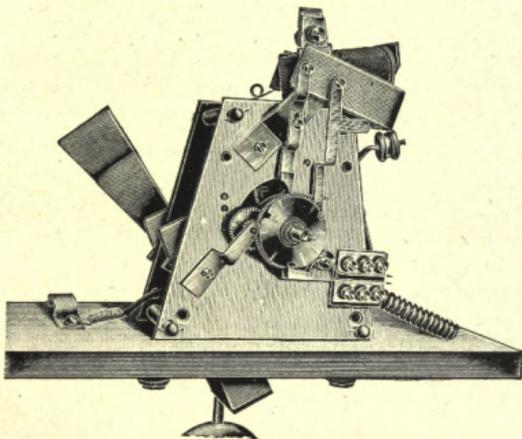


Abb. 44

Elektrisches Uhrwerk der Gesellschaft „Normal-Zeit“

sich dreht, mit. Bei der Abwärtsbewegung dieses Hebels wird der kleine Kontakthebel *C*, der auf einem hornförmigen Isolierstücke

gleitet, in Richtung des Pfeiles bewegt, wobei der Hebel *I* mitgenommen wird, bis er gegen den Stift *R* stößt. In diesem Augenblicke gleitet *C* von dem hornförmigen Isolierstücke ab und schließt den Kontakt, worauf von neuem das Gewicht *P* gehoben wird. Dieses Spiel findet etwa alle zehn Minuten statt.

Abb. 43 zeigt die hintere Seite des Werkes ohne Regulier-Magneten. Die vordere Seite sehen wir in Abb. 44. Sie läßt den rechts oben schräg über dem Werk sitzenden Regulier-Magneten erkennen, welcher ebenso wie der Aufzugmagnet einen bügelförmigen eisernen Anker hat. Auf der Welle des Zeigerwerkes sitzen zwei Scheiben, von denen die vordere drei Einschnitte zeigt, während die hintere (durch das Räderwerk verdeckte) Scheibe gleichfalls drei Einschnitte hat. An dem bügelförmigen Anker des Regulier-Magneten sind zwei lotrecht hängende Hebel befestigt, von denen der linke mit seiner unteren Schneide in die Lücken der hinteren Scheibe paßt, während der rechte beim Herabgehen des Ankers auf einen der genannten Stifte trifft und die hintere Scheibe um ein entsprechendes Stück dreht.

Die Regulierung erfolgt alle vier Stunden in der Weise, daß das keilförmige, an einer Feder sitzende Isolierstück (rechts unten) in eine Lücke der vorderen Scheibe gleitet und hierdurch mit der gebogenen Feder den Kontakt für den Regulier-Magneten schließt, so daß der von der Hauptuhr kommende Strom wirken kann. Der Anker wird angehoben und drückt den linken, an ihm befindlichen Hebel nach unten. Dieser kann jedoch noch in eine Lücke nicht einfallen, sondern er gleitet erst etwa fünfzehn Sekunden später in eine Lücke der hinteren Scheibe, so daß nun der Anker vollkommen gehoben wird. Zuzufolge dieser Bewegung drückt der Anker durch die links sichtbare (hier schleifenförmige) Feder auf den Hemmungsanker und hält somit die Uhr an. Zur genauen Zeit wird nun von der Hauptuhr im Zentralamte der Regulierstrom unterbrochen. Der Anker des Regulier-Magneten fällt jetzt ab, der rechts an ihm befindliche senkrechte Hebel trifft auf einen Stift der hinteren Scheibe und dreht sie soweit, daß der linke Hebel nicht mehr in eine Lücke fallen kann. Die Hemmung wird bei dieser Bewegung frei gegeben, die Uhr also wieder in Gang gesetzt. Die Lücken in der Regulierscheibe sind so gestaltet, daß die Uhr noch bei anderthalb Minuten Voreilung von der Hauptuhr aus reguliert werden kann.

An weit abgelegenen Plätzen, nach denen keine besonderen Leitungen für die Regulierung führen, werden derartige selbsttätige elektrische Uhren ohne Reguliervorrichtung angebracht und durch Beamte an Hand von Taschenchronometern überwacht und gegebenenfalls gestellt.

System Riefler.

Die Firma Clemens Riefler in München liefert außer Präzisionsuhren mit gewöhnlichem Gewichtsanzug auch solche mit elektrischem Aufzuge. Bei letzteren ist der Pendelantrieb wesentlich gleichmäßiger, weil ihr Räderwerk eine weit geringere Uebersetzung hat, die Kraftübertragung also weniger schädlich beeinflusst wird. Während ferner bei den Uhren mit gewöhnlichem Gewichtsanzuge, da sie eine neunhundertfache Kraftübersetzung haben, ein Zuggewicht von $1\frac{1}{2}$ bis 2 kg erforderlich ist, genügt hier, bei nur $7\frac{1}{2}$ facher Kraftübersetzung, ein ungefähr 10 g schwerer Gewichthebel zum Betriebe des Uhrwerkes. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Präzisionsuhren mit elektrischem Aufzuge gegenüber den anderen liegt endlich darin, daß die Uhr nicht den beim Aufziehen von Hand unvermeidlichen Erschütterungen und Störungen, die dem Gange der Uhr stets nachteilig sind, ausgesetzt ist.

Durch den elektrischen Aufzug wird das Emporheben des, wie gesagt, nur etwa 10 g schweren Gewichthebels g (Abb. 45)

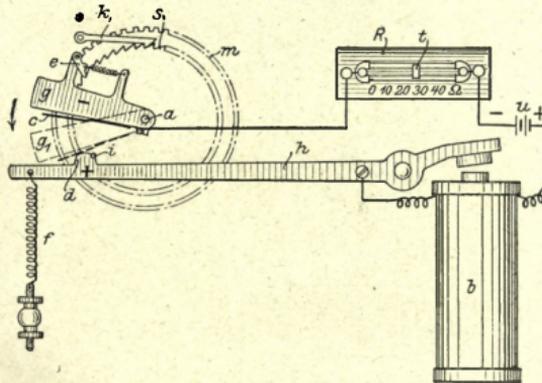


Abb. 45
Elektrischer Aufzug von Riefler (Schema)

bewirkt. Dieser dreht sich um die Achse a und greift mit der Sperrklinke e in das Schaltrad s ein, welches mit dem Rade m

der Uhr durch ein Gegengeserr in bekannter Weise verbunden ist. Das Rad m (Mittelrad bei gewöhnlichen Uhren) greift unmittelbar in das Gangtrieb ein. Bei jedem Pendelschlage sinkt der Gewichthebel g zufolge seiner Schwere ein wenig nach unten und nimmt mittels der Klinke e das Schaltrad s mit, wodurch auch das Mittelrad m gedreht wird, welches das Gangrad und das Zeigerwerk antreibt. Ist der Gewichthebel g bis in seine tiefste

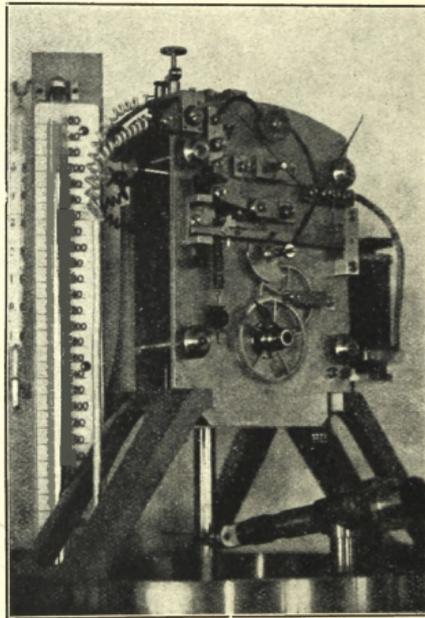


Abb. 46

Präzisions-Pendeluhrwerk mit elektrischem Gewichtaufzug von S. Riefler

Stellung g_1 gelangt so drückt er die auf ihm befestigte Kontaktfeder c auf den Kontakt d des Hebels h und schließt damit den Strom für den Elektromagneten b aus der Batterie u . Der Hebel h wird in diesem Augenblick angehoben und bringt das Gewicht g

wieder in seine Anfangsstellung, so daß es von neuem Triebkraft für die Uhr liefert. Die Feder des Gegengesperres zwischen s und m (die hier nicht gezeichnet ist) liefert in der bekannten Weise die Triebkraft während des Aufziehens. Da die Drehungsachsen von g und von h nicht zusammenfallen, so bildet der Stromschluß der Feder c einen Schleifkontakt, der einen großen Teil der Zeit, in der sich der Hub des Gewichtes g vollzieht, geschlossen ist. Im letzten Augenblicke der Hebung öffnet dann der Isolierstift i durch Berühren der Feder c den Stromkreis, und die Feder f zieht den Hebel h in seine Ruhelage herab.

Je nach der Spannung der Batterie findet alle 20 bis 22 Sekunden oder alle 38 bis 40 Sekunden ein neuer Stromschluß statt. Zum Betriebe dienen drei Trockenelemente, deren Stromstärke nach Bedarf durch den Widerstand R mit dem Schieber t geregelt werden kann. Die Anfangsspannung der Batterie ist etwa 4,2 Volt. Der Kontakt wird alle zwei bis drei Jahre durch ein rauh gemachtes Stückchen Stahlblech (das die Firma in Form einer Feile jeder Uhr beigibt) gereinigt. Schmirgelpapier darf hierzu nicht verwendet werden, weil die kleinen Körnchen sich im Metalle festsetzen und isolierend wirken könnten.

Abb. 46 zeigt ein vollständiges Uhrwerk mit dem beschriebenen elektrischen Aufzuge.

Zum Betriebe von Nebenuhren dient ein elektrischer Kontakt, der jede Sekunde oder alle zwei Sekunden geschlossen wird. Er ist im Abschnitte über die Nebenuhren beschrieben.

Aufzug-Elektromotor von C. Bohmeyer.

Einen sehr einfachen Gleichstrom-Elektromotor für das Aufziehen des Gewichtes an Haupt- oder Signal-Uhren hat die Firma C. Bohmeyer in Halle a. S. hergestellt. Er ist sowohl für Schwachstrom als auch Starkstrom geeignet. Die Abb. 47 zeigt die Bauart in der Seitenansicht, die Abb. 48 in der Vorderansicht. In Abb. 47 sind der Deutlichkeit halber einige Teile im Schnitt dargestellt und die vordere Tragsäule S fortgelassen. In beiden Abbildungen sind die gleichen Teile mit den gleichen Buchstaben bzw. Zahlen bezeichnet.

Der Elektromagnet D trägt unten die Polschuhe P , an denen die Platten 10 und 11 , sowie das Isolierstück I befestigt sind. Die Welle BW trägt den vierteiligen Anker A aus weichem Eisen, das Trieb T und den Kollektor O , der viel Schleifstifte C enthält, die in der Scheibe H leitend verbunden sind. An dem Isolierstücke I

sind zwei vierteilige Federn 1 und 2 befestigt, die den Strom bei jeder Drehung so schließen, daß der Elektromagnet den Anker in Umlauf setzt. Auf der Welle *BW* sitzt ein Sperrrad *Q* und an der Platte 11 ist ein Sperrhebel 13 drehbar angeordnet, den die Feder *N* aufdrückt, so daß sich der Sperrhebel 13 gegen den Stirt 12 legt. die Stellung des Kollektors und des Sperrrades ist so einzurichten, daß die Welle *BW* in der gesperrten Ruhelage stets die Verbindung zwischen den Federn 1 und 2 herstellt. Die Einschaltung des Stromes zur Betätigung des Motors erfolgt durch einen besonderen Schalter, den das ablaufende Gewicht der Uhr bewegt.

Der Stromlauf im Elektromotor ist folgender: Von 8 nach 1 durch den Kollektor nach 2 von hier zu der rechten Spule des

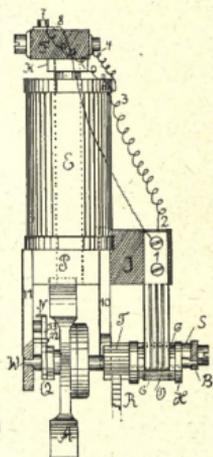


Abb. 47
Aufzug-Elektromotor von C. Bohmeyer

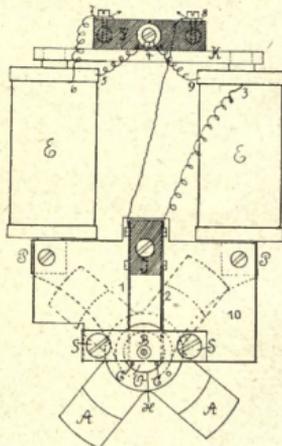


Abb. 48
Aufzug-Elektromotor von C. Bohmeyer

Elektromagneten *D* bei 3, über 9, 4, 5 zur linken Spule und aus dieser von 6 nach 7. Die beiden Polklemmen 7 und 8 sind auf den eisernen Joche *K* durch ein Isolierstück *K* befestigt. Die Vorrichtung ist durch den Namen Zissea (ziehen sich selbst auf) in

Verkauf gebracht. Die Gangzeit nach dem Aufziehen der Uhren beträgt etwa 30 Stunden. Bei längerer Unterbrechung des Stromes kann das Aufziehen auch von Hand bewirkt werden.

Die beschriebenen Einzeluhren verwendet man vielfach auch als Hauptuhren größerer Uhrennetze.

Nachdem wir im Vorstehenden die Einrichtungen verschiedener elektrischer Einzeluhren kennen gelernt haben, wollen wir jetzt diejenigen Einrichtungen beschreiben, welche dazu dienen, von einer Hauptuhr aus eine größere Anzahl Nebenuhren in gleichmäßigem Betriebe zu erhalten.

2. Zentraluhren-Anlagen

Allgemeines

Schon frühzeitig hatte man die Vorteile einer Zentralanlage für die Verteilung richtiger Zeit in zahlreichen Fällen erkannt. Man verwendete zunächst in den meisten Fällen gute Gewichtuhren, die von Hand aufgezogen wurden. Solche Uhren versah man mit Kontakten, die in gewissen Zeiträumen, z. B. jede Minute, den Stromkreis einer Batterie schließen. Die hierdurch entstehenden Stromstöße wurden zum direkten Antriebe oder auch nur zur Regulierung von Nebenuhren verwendet. Später, nachdem man sehr gut gehende Hauptuhren mit elektrischem Antriebe konstruiert hatte, wurden auch elektrische Hauptuhren für die Zeitverteilung angewendet. Die Einrichtungen für diese Zwecke sind sehr mannigfaltig, so daß wir sie hier nicht alle erläutern können.

Jede Zeitverteilungsanlage enthält eine Hauptuhr, von welcher unter Umständen noch mehrere weitere Gruppen-Hauptuhren abhängig sind. Von jeder Hauptuhr aus wird eine Anzahl Nebenuhren betrieben, die mit der Hauptuhr ihrer Abteilung oder Gruppe in elektrischer Verbindung stehen. Diese Verbindung kann entweder in bekannter Weise durch Drahtleitungen bewirkt werden, oder man kann auch durch elektrische Wellen (wie in der Funkentelegraphie) ohne Drahtleitungen den nötigen Antrieb bewirken. Die letztere Betriebsweise ist z. B. in Wien versuchsweise eingeführt worden. —

Die größte Schwierigkeit bieten bei ausgedehnten Zentralanlagen die atmosphärischen Störungen, insbesondere die Gewitter. Während man früher hauptsächlich Gleichstrom zum Betriebe der Nebenuhren verwendete, der stets in gleicher Richtung wirkt, ist man jetzt wohl ausnahmslos dazu übergegangen, die Nebenuhren

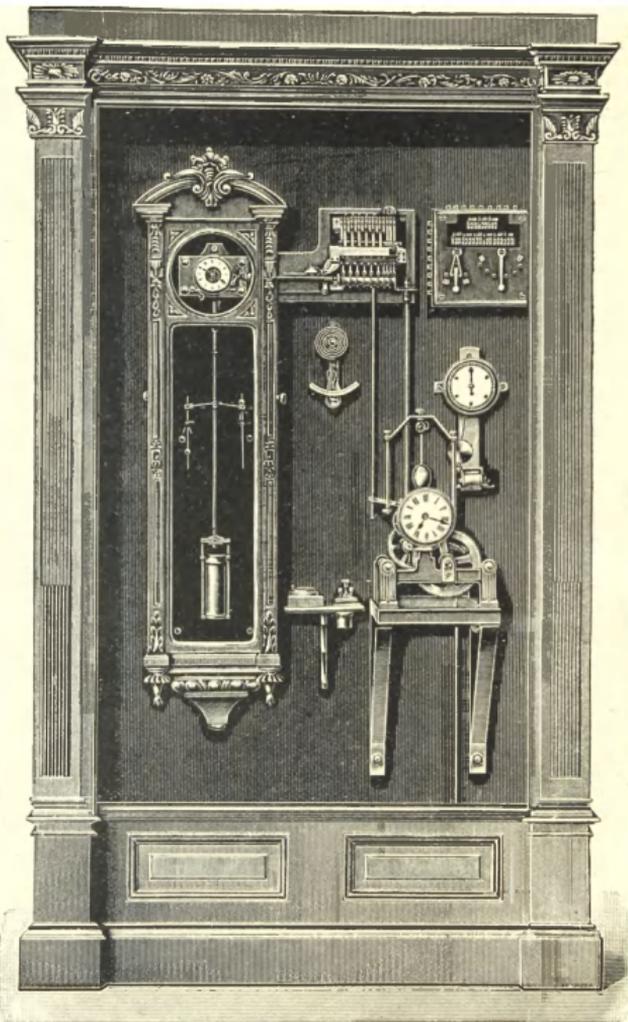


Abb. 49
Hauptuhr-Anlage von Hipp

herbeiführt.*) Weitere Angaben über dieses System folgen später bei dem Systeme der Gesellschaft Normal-Zeit, bei dem vielfach das System Hipp angewendet ist; hier müssen wir jedoch die Vorrichtungen näher kennen lernen, welche zum Betriebe der Hauptuhr und zur Stromverteilung dienen. Die allgemeine Einrichtung der Uhren nach Hipp wurde bereits unter den elektrischen Einzeluhren besprochen; doch wollen wir des besseren Verständnisses halber nochmals den Arbeitsvorgang der elektrisch betriebenen Hauptuhr darstellen.

Es sind drei verschiedene Teile bei der Einrichtung dieser Uhren vorhanden, nämlich: der Elektromagnet *a* (Abb. 50 und 51), welcher das Pendel antreibt, der Anker *b*, der sich unten

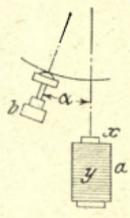


Abb. 51
Pendel-Regulierung von Hipp

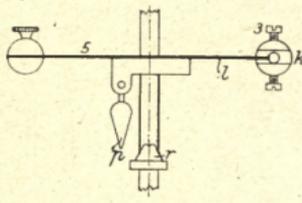


Abb. 52
Kontakt am Pendel von Hipp

am Pendel (*C*) befindet, der Stromschließer *d* und die Batterie *e*. Mit dem Pendel bewegt sich der an seiner oberen Fläche mit einer seichten Rille versehene Bock *r* (Abb. 50 und 52). Sobald zufolge geringerer Pendelschläge sich das Zünglein *p* durch Hängenbleiben in der Rille auf den Bock *r* stützt, wird die Kontaktfeder *l* gehoben. Sie schließt hierdurch bei *k* an der Kontaktschraube 3 den Stromkreis der Batterie *e* und der Drahtspule *y*. Der Magnetismus im Eisenkerne *x* beschleunigt den Anker *b* und gibt damit dem Pendel *C* einen neuen Antrieb.

Bei ihren Schwingungen trifft die Pendelstange *g* (Abb. 53) auf den Stift *r* des um *t* sich drehenden Hebels *s*, der durch das Gegengewicht *n* ausbalanciert ist. Es wird infolgedessen der Seitenarm von *s*, der den Stift *z* trägt, mitgenommen, und beim

*) Eine ausführliche Beschreibung mit zahlreichen Abbildungen gibt Dr. H. Schneebei in „Die elektrischen Uhren“ (Zürich 1878).

Rückgänge von s schiebt der Stift z das Sperrrad x um einen Zahn weiter. Der Sperrhaken y verhindert die Rückwärtsdrehung des Sperrades x . Damit x immer nur um einen Zahn weiter geschoben werden kann, ist die Bewegung des Hebels s durch den Stift Z_1 begrenzt.

Für den Betrieb der Nebenuhren ist ein Stromwechsler d (Abb. 54) vorhanden, der abwechselnd zwischen den Punkten 1 und 4 oder 2 und 3 eine Verbindung herstellt, während der Kontakt e im richtigen

Augenblick den Strom der Leitung b schließt. Es geht dann Strom nach der Nebenuhr a . Zur Rückleitung dienen die beiden Erdplatten f . Diesen Arbeitsvorgang, der in der Abb. 54 nur schematisch erläutert ist, zeigt die Abb. 55 in seinen einzelnen

Teilen. Das Rad d mit sechs Stiften bewegt den Hebel h und

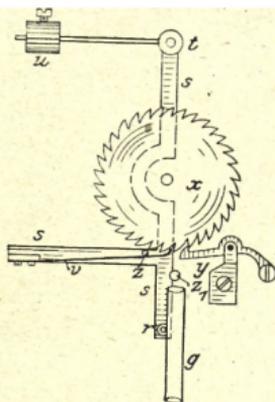


Abb. 53
Antrieb des Räderwerkes von Hipp

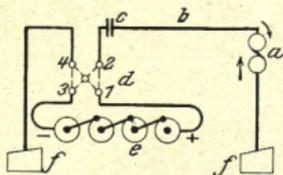


Abb. 54
Stromrichtungswechsler von Hipp

bringt die beiden Kontaktfedern i des Stromwechslers c in der zuvor beschriebenen Weise mit entsprechenden Verbindungsklemmen in Verbindung. Gleichzeitig bewegt sich mit dem Rade d auch ein Hebel e , welcher Stromschluß bei b und a mit b_2 und a_2 herbeiführt, wodurch Strom in die betreffenden Leitungen der Nebenuhren gelangt.

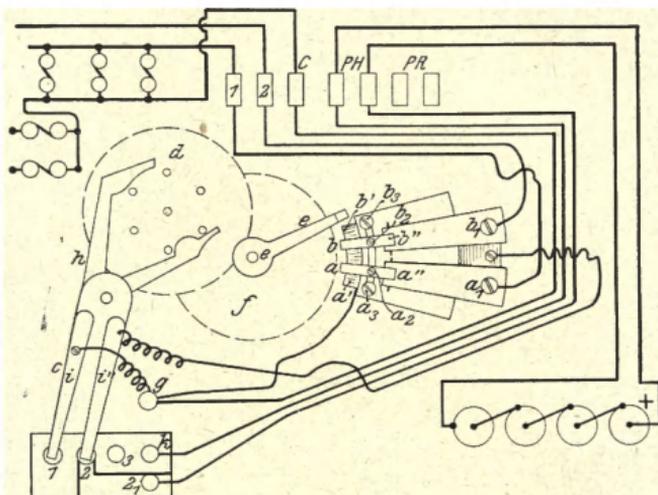


Abb. 55
Stromsender von Hipp

Zeitverteilungs-System der Siemens & Halske A.-G.

Für Privatuhrenanlagen in Krankenhäusern, Schulen, Warenhäusern, Bahnhöfen und Anstalten aller Art kommt eine aufs Beste ausgeführte Hauptuhr zur Anwendung, die entweder mit Gewichten, oder mit dem Hipp'schen Pendel betrieben wird. Das Pendel (Abb. 56) besteht aus präpariertem Mahagoniholzstabe *a*, der unten zwei massive Pendelkörper *c*, *d* trägt (Abb. 57), die unten durch eine Brücke *d* verbunden sind. Der Pendelstab geht durch die Messinghülse *e*, an dem der Gewindestift *f* befestigt ist. Alle Teile ruhen auf der mit Rohransatz versehenen Mutter *g*, die durch eine Gegenmutter *k* festgestellt wird. Die obere Brücke *h* dient als Führung auf dem Pendelstabe. Durch Drehen der Mutter *g* wird die Höhenlage des Pendelkörpers verändert, so daß eine volle Umdrehung einer Minute Gangänderung auf den Tag entspricht. Ein Teilstrich an der runden Teilung über der Brücke entspricht einer Sekunde. Noch kleinere Gangunterschiede werden durch Auflegen kleiner Gewichte auf eine oben an der Pendelstange angebrachte Pflanze reguliert. Die Abb. 57 zeigt den unteren Teil des Pendels in größerem Maßstabe



Abb. 56
Pendel von Siemens & Halske
A.-G.

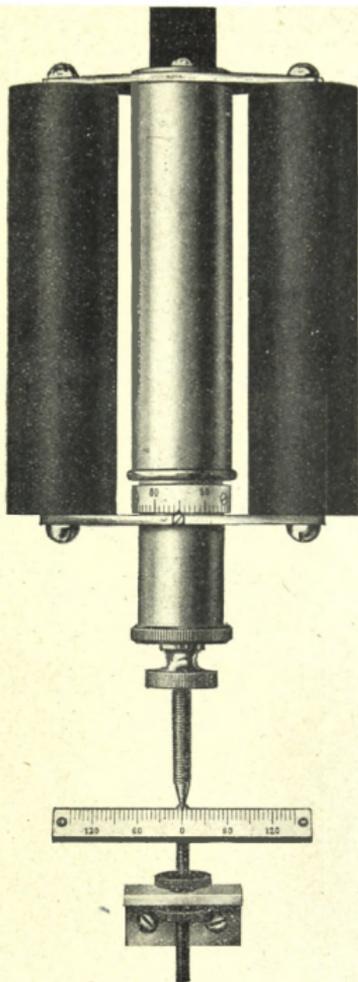


Abb. 57
Pendel von Siemens & Halske A.-G.

mit einer Gradeinteilung für das Ablesen der Schwingungsgröße. Die Höhenlage des Schwingungsmittelpunktes bleibt bei wechselnder Temperatur in gewissen Grenzen annähernd unverändert, so daß Holzstange und Messingzylinder deren Einfluß genügend kompensieren. — Für höhere Ansprüche wird ein Rieflersches Nickelstahlpendel verwendet.

Der **A u f z u g** der Hauptuhr erfolgt von Hand, oder durch eine eingebaute elektromagnetische Vorrichtung, die wir später kennen lernen werden. Bei Anwendung des Hippschen Pendels entfällt die Skala und die Spitze unten am Pendel. An deren Stelle tritt die elektromagnetische Antriebsvorrichtung.

Das zusammengesetzte Gehwerk für Gewichtantrieb bei abgenommener Vorderplatte ist in Abb. 58 dargestellt. Die Gangteile sind zur Erzielung bester Resultate, bei geringem Gewicht, groß gehalten. Gangrad und Anker sind vergoldet. Sie werden

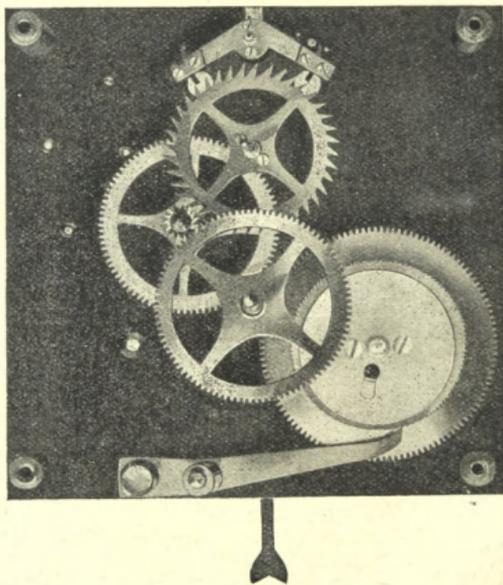


Abb. 58

Gehwerk für Gewichtantrieb von Siemens & Halske A.-O.

wie auch die Pendelgabel mittels Schrauben an Ansätzen auf ihren Wellen befestigt. Alle Teile der Uhren sind genau nach Lehren gefertigt und leicht austauschbar. Das Zeigerwerk hat die bekannten drei Räder. Viertelrohr und Wechselrad haben Evolventverzahnung, da diese bei Signaleinrichtungen mit Rädern verschiedener Größe in Eingriff kommen, was bei Cycloidenverzahnung nicht möglich wäre.

Für den Betrieb der Nebenuhren ist neben dem Gehwerke ein Kontaktwerk eingebaut (Abb. 59), das durch ein besonderes Gewicht angetrieben wird. Ein Windfang *n* regelt die

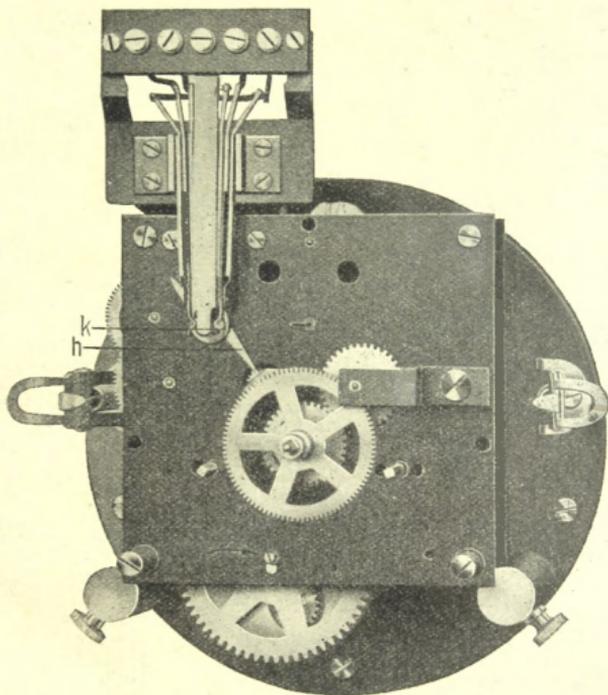


Abb. 59
Angebautes Kontaktwerk für Nebenuhren von Siemens & Halske A.-G.

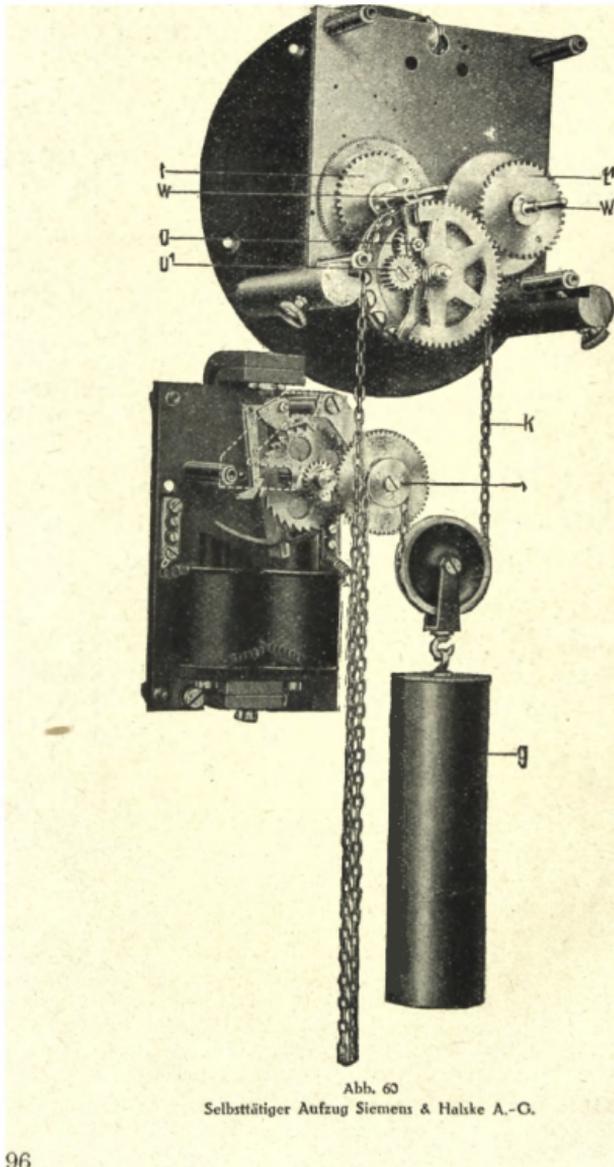


Abb. 60
Selbsttätiger Aufzug Siemens & Halske A.-G.

Umdrehungsgeschwindigkeit eines isolierten Exzenters k , der den Stromschluß erzeugt. Auf der Welle des Zwischenrades im Gehwerke befindet sich ein Stern, der die Auflösung des Kontaktwerkes alle Minute oder halbe Minute, und dabei Ströme wechselnder Richtung veranlaßt. Bei minutlicher Auslösung gibt der Auslösesterne den Hebel für einen halben Umgang frei; bei halbmintlicher Auslösung sind die Arme des Auslösehebels verkürzt und lassen keinen Zahn des Sternes aus. Der einfache Flaschenzug des Kontaktwerkes wird durch einen doppelten ersetzt. Das Gewicht ist schwerer, wenn nicht elektrischer Aufzug angewendet wird.

Mit dem Auslösehebel ist isoliert der Exzenter k verbunden. Bei seiner Umdrehung schließt er an dem rechten oder linken Federpaare den Strom zur Fortschaltung der Nebenuhren. Der Kontakt arbeitet funkenlos nach dem D. R. P. Nr. 223590 Kl. 83b von 1909. Bei langen Leitungen, oder großen Nebenuhren wird eine besondere Vorrichtung für verlängerte Kontaktdauer angewendet. Bei mehr als 30 Uhreneinheiten kommt ein besonderes Stromwenderelais zur Anwendung. Es kann für 60 oder 120 Uhreneinheiten angewendet werden. Als Uhreneinheit gilt jedes einfache Nebenuhrwerk für Zifferblätter bis zu 80 cm Durchmesser. Doppeluhren zählen als zwei, der selbsttätige Aufzug als drei Uhreneinheiten.

Der selbsttätige Aufzug wird an einer Kette ohne Ende durch ein Nebenuhrwerk bewirkt. Die Vorrichtung kann zufolge der Walzenbauart auch nachträglich an bereits gelieferten Uhren angebracht werden.

Geh- und Kontaktwerke (Abb. 60) sind durch die Triebräder t und t_1 , sowie das Umlaufräderwerk n, n_1 verbunden. Sie werden mittels der Kette k und des Kettenrades r durch das Gewicht angetrieben. Das Gewicht wirkt auf die Wellen ω und ω_1 , in gleicher Drehrichtung, aber mit verschiedener Kraft, da die dem Kraftbedarf angepaßte Uebersetzung der Räder n, n_1 auf t, t_1 verschieden ist. Der Aufzugrädersatz ist so berechnet, daß das Kettenrad r und die Wellen ω, ω_1 600 Minuten zu einer Umdrehung gebrauchen. Da das Kettenrad im Umfange 40 Glieder der Kette aufnimmt, so würden in der Stunde vier Kettenglieder ablaufen. Das Ablaufen wird durch das im Stromkreise der Nebenuhren liegende Aufzugswerk, welches wie diese minutlich einen Stromimpuls erhält, verhindert. Versagt der automatische Aufzug, so geht die Uhr unter Ablauf des Gewichtes noch zwei Tage weiter. Dieser Fall tritt ein, wenn die Batteriespannung sinkt. Der Aufzug wirkt dann als automatische Kontrollleinrichtung für die Batteriespannung. — Wird die Hauptuhr für $1\frac{1}{2}$ Minutenkontakt eingerichtet, so beträgt die Gangreserve $1\frac{1}{2}$ Tag.

Die Vorzüge des automatischen Aufzuges sind:

Konstante Kraft und dadurch gute Regulierfähigkeit der Uhr, Große Gangreserve, Wegfall besonderer Kontakte und Batterien, Vollständige Trennung des Aufzugwerkes vom Uhrwerk, Uebersichtlichkeit des Gesamtmechanismus.

Um selbständig gehende Unter-Hauptuhren in ihrem Gange mit der Mutteruhr gleichgehend zu erhalten, wird ein Regulier-Elektromagnet *D* (Abb. 61) eingebaut. Seine Drahtspulen sind wie eine Nebenuhr an die Hauptuhr angeschlossen (D. R. P. Nr. 304680 Kl. 83 b). Die minutlichen Stromstöße lassen eine Zeitdifferenz überhaupt nicht aufkommen. Der Anker des Regulier-Elektromagneten bewegt einen Hebel, der in eine Scheibe mit Einschnitt greift. Durch diese Bewegung wird der Minutenzeiger gestellt, falls er nicht genau mit der Hauptuhr übereinstimmt. Für die Auslösung von Nebenuhren dient das schon zuvor beschriebene Kontaktwerk mit dem Auslöshebel *A* und dem Exzenter *K*, der die Kontaktfedern beiderseits in Berührung bringt.

Abb. 60 zeigt die hintere Seite des Werkes ohne den Regulier-Magneten. Die vordere Seite sehen wir in Abb. 61. Sie läßt den rechts oben schräg über dem Werke sitzenden Regulier-Magneten erkennen, welcher ebenso wie der Aufzugsmagnet einen bügelförmigen eisernen Anker hat. Auf der Welle des Zeigerwerkes sitzen zwei Scheiben, von denen die vordere drei Einschnitte zeigt, während die hintere (durch das Räderwerk verdeckte) Scheibe gleichfalls drei Einschnitte hat und außerdem drei Stifte trägt. An dem bügelförmigen Anker des Regulier-Magneten sind zwei lotrecht hängende Hebel befestigt, von denen der linke mit seiner unteren Schneide in die Lücken der hinteren Scheibe paßt, während der rechte beim Herabgehen des Ankers auf einen der genannten drei Stifte trifft und die hintere Scheibe um ein entsprechendes Stück dreht.

Die Regulierung erfolgt alle vier Stunden in der Weise, daß das keilförmige, an einer Feder sitzende Isolierstück (rechts unten) in eine Lücke der vorderen Scheibe gleitet und hierdurch mit der gebogenen Feder den Kontakt für den Regulier-Magneten schließt, so daß der von der Hauptuhr kommende Strom wirken kann. Der Anker wird angehoben und drückt den linken an ihm befindlichen lotrechten Hebel nach unten. Dieser kann jedoch noch nicht in eine Lücke einfallen, sondern er gleitet erst etwa fünfzehn Sekunden später in eine Lücke der hinteren Scheibe, so daß nun der Anker vollkommen gehoben wird. Zufolge dieser Bewegung drückt der Anker durch die links sichtbare (hier schleifenförmige) Feder auf den Hemmungs-Anker und hält somit die Uhr an. Zur genauen Zeit wird nun von der Hauptuhr im Zentralamte der Regulierstrom

unterbrochen. Der Anker des Regulier-Magneten fällt jetzt ab, der rechts an ihm befindliche senkrechte Hebel trifft auf einen Stift der hinteren Scheibe und dreht sich so weit, daß der linke Hebel nicht mehr in eine Lücke fallen kann. Die Hemmung wird bei dieser Bewegung freigegeben, die Uhr also wieder in Gang gesetzt. Die Lücken in der Regulierring sind so gestaltet, daß

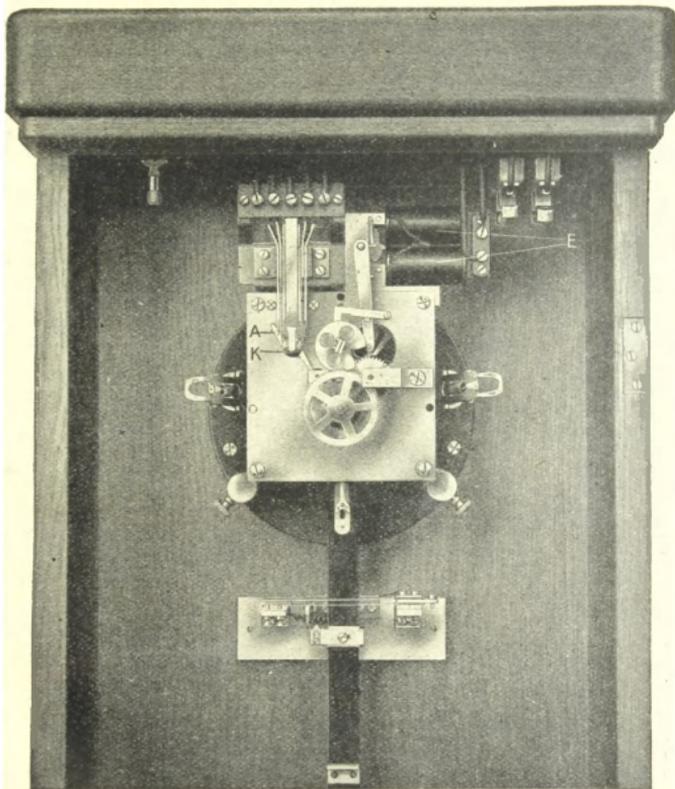


Abb. 61

Eingebauter Regulier-Elektromagnet Siemens & Halske A.-G.

die Uhr noch bei anderthalb Minuten Voreilung von der Hauptuhr aus reguliert werden kann.

Für Anlagen mit wenigen Nebenuhren, z. B. kleine Bahnhöfe, wird eine Hauptuhr mit Hippschem Pendel angewendet, die nur sehr geringer Wartung bedarf, die gelegentlich vom Mechaniker besorgt wird, so daß das Personal des Bahnhofes damit nichts zu tun hat. Kleinere Bahnhöfe mit mehreren Nebenuhren erhalten eine Hauptuhr mit elektrisch aufgezogenem Gewichte. Für den Betrieb des Aufzuges und weniger Nebenuhren genügt eine Batterie von etwa 8 großen Beutel-Elementen, die für einige Jahre ausreichen, da jede Nebenuhr nur etwa 0,0166 Ampère auf höchstens eine Sekunde verbraucht. Der Aufzug, durch ein Nebenwerk betätigt, braucht etwa 0,06 Ampère. Bei 6 Nebenuhren hat man den gesamten Stromverbrauch für einen Tag auf 0,064 Ampèrestunden festgestellt. Näheres hierüber bringt die Zeitschrift für das gesamte Eisenbahnsicherungswesen (Das Stellwerk) Nr. 2 u. 21 von 1916, für große Bahnhöfe Nr. 10 u. 11 von 1918.

Bei der Zeitverteilung für ausgedehnte Anlagen, z. B. große Bahnhöfe oder ganze Städte, werden gewöhnlich zwei Hauptuhren angewendet, die beim Versagen der einen Hauptuhr den Betrieb durch die andere selbsttätig aufrecht erhalten.

Eine solche Anlage (Tafel I) hat z. B. die Firma Siemens & Halske A.-G. in der Stadt Charlottenburg ausgeführt, die für den Betrieb bis zu 720 Nebenuhren ausreicht. Sie ist in der Deutschen Uhrmacherzeitung von 1911 in Nr. 2, 4 und 6 eingehend beschrieben.

Außer den beiden für den Betrieb dienenden Hauptuhren ist hier noch eine dritte astronomische Uhr in einem besonderen Keller aufgestellt, die zur Vergleichung mit den Betriebshauptuhren dient. Diese drei Hauptuhren enthalten Zeitkontakte, welche auf einem Registrierapparate mit fortlaufendem Papierstreifen ihren Gang markieren. Neben diesen Zeichen gibt wöchentlich einmal auch die Berliner Sternwarte die Sternwartenzeit an, so daß alle drei Uhren mit dieser verglichen werden können. Der Papierstreifen des Registrierapparates läuft in zehn Sekunden um 20 cm weiter. Es entsprechen also 2 mm einer zehntel Sekunde, so daß man sehr genau den Gang der Uhren ablesen kann.

Eine große Zahl von Nebenuhren pflegt man gewöhnlich in einzelne Zweige nebeneinander zu schalten, bei der Anlage in Charlottenburg hat man jedoch die Dreileiterschaltung angewendet. Jeder Leitungszweig hat hierbei drei Leitungen. Zwischen dem Mittelleiter und den beiden Außenleitern sind eine gleiche Anzahl Nebenuhren geschaltet, so daß der Mittelleiter für gewöhnlich

stromlos bleibt. Ist aber in einem Zweige des Dreileitersystems auch nur die geringste Störung vorhanden, so sind die beiden Zweige ungleich belastet. Dies erkennt man an entsprechend eingeschalteten Apparaten auf dem Hauptuhrenamte. Dies befindet sich auf der Hauptwache der Feuerwehr, die stets von Telegraphisten besetzt ist. Der Beamte wird auch durch Glühlampensignale auf die eingetretene Störung aufmerksam gemacht. — Wir können hier nicht die ausgedehnten Anlagen mit allen ihren Kontrolleinrichtungen eingehend darstellen und müssen auf die angegebene Literatur verweisen.

„Zeitverteilungs-System der Gesellschaft Normal-Zeit.“

Das Uhrensystem der Firma Normal-Zeit, G. m. b. H. in Berlin wird besonders angewendet, um die Uhren einer ganzen Stadt in Uebereinstimmung zu bringen. Die Gesellschaft verwendet überall nur Uhren, welche an sich genau gehen und deren geringe Abweichungen alle vier Stunden durch einen von der Zentrale ausgehenden elektrischen Strom berichtigt werden. Wenn also Leitungsstörungen eintreten, so bleibt die Uhr in dieser Zeit unkorrigiert und geht wie jede gute Uhr weiter, während die elektrischen Uhren, welche nur aus Zifferblatt, Zeigerwerk und einem Elektromagneten bestehen und deren Zeiger von Minute zu Minute von der Zentrale aus vermittels eines elektrischen Stromimpulses durch geeignete Schalträder fortgestellt werden, in solchen Fällen (oder falls die Batterie versagen sollte) ganz stehen bleiben.

Um die Anlage mit möglichst geringen Kosten herzustellen (und die Mietgebühr niedrig zu halten), zieht die Gesellschaft nicht nach jeder einzelnen Uhr einen besonderen Draht, sondern schließt eine ganze Reihe von Anlagen durch dieselbe Leitung an. In Berlin werden die Leitungen durch die Reichspostverwaltung an ihren Telephongestängen und als Kabel auf Kosten der Gesellschaft Normal-Zeit gelegt. Das Leitungsnetz hat die Länge von über 300 km erreicht, und es sind an dieses Netz mehrere tausend Teilnehmer angeschlossen.

In der Zentralstelle befindet sich eine Hauptuhr, welche durch ein Kabel mit der Uhr der Sternwarte zu Neu-Babelsberg in dauernder elektrischer Verbindung steht und von ihr bis auf Bruchteile einer Sekunde stets richtig gehalten wird. Die angeschlossenen Nebenuhren sind nicht dauernd mit der Leitung verbunden, sondern schalten sich nur alle vier Stunden selbsttätig zu einer bestimmten Zeit in die Leitung ein, um den Regulierstrom zu empfangen (vgl. das Schema Abb. 62). Alle $3\frac{1}{2}$ Minuten sendet diese Hauptuhr einen zwei Minuten andauernden elektrischen Strom in sämtliche von ihr ausgehenden Leitungen, um ihn dann

wieder für $1\frac{1}{2}$ Minuten zu unterbrechen. Diese Unterbrechung ist, wie erwähnt, bis auf Bruchteile von Sekunden genau, so daß selbst jede Normaluhr, von der man mithin die höchsten Leistungen verlangen kann, durch sie auf diese Genauigkeit reguliert wird. Dies ist z. B. der Fall bei der auf dem Schlesischen Bahnhofe an das System dieser Gesellschaft angeschlossenen Normaluhr, welche

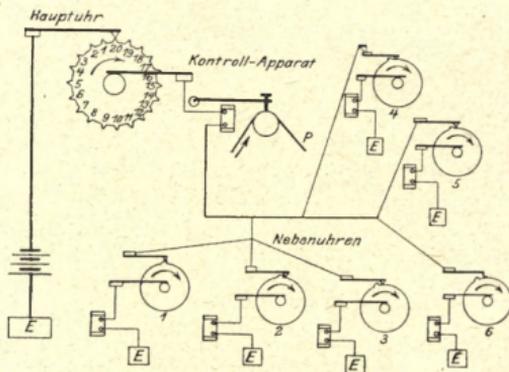


Abb. 62
Schaltungssystem der Zeitverteilungsur der Firma Normal-Zeit

ein Laufwerk auslöst und dadurch die genaue Zeit nach allen Teilen des Deutschen Reiches versendet. Diese Einrichtung werden wir später beschreiben.

Die Gesellschaft Normal-Zeit ist also, wie gesagt, in den Stand gesetzt, mit jeder Leitung innerhalb der 4 Stunden in Zwischenräumen von je $3\frac{1}{2}$ Minuten 64 Uhrenanlagen zu regulieren, so daß durch eine Hauptuhr mit 20 Leitungen 1280 Anlagen dauernd reguliert und kontrolliert werden können. Die Kontrolle geschieht auf folgende Weise:

Wenn die Hauptuhr Strom in die Leitung entsendet, soll sich genau 45 Sekunden später die zu regulierende Nebenuhr einschalten. In diesem Augenblicke markiert ein Hebel mit seiner Spitze durch einen Elektromagneten auf einem fortlaufenden Papierstreifen einen Punkt, der an einer bestimmten Stelle des Papierstreifens stehen muß. Durch Auflegen eines Glasmaßstabes kann der die

Kontrolle ausübende Betriebsbeamte aus der Lage dieses Punktes erkennen, ob die Uhr richtig, vor- oder nachgeht, oder ob sie etwa stillsteht; mit anderen Worten: die Gesellschaft ist in den Stand gesetzt, sechsmal am Tage oder in der Zentrale oder in einer der Unterstationen jede angeschlossene Uhr auf ihren richtigen Gang zu prüfen und falls eine Störung eingetreten ist, diese umgehend beseitigen zu lassen, meistens noch ehe der betreffende Teilnehmer sie bemerkt hat.

Es können auch Uhren anderer Systeme angeschlossen und auf irgend welche Weise reguliert werden; doch fehlt die Kontrolle über den richtigen Gang solcher Uhren. —

Die Gesellschaft Normal-Zeit reguliert ihre Uhren auf zweifache Weise. Bei den Turm- und mittleren Uhren wird der elektrische Strom direkt verwendet, während bei den in Geschäfts- und Wohnräumen angebrachten Normaluhren der Aufzug und die Regulierung durch Luftdruck (Vakuum) bewerkstelligt wird.

Bei der Luftdruck-Einrichtung geht der von der Zentrale ausgesandte elektrische Strom bei Kontaktschluß durch die zu regulierende Nebenuhr nach dem Magneten einer an die Wasserleitung angeschlossenen Wasserstrahl-Luftpumpe. Er hebt dort einen kleinen Eisenkern, der für gewöhnlich die Wassersäule abschließt, hoch, wobei das Wasser durch die Pumpe strömt und allmählich die Luft aus einer in der Uhr befindlichen Kapsel mit Ledermembrane mit Hilfe eines Bleiröhrchens aussaugt. Während die Luft in der Kapsel verdünnt wird, preßt die atmosphärische Luft gegen die Ledermembrane und drückt einen mit dieser verbundenen Hebel in die Höhe. Sobald die Hauptuhr den Strom unterbricht, schließt der Eisenkern die Wassersäule wieder ab, und es kann wieder Luft in die Kapsel eintreten. Der Hebel wird durch eine Feder in seine alte Lage zurückgezogen, und es schnell in diesem Augenblicke eine Gabel vor, welche die Zeiger richtig einstellt. Dieser Vorgang wird in der Zentrale (wie vorhin beschrieben) durch einen Punkt, aus dessen Lage das zu frühe oder zu späte Einschalten der Uhr ersichtlich wird, auf einem Papierstreifen markiert.

Bei den Turmuhren wird, wie schon erwähnt, der elektrische Strom direkt zum Stellen verwendet. Die Uhr wird zu diesem Zwecke so reguliert, daß sie immer innerhalb der Regulierzeit einige Sekunden vorgeht. Wie die kleinen Nebenuhren, so schließt auch diese Uhr einen Kontakt. Der Strom geht dann durch einen Magneten, welcher die Kuppelung der Gabel mit dem Pendel löst und dadurch das Werk anhält, während das Pendel weiter schwingt. Die Uhr wird um so viele Sekunden angehalten, als sie falsch gegangen ist; die Gabel wird losgelassen, und sobald die Hauptuhr den Strom unterbricht, geht das Werk wieder weiter.

In Fabriken, Schulen und ähnlichen Anstalten hat die Gesellschaft in Verbindung mit Normaluhren Lätewerke eingerichtet, die zu bestimmten Zeiten in Tätigkeit treten. Diese geben Beginn und Ende der Arbeitszeiten, Pausen u. dgl. genau an. (Näheres siehe unter Signaluhren.) Gewöhnlich wird in je einem Arbeits-saale ein Lätewerk angebracht; zu den angegebenen Zeiten läßt die Uhr selbsttätig den Strom einer Lokalbatterie durch ihr Werk nach den Glocken gelangen, so daß diese etwa 15 Sekunden lang ertönen. Dann schaltet die Uhr selbsttätig wieder den Kontakt bis zur nächsten Lätezeit aus. Solche Anlagen schließen Zeitverluste durch unregelmäßiges Antreten oder Abbrechen der Arbeit sowie hierdurch entstehende Differenzen mit den Angestellten aus.

Auf die gleiche Weise betätigt die Uhr auch einen Stempel, und zwar wird alle fünf Minuten die Minutenzahl entsprechend der normalen Zeit richtig eingestellt, darauf folgend das Stundenrad und das Datum zu den bestimmten Zeiten geändert.

Durch derartige Abstempelung der Lohnkarten, der Korrespondenz u. dgl. ist man in die Lage gesetzt, genau erkennen zu können, wann die Arbeiter ihre Arbeit angefangen haben, wann Briefe eingetroffen oder beantwortet sind, usw. Beide Einrichtungen sind in einer großen Anzahl von Fabriken und Geschäften in Berlin vorhanden.

Die Vorrichtungen, welche den angeführten Zwecken dienen, sind im nachstehenden näher beschrieben.

Die Zentrale der Gesellschaft Normal-Zeit (vgl. Abb. 63) besteht aus einer Registrier-Uhr, einem Schaltbrette, einer Akkumulatorenbatterie und den nötigen Schaltapparaten. Die Registrier-Uhr steht in Verbindung mit einer Uhr der staatlichen Sternwarte, welche stets richtiggehalten wird. Die Hauptuhr der staatlichen Sternwarte sendet jede zweite Sekunde einen Strom von der Zeitdauer einer Zehntelsekunde, welcher eine Spule am Pendel der Registrier-Uhr durchfließt, während diese Spule über einen festen Magneten schwingt. Dadurch wird das Pendel bei der Normal-Zeit-Gesellschaft gezwungen, in Uebereinstimmung mit der Uhr der Sternwarte zu bleiben, und damit ist eine richtige Zeit gewährleistet.

Die Registrier-Uhr schließt alle $3\frac{1}{2}$ Minuten für die Zeitdauer von zwei Minuten einen Strom, der durch besondere Leitungen zu sämtlichen, in allen Teilen der Stadt verteilten Nebenuhren gelangen kann, um diese aufzuziehen und zu regulieren.

Der Vorgang ist folgender: Die Akkumulatorenbatterie liegt mit einem Pole an Erde und sendet ihren Strom durch geeignete Kontaktvorrichtungen der Registrier-Uhr zunächst nach einem Kontrollmagneten, welcher vermöge einer beweglichen Spitze einen

Punkt in einen ablaufenden Papierstreifen einschlägt und dadurch die Einschaltung jeder Nebenuhr registriert. Dann gelangt dieser Strom weiter von der Registrier-Uhr nach dem Schaltbrette, durch Blitz- und Starkstrom-Sicherungen, und von da durch ober- oder unterirdische Leitungen nach der Nebenuhr, die gerade aufgezogen und reguliert werden soll.

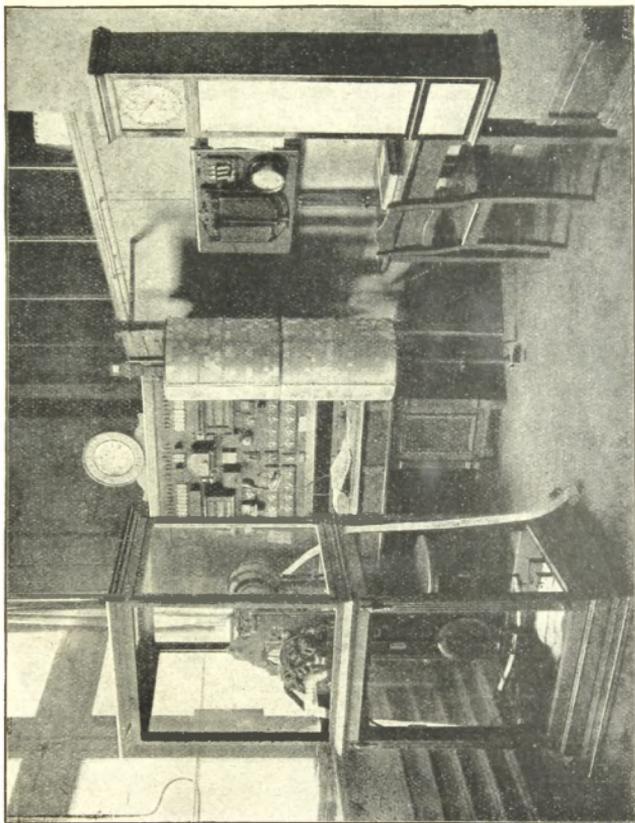


Abb. 65
Zentrale der Gesellschaft „Normal-Zeit“

Eine Regulierperiode umfaßt vier Stunden. Da die Registrier-Uhr nur alle $3\frac{1}{2}$ Minuten zwei Minuten lang einen Strom schließt, so erfolgen 64 Stromschlüsse und es können demnach in jeder Leitung 64 Uhrengruppen reguliert und aufgezogen werden. An eine derartige Zentraluhr können bis zwanzig Leitungen angeschlossen werden, so daß 20×64 Uhrengruppen innerhalb einer Zeit von vier Stunden bedient werden können. Der Papierstreifen läuft über eine Trommel, welche sich in einer Stunde einmal dreht und, entsprechend den 16 Stromschlüssen in einer Stunde, 16 Stifte trägt.

Man kann, wie schon erwähnt, durch auflegen eines Glasmaßstabes mit entsprechender Einteilung jedes Einschalten der zu regulierenden Nebenuhr genau messen und aus der Stellung des Punktes erkennen, um wie viele Sekunden eine Uhr falsch gegangen ist oder, falls ein Punkt fehlt, ersehen, daß die betreffende Uhr stehen geblieben oder durch irgendeine andere Veranlassung außer Verbindung mit der Registrier-Uhr gekommen ist.

Außerdem ist in der Zentralstelle eine Reserve-Uhr aufgestellt, welche genau demselben Zwecke wie die Registrier-Uhr dient, jedoch den Strom durch an einem Schaltbrette angebrachte Klappen sendet. Hierbei ist es nicht möglich, das Einschalten der Uhr an dem ablaufenden Papierstreifen zu kontrollieren, sondern man muß jedesmal das Fallen der Klappen beobachten und kann daran die Differenz oder das Fehlen einer Uhrengruppe feststellen. Die letztgenannte Vorrichtung ist jedoch nur für den Fall vorgesehen, wenn aus irgendeiner Veranlassung an der Registrier-Uhr einmal ein größerer Fehler eintreten sollte, der sie für mehrere Stunden unbrauchbar macht. —

Die Gesellschaft Normal-Zeit verteilt ferner die genaue Zeit über das Deutsche Reich. Die Einrichtungen für diesen Zweck wurden, abgesehen von der Hauptuhr, von der Firma Siemens & Halske nach dem Entwurfe des Telegraphen-Inspektors Z w e z geliefert.*) Eine Uhr, welche sich im Telegraphenbureau des Schlesischen Bahnhofes zu Berlin befindet, wird morgens um 7 Uhr reguliert. Diese Kontaktuhr, durch welche die Telegraphenlinien der Eisenbahnen des Deutschen Reiches und die angeschlossenen bezüglichen Apparate das amtliche Zeichen „m e z“ (d. h. „Mittel-europäische Zeit“) erhalten, werden wir weiter unten zu beschreiben haben (siehe den Absatz „Das amtliche Zeitsignal“).

Zur Zeit der Ankunft des Uhrzeichens ruht auf gewissen Leitungen aller Telegraphenverkehr, und jeder Beamte hat die Aufgabe, das Zeichen zu beobachten und seine Uhr danach einzustellen. Das Uhrzeichen dauert von 50 Sekunden vor morgens

*) Sie sind zum Teil auch an anderer Stelle dieses Buches beschrieben.

8 Uhr bis genau 8 Uhr, indem die Morse-Apparate einen langen Strich machen, der punkt 8 Uhr plötzlich abbricht. Dieses Abbrechen erfolgt mit der größten Genauigkeit in allen Teilen des Deutschen Reiches zugleich.

Diese Einrichtung wird von der Gesellschaft Normal-Zeit in verschiedenen Städten auch zur Regulierung von Hauptuhren benutzt. So wird z. B. eine Hauptuhr, die schon an sich ein vorzügliches Gangwerk hat, das höchstens Differenzen von 1 bis 2 Sekunden in einem Tage aufweist, durch einen von Berlin kommenden Strom bei der Firma Fr. Krupp in Essen reguliert, wonach sämtliche Uhren des Werkes ebenfalls reguliert und kontrolliert werden. —

Abb. 63 zeigt die frühere Anordnung in der Zentralstation der Gesellschaft Normal-Zeit in der Wilhelmstraße zu Berlin; sie befindet sich jetzt in der Charlottenstraße. Es sind drei Normaluhren und eine Kontrolluhr im Betriebe.

Die eine Uhr hat ein Rieflersches Nickelstahlpendingel (vgl. S. 38); sie ist in einem großen, evakuierten Glaszylinder (ähnlich wie Abb. 13 dies zeigt) eingeschlossen. Der Grad der Luftverdünnung wird an einem Quecksilber-Barometer abgelesen.

Eine andere Uhr enthält die Regulier-Einrichtung von Foucault. Sie hat einen Holzpendel mit schwerer Linse und einen eisernen Anker am unteren Ende, der über einen Elektromagneten hinwegstreicht, wie bei den Hippischen Uhren (vgl. Abb. 50 und 51). Diese Uhr geht nur dann zuverlässig, wenn alle Störungen durch die Starkströme elektrischer Bahnen usw. sowie ungleiche Erwärmung ferngehalten werden.

Aus den letztgenannten Gründen hat man für Uhren, die sehr zuverlässig gehen sollen und von äußeren elektrischen Einflüssen unabhängig sein müssen (z. B. bei älteren öffentlichen Uhren in Berlin), eine andere Einrichtung nach dem System Jones, getroffen, die auch in Abb. 63 links unten sichtbar ist: Ein schweres Pendel mit Holzstab trägt unten eine ziemlich große, wagrechte Drahtspule (Abb. 64, (Tafel II), durch deren Bohrung ein Messingrohr mit entsprechender Krümmung hindurchgeführt ist. In der Mitte des Messingrohres ist ein Stahlmagnet angebracht, der etwa 20 cm Länge hat, während das ihn tragende Messingrohr etwa 60 cm lang ist. Sobald die Uhr von ihrem richtigen Gange abweicht, veranlassen die Stromstöße der Drahtspule, die den Magneten umfassend über diesen hinwegstreicht, Beschleunigung oder Verzögerung der Schwingungen. Diese Regulierung arbeitet durchaus zuverlässig und störungsfrei. Sie wird mit einer registrierenden Kontrollvorrichtung versehen, welche in der schon beschriebenen Weise auf einem Papierstreifen die Gangunterschiede

abzulesen gestattet. Die Gesellschaft Normal-Zeit hat vier Bezirks-Unterstationen in Berlin mit derartigen Uhren ausgerüstet, von denen die Nebenuhren des betreffenden Bezirks abhängig sind.

In abgelegenen Vororten, wohin man wegen zu geringer Beteiligung keine besonderen Leitungen gelegt hat, werden die Nebenuhren der Privathäuser als selbständige elektrische Uhren betrieben und durch zuverlässige Taschenchronometer kontrolliert.

Das amtliche Zeitsignal.

Für geregelten Verkehr der Eisenbahnzüge und für wichtige Telegramme bedürfen die Eisenbahnen einer einheitlich richtigen Zeit. Es wurde daher die Mitteleuropäische Zeit eingeführt. Es wäre viel zu kostspielig gewesen, für die Uebertragung eines Zeitsignales im ganzen Lande besondere Leitungen anzulegen, und man ging daher dazu über, vorhandene Morsetelegraphenleitungen zu benützen, worüber wir schon im vorigen Abschnitte kurz berichtet haben. Hier wollen wir noch die besonderen Einrichtungen kennen lernen, welche für den Zeitdienst getroffen sind.

Es sind drei verschiedene Uhren erforderlich, wie Abb. 64 (Tafel II) zeigt: die Normaluhr *A* der Sternwarte, die von dieser richtig gehaltene Uhr *B* der Gesellschaft Normal-Zeit und die Kontaktuhr *C* auf dem Schlesischen Bahnhofe in Berlin. Das Sekundenpendel *b* der Uhr *B* wird in der bereits beschriebenen Weise gezwungen, mit dem Pendel der Uhr *A* gleichmäßig zu schwingen. Die Regelung der Kontaktuhr *C* erfolgt durch einen in der Uhr *B* angebrachten Kontakt *e*, welcher in der gleichfalls schon angegebenen Weise auch die anderen Hauptuhren der Gesellschaft Normal-Zeit regelt. Die erfolgte Regulierung wird auf dem Papierstreifen der Registrier-Uhr *D* vermerkt. Die Kontaktuhr *C* wird alle 24 Stunden einmal selbsttätig reguliert. Ist sie etwa stehen geblieben, so bleibt die Reguliermarke auf dem Papierstreifen zufolge Unterbrechung am Pendelkontakte *f* aus. Jeden Vormittag um 7 Uhr schaltet sich die Uhr *C* durch den Kontakt *g* in die Regulierleitung ein. Die Abb. 65 zeigt das für diese Anlage von Siemens & Halske gelieferte Schaltbrett. — Eine genauere Beschreibung des Werkes der Kontaktuhr folgt später (siehe Seite 111 und Abb. 66); hier wollen wir zunächst den allgemeinen Gang der Uebermittlung des Zeitsignals angeben.

Die Kontaktuhr *C* muß so reguliert sein, daß sie in einem Tage höchstens 29 Sekunden von der richtigen Zeit abweichen kann. Eine größere Abweichung würde sich bei der Regulierung auf 60 Sekunden erhöhen, weil in diesem Falle die Spitze der Herzscheibe *h* über den Grenzpunkt hinausgerückt sein würde.

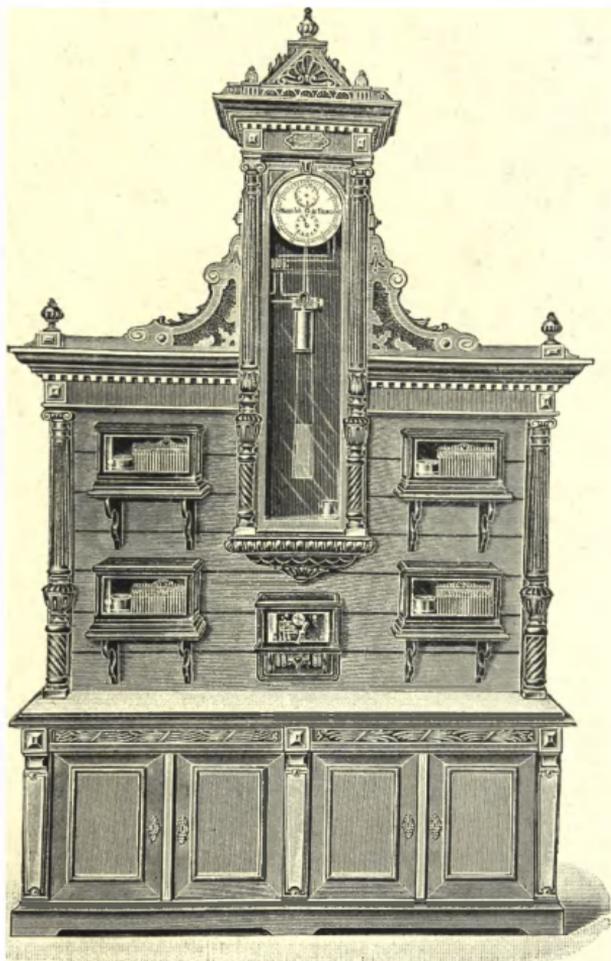


Abb. 65

Schaltbrett der Zeitsignal-Einrichtung auf dem Schlesischen Bahnhofe in Berlin
von Siemens & Halske A.-G.

Zur Uebertragung des Signales auf die Telegraphenleitungen dient das Laufwerk E und ein Relais s für zahlreiche Stromkreise, die in Abb. 64 nur angedeutet sind (Uhren-Regulierleitungen der N.-Z.-G.). Die Telegraphenleitungen sind über die Unterbrechungskontakte Nr. 1 bis 20 der Relais F_1 geführt (in der Abbildung ist nur ein Relais zu sehen). Da zahlreiche Leitungen für das Zeitsignal zugleich in Betrieb gesetzt werden müssen, so ist eine besondere Konstruktion der Relais notwendig, wie sie in Abb. 118 (s. Seite 162) dargestellt ist. Zwei Minuten vor 8 Uhr vormittags wird in der Uhr C (Abb. 64) durch den Kontakt r_1 der Relais r_3 derselben Uhr eingeschaltet, der Vorbereitungskontakt r_2 geschlossen und das Laufwerk E ausgelöst. Es setzt sich ein Typenrad (vgl. Abb. 118, Seite 161) in Bewegung, das auf seinem Umfange die Morsezeichen „m e z“ trägt, welche durch den Kontakt t und die Relais F_1 nach den Telegraphenleitungen übertragen werden. Durch den Kontakt r_2 wird 50 Sekunden vor 8 Uhr der Relaiskontakt o in der Uhr C und der Kontakt u der Relais F_1 geschlossen. Die Ortsbatterie des Relais F_1 bewegt den Anker x durch den Elektromagneten w und unterbricht den Strom der angeschlossenen Telegraphenleitungen. Es entsteht hierdurch auf dem Papierstreifen der Morseapparate ein langer Strich. Der Elektromagnet s wird durch den Kontakt v kurzgeschlossen, sein Anker fällt ab, und das Laufwerk E bleibt stehen.

Die genaue Zeitangabe 8 Uhr vormittags erfolgt durch den Kontakt r_2 der Uhr C . Dieser wird unterbrochen und dadurch die Ortsbatterie des Relais F_1 ausgeschaltet; der Anker x fällt ab, die Kontakte Nr. 1 bis 20 an dem Relais F_1 werden wieder geschlossen und die Schreibhebel der Morse-Apparate fallen zurück. Durch diesen Ankerabfall wird der lange Strich abgebrochen und hierdurch die richtige Zeit markiert. Gleichzeitig wird durch Öffnen des Kontaktes r_2 der Relaiskontakt v der Uhr C unterbrochen und der Elektromagnet s wieder eingeschaltet und das Laufwerk E ausgelöst. Das Typenrad macht noch eine Umdrehung und sendet zweimal das Zeichen „m e z“ in die Leitungen. Dann bleibt es stehen, da der Kontakt r_1 einige Sekunden nach 8 Uhr unterbrochen wird.

Das Laufwerk E muß beim Schreiben des langen Striches außer Tätigkeit treten, weil bei ungenauem Gange des Laufwerkes die letzten Zeichen „m e z“ das Abbrechen des Striches undeutlich machen könnten. Hierbei würde der Schluß des Striches ungenau werden und die Abnahme der genauen Zeit zweifelhaft machen.

Die Zeichen sind in drei verschiedenen Beispielen in Abb. 64 unten mit den Papierstreifen wiedergegeben. Das unterste Beispiel gibt die richtige Angabe der Morsezeichen wieder. Beim Versagen der beschriebenen Einrichtungen werden durch den

Umschalter z die Relais F_1 und die Ortsstrombatterie unterbrochen und das Uhrzeichen durch den Haupttaster y oder durch die Taster der Relais F_1 bis F_4 *) gegeben. —

Die nähere Einrichtung der Kontaktuhr C ist in Abb. 66 wiedergegeben. Der Deutlichkeit wegen ist die vordere Gestellplatte des Werkes zum Teil abgebrochen gezeichnet, und die Räder des Uhrwerkes sind größtenteils fortgelassen, um diejenigen Teile, welche zur Regulierung bzw. Zeitsignalgebung dienen, besser erkennen zu können.

Beim Schlusse des Kontaktes e der Uhr B (siehe Abb. 64) geht der Strom von der Uhr B über den Elektromagneten des Registrierapparates D nach der Kontaktuhr C , und zwar zunächst über den Pendelkontakt f und den Kontakt g nach dem Elektromagneten m , welcher seinen Anker l in Bewegung setzt.

Dieser Anker ist in Abb. 66, der wir uns nun zuwenden, mit K_3 bezeichnet. In der Ruhelage wird durch eine Schraubenfeder an der Schraube U der nach unten gehende Arm des Ankerhebels bei K gegen die Anschlagschraube V gedrückt. Beim Herabgehen des Ankers K^3 läßt Hebel K^1 die Scheibe S^3 frei, und diese legt sich mit einem Stifte gegen den Hebel K^2 . Die Scheibe S^3 bewegt sich also nur ein kurzes Stück, ähnlich wie das Anlaufрад bei Schlaguhren.

Die Scheibe S^4 wird von dem Triebwerke der Uhr in 24 Stunden einmal herumbewegt. Sie hat am Umfange einen kleinen Einschnitt, der unter dem Hebel K^2 punktiert angedeutet ist. In diesen Einschnitt legen sich die beiden Hebel J^1 und J^3 alle 24 Stunden einmal ein. Auf derselben Welle, welche die Scheibe S^4 trägt, sitzt auch die leicht bewegliche Scheibe S^5 , mit einem Exzenter S^6 und einer starken Spiralfeder. Das äußere Ende dieser Spiralfeder ist an einem kurzen, starken Arme befestigt, welcher sich mit der Welle in 24 Stunden einmal herumdreht. Die Spiralfeder wird also in dieser Zeit um einen Umgang gespannt.

Um durch den Strom der Uhr B (in der Zentrale der Gesellschaft Normal-Zeit) die Uhr C richtig zu stellen, ist nachstehende Einrichtung getroffen: Auf der Gangradwelle sitzen fest das Mitnehmerrad i und die Herzscheibe h (vgl. Abb. 64). Das Gangrad ist auf dem Gangtriebe drehbar. In die Zähne des Rades i , welche dreieckigen Querschnitt haben, greift die federnde Sperrklinke k ein, welche auf einem Kreuzschenkel des leicht drehbaren Gangrades sitzt. Sie zwingt für gewöhnlich das Gangrad, sich mit der Welle des Rades i zu drehen. Sobald aber die Antriebskraft der Uhr bedeutend vermehrt wird, dreht sich das Trieb mit dem Rade i vom Gangrade unabhängig weiter, weil die

*) Das Schema Abb. 64 zeigt, wie gesagt, nur ein Relais (F_1).

Sperrklinke k leicht über die flach eingeschnittenen Dreieckszähne hinweggleitet. Durch diese Kupplung ist, wie wir sehen werden, die Möglichkeit gegeben, den Sekundenzeiger täglich einmal richtig zu stellen. Um die Uhr auch von Hand stellen zu können, kann man durch den Hebel k^1 die Kupplung gleichfalls freimachen.

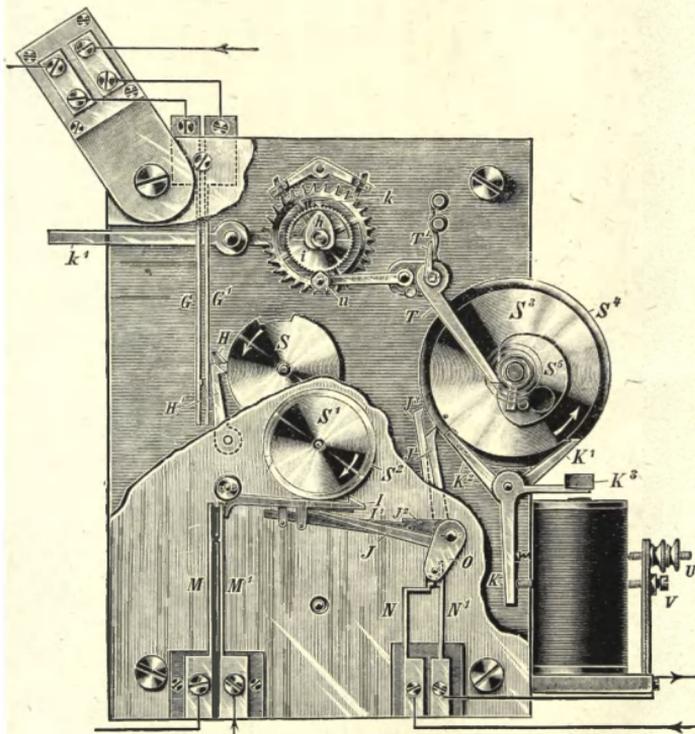


Abb. 66
 Kontaktuhr auf dem Schlesischen Bahnhofe in Berlin für das amtliche Zeitignal
 (Entwurf von Prof. L. Strasser)

Das Einstellen des Sekundenzeigers geschieht in folgender Weise: Zwischen der Herzscheibe h und dem Exzenter S^8 der Vierundzwanzigstunden-Scheibe S^4 sind die Hebel T , T^1 und u angebracht. Sie sind hier in der Ruhelage dargestellt. Erfolgt die Auslösung der Scheibe S^3 und des Exzenter S^8 durch den Elektromagneten, so werden die Scheiben durch die gespannte Spiralfeder in Richtung des weißen Pfeiles schnell herumdrehet. Der auf einem Viereck sitzende Hebel T wird durch den Exzenter S^8 nach links gedrückt und dreht den mit ihm verbundenen Kloben, welcher die Federn der Einfallklinke u trägt, die sich gegen die Herzscheibe h legt, diese zufolge ihrer Gestalt in die gezeichnete Lage herumdreht und dadurch den Sekundenzeiger auf den Nullpunkt bringt. Der Sekundenzeiger ist nämlich auf dem Vorderzapfen der Gangradwelle befestigt, auf der auch die Herzscheibe h sitzt. —

Für die Abgabe des Zeitsignales an die Telegraphenleitungen enthält die Kontaktuhr drei verschiedene Kontaktvorrichtungen, deren Schließung und Oeffnung durch das Uhrwerk zu bestimmter Zeit bewirkt wird. Der Kontakt zwischen N und N^1 (Abb. 66) dient zur Betätigung des Elektromagneten. Er wird um 7 Uhr für den Regulierstrom von der Zentrale der Normalzeit geschlossen. Der Kontakt zwischen M und M^1 betätigt ein Relais, dessen Ortsstrom das Laufwerk mit dem Typenrade auslöst. Der Kontakt zwischen G und G^1 endlich unterbricht um 8 Uhr morgens den 50 Sekunden dauernden Strich auf den Morsestreifen, wodurch also die genaue Zeit angegeben wird. Diese drei Kontakte sind, wie die Abb. 66 zeigt, durch Hebel von den Scheiben S^1 und S^2 bzw. S abhängig, werden aber auch gleichzeitig von den Scheiben S^3 und S^4 beeinflusst.

Das Zusammenwirken aller dieser Teile ist folgendes: Die Scheiben S^1 und S^2 sitzen nebeneinander auf der Minutenradwelle und drehen sich daher stündlich einmal herum. Sie haben vorstehende Ringe, die an einer Stelle einen Ausschnitt haben. Gegen die Ränder dieser Scheiben liegen die beiden Einfallsschnallen I und I^1 , welche an ihren anderen Enden vermittels zweier Stifte gegen die Kontaktfedern M und M^1 drücken. Die Anordnung ist so getroffen, daß in der Ruhestellung die beiden Kontaktfedern einander nicht berühren. Sobald die Einfallsschnalle I in den Ausschnitt des Randes der Scheibe S^1 fällt, wird die Feder M frei und legt sich gegen die Feder M^1 , wodurch also der Kontakt geschlossen wird. In ähnlicher Weise wirkt der Hebel J auf die Kontaktfedern N und N^1 . Sobald sich dieser Hebel J in den Einschnitt der Scheibe S^2 legt und damit den Kloben O nach links bewegt, wird der zwischen N und N^1 im Ruhezustande geöffnete Kontakt zwischen N und N^1 geschlossen. —

Da diese Betätigung der Kontakte behufs Regulierung der Uhr innerhalb 24 Stunden nur einmal notwendig ist, so wurde noch folgende Einrichtung getroffen: Hebel J und J^3 sind miteinander verbunden. J^3 legt sich gegen die Vierundzwanzigstundenscheibe S^4 ; Hebel J kann daher erst dann in die Lücke der Scheibe S^2 einfallen, wenn Hebel J^3 in den Einschnitt der Scheibe S^4 fällt. In gleicher Weise sind die Hebel J , J^1 und J^2 voneinander abhängig. Sobald J^1 in die Lücke der Scheibe S^4 gefallen ist, werden auch die Hebel J und J^1 frei und treten gleichfalls in Wirksamkeit.

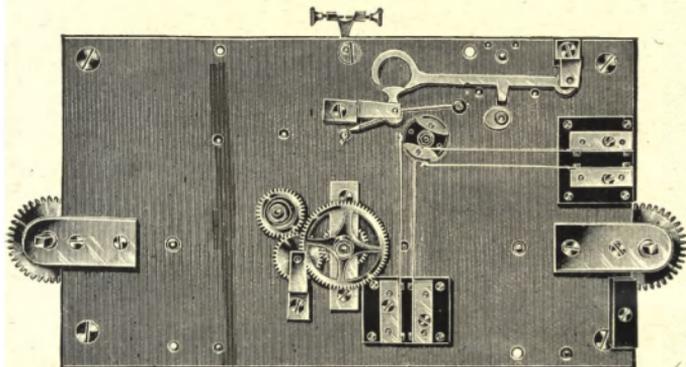


Abb. 67

Kontaktvorrichtung an der Kontaktuhr auf dem Schlesischen Bahnhofs in Berlin

Die Scheibe S dreht sich in $7\frac{1}{2}$ Minuten einmal herum und wirkt zufolge eines am Rande vorhandenen Einschnittes auf die Hebel H und H^1 , welche ihrerseits die Kontaktfedern G und G^1 betätigen. Sobald Hebel H einfällt, gibt er die Kontaktfeder G frei und schließt infolgedessen den Strom zwischen G und G^1 .

Die Reihenfolge der Tätigkeit dieser verschiedenen Kontakte ist also folgende: Um 7 Uhr früh schaltet Kontakt $N N^1$ die Kontaktuhr behufs Regulierung ein, und damit tritt der Anker K^3 des Elektromagneten in Tätigkeit. Die Abgabe des Zeitsignals vollzieht sich dann so, daß durch Kontakt $M M^1$ das Laufwerk ausgelöst wird und durch Kontakt $G G^1$ der 50sekunden-Strich abgebrochen wird und hiermit das Signal „8 Uhr“ erfolgt*).

*) Die Abb. 64 und 66 sind der Deutschen Uhrmacher-Zeitung (Jahrgang 1903, Seite 368 und 384) entnommen.

Zum Betriebe von Nebenuhren ist an der Kontaktuhr auf der vorderen Werkplatte die in Abb. 67 dargestellte Kontaktvorrichtung angebracht. Links sitzt, durch die Werkplatte verdeckt, ein kräftiges Werk der Sekundenuhr, rechts befindet sich ein Laufwerk. Die an den Seiten vorstehenden Räder gehören zu einem Vorgelege, das zum Aufziehen der Uhrwerke dient. An den beiden mit Federn versehenen Klemmen unten neben dem Zeigerwerke ist die Batterie und an den ähnlichen Klemmen rechts sind die Leitungen zu den Nebenuhren angeschlossen. Die Federn dieser Klemmen liegen auf einem umlaufenden Stromwender an, der jede Minute durch das von der Uhr vermittels der Hebel ausgelöste Laufwerk bewegt wird und den Nebenuhren Gleichstrom wechselnder Richtung zuführt. (Derartige Stromwender haben wir bereits auch bei anderen Uhren kennen gelernt.) Zu diesem Zwecke sitzt auf der Gangradwelle, etwa in der Mitte der Werkplatte, ein Daumen, der den oben sichtbaren wagrechten Hebel durch den darunter befindlichen kleinen Winkelhebel hochhebt. Auf der Welle des wagrechten Hebels sitzt innen ein Auslöshebel, der das Laufwerk freigibt, durch die die unter dem Stutzen sichtbare ovale Scheibe nach einem Umlauf wieder hochgehoben wird und damit das Laufwerk anhält.

Zeitverteilungs-System der Deutschen Magneta A.-G.

Abweichend von den bisher beschriebenen Stromverteilungs-Systemen für den Betrieb von Nebenuhren verwendet die Firma Deutsche Magneta A.-G. in Köln a. Rh. keine Batterieströme, sondern ausschließlich Induktionsströme, welche durch die später beschriebenen Magnetinduktoren erzeugt werden. Kräftig gebaute Hauptuhren stehen mit den Magnetinduktoren in Verbindung, deren Anker jede Minute durch ein Laufwerk in Bewegung gesetzt wird. Die Induktionsströme werden den später zu beschreibenden polarisierten Nebenuhren zugeführt. Infolge dieser Einrichtung sind irgendwelche Kontaktvorrichtungen, Batterien u. dgl. für den Schluß der Stromkreise nicht erforderlich.

Die Hauptuhren haben je nach dem Umfange der zu betreibenden Anlagen sehr verschiedene Einrichtungen. Bei kleineren Uhren geschieht das Aufziehen des Werkes täglich von Hand, während bei größeren Uhren elektrischer Aufzug durch einen Motor erfolgt. Ähnlich wie bei den Schlagwerken der Uhren wird das Laufwerk, welches an Stelle des Windfanges einen längeren Arm mit zwei Stiften an den beiden Enden trägt, durch ein Hebstiftenrad jede Minute ausgelöst. Um Stöße zu vermeiden, ist der genannte Arm mit dem Triebe durch eine Spiralfeder gekuppelt.

Sowohl der Auslösungshebel als auch die Arretiervorrichtung werden durch Spiralfedern in entsprechender Lage festgehalten.

Eine solche Hauptuhr für bis zu 300 Uhreneinheiten ist in Abb. 68 (Tafel III) schematisch dargestellt. Das Treibgewicht hängt an einer Gallschen Kette und wiegt 200 kg. Es sind drei Induktoren zu je drei Stromkreisen mit gemeinsamer Rückleitung

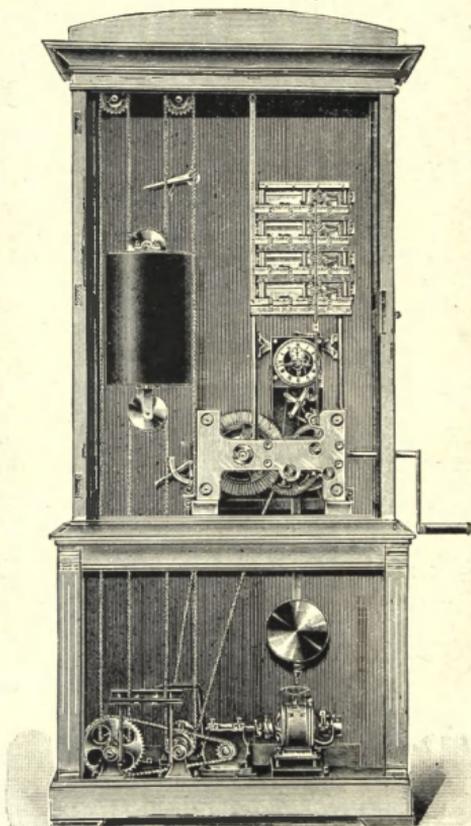


Abb. 69
Hauptuhr der Oesellschaft Magneta

eingerrichtet. Der Aufzug erfolgt alle 48 Stunden durch einen Elektromotor von $\frac{1}{7}$ Pferdestärke. Verschiedene Einzelheiten können deutlicher aus Abb. 69 ersehen werden, die eine ähnliche Hauptuhr (mit vier Induktoren) darstellt.

Die Induktoren zur Stromerzeugung.

Für die Stromerzeugung verwendet die Gesellschaft Magneta Induktoren besonderer Bauart, deren Einrichtung im allgemeinen darin besteht, daß zwischen den Schenkeln kräftiger Stahlmagnete eiserne Polschuhe befestigt sind und zwischen diesen sich eiserne Anker um einen Winkel von 35 bis 45° drehen. Die Stärke des erzeugten Stromes ist abhängig von der Größe des Magneten, Windungszahl und Widerstand der Induktionsspule und der Geschwindigkeit, mit welcher die Bewegung des Ankers im Magnetfeld erfolgt. Die Bewegung erfolgt durch ein Hebelgestänge mit Peitschenanordnung blitzschnell und ergibt Stromstöße von $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{100}$ Sekunde Dauer. Beim Abreißen des Ankers von den Polschuhen entsteht zunächst ein schwacher Strom in entgegengesetzter Richtung, der sofort beim Eintritt des Kippmomentes des Ankers in einen kräftigen Stromimpuls von 40—60 Volt Spannung umschlägt. Bei jedem Stromstoße wechselt der Strom die Richtung. Bis zu 100 Uhreneinheiten (jede Uhreneinheit als Nebenuhr gerechnet, mit einem Zifferblatt bis zu 25 cm Durchmesser) wird ein senkrecht stehender Induktor verwendet, bei dem die Bewegung des Ankers von einem Laufwerke bewirkt wird, das die Hauptuhr jede Minute auslöst. Abb. 70 zeigt einen solchen Induktor im Schnitt und Abb. 71 in Ansicht. Er steht mit einem Laufwerke in Verbindung, dessen letzte Welle bei jeder Auslösung eine Drehung von 180° macht und dabei mittelst Kurbel (*E*) und Kurbelstange die Induktorwelle mitnimmt. Zur Verhinderung von Stößen sind Pufferfedern und auch eine federnde Verbindung an der umlaufenden Achse vorgesehen. Abb. 72 zeigt diesen Induktor in Verbindung mit dem Laufwerke. Wir sehen links das Uhrwerk und rechts den Hufeisenmagneten, die Polschuhe *P* und die Drahtspule *D*, die zwischen den Polschuhen und den Magnetschenkeln be-

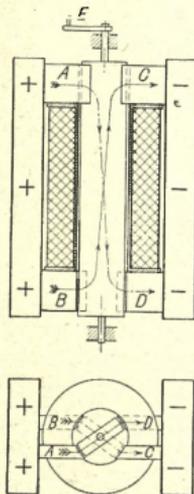


Abb. 70
Induktor der Gesellschaft Magneta
(Strombildung)

festigt ist und in deren Höhlen sich der Anker *c* dreht. Der Richtungswechsel des entstehenden Induktionsstromes wird durch das Abreißen des Ankers *c* von den Polschuhen (*A, B, C, D*, Abb. 70) bewirkt. Die Kurbel *k* wirkt mittels der Kurbelstange

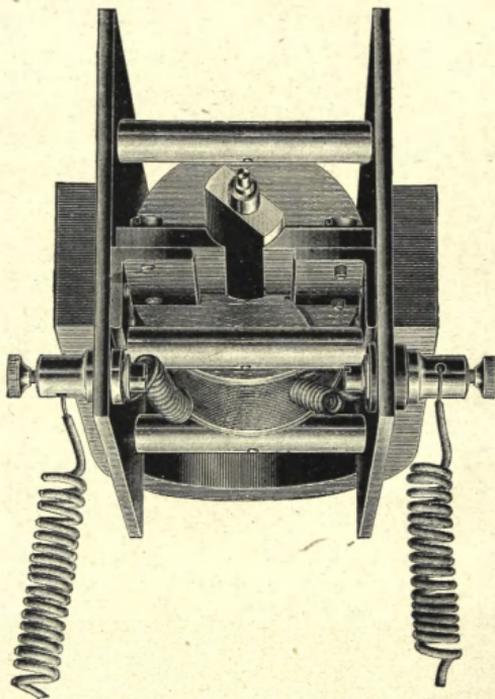


Abb. 71
Ansicht des Magnet-Induktors Abb. 70 (Gesellschaft Magneta)

auf den Anker *c*. In Abb. 73 ist für Gang- und Laufwerk gemeinsamer Antrieb vorhanden.

Für den Betrieb einer größeren Anzahl von Nebenuhren wird ein etwas anders gebauter Induktor angewendet. Zwischen zahlreichen starken hufeisenförmigen Stahlmagneten liegen wagrechte, etwa 30 cm lange eiserne Polschuhe. Der eiserne Anker besteht aus zwei Teilen, die durch eiserne Stehbolzen verbunden sind.

Diese Stehbolzen führen durch die Höhlung der Drahtspulen und induzieren bei der Bewegung des Ankers die Drahtwindungen, so daß Ströme von etwa 0,1 Ampère und 25 Volt erzeugt werden. Ein solcher Induktor ist in Abb. 74 dargestellt. In einer kräftigen Hauptuhr werden zwei bis fünf derartige Induktoren übereinander

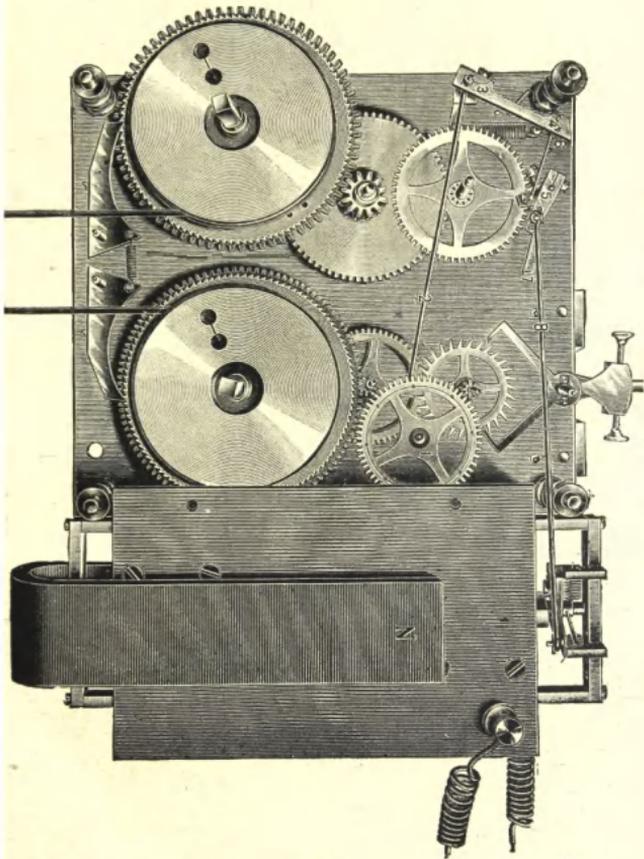


Abb. 72
Induktor in Verbindung mit dem Luftwerke der Hauptuhr der Gesellschaft Magneta

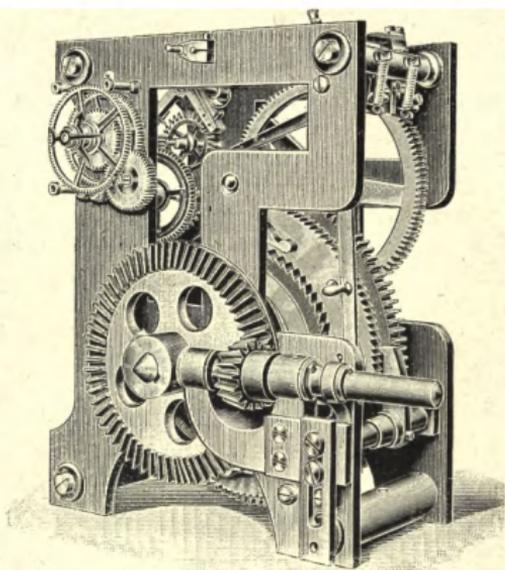


Abb. 73
Hauptuhr ohne Induktor der Gesellschaft Magneta

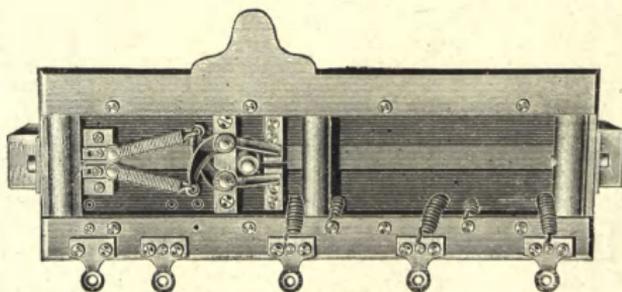


Abb. 74
Hauptuhr-Induktor der Gesellschaft Magneta

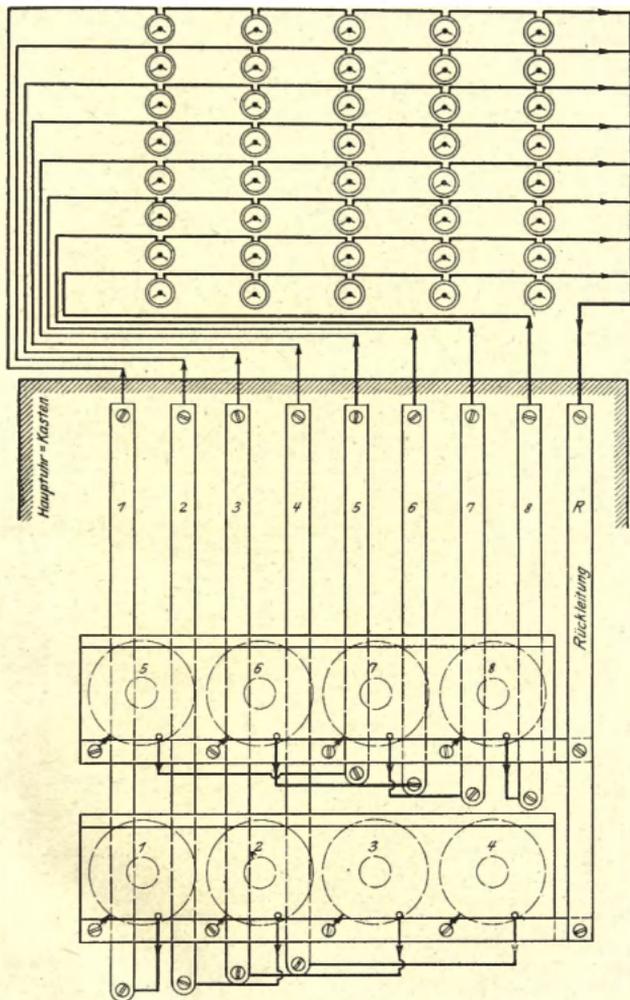


Abb. 75
Schaltungsschema einer Zentraluhrenanlage mit gemeinschaftlicher Rückleitung (Gesellschaft Magneta)

angeordnet, deren Anker durch eine gemeinsame Schubstange verbunden sind. Die Hauptuhr Abb. 68 besitzt drei, die in Abb. 69 dargestellte vier solche Induktoren, die, wie angegeben, vermittels einer gemeinsamen Schubstange von einem Laufwerke betätigt werden, das alle Minuten von der Hauptuhr ausgelöst wird.

Ein Schaltungsschema für zahlreiche Stromkreise zeigt Abb. 75. In jeden Stromkreis können etwa 100 Nebenuhren hintereinander geschaltet werden. Zum Betriebe der Hauptuhr und der Induktoren dient ein Gewicht von 25 bis 200 kg, welches an einem Stahlbande oder an einer Gelenkkette befestigt ist.

Schiffs-Hauptuhr.

Zum Betriebe von Nebenuhren auf Schiffen verwendet die Gesellschaft Magneta besonders konstruierte Unruhuhren, da Pendeluhren hier nicht verwendbar sind. Abb. 76 zeigt eine solche Hauptuhr. Auf möglichst kleinem Raume ist in einem

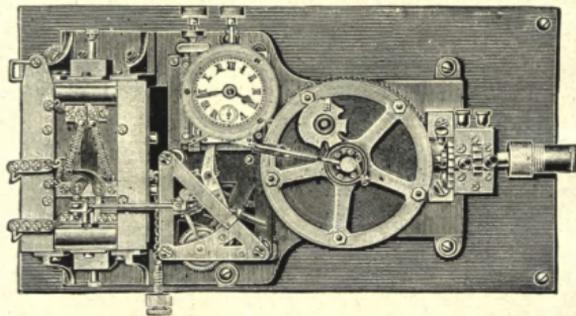


Abb. 76
Schiffs-Hauptuhr der Gesellschaft Magneta

Holzkasten eine Ankeruhr untergebracht, welche alle Minuten den Anker eines Magnetinduktors in Bewegung setzt. Eine starke Zugfeder, welche von Hand aufgewunden wird, dient sowohl zum Betriebe der Ankeruhr, als auch zur Bewegung des Magnetankers, welcher durch eine umlaufende Welle mit Kurbel um seine Längsachse um einen Winkel von etwa 10° hin- und herbewegt wird. Um heftige Stöße zu vermeiden, trägt die Welle des Magnetankers zwei Hebel mit Schraubenfedern, die bei den Schwingungen abwechselnd gespannt werden. Die Auslösung des Induktors erfolgt ganz ähnlich wie bei Schlagwerken bzw. wie bei den Pendel-Hauptuhren der genannten Gesellschaft. Ist die Zugfeder der

Hauptuhr abgelaufen, so wird die Hauptuhr, welche unter Umständen noch weitergehen könnte, durch einen zarten, federnden Hebel, der auf den Reifen der Unruh drückt, angehalten. Hauptuhr und Nebenuhren bleiben dadurch in Uebereinstimmung.

Zeitdienstanlagen für Sternwarten

Je nach der Größe der Anlagen umfassen die Einrichtungen für den Zeitdienst der Sternwarten hauptsächlich eine oder mehrere Hauptuhren, von diesen regulierte (synchronisierte) Nebenuhren, Chronographen, Relais, Sekundenklopfer, die erforderlichen Hilfsapparate zur Handhabung der Batterien usw. Der elektrische Strom wird hauptsächlich verwendet, um die Pendelschläge der Hauptuhr auf einem Chronographen (Morseschreiber) aufzuzeichnen, den Aufzug der Uhren zu betreiben, die Nebenuhren zu regulieren oder auch die Sekundenklopfer zu bewegen. Zu diesem Zwecke ist die Hauptuhr mit einer besonderen Kontakteinrichtung versehen, die den Strom in bestimmten Zeitabständen schließt und unterbricht. Die Einrichtung dieses Kontaktes haben wir nach der Konstruktion von Dr. S. R i e f l e r an anderer Stelle des Buches beschrieben.

Da der Chronograph zu seinem Betriebe 30 bis 50 Milliampère benötigt, so kann er für kurzen Gebrauch von der Registrier-Uhr direkt betrieben werden. In den meisten Fällen wird man jedoch einen Zwischenapparat (Relais) für diesen Zweck einschalten, welcher nur 12 bis 14 Milliampère benötigt. Der Anker des Relais schließt dann bei jedem Kontakte der Registrier-Uhr einen zweiten Stromkreis, welcher den Chronographen betätigt. Will man auch hörbare Sekundensignale geben, so wird ein sogenannter Sekundenklopfer eingeschaltet, dessen Anker hörbare Schläge gleichzeitig mit der Pendeluhr gibt. Die erforderlichen Stromstärken müssen durch Einschalten von Widerständen abgeglichen werden. Die Elektromagnete für die verschiedenen Apparate werden meistens mit 0,4 mm starkem, isoliertem Kupferdrahte bewickelt, so daß jeder Elektromagnet etwa 50 Ohm Widerstand erhält. Nur bei langen Fernleitungen muß eine andere Bewickelung angewendet werden. Nach Dr. Riefler sind die Stromstärken der einzelnen Stromkreise für geregelten Betrieb folgende:

Elektrischer Aufzug: etwa 53 Milliampère und 75 Ohm Widerstand

Synchronisation: 6 bis 8 Milliampère

Chronographen-Relais: 12 bis 14 Milliampère

Chronograph: 30 bis 50 Milliampère

Sekundenklopfer: 30 bis 50 Milliampère.

Diese Stromstärken ergeben sich bei 4 Volt Klemmenspannung der Batterie.

Die Uhrenanlage umfaßt für viele Zwecke eine Hauptuhr, zwei synchronisierte Nebenuhren und zwei Chronographen, welche einzeln oder zugleich betrieben werden können. Die Nebenuhren haben elektrischen Sekundenkontakt, und sowohl die Hauptuhr als auch die Nebenuhren können als Registrier-Uhren verwendet werden. Eine der Nebenuhren dient zum Betriebe des Sekundenklopfers. Entsprechend den vorgenannten Zwecken müssen natürlich auch die Schalttafel und die erforderlichen Umschalter und Regulierwiderstände eingerichtet sein.

Die Batterie-Anlage kann entweder für jeden Stromkreis eine besondere Batterie enthalten — und hierzu eignen sich Trockenelemente —, oder man legt für alle Stromkreise eine gemeinsame Batterie an und verwendet dann am besten Alkali-Elemente oder Akkumulatoren. Für jede Batterie muß außerdem noch eine Reserve-Batterie vorhanden sein, damit Störungen im Betriebe vermieden werden. Das Laden der Akkumulatoren kann durch Thermosäulen oder aus einem Starkstromnetze unter Vorschaltung von Glühlampen erfolgen.

Sind mehrere Nebenuhren von einer Hauptuhr zu synchronisieren, so kann man die Elektromagnete der Nebenuhren hintereinanderschalten. Zum Messen der Stromstärke und der Spannung müssen geeignete Meßinstrumente auf der Schalttafel vorhanden sein. Der Zeiger des Milliampèremeters gestattet gleichzeitig, mit dem Auge die Stromschlüsse zu beobachten.

Hauptuhren unter Luftabschluß.

Bereits bei der Beschreibung der Zentraluhrenanlage der Gesellschaft Normal-Zeit und auch bei den Uhren des Systems Hipp haben wir davon gesprochen, daß Präzisionsuhren genauer gehen, wenn sie in einem evakuierten Zylinder eingeschlossen sind, weil die Schwingungsdauer des Pendels von den Aenderungen des Luftdruckes abhängig ist. Das Uhrwerk wird auf einen kräftig gebauten Werkständer aufgeschraubt, an dem auch das Mikroskop zum Ablesen der Schwingungsgrößen, ein Barometer, Thermometer und Hygroskop befestigt sind. Der Werkständer ruht auf einem Kristallglasringe, der die Glasglocke trägt, welche das Uhrwerk luftdicht überdeckt. Der untere Glas- oder Metallzylinder ist mit einem Eisenringe versehen, der auf einer eisernen Konsole ruht. Ober- und Unterteil sind miteinander verschraubt, so daß die ganze Last der Uhr und des Glasabschlusses von der Wandkonsole getragen wird. Die Glasglocke braucht nur etwa alle drei bis vier Jahre zum Nachsehen oder Oelen des Werkes abgehoben zu werden.

Zunächst wird die Uhr bei offenem Lufthahne so reguliert, daß sie täglich etwa 2 bis 2½ Sekunden zurückbleibt; denn nach

erfolgt dem Abdichten und Auspumpen der Luft aus dem Innern des Zylinders, so daß gegen den äußeren Luftdruck ein Unterschied von 110 bis 140 mm Quecksilbersäule eintritt, schwingt das Pendel um den obigen Betrag schneller. Für größere Regulierung müssen die Stellmuttern unten an der Pendelscheibe gedreht werden. Ein Umgang der Reguliermutter verursacht 40 Sekunden tägliche Gangänderung. Der Grad der Luftverdünnung wird so gewählt, daß der tägliche Gang der Uhr möglichst klein ist.

Die Aenderung der Pendelschwingungen (Luftdruck-Konstante) beträgt 0,018 Sekunden für ein Millimeter Luftdruckänderung.

Stromschlußvorrichtungen an transportablen Chronometern.

Für astronomische oder geodätische Zwecke müssen Chronometer zuweilen mit einer Sekundenkontakt-Vorrichtung versehen werden. Der Beobachter eines Sterndurchganges kann dann beispielsweise in seiner nächsten Nähe durch einen Fernhörer die Sekundenschläge des Chronometers verfolgen, das in einem von dem Beobachtungsraume beliebig entfernten, gut geschützten Orte aufgestellt ist; oder es wird die Drahtleitung von dem Chronometer nach einer hohen Bergspitze geführt, so daß die Sekundenschläge mit den Schwingungen eines dort oben aufgehängten, vorher in der Ebene genau regulierten Sekundenpendels verglichen werden können, wobei dann die Abweichungen der Pendelschwingungen (die auf dem Berge infolge des geringeren Schweredruckes langsamer sind) die Grundlage für gewisse Berechnungen und sonstige wissenschaftliche Arbeiten abgeben.

Man hat für diesen Zweck verschiedene Einrichtungen erdacht, die gewöhnlich darin bestehen, daß ein besonderes Kontaktlaufwerk zwischen die Werkplatten des Chronometers eingebaut wird, dessen letztes Trieb einen feinen in das Gangtrieb einfallenden goldenen Arm (die sogenannte „Peitsche“ der *Secondes-mortes*) trägt, welcher beim Herumschnellen ein Kontaktstück mitnimmt und dadurch jede Sekunde einen kurzen Stromschluß bewirkt. Die Zahl der Gangtriebzähne muß in solchen Werken mit derjenigen der Gangradzähne in entsprechende Uebereinstimmung gebracht sein. Diese Einrichtung ist insofern unvollkommen, als während der Berührung der Peitsche mit dem Gangtriebe ein geringer Zuwachs der Antriebskraft stattfindet. Anfertigung und Einbau des sehr kleinen Laufwerkes sind zeitraubend und teuer.

Eine vereinfachte derartige Stromschlußvorrichtung erfand Frank Mercer in St. Albans, die im „*Horological Journal*“ veröffentlicht wurde. Abb. 77 zeigt die Einrichtung in vergrößertem Maßstabe. Die Auslösefeder ist aus Stahl sehr zart

ausgeführt und bietet dem Triebwerke noch weniger Widerstand als die bisher üblichen Goldfedern.

Auf einem vorstehenden Putzen des Sekundenrades 2 ist das Schaltrad 1 festgeschraubt, dessen Zähne nur geringe Tiefe haben, damit beim Kontaktschlusse möglichst wenig Kraft verbraucht wird. Das Kontaktrad muß so viele Zähne haben, daß in jeder Sekunde ein Kontakt stattfindet. Am Rande der Werk-

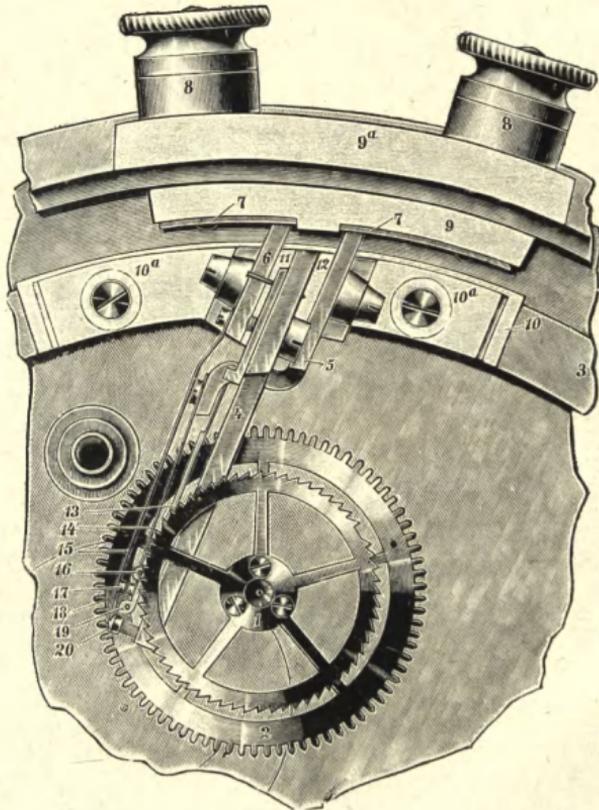


Abb. 77
Chronometer-Kontakt

platte ist durch einen Elfenbeinstreifen *10* ein flacher Kloben *10 a* mit einem zwischen die beiden Räder *1* und *2* tretenden Träger *4* isoliert angeschraubt, wobei die Schrauben gleichfalls durch Elfenbein isoliert sind. Zu beiden Seiten des Trägers *4* sind durch die Elfenbeinstreifen *11* und *12* die Goldplatten *5* und *6* isoliert angebracht, von denen die letztere die goldene Kontaktfeder *15* mit Platinkontakt *17* trägt, während Platte *5* sich unter dem Träger *4* hindurchkrümmt, an deren Ende die zweite Kontaktfeder *14* mit dem Platinknöpfchen *18* sitzt. Die beiden Platinkontakte *17* und *18* sind in der Ruhe voneinander getrennt. An dem Träger *4* ist die bereits erwähnte stählerne Auslösefeder *13* befestigt, in deren etwas stärkerem Kopfe die Saphirstifte *16* und *19* sitzen. Stift *16* steht nach oben und faßt in die Zahnlücken des Schaltrades *1*, Stift *19* dagegen ist nach unten gerichtet und trennt die Goldfeder *14* mit Kontakt *18* von der Feder *15* mit Kontakt *17*.

So oft eine Zahnschneide des Rades *1* unter Stift *16* hinweggleitet und damit in jeder Sekunde die Auslösefeder *13* hebt, entsteht zwischen *17* und *18* eine Berührung, also ein Stromschluß, der sofort wieder unterbrochen wird, wenn Stift *16* in die nächste Zahnlücke von *1* einfällt. Da auch die äußere Kontaktfeder *15* sehr leicht ausweicht, so kommen geringe Unterschiede in der Höhe der Zähne von Rad *1* nicht in Betracht.

Die Stellung der Kontaktfeder *15* kann durch die mit einem Saphirknopfe versehene Schraube *20* genau geregelt werden. Die Leitungen für den Stromkreis sind an den beiden Polklemmen *8* befestigt. Der elektrische Strom macht folgenden Weg: das eine Mal von *8* nach *7*, *6*, *15*, bis zum Kontakt *17*, das andere Mal von der anderen Schraube *8* über *7*, *5*, *14* nach Kontakt *18*.

Damit man das Werk aus dem Gehäuse nehmen kann, ohne die Leitungsdrähte von den Klemmen *8* entfernen zu müssen, sind am Innenrande des Gehäuses zwei durch die Elfenbeinplatte *9* isolierte, federnde Messingstreifen *7* angebracht, welche mit den Schraubenspindeln der Polklemmen *8* in fester Verbindung stehen. Die Schraubenspindeln der Polklemmen sind von der Gehäusewand durch elfenbeinerne Rohre isoliert.

Bei dieser Konstruktion ist die Beeinflussung des Triebwerkes durch die Kontaktfedern weit geringer als beim Peitschen-Kontakte.

System der A. E. G. Elektro-Uhr G. m. b. H.

Die Gesellschaft baut zwei verschiedene Systeme: Das eine arbeitet mit Schwachstrom, das andere mit Starkstrom. Bei Schwachstrom kommen die bekannten Nebenuhren mit polarisierten Zeigerwerken zur Anwendung. Sie werden alle Minuten durch Ströme wechselnder Richtung weiter geschaltet.

Bei Starkstrom erfolgt die Richtigstellung der Nebenuhren stündlich von der Hauptuhr aus, wie dies später erläutert ist.

Die Hauptuhren bei beiden Systemen sind dieselben, nur kommt bei Starkstrom die Vorrichtung für den Stromwechsel in Fortfall. Sie sind als Präzisionswerke kräftig gebaut, haben kompensiertes Sekundenpendel und einen stündlich sich schließenden Kontakt zur Regulierung der selbständig gehenden Nebenuhren, die nach dem Starkstromsystem elektrisch aufgezogen werden.

Sollen polarisierte Nebenuhren betrieben werden, so ist bei dem Räderwerke ein Wechselrelais abgezweigt, das durch ein Zwischenrad mit elastischer Federkuppelung verbunden ist. Die Feder wird langsam gespannt und minutlich oder halbminutlich ausgelöst. Die Auslösung erfolgt von der Sekundenwelle aus und ist so eingerichtet, daß der Arretierflügel den Gang der Uhr nicht beeinflußt. Der Aufzug der Hauptuhr erfolgt entweder durch Ziehen an der Gewichtkette oder elektrisch. Die Gangzeit der Uhren beträgt etwa 8 Tage. In beiden Fällen erfolgt der Antrieb der Hauptuhren durch ein Gewicht an endloser Kette. Der elektrische Aufzug erfolgt alle 10 Minuten um so viel als das Gewicht zufolge seiner Schwere in dieser Zeit abgelaufen ist. — Im Falle einer Störung in der Hauptuhr oder in der Stromzuführung besitzt sie eine Gangreserve von 50 Stunden. Der Aufzug kann mit Gleichstrom von 20—250 Volt oder Wechselstrom von 90—250 Volt betrieben werden. Beim Versagen des elektrischen Aufzuges kann das Aufziehen auch von Hand bewirkt werden.

Werden Hauptuhren und Nebenuhren durch Gleich- oder Wechselstrom betrieben, so wird er eventl. aus dem Leitungsnetze elektrischer Anlagen entnommen. Der Aufzug erfolgt alle 5 Minuten. Die Nebenuhren sind so eingerichtet, daß sie auch bei Unterbrechung der Anschlußleitungen zwölf Stunden weiter angetrieben werden. Sobald der Strom wieder in die Anschlußleitungen tritt, ergänzt jede Uhr selbsttätig die für zwölf Stunden ausreichende Triebkraft. Die Nebenuhren sind mit Unruh-Ankerang versehen und werden von einer Normaluhr richtiggestellt. Jede Nebenuhr hat etwas Voreilung. Sobald der große Zeiger z. B. auf 12 steht, schließt die Nebenuhr den Stromkreis eines Elektromagneten, welcher den Ankerang so lange sperrt, bis die Zeigerstellung mit der Hauptuhr genau übereinstimmt. In diesem Augenblicke erfolgt die Freigabe des Ankeranges der Nebenuhr durch die Hauptuhr. Haupt- und Nebenuhr sind zu diesem Zwecke durch eine besondere Regulierleitung verbunden. Von einer Hauptuhr aus können 25 Nebenuhren reguliert werden. Der Kontaktschluß erfolgt bei der Nebenuhr dadurch, daß ein

Hebel, der die Kontaktfeder trägt, zu jeder vollen Stunde in den Ausschnitt einer Scheibe auf dem Stundenrohre fällt. Bei der Hauptuhr ist auf dem Stundenrohre für die Betätigung des Kontaktes eine Scheibe mit einer hervorspringenden Nase angebracht.

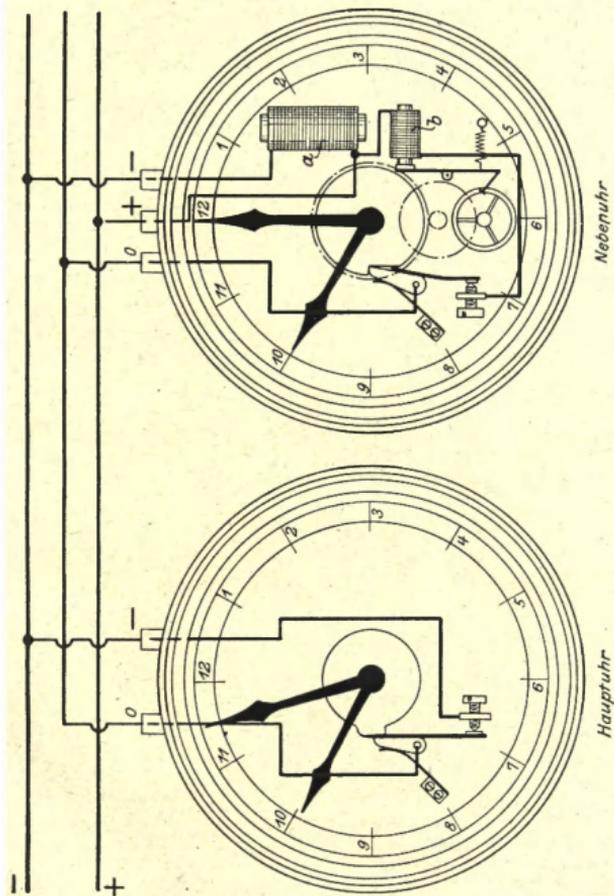


Abb. 78
System der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin

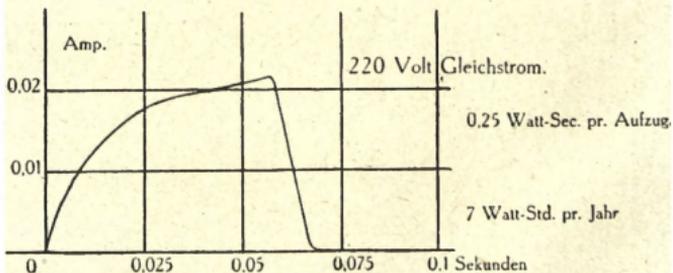
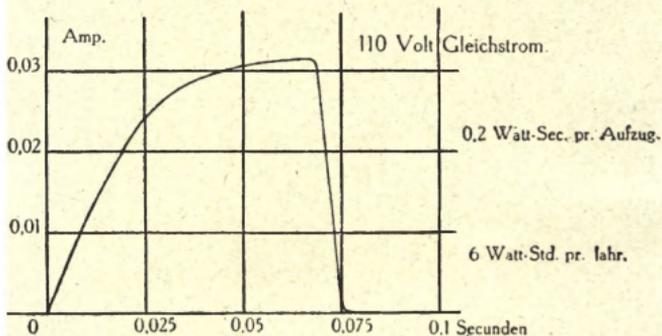
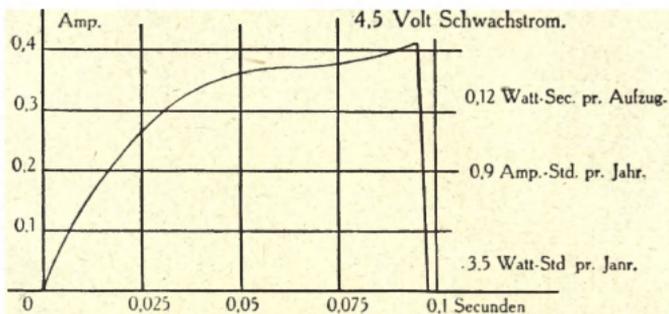


Abb. 79, 80, 81

Spannungs-Kurven für Gleichstrom A. E. O. Elektro-Uhren G. m. b. H.

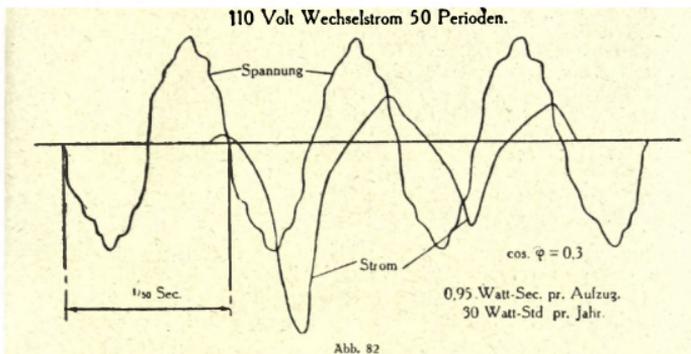


Abb. 82

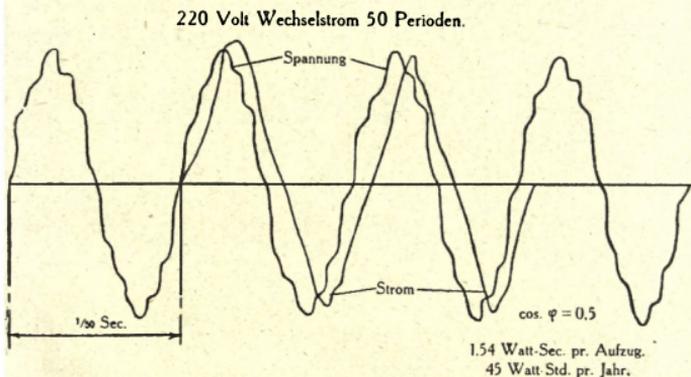


Abb. 83

Strom- und Spannungs-Kurven für Wechselstrom A. E. O. Elektro-Uhr O. m. b. H.

Sobald nun der große Zeiger auf 12 steht, gleitet der Kontakt-
 hebel von der Nase ab und öffnet den Stromkreis.

Den Stromlauf für die Regulierung zeigt Abb. 78
 Die Nebenuhr zeigt 10 Uhr, und der Kontakt für den Regulier-
 magneten *b* ist geschlossen. Da zu dieser Zeit auch bereits der

Kontakt in der Hauptuhr geschlossen ist, so geht der Strom von der positiven Leitung durch den Elektromagneten b , die Kontaktvorrichtung, nach dem mittleren Leiter o , durch diesen zur Hauptuhr und über den Kontakt zur negativen Leitung. Der Elektromagnet b hält also seinen Anker fest und hindert die Unruh des Ankerganges in ihren Schwingungen, bis in der Hauptuhr der große Zeiger gleichfalls auf 10 zeigt. Die Regulierleitung ist dann unterbrochen und die Unruh der Nebenuhr wird freigegeben: Der in der Nebenuhr angedeutete Elektromagnet a dient zum Betriebe der Aufziehvorrichtung.

Die Gesellschaft hat den Verbrauch ihrer verschiedenen Uhren wie nachstehend angegeben. Hieraus ist ersichtlich, wie gering der Energieverbrauch in einem Jahre ist. Aus den Schaulinien in den Abb. 79—81 ergibt sich ferner auch der Verbrauch an Strom bei verschiedenen Spannungen. Durch einen Oszillographen wurden auch die Strom- und Spannungskurven für Wechselstrom ermittelt. Sie sind in den Abb. 82 u. 83 wiedergegeben. Die gerade Linie in der Mitte der Kurven ist die Nulllinie. Diese Angaben dienen als Grundlage bei der Berechnung der Leitungen. Für kleine Netze der Uhrenanlagen genügt eine Leitung von 0,75 qmm, bei ausgedehnten Netzen muß die Berechnung in der gleichen Weise ausgeführt werden, wie dies für Lichtnetze geschieht, d. h. die Stromverteilung ist so zu bemessen, daß im ganzen Netze eine möglichst gleiche Spannung herrscht. Die Knotenpunkte der Verteilungsleitungen liegen im „Schwerpunkte“ des zu versorgenden Teiles. Wir können hier auf diese Rechnungen nicht näher eingehen, wer sich dafür interessiert, findet sie in einschlägigen Sonderwerken.

Für Städtetze wird man das vorbeschriebene Reguliersystem mit dem der fortgeschalteten Nebenuhren verbinden. Benützt man zur Betätigung des Aufzuges Starkstrom aus einem vorhandenen Leitungsnetze, so ist nur eine schwache Regulierleitung erforderlich. Als Rückleitung dient die Erde.

Für das kombinierte System dienen als Unterhauptuhren besondere Zwischenuhren. Sie kommen bei Anlagen mit mehr als 30 Uhren zur Anwendung, sind also das Kombinationsglied einer synchronisierten Uhrenanlage und fortgestellten Nebenuhren. Diese Zwischenuhren haben ein elektrisch aufgezogenes Gangwerk mit Nickelstahl-Halbsekundenpendel, das weitere Uhren mit besonderer Leitung stündlich synchronisiert. Ein in die Uhr eingebauter Kontakt betätigt ein Relais, der die einseitig gegen das Pendel liegende Steigradgabel abhebt und das Pendel solange frei schwingen läßt, bis die Hauptuhr den Regulierstromkreis wieder unterbricht.

Stromverbrauch der verschiedenen Uhrentypen.
Selbständige Einzeluhren.

Spannung	Wattstunden pro Jahr	Zeit zwischen zwei Aufzügen Minuten
4—4,5	3,5	5
110—120 Gleichstrom	6	5
110—120 Wechselstrom	30	5
220—250 Gleichstrom	7	5
220—250 Wechselstrom	45	5

Nebenuhren.

Spannung	Wattstunden pro Jahr	Zeit zwischen zwei Aufzügen Minuten
4—4,5	7	2 $\frac{1}{2}$
110—120 Gleichstrom	12	2 $\frac{1}{2}$
100—120 Wechselstrom	60	2 $\frac{1}{2}$
220—250 Gleichstrom	14	2 $\frac{1}{2}$
220—250 Wechselstrom	90	2 $\frac{1}{2}$

Hauptuhren.

Spannung	Gehwerk		Wechsel-Relais	
	Wattstunden pro Jahr	Zeit zwischen zwei Aufzügen Minuten	Wattstunden pro Jahr	Zeit zwischen zwei Aufzügen Minuten
4—4,5	3,5	5	3,5	5
110—120 Gleichstrom	17,5	5	6	5
110—120 Wechselstrom	36,5	5	30	5
220—250 Gleichstrom	26	5	7	5
220—250 Wechselstrom	52	5	45	5

Regulierspule der Nebenuhren für Starkstrom.

Spannung	Strom - Ampere	
	Gleichstrom	Wechselstrom
110—120	0,055	0,055
220—250	0,025	0,025

Stromverbrauch der Nebenuhren für Schwachstrom
mit Zifferblättern von 200—500 mm Durchmesser.

Volt	Schaltung	Milli-Ampere	Widerstand Ohm
1,5	Reihe	40—60	25
6—9	nebeneinander	20—30	300
9—15	„	9—15	1000
12—21	„	8—14	1500

3. Nebenuhren

Allgemeines

Die Stromschluß- oder Kontaktvorrichtungen zum Erzeugen von Stromstößen für den Betrieb der Nebenuhren sind teils im vorausgegangenen Abschnitte, teils bei den Turm- und Großuhren beschrieben. Wir haben daher hier nur die **Triebvorrichtungen für Nebenuhren** kennen zu lernen.

Während man früher sowohl zum Betriebe von Hauptals auch von Nebenuhren Gleichstrom gebrauchte, ist man bei den direkt bewegten Nebenuhren allgemein zur Verwendung **wechselnden Gleichstromes** übergegangen, d. h. die einzelnen Stromstöße werden durch **Gleichstromwechselnder Richtung** von Haupt- oder Normaluhren aus bewirkt.

Dieses Verfahren ist nicht zu verwechseln mit ein- oder mehrphasigem Wechselstrom, bei welchem in der Sekunde 40 bis 100 Stromrichtungswechsel stattfinden und infolgedessen von einer bestimmten Stromrichtung oder Polarität überhaupt nicht die Rede sein kann. Der letztgenannte Wechselstrom eignet sich jedoch zum Betriebe von Hauptuhren. Die Eisenteile der Elektromagnete müssen jedoch für diesen Zweck aus unterteilten und nicht massiven, weichen Stücken hergestellt, oder wie man zu sagen pflegt, „geblättert“ sein, weil sie sich sonst zufolge des schnellen Wechsels zu stark erwärmen. Das gleiche gilt auch für den Anker der Elektromagnete.

Bei den direkt angetriebenen Nebenuhren kommt es darauf an, die Minutenwelle stets in einer Richtung, und zwar im Sinne der Uhrzeiger zu drehen. Man verwendet für diesen Zweck durch Stahlmagnete polarisierte Elektromagnetanker, die sich zwischen oder an deren Schenkeln bewegen. Einen in gleicher Richtung **umlaufenden Anker** verwenden z. B. die Systeme Bohmeyer, Grau-Wagner, Peyer, Favarger & Cie., Ungerer, Weule. Einen **schwingenden Anker** benützt die Gesellschaft Magneta, und einen **pendelnden Anker** haben die Systeme Aron und Siemens & Halske A.-G.

Die vorstehend aufgeführten Nebenuhren sind völlig abhängig von einer Hauptuhr. Man verwendet jedoch auch selbständige Nebenuhren mit eigenem Triebwerke, die in verschiedener Weise entweder nur richtiggestellt oder auch in ihrem Gange reguliert werden. Das selbständige Triebwerk besteht entweder in einer Gewichtsuhr oder in einer Federzuguhr, die von Hand oder elektrisch aufgezogen werden. Diese letzteren Uhren haben wir nicht alle in diesem Abschnitte über Nebenuhren beschrieben, man findet sie teils unter den Reguliervorrichtungen, teils unter den Zentraluhrensystemen.

Während man früher große Schwierigkeiten hatte, sicheren und gleichmäßigen Betrieb bei den Nebenuhren zu erzielen, gewähren die heutigen Einrichtungen einen hohen Grad von Sicherheit. Der Betrieb ist in weiten Grenzen nicht mehr wie bei früheren Konstruktionen von der gleichmäßigen Wirkung der Stromquelle bzw. der Betriebsspannung der Elemente abhängig. Störungen durch atmosphärische Einflüsse, die bei gleichgerichtetem Gleichstrom sehr leicht eintraten, sind durch die Anwendung polarisierter Elektromagnete oder polarisierter Anker vermieden. Die meisten Störungen an Nebenuhren entstehen durch Induktionsströme, die entweder durch plötzliche Unterbrechung parallel geschalteter Nebenuhren oder aus Starkstromleitungen, z. B. von Straßenbahnen, erfolgen. Da die letzteren gewöhnlich die Schienen als Rückleitung benutzen, also an Erde liegen, so dürfen die Leitungsnetze von Nebenuhren an solchen Orten nicht geerdet sein oder nahe den Oberleitungen von Bahnen verlegt werden.

Die polarisierten umlaufenden Triebwerke haben entweder zahnradförmige Anker, wie z. B. die Konstruktion von Peyer, Favarger & Cie., oder z-förmige (unsymmetrische) Form, wie z. B. die Bauart Grau-Wagner. Wir finden jedoch hier zwei Arten welche sich dadurch unterscheiden, daß die eine kreisförmige (konzentrische) Schnabelenden hat, während die andere mit ihren Schnäbeln sich mehr der Mitte zuwendet.

System C. Theod. Wagner

Das elektrische Triebwerk der von der Firma C. Theod. Wagner in Wiesbaden nach dem Patent Grau konstruierten Nebenuhren (Abb. 84 und 85) besteht aus dem Elektromagneten *E E*, dem Hufeisen-Dauermagneten *M* und dem rotierenden Anker *A*, welcher aus zwei durch das Messingstück *d* voneinander getrennten polarisierten Ankern *a* und *b* zusammengesetzt ist. Die aus weichem

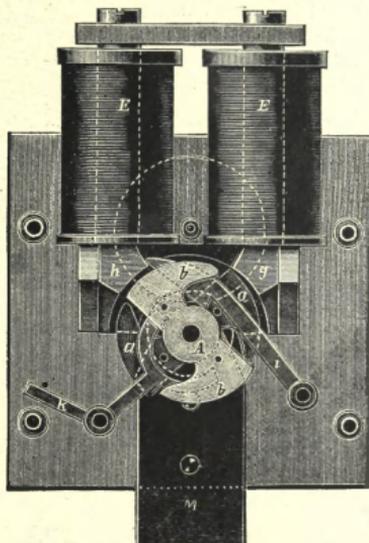


Abb. 84
Nebenuhr von C. Theod. Wagner

Eisen gefertigten Ankerteile sind auf einer Achse *e* (Abb. 85), welche durch die Schenkel des permanenten Magneten hindurchgeht und in den beiden Gestellplatten des Werkes gelagert ist, befestigt und um 90° gegeneinander versetzt.

Unter dem Einflusse des permanenten Magneten *M* werden die Anker beständig magnetisiert und erhalten an ihren Enden den Magnetismus der ihnen zunächst liegenden Pole. Ist demnach *e* ein Nord- und *f* ein Südpol (Abb. 85), so ist *a* ein Nord- und *b* ein Südpol. Die Anker behalten natürlich stets die gleiche Polarität, ein Wechsel der letzteren findet nur in dem Elektromagneten statt, indem je nach der Richtung des Stromes die Polschuhe *g* und *h* abwechselnd Nord- bzw. Südpole werden.

Jeder Polschuh ist so breit, daß er, wie aus Abb. 84 hervorgeht, beide Teile des rotierenden Ankers überdeckt. Nach der in Abb. 84 veranschaulichten Stellung muß zum Fortbewegen des Ankers der Polschuh *h* ein Südpol und der Polschuh *g* ein

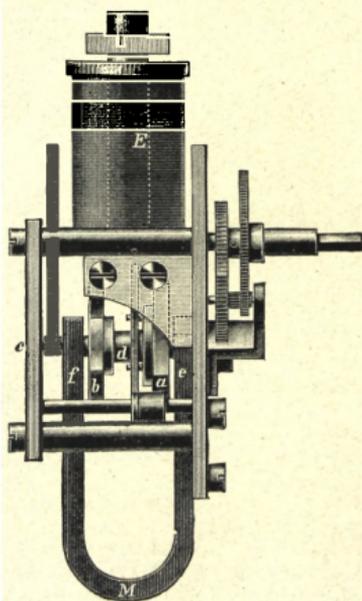


Abb. 85
Nebenuir von C. Theod. Wagner (Seitenansicht)

Nordpol werden, wodurch der süd magnetische Teil *b* des rotierenden Ankers von *h* angetrieben, der nord magnetische Teil *a* aber angetrieben wird. Gleichzeitig wird nach dem Nordpol *g* der Ankerteil *b* angetrieben und der Teil *a* abgestoßen. Infolge dieses doppelten Antriebes und Abtriebes beschreibt der Anker einen Weg von 90° und kommt dadurch in seine zweite Stellung. Wird ein dem vorhergehenden Strom entgegengesetzt gerichteter Strom in die Drahtspulen des Elektromagneten geschickt, so wird *g* ein Südpol und *h* ein Nordpol. Die Wirkung ist jetzt die, daß der Nordpol *h* den Südpol des Ankers *b* antreibt und den Nordpol des Ankers *a* abstößt, während der Südpol *g* den Nordpol *a* antreibt und den Südpol *b* abstößt. Diese alle Minuten stattfind-

dende Drehung des Ankers wird durch das an der Achse c befindliche Trieb auf das Zeigerwerk übertragen.

Der Anker wird nach jedesmaliger Umdrehung infolge der eigenartigen Form der beiden Ankerteile in seiner Stellung dadurch festgehalten, daß die Ankerteile durch ihre magnetische Kraft auf die Polschuhe des Elektromagneten einwirken. Selbst heftige Erschütterungen sind nicht imstande, die Stellung des Ankers zu verändern.

Eine besondere Sperrvorrichtung wäre also nicht mehr notwendig. Um jedoch vollkommene Sicherheit in dem Einstellen des Ankers zu erzielen, ist zwischen den beiden Ankerteilen eine besonders konstruierte Sperr- und Fangvorrichtung angebracht, welche das Zurückgehen des Ankers selbst bei kurzem Kontaktsschlusse unmöglich macht und das Vorgehen des Ankers auch bei sehr starken Strömen verhindert.

Aus vorstehendem ist ersichtlich, daß das Werk durch Stromwechsel betrieben wird, wodurch die bei Gewittern auftretende atmosphärische Elektrizität keine Unregelmäßigkeiten in der Zeitangabe hervorruft. Durch den Stromwechsel wird der remanente Magnetismus in dem Elektromagneten unschädlich gemacht.

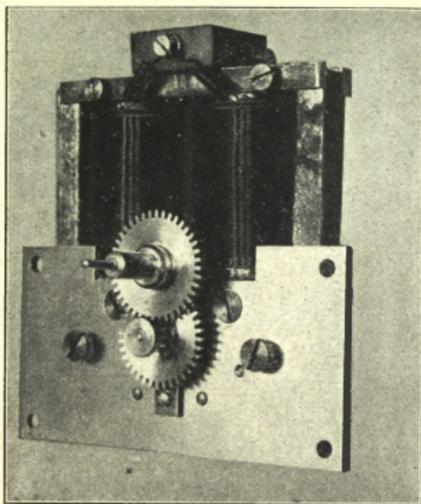


Abb. 86
Nebenuhr von C. Bohmeyer (Vorderansicht)

System C. Bohmeyer.

Die Nebenuhren der Firma C. Bohmeyer in Halle a. S. sind mit dem in Abb. 86 und 87 dargestellten Triebwerke ausgerüstet. Die Schenkel des Elektromagneten mit den Polschuhen und der zweischenkellige rotierende Anker sind durch zwei kräftige Dauermagnete so polarisiert, daß der Anker die entgegengesetzte Polarität des ihm gegenüberstehenden Polschuhes hat. Durch Stromstöße wechselnder Richtung wirkt der eine Polschuh auf den Anker antreibend, der andere aber abtreibend. Der rotierende

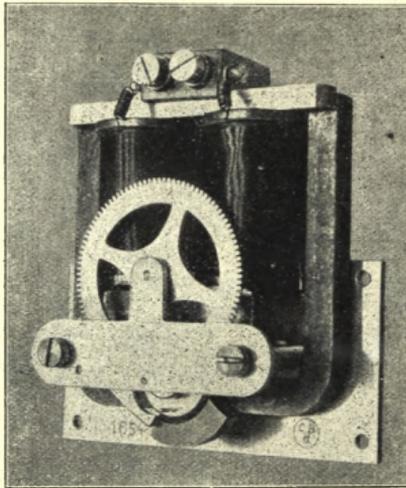


Abb. 87
Nebenuhr von C. Bohmeyer (Rückansicht)

Anker macht infolgedessen bei jedem Stromschlusse eine Bewegung von 90° , also einer Viertelumdrehung. Um die Größe der Drehung sicher zu begrenzen, ist ein Fanghebel angeordnet. Derartige elektrische Zeigerwerke werden für Zifferblatt-Durchmesser von 3 bis 4 m und größer gebaut. Atmosphärische Elektrizität kann falsche Angaben des Werkes nicht herbeiführen. — Das Modell kann für sehr kleine, flache Uhren verwendet werden. Die Bauart wurde so gestaltet, daß möglichst wenig Metall erforderlich ist.

System Siemens & Halske A. G.

Der durch einen permanenten Magneten *g* (Abb. 88 und 89) polarisierte Eisenanker *c*, der seinen Drehpunkt in *i* hat, wird durch die Einwirkung des Elektromagneten *f* in hin- und herschwingende Bewegung versetzt. Am Anker *c* sind die um die Punkte *k* und *l* drehbar beweglichen Klinke *d* und *e* angebracht, welche derart wirken, daß bei Bewegung des Pendelankers *c* nach links die Klinke *d* das Schaltrad *a* schiebt, bei entgegengesetzter Bewegung des Ankers dagegen die Klinke *e* das Rad

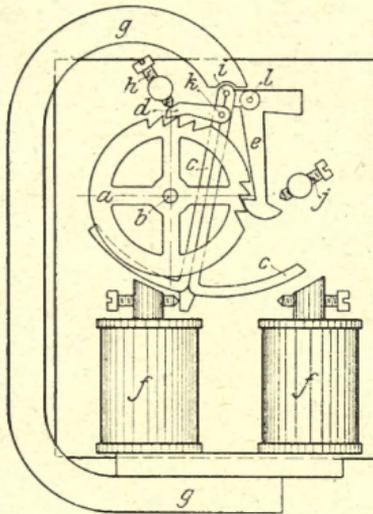


Abb. 88

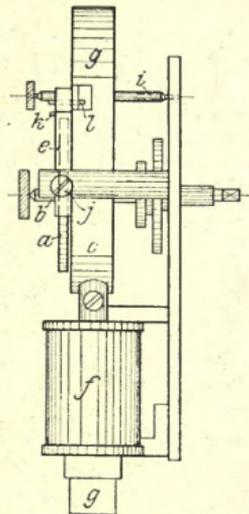


Abb. 89

Nebenuhr von Siemens & Halske A.-G.

in derselben Richtung zieht. Durch die Form des Ankers *c* ist ein sehr großer Hebelarm möglich, und das Verhältnis der Hebelarmen der Drehpunkte *k* und *l* zur Länge des Ankers ist insofern äußerst günstig, als dadurch das Schaltrad *a* und mit diesem die Zeiger sehr langsam vorwärtsbewegt werden und durch die Länge des Ankers der Elektromagnet eine sehr geringe Kraft zur Bewegung der Zeiger braucht. Um das Schaltrad *a* und mit diesem die Zeiger nach jeder Richtung zu sperren, werden zweckmäßig regulierbare Anschläge, *h* und *j*, vorgesehen, gegen welche die Klinke *d* und *e* beim Ausschlagen des Ankers anschlagen.

Die Schaltung einer elektrischen Uhrenanlage mit den eben beschriebenen Nebenuhren ist für Batteriebetrieb in Abb. 90 und für Akkumulatorenbetrieb in Abb. 91 dargestellt. Die Schaltungen sind wohl ohne weitere Erklärungen verständlich.

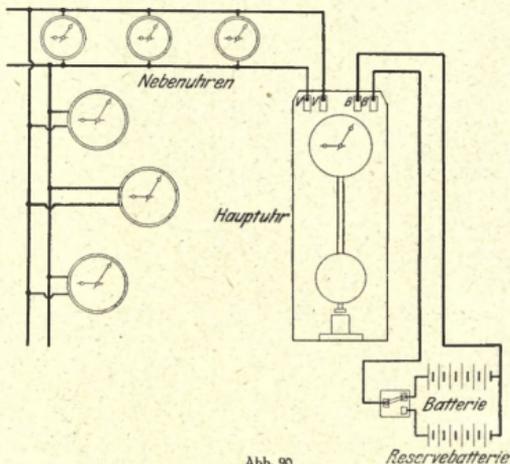


Abb. 90

Schaltung einer elektrischen Uhrenanlage mit Batteriebetrieb von Siemens & Halske A.-G.

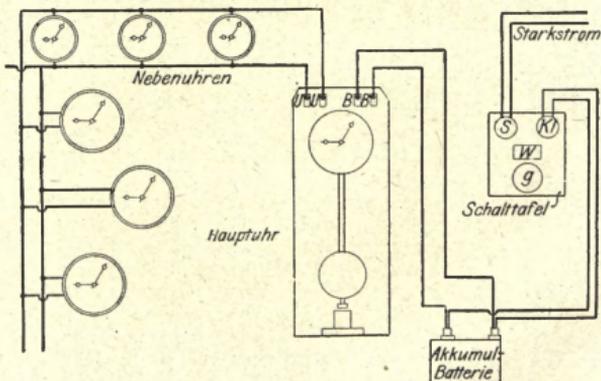


Abb. 91

Schaltung einer elektrischen Uhrenanlage mit Akkumulatorenbetrieb von Siemens & Halske A.-G.

System der A.E.G. Elektro-Uhr G. m. b. H.

Für Schwachstrom verwendet die Gesellschaft ein polarisiertes Werk, bei dem im Felde eines starken Stahlmagneten sich zwei flache Drahtspulen ohne Eisenkern schwingend je nach der Stromrichtung hin- und herbewegen. Diese Bewegung wird vermittels eines einfachen Ankers direkt auf das Steigrad und von diesem auf das Zeigerwerk übertragen. Es ist also kein eiserner Anker, auch kein polarisierter Eisenkern mit Drahtspule vorhanden. Der Stromkreis ist hierbei praktisch induktionsfrei, sodaß die Kontakte keinen Öffnungsfunken in der Hauptuhr erhalten. Die Abb. 92 zeigt die Rückansicht einer solchen Nebenuhr mit der äußerst einfachen Treibvorrichtung. Die beiden Spulen sind flach gewickelt und bewegen sich in einem verengerten Felde, indem der eine Schenkel des Magneten entsprechend gekröpft ist.

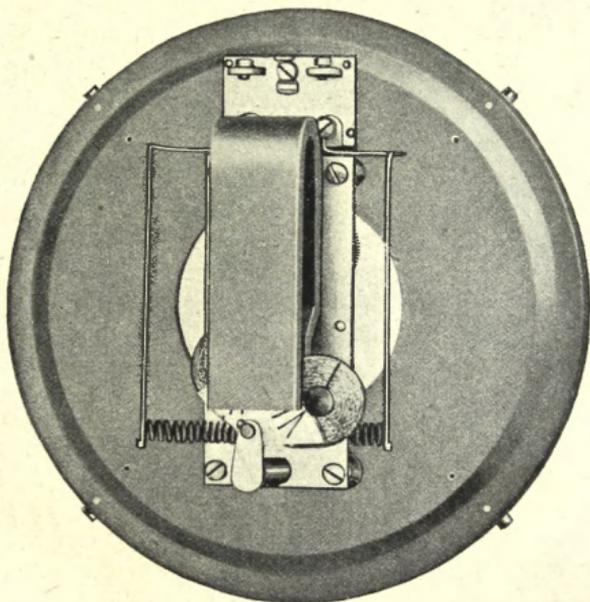


Abb. 92
Nebenuhr der A. E. G. Elektro-Uhr G. m. b. H.

Für Starkstrom kommt ein elektrisch aufgezo-
genes Gangwerk mit Ankergang zur Verwendung, das mit jeder üblichen
Spannung bis 250 Volt betrieben werden kann. Es wird in der
schon früher beschriebenen Weise stündlich richtig gestellt und
kann auch mit Rückkontrolle durch die Regulierleitung ver-
sehen werden.

System der Deutschen Magneta A. G.

Ueber einem polarisierten Elektromagneten schwingt eine
eiserne Ankerplatte, welche abwechselnd von den beiden Elektro-
magnetschenkeln auf- und abbewegt wird. An dem Magnetanker
befindet sich oben ein Hebel, der in eine kleine Blattfeder endigt,
die sich in einer Gabel des Hemmungsankers bewegt. Das Gang-
rad hat derartig gekrümmte Zähne, daß die Stifte des Ankers es
beim Eingreifen um je einen Zahn fortschieben. Diese Bewegung
entspricht dem Umlaufe des Minutenrades, und durch ein Zwischen-
rad mit Trieb wird das Stundenrohr bewegt.

Der Elektromagnet ist in der Weise polarisiert, daß das Ver-
bindungsjoch der beiden Eisenkerne auf einem rechtwinklig ge-

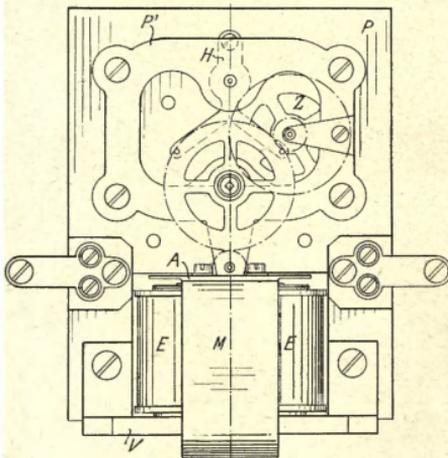


Abb. 95

Nebenehr der Gesellschaft Magneta

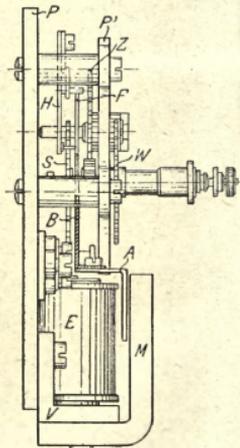


Abb. 94

bogenen Stahlmagneten sitzt und der Anker einen umgebogenen (in Abb. 94 sichtbaren) Lappen hat, welcher nahe am oberen Ende des Stahlmagneten anliegt, ohne es zu berühren. Die Bewegungen des Magnetankers werden durch einen federnden Hebel, der sich in einer kurzen Gabel bewegt, auf den Graham-Anker und das Gangrad übertragen. Die Verbindungsklemmen der Elektromagnetspulen sind zu beiden Seiten des Werkes isoliert befestigt.

Die Gesellschaft Magneta hat in verschiedenen Staaten Zweiggeseellschaften gegründet, u. a. auch eine deutsche Gesellschaft. Diese vermietet sowohl Nebenuhren, deren Zentrale sie selbst betreibt, als auch Hauptuhren.

In den Abb. 93 und 94 ist das Triebwerk der Nebenuhr in Vorder- und Seitenansicht dargestellt. Zwischen den Werkplatten *P* und *P'* sind das Gangrad *S* und der Graham-Anker *H* sowie das Zwischenrad *Z* mit ihren Achsen gelagert. Auch die Welle des Ankers *A* bewegt sich zwischen den Werkplatten. Der an der Magnetankerplatte angebrachte Arm *B* trägt oben eine feine Feder *F*, die am oberen Ende vermittels einer feinen Gabel den Graham-Anker bewegt. Die Eisenkerne des Elektromagneten *E* sitzen auf der gemeinsamen eisernen Grundplatte *V*, die auf dem Stahlmagneten *M* verschraubt ist. Die Welle des Gangrades ist zugleich die Minutenzeigerwelle. Sie bewegt mittels eines Triebes das Zwischenrad *Z*, dessen Trieb direkt in das Stundenrad eingreift. Bei der eigenartigen Gestaltung der Gangradzähne, die durch die Stifte des Graham-Hakens bei jedem Hube um einen Zahn weitergeschoben werden, sind irgendwelche Sperrvorrichtungen nicht erforderlich. Der Magnetanker macht einen hin- und hergehenden Hub von nur $\frac{1}{2}$ mm über den Eisenkern des Elektromagneten.

System Peyer, Favarger & Cie.

Die Abb. 95 und 96 zeigen zwei Triebvorrichtungen der Firma Peyer, Favarger & Cie. in Neuchâtel mit rotierendem Anker, der durch einen Stahlmagneten *N S* polarisiert ist. Der Anker in Abb. 95 hat 30 Zähne, der in Abb. 96 nur 5 Zähne. Ströme wechselnder Richtung bewirken die Drehung des Ankers in ein und demselben Sinne.

Das gesamte Werk der Triebvorrichtung mit 30 Sperrzähnen ist in Abb. 95 dargestellt. Das Schaltrad *a* aus weichem Eisen trägt vorn das Minutenrad und springt bei jedem Stoße, der von der Hauptuhr ausgeht, um einen halben Zahn weiter. Das sprungweise Fortschreiten des Schaltrades *a* wird durch eine besondere Form und Stellung der beiden Polschuhe *p* des Elektromagneten *E* zu den Zähnen des Schaltrades *a* erreicht. Die Spitzen der Polschuhe *p* sind nämlich so eingestellt, daß die Halbmesser vom Mittelpunkte des Rades nach den Spitzen der Polschuhe

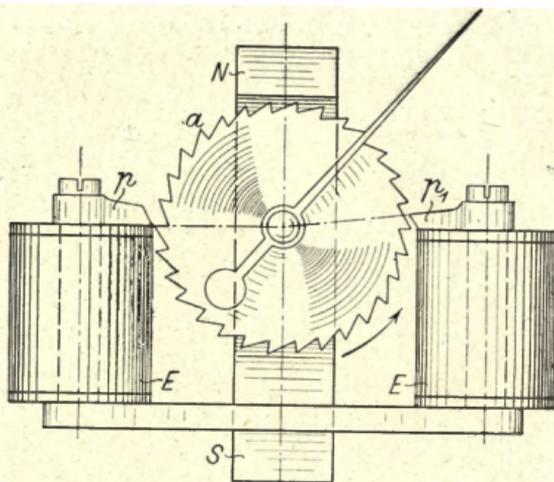


Abb. 95
 Triebfeder für Nebenuhren von A. Favarger

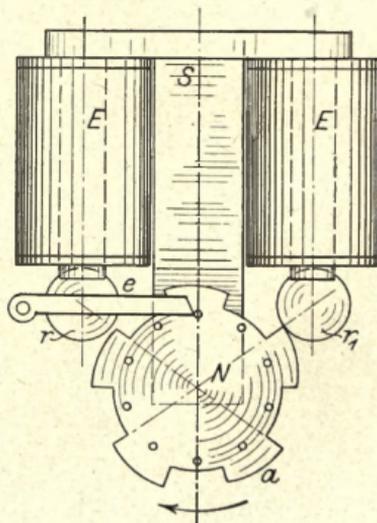


Abb. 96
 Triebvorrichtung für Nebenuhren von A. Favarger

einerseits auf eine Zahnspitze von *a* und andererseits in die Mitte zwischen zwei Zähne fallen. Der hufeisenförmige Stahlmagnet *NS* gibt dem Schaltrade *a* und den Polschuhen *p* entgegengesetzte Polarität. Eine Gesperr ist bei dieser Bauart nicht vorhanden. Das Schaltrad wird lediglich durch die magnetische Kraft an der richtigen Stelle festgehalten. Die Winkelbewegung des Rades *a* beträgt nur 6° . Infolgedessen ist die lebendige Kraft des in Bewegung versetzten Schaltrades so gering, daß immer dem einen oder anderen Polschuhe eine Spitze des Rades *h* genau gegenübersteht. Der Betrieb eines solchen Zeigerwerkes ist geräuschlos, weil klappende Sperrklinken oder Kontakte nicht vorhanden sind.

Die andere Konstruktion (Abb. 96) ist nach der gleichen Grundlage ausgeführt. Ein Unterschied liegt lediglich darin, daß das Schaltrad *h* nur 5 Zähne besitzt. Es muß daher zwischen Schaltradachse und Minutenwelle eine Uebersetzung von 1 : 6 eingefügt werden. Die Konstruktion ist besonders für Schaufenster- und Straßenuhren mit größeren Zeigern geeignet. Die Polschuhe des Elektromagneten haben die Form runder Scheiben und stehen seitlich über die Drahtspulen *E* etwas hervor. Die Winkelbewegung des Schaltrades *a* beträgt 36° , es hat also eine größere lebendige Kraft als die vorige Bauart und bedarf daher eines Sperr- und Bremshebels *c*, der auf 10 Stifte des Rades *a* einwirkt.

Die Uebertragung der Bewegung des Magnetankers auf das Zeigerwerk ist aus Abb. 97 ersichtlich.

System der Aron Elektrizitäts-Gesellschaft.

Für den Betrieb von Nebenuhren verwendet die Gesellschaft H. Aron einen polarisierten Elektromagneten *EE* (Abb. 98) mit schwingendem Anker *A*, dessen Bewegungen vermittels zweier Klauen *k*₁ u. *k*₂ ein Schaltrad *S* fortschalten. Für Uhren mit beleuchtetem Zifferblatte, die im Freien hängen sollen, wird dieses

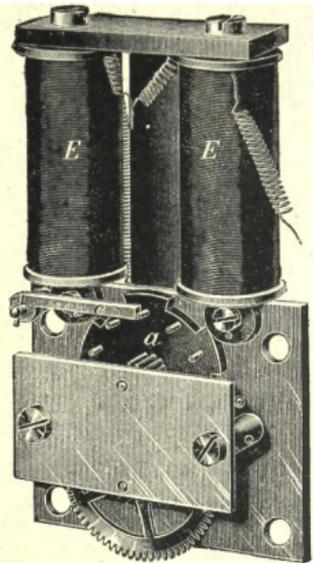


Abb. 97
Nebenuhr von Peyer, Favarger & Cie.

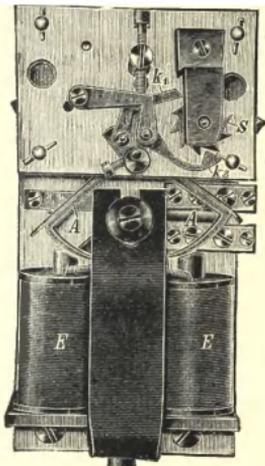


Abb. 98
Nebenuhr von H. Aron

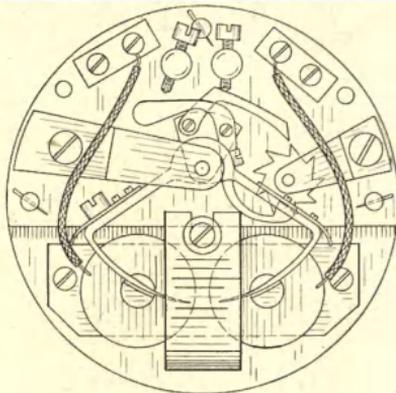


Abb. 99
Nebenuhr von H. Aron

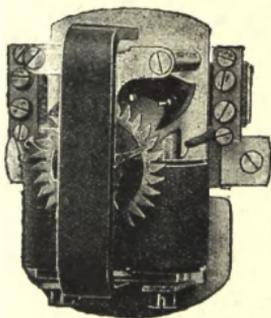


Abb. 100
Nebenuhrwerk für bis zu 100 cm
Zifferblatt von Aron Elektr.-Ges.

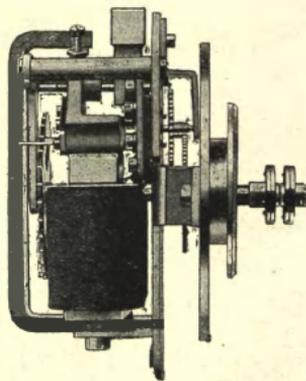


Abb. 101
Nebenuhrwerk für transparente Zifferblätter bis
100 cm von Aron Elektr.-Ges.

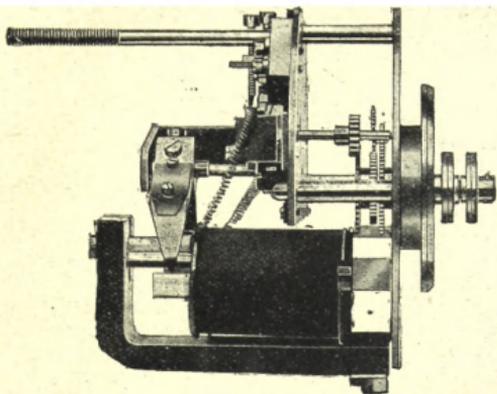


Abb. 102
Nebenuhrwerk für transparente Zifferblätter bis 200 cm von Aron Elektr.-Ges.

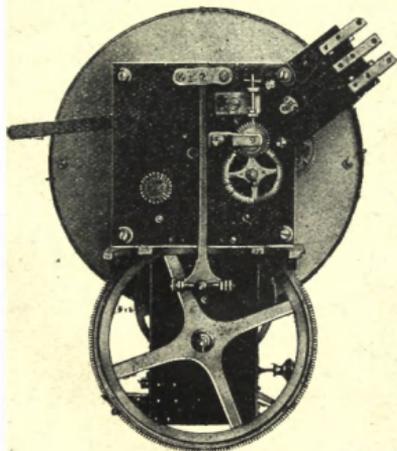


Abb. 103
Werk einer Hauptuhr von Aron Elektr.-Ges.

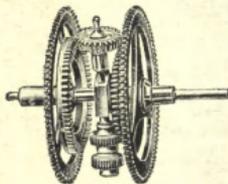


Abb. 104
Planetenrad-Oetriebe
von Aron Elektr.-Ges.

Triebwerk in runder Form gebaut (Abb. 99) und in einem wasserdichten Gehäuse fest verschlossen.

Neuerdings baut die Gesellschaft Aron noch einige andere Modelle von Nebenuhren. Die Abb. 100 zeigt ein Werk für Uhren bis zu 100 cm Zifferblattdurchmesser mit polarisiertem Elektromagneten und Anker, der ähnlich wie bei dem Grahamschen Haken das Zeigerwerk fortschaltet. Für transparente Zifferblätter bis 100 cm Durchmesser dient die Ausführung Abb. 101. Hier trägt der Anker Stifte, welche in ein Scheiograd eingreifen. Nebenuhren mit Zifferblättern bis zu 200 cm Durchmesser erhalten die Bauart Abb. 102, bei der Schubklauen wie in Abb. 98 der älteren Konstruktion angewendet sind.

Die Hauptuhr zur Abgabe der Stromstöße wechselnder Richtung hat seitwärts angebaute Kontaktfedern, Abb. 103, zwischen denen sich ein Exzenter dreht. Er wird vom Uhrwerke alle Minuten einhalbmal herumgedreht und kommt abwechselnd mit einer der beiden Federn in Kontakt. Zum Betriebe des Uhrwerkes als auch des Laufwerkes dient dieselbe Feder des zuvor schon beschriebenen Aufzuges. Dies ist dadurch ermöglicht, daß Uhrwerk und Laufwerk durch ein Planetenradgetriebe Abb. 104 verbunden sind. Es sind also bei dieser Einrichtung nicht zwei Antriebsvorrichtungen erforderlich.

Die Schaltung einer Zentraluhrenanlage mit den zuvor beschriebenen Einrichtungen zeigt Abb. 105. Die beiden Elemente zum Betriebe der Uhr und des Laufwerkes für die Stromstöße sind im Gehäuse untergebracht. Für den Betrieb der Nebenuhren dient eine außerhalb aufgestellte zweite Batterie.

System Riefler.

Zur Regulierung (Synchronisation) von Nebenuhren, zur Aufzeichnung der Pendelschwingungen der Hauptuhr durch den Chronographen oder zum Betriebe von Sekundenklopfern wird an den Hauptuhren eine Kontaktvorrichtung angebracht, welche Zeichen im Abstände von ein oder zwei Sekunden (Stromschlüsse) gibt. Auf der Gangradwelle ist ein Kontaktrad angebracht, dessen schräg stehende, sägeförmigen Zähne bei der Drehung des Rades einen Kontakthebel bewegen, so daß der Stromkreis so lange unterbrochen bleibt, als die einzelnen Zähne den Kontakthebel anheben. Beim Einsekundenkontakt hat das Kontaktrad 60 Zähne und gibt bei jeder Sekunde Stromunterbrechungen von einigen Hundertstel Sekunden. Der Stromkreis ist in der übrigen Zeit geschlossen; die Einrichtung arbeitet also mit Ruhestrom. Beim Zweisekundenkontakte hat das Kontaktrad 30 Zähne, und die Stromunterbrechungen finden jede zweite Sekunde statt. Der

Beginn der Minute wird in der Weise angezeigt, daß an entsprechender Stelle ein Kontaktzahn herausgenommen ist, so daß die Markierung nun unterbleibt. — Zur Vermeidung der Funkenbildung an dem Kontakte ist eine Nebenschlußspule von hohem Widerstande eingeschaltet.

Für den Betrieb von Nebenuhren, welche ein selbständiges Triebwerk haben, und nur elektromagnetisch in ihren Schwingungen reguliert werden, ist ein Unterbrecherkontakt angeordnet, bei welchem der Stromkreis bei Beginn der geraden Sekunden (während

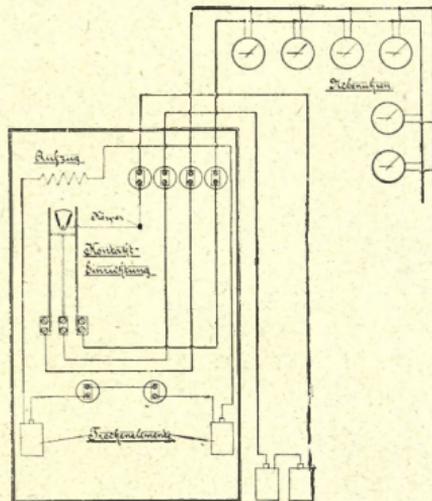


Abb. 105
Zentral-Uhren-Anlage von Aron Elektr.-Ges

die Pendel nach links schwingen) geschlossen und bei den ungeraden Sekunden (während die Pendel nach rechts schwingen) offen ist. Um den Beginn der Minute anzuzeigen, findet bei der Sekunde „null“ keine Stromunterbrechung statt.

Unten am Pendel der zu regulierenden Nebenuhr ist an einem seitlichen Arme ein eiserner Anker befestigt, welcher bei den Pendelschwingungen den eisernen Schenkeln eines Elektromagneten sehr nahe kommt. Jede zweite Sekunde, während welcher das Pendel nach dem Elektromagneten zu schwingt, wird der Strom geschlossen und bei der entgegengesetzten Schwingung ist er geöffnet. Es genügt ein Strom von 4 bis 8 Milliampere für die Regulierung der

elektrisch angetriebenen Nebenuhren, während elektrische Zeigerwerke 12 bis 15 Milliampere erfordern. Da der Kontakt der Hauptuhr nicht direkt vom Pendel, sondern von der Welle des Gangrades betätigt wird, so ist die Beeinflussung des Pendels äußerst geringfügig. Die für den Betrieb von elektrischen Zeigerwerken erforderlichen Kontakte und Polwechsel verlangen viel mehr Kraft. Da die Pendel der Nebenuhren auch bei Unterbrechungen weiter-schwingen, so wird bei dieser Einrichtung eine große Betriebs-sicherheit erreicht. Die Nebenuhren sind so reguliert, daß sie täglich 1 bis 2 Sekunden voreilen, falls der Strom unterbrochen wird. Die Schwingungsphasen der beiden Pendel sind gegenseitig etwas verschoben, so daß das Pendel der Nebenuhr einige Zehntel-sekunden später als das der Hauptuhr abfällt. Mit einer Batterie von 4 Volt Klemmenspannung kann man bis zu 12 Nebenuhren in einem Stromkreise regulieren. Kleine Ungleichheiten im Tempo der Sekundensignale entstehen durch unvermeidliche kleine Teilungsfehler der Zahnräder, die einen mittleren Fehler von 0,003 Sekunden ergeben, was selbst bei Sternwarten kaum in Betracht kommt.

Die Nebenuhren werden gewöhnlich in staubdichtem Gehäuse durch mehrere Bolzen an einer starken Wand befestigt. Die Rückwand ist an starken Mauerdübeln fest verschraubt. Das Gehäuse läßt sich von der Rückwand völlig abheben, so daß das Uhrwerk leicht zugänglich ist.

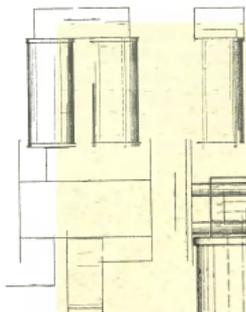
Die Turmuhr als Nebenuhr.

Turmuhren, welche an das Leitungsnetz einer Hauptuhr angeschlossen werden sollen, richtet man gewöhnlich für „gemischten Betrieb“ ein, d. h. die Uhr kann mit Grahamgang und Pendel als selbständige Uhr oder mit elektrischer Auslösung als Nebenuhr betrieben werden. Im letzteren Falle wird der Hemmungsanker samt Pendel ausgerückt, und das Räderwerk dient lediglich als Laufwerk, das alle Minuten ausgelöst wird. Diese Art des Betriebes wendet man gewöhnlich für sehr große Zifferblätter in Verbindung mit einer Zentraluhrenanlage an

Die Abb. 106 und 107 zeigen ein Auslösungswerk für Turmuhren aus der Fabrik von J. F. Weule in Bockenem a. H. das ähnlich wie die Nebenuhr von Grau-Wagner konstruiert ist. Zwischen den Schenkeln des Elektromagneten EE und des Dauermagneten M drehen sich um eine gemeinsame Welle zwei rechtwinklig einander kreuzende, Z-förmige eiserne Anker A und A' , welche sich zufolge zweier Fangvorrichtungen o und o' nur im Sinne der Uhrzeiger drehen können.

Auf der Magnetankerwelle (vgl. auch Abb. 108) vorn ein Trieb i mit vier Stiften, welche bei jedesmaliger Drehung des Ankers

einen Hebel *e* herabdrücken, der durch eine Schraubendrehung *f* gegen die Stifte angedrückt wird. Dieser Hebel *e* sitzt auf einer Welle *w* fest, welche eine nach unten zeigende Gabel *l* trägt, die beim Herabdrücken des Hebels *e*, in der Pfeilrichtung verschoben wird. Der Stift *a* an dem Hebel *h*, der sich um den Zapfen *b* dreht, liegt zunächst gegen den längeren Gabelzinken, fällt bei der Bewegung



der Gabel auf den kürzeren Zinken und gelangt schließlich beim Rückwärtsgange der Gabel in diese hinein, das Gewicht *g* (Abb. 108) am anderen Ende des Hebels *h* den Stift *a* nach oben drückt. Die Welle *h* hat in der Mitte eine Verstärkung *o*, welche bis zur Hälfte ausgeschlitten ist. Gegen diese Verstärkung legt sich der Tipper *t* an, welcher auf der Welle des Gangrades der Uhr belastigt ist. Fällt der Stift *a* in die Gabel ein und dreht sich die Verstärkung *o* um die Welle *h*, so wird *t* frei

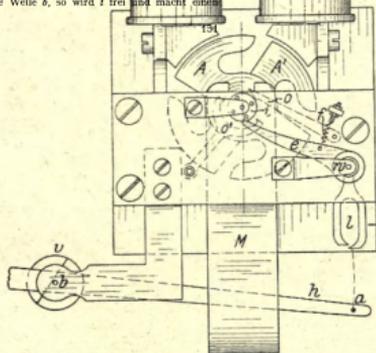


Abb. 106

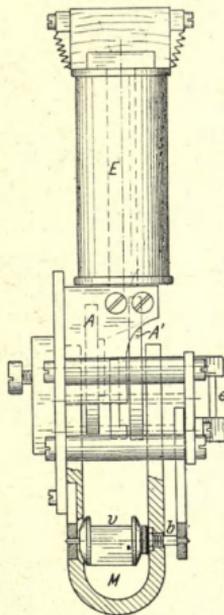


Abb. 107

Nebenuhr von J. F. Weule

Umgang mit dem Gangrade. Hierdurch wird das Uhrwerk um eine Minute weitergetrieben. Damit t von v wieder festgehalten wird, muß Stift a nach unten bewegt, das Gewicht g also gehoben werden, so daß t wieder gegen die Verstärkung v der Welle b schlägt. Für diesen Zweck trägt der Tipper t in einem Schlitz verschiebbar den Stift s , welcher bei der Drehung des Gangrades unter den

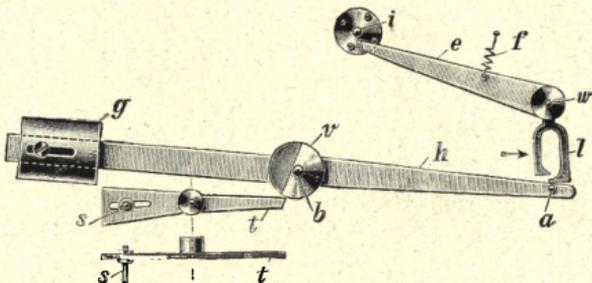


Abb. 108

Auslösung für elektrische Turmuhren von J. F. Weule

Hebel h greift und dadurch g hochhebt, also den Stift a aus der Gabel herausbewegt. Damit der Umlauf des Gangrades und der Anschlag von t gegen v nicht zu schnell erfolgt, ist ein Windfang angeordnet.

Der Antrieb dieser Auslösevorrichtung wird, wie bei den Nebenuhren üblich, durch Gleichstrom wechselnder Richtung bewirkt, worüber wir schon an anderer Stelle gesprochen haben.

* * *

Überschauen wir nochmals das soeben besprochene Gebiet, so ergeben sich folgende

Vorzüge der elektrischen Nebenuhren

Es gibt Anwendungsgebiete, auf denen nur elektrische Uhren verwendet werden können, z. B. wenn es notwendig ist, mehrere Uhren aufzustellen, welche auf eine Minute genau dauernd die gleiche Zeit anzeigen sollen. Handelt es sich darum, Uhren hoch über dem Boden oder an schwer zugänglichen Stellen anzubringen, so ist das Aufziehen und Regulieren mechanisch betriebener Uhrwerke oft schwierig oder ohne besondere Vorkehrungen nicht möglich. Sollen Uhren in Räumen aufgestellt werden, die hohe Temperatur haben, so eignen sich mechanisch betriebene Uhrwerke

auch nicht hierfür. Elektrische Uhren können jahrelang ohne Nachhilfe betrieben werden, wenn die Stromquelle gehörig unterhalten ist. Mechanische Werke müssen aufgezogen und von Zeit zu Zeit geölt und gereinigt werden. Elektrische Triebwerke bedürfen einer nur sehr geringen Wartung und können, wenn erforderlich, in sehr feuchten Räumen, ja unter Wasser betrieben werden. Aus diesen Vorzügen ergibt sich der Verwendungszweck besonders für öffentliche Straßen, Plätze und Gebäude, z. B. Bahnhöfe, Türme, Verwaltungsgebäude, Lehranstalten, Fabriken, Krankenhäuser, Markthallen usw.

4. Signaluhren und Reguliervorrichtungen

Allgemeines

Die Einrichtungen zur Uebermittlung von Zeitsignalen sind je nach deren Zweck sehr verschieden, so daß wir hier nicht alle beschreiben können. Vielfach werden derartige Zeitsignale auch mit Stell- und Reguliervorrichtungen verbunden, wie wir sie bereits bei den Zentraluhrensystemen kennen gelernt haben. In Fabriken, Schulen und industriellen Betrieben genügen oft schon Signale durch Glocken, Dampfpfeifen oder Sirenen. Im Eisenbahnbetriebe verlangt man sehr genaue Angabe der richtigen Zeit. Noch genauere Angaben erfordern die Sternwarten und die Zeitball-Stationen. Als Warnungssignal an Hafeneinfahrten verwendet man Signale großer Turmglocken. Alle diese Signaleinrichtungen können durch elektrische Kraft in Tätigkeit gesetzt werden.

An den deutschen Seeküsten bestehen Zeitsignalestationen, um den auf der Fahrt oder in den Häfen befindlichen Schiffen genaue Zeitangaben zu übermitteln. Auf einem hohen, für die Schiffe weithin sichtbaren Gerüste befindet sich ein Zeitball, eine Kugel von über einem Meter Durchmesser, die einige Minuten vor der Signalzeit hochgezogen und zu dem genauen Zeitpunkte des Signales (um 12 und 1 Uhr mittags) zufolge elektrischer Auslösung auf einer Stange ein Stück heruntergleitet. Die Genauigkeit der Auslösung des Zeitballes durch die Sternwarten ist bis auf Bruchteile von Sekunden richtig und wird zur Kontrolle der Schiffs-Chronometer benützt, deren berichtigte Angaben zur Ortsbestimmung auf dem Meere dienen.

So wird z. B. der Zeitball in Bremen völlig selbsttätig von der Berliner Sternwarte derart ausgelöst, daß die elektrische Verbindung zwischen der Hauptuhr der Berliner Sternwarte und der Pendeluhr der Signalstation in Bremen in der Nacht um

4 Uhr, also zu einer Zeit stattfindet, in welcher geringer Telegrammverkehr herrscht. Die auf diese Weise allnächtlich berichtigte Pendeluhr in Bremen löst während des Tages zu den festgesetzten Signalzeiten den Zeitball im richtigen Zeitpunkte aus. Der fallende Zeitball gibt ein elektrisches Rücksignal, dessen Zeitpunkt mit Hilfe einer von derselben Pendeluhr geregelten Vorrichtung aufgezeichnet wird.

Für die Verteilung genauer Zeitangaben auf den Bahnen der preußischen Eisenbahnverwaltung ist, wie schon beschrieben, auf dem Schlesischen Bahnhofe in Berlin ein Zentralapparat aufgestellt, welcher selbsttätig in den verschiedenen von Berlin ausgehenden Eisenbahn-Telegraphenlinien jeden Morgen um 8 Uhr ein auf allen Stationen des Bahnnetzes wahrnehmbares Zeitsignal verteilt. Die Gesellschaft „Normal-Zeit“ in Berlin, die diese Anlage errichtet hat, darf auch die Zeitsignale des Eisenbahndienstes in Städten zur selbsttätigen Uhrenregulierung benützen und ist dadurch in die Lage versetzt, von Berlin aus auch nach anderen Orten im Anschlusse an ihre, von der hiesigen Sternwarte richtiggehaltene Zentraluhr genaue Zeitangaben zu verbreiten.

Die zunehmende Ausbreitung der Verteilung richtiger Zeit auf elektrischem Wege wird von vielen Uhrmachern immer noch als eine ihr Gewerbe „schädigende Konkurrenz“ angesehen. Es ist zuzugeben, daß in vielen Fällen durch die Einführung der zentralen Uhrenregulierung die Anschaffung einzelner Uhren und die bisher dem Uhrmacher anvertraute Ueberwachung des Aufziehens und des Ganges überflüssig gemacht und dadurch der Erwerb des Uhrmachers v o r ü b e r g e h e n d vermindert wird. Andererseits aber wird der Uhrmacher von der größeren Zuverlässigkeit der öffentlichen Zeitangaben und von der Ausbreitung der öffentlichen Zeitverteilung überwiegend Vorteil ziehen. Die Hunderttausende von Stubenuhren können niemals durch eine zentrale Einrichtung reguliert werden. Sie müssen stets, selbst wenn jedes Haus an eine Zentralanlage angeschlossen wäre, auch weiterhin durch den Uhrmacher versorgt werden. Die größeren Ansprüche an die Leistung unserer Wanduhren, welche zufolge leichterer Kontrolle durch Anschlußuhren erhoben werden, können nur dazu beitragen, den Verdienst des Uhrmachers durch Verkauf b e s s e r e r Uhren und also bessere Bezahlung zu erhöhen. Die bessere Uebereinstimmung und Genauigkeit der Zeitangaben im öffentlichen Verkehr und bei der Arbeit wird viele die darin liegenden Vorteile erkennen lassen, und die hierdurch eintretende Mehrbelastung des Einzelnen wird gern hingenommen werden. Die weittragenden Verbesserungen auf allen Gebieten der Technik und des öffentlichen Lebens haben dahin geführt, daß man willig höhere Preise zahlt, wenn man Vorteile erlangen kann.

Signaluhren der Aron Elektrizitäts-Gesellschaft

Die Firma Aron G. m. b. H. in Charlottenburg baut Signaluhren verschiedener Einrichtung. Abb. 109 zeigt die vordere Ansicht (nach Abnahme des Zifferblattes) einer Signaluhr, welche nach Belieben in Abständen von je fünf Minuten Glockenzeichen geben kann. Die äußere Ansicht einer Aronschen Signaluhr mit unter dem Zifferblatte sichtbarer Signalscheibe und Kontaktvorrichtung zeigt Abb. 110.

Für die Zeitsignale müssen zwei Kontakte zusammenwirken, damit überhaupt ein Signal erfolgen kann. So wird in Abb. 111 zwischen 2 und 3 alle fünf Minuten auf zehn bis zwanzig Sekunden ein Kontakt geschlossen, während zwischen 4 und 5 zur gewünschten Zeit ein zweiter Kontakt geschlossen wird. In diesem Augenblicke geht von der Batterie *B* der Strom über *1*, Glocke *G*, Kontakt 2, Hebel 3 über 4 und 5 über 6 zurück.

Die Hauptuhr wird an einer möglichst erschütterungsfreien Wand aufgehängt und genau im Lot unverrückbar befestigt. So-

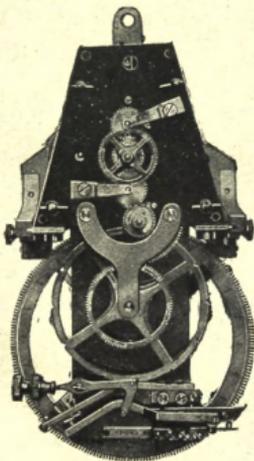


Abb. 109
Signaluhr von Aron Elektr.-Ges.

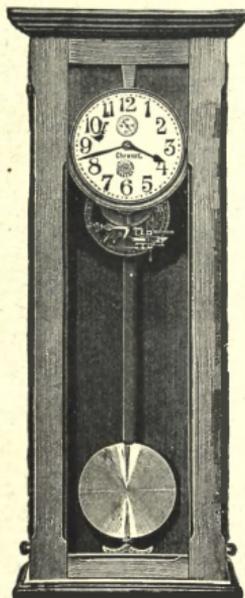


Abb. 110
Signaluhr von Aron Elektr.-Ges.

dann wird die Uhr, nachdem das Pendel eingesetzt ist, durch einen leichten Anstoß desselben in Betrieb gesetzt. Der automatisch-elektrische Aufzug erhält dann die Uhr dauernd ohne weitere Bedienung im Betriebe.

Die Nebenuhren können an beliebigen, auch an sonst unzugänglichen Stellen angebracht werden, da sie vollständig unempfindlich gegen Erschütterungen und Temperaturschwankungen sind. Als Betriebsspannungen bei kleineren Anlagen bis zu sechs

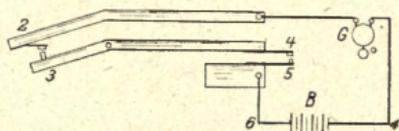


Abb. 111
Zeitsignal-Kontakt von Aron Elektr.-Ges.

Nebenuhren sind 4 Volt, bei größeren Anlagen je nach der Leitungslänge bis zu 12 Volt erforderlich, welche galvanischen Elementen oder Akkumulatoren entnommen werden können. Soll eine größere Anzahl von elektrischen Läutewerken (mehr als fünf) angeschlossen werden, so ist ein Relais vorzusehen, welches von der Signalluhr eingeschaltet wird und den Stromkreis für die Läutewerke schließt.

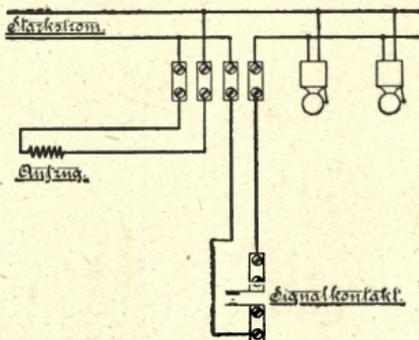


Abb. 112
Signalanlage für Starkstrom von Aron Elektr.-Ges.

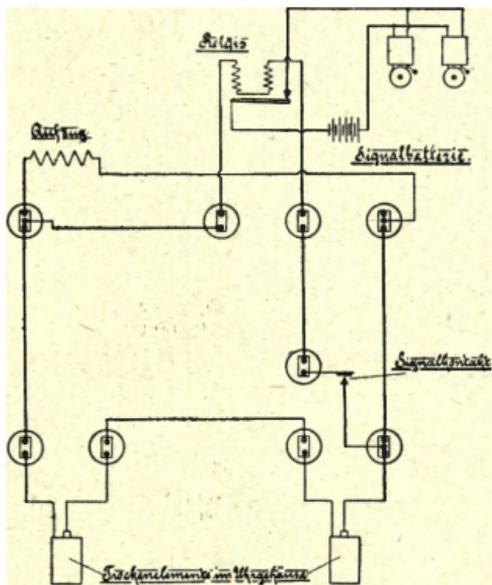


Abb. 113
Signalanlage mit Relais von Aron Elektr.-Ges.

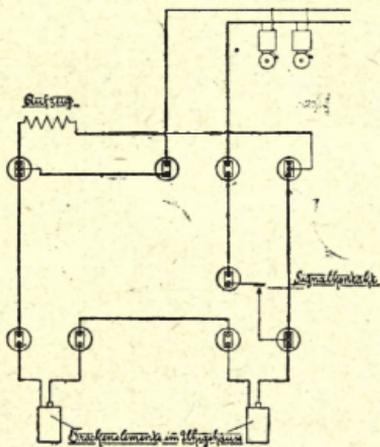


Abb. 114
Signalanlage von Aron Elektr.-Ges.

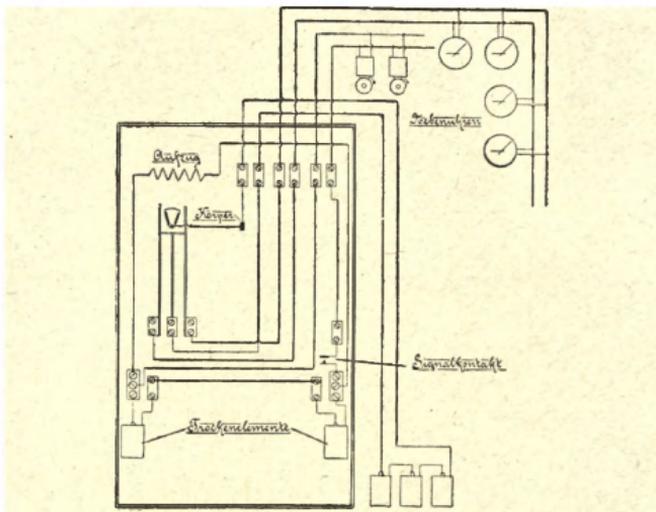


Abb. 115 Kombinierte Zentral-Uhren- und Signal-Anlage mit 4 Leitungen von Aron-Elekt.-Ges.

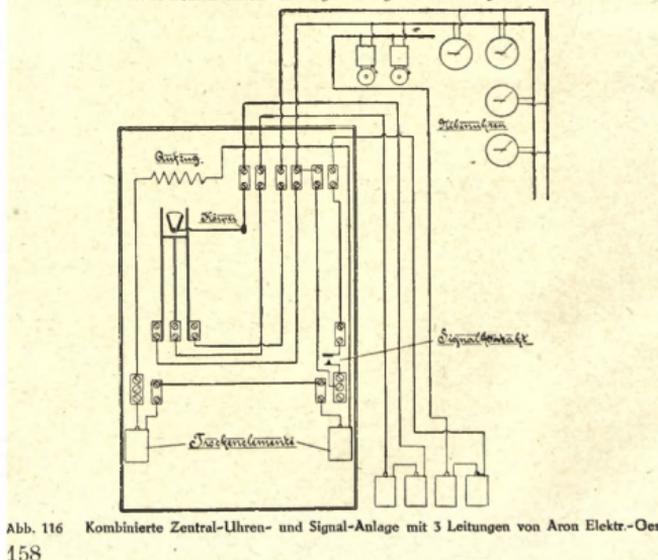


Abb. 116 Kombinierte Zentral-Uhren- und Signal-Anlage mit 3 Leitungen von Aron Elektr.-Ges.

Es wird auch eine Kombination der bereits beschriebenen Haupt- und Signaluhr angewendet. Von der Hauptuhr unterscheidet sie sich nur dadurch, daß die im Gehäuse eingebauten Elemente nicht nur den elektrischen Aufzug, sondern auch die Läutewerke betätigen, während die Batterie für die Nebenuhren gesondert angenommen ist.

Wir wollen nun noch die verschiedenen Schaltungen kennen lernen, welche die Firma Aron bei ihren Signaluhranlagen verwendet. Am einfachsten sind die Verbindungen bei Starkstrom wie in Abb. 112. Der Aufzug ist direkt angeschlossen, während die Glocken den Strom über den Signalkontakt erhalten. Bei Schwachstrom kommen bei einer größeren Anzahl von Glocken zwei Batterien zur Anwendung, Abb. 113. Der Signalkontakt aber betätigt zunächst ein Relais und dieses schließt den Strom für die Glocken. Bei geringer Anzahl von Glocken dient die Batterie, welche den Aufzug betreibt, Abb. 114, gleichzeitig auch zur Betätigung der Wecker.

Sollen jedoch von einer Hauptuhr Nebenuhren und Signalglocken betrieben werden, so kann man bei Schwachstrom zwei verschiedene Schaltungen anwenden. Soll für die Nebenuhren und Glocken die gleiche Batterie dienen, so sind 4 Leitungen wie in Abb. 115 erforderlich. Bei Anwendung getrennter Batterien für Nebenuhren und Glocken genügen 3 Leitungen wie in Abb. 116.

Signaluhr der Möller-Uhr-Gesellschaft m. b. H.

Sehr einfach ist die Signaleinrichtung der Firma Möller-Uhr in Berlin. Es ist nur ein Kontakt vorhanden, welcher durch Bewegung zweier Hebel bewirkt wird. Ein wagrechter Hebel H , an dessen rechtem Ende ein Kontaktstift s sitzt (Abb. 117), wird viertelstündlich emporgehoben. Die Signalscheibe S enthält, den Signalzeiten entsprechend, eingeschraubte Stifte i , welche auf die Nase eines senkrechten Hebels B wirken, den sie ein Stück nach rechts bewegen. Sobald beide Hebel aufeinander treffen, gleitet der Kontaktstift s des wagrechten Hebels H auf einer schrägen, federnden Nase N des senkrechten Hebels entlang. Hierdurch wird der Kontakt geschlossen. Der wagrechte Hebel H hat einen Arm A mit einem Absatze. Sobald der Hebelstift vom ersten Absatze abfällt, erfolgt der Kontaktschluß, der so lange dauert, bis der Hebelstift von dem Arme vollständig abgefallen ist. Die Länge dieses Absatzes begrenzt daher die Läutedauer, welche gewöhnlich auf 15 Sekunden bemessen ist. Für viertelstündliche Signalisierung ist die Signalscheibe S so klein, daß sie vom Zifferblatte vollständig verdeckt wird. Bei größeren Signalscheiben läßt sich auch eine fünfminutliche Signalgebung erzielen.

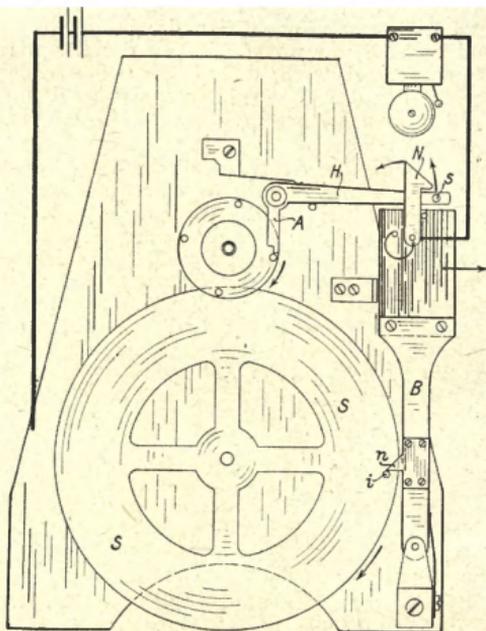


Abb. 117
Schema der Signallehr von Max Möller

Zeitsignallehr der Siemens & Halske A. G.

Die Einführung der mitteleuropäischen Zeit als Normalzeit für den gesamten Eisenbahnbetrieb in Deutschland gab Veranlassung zur Einführung besonderer Apparate, der Zeitsignallehr, welche das täglich an die beteiligten Stationen zu gebende Zeitsignal zur Richtigstellung aller Stationsuhren selbsttätig und präzise übermitteln. Diese Einrichtung besteht im wesentlichen aus einem Chronometer und dem damit verbundenen Zeichengeber, welcher das Signal den Stationen übermitteln.

Das Chronometer, ein Präzisionsuhrwerk mit Riefflerschem Quecksilbersekundenpendel, besitzt eine Kontakteinrichtung, welche alle vierundzwanzig Stunden, und zwar zwei Minuten vor 8 Uhr morgens den Stromkreis des Rufzeichengebers (Abb. 118), in welchem ein Elektromagnet liegt, auf die Dauer von $2\frac{1}{4}$ Minute schließt. Dieser Elektromagnet löst dabei den Sperrhebel einer

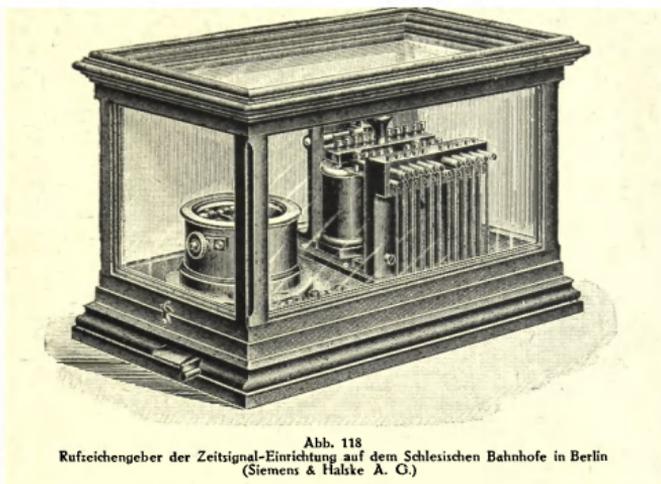


Abb. 118
Rufzeichengeber der Zeitsignal-Einrichtung auf dem Schlesischen Bahnhofe in Berlin
(Siemens & Halske A. G.)

mit regulierter Geschwindigkeit durch Federantrieb umlaufenden Zeichenscheibe aus, und diese gibt, indem sie sich an der Nase eines zweiarmigen Hebels vorbeibewegt, das Anrufs- oder Achtungszeichen „m e z“ (mitteleuropäische Zeit) in die angeschlossenen Leitungen bzw. auf ein oder mehrere Relais weiter.

Jedes Relais unterbricht und schließt einen neuen Stromkreis, in welchen der Elektromagnet eines sogenannten General-tasters eingeschaltet ist (Abb. 119). Dieser Taster, der im Not-falle auch von Hand bedient werden kann, öffnet und schließt gleichzeitig bis zu 20 Leitungen und telegraphiert auf diesen das fortwährend vom Rufzeichengeber wiederholte „m e z“. Fünfzig Sekunden vor 8 Uhr schließt ein anderer Kontakt der Uhr die Unterbrechung an der Zeichenscheibe des Rufzeichengebers so lange kurz, bis dieser Stromkreis durch einen dritten Uhrkontakt nach Ablauf von fünfzig Sekunden wieder geöffnet wird. Sämtliche angeschlossenen Leitungen sind dadurch also fünfzig Sekunden lang unterbrochen, was sich auf den Papierstreifen aller eingeschalteten Morse-Apparate durch einen zusammenhängenden Strich kennzeichnet, dessen Ende das Zeitsignal „8 Uhr“ bedeutet. Die Zeichenscheibe gibt dann noch einige Male das Zeichen „mez“, worauf der ganze Apparat durch Unterbrechung des ersterwähnten Uhrkontaktes außer Tätigkeit gesetzt wird. Parallel zu dem Stromkreise der Zeichenscheibe ist auf dem Rufzeichengeber

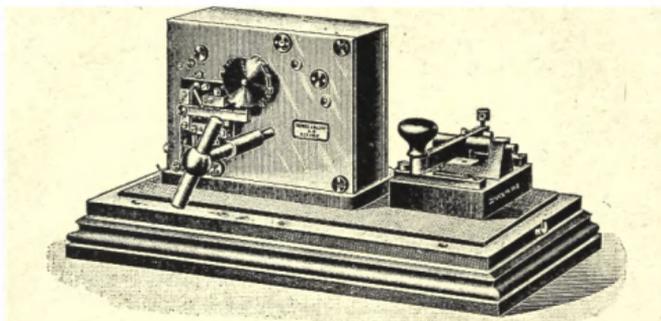


Abb. 119

Generaltaster und Morse-Schreiber (mit Typenrad „m e z“ der Zeitsignal-Einrichtung auf dem Schlesiſchen Bahnhofe in Berlin (Siemens & Halske A. G.)

ein gewöhnlicher Morsetaster angebracht, der bei Störungen des Werkes auch eine Zeichengabe von Hand ermöglicht (vgl. Abb. 119).

Das Chronometer der Zentralstelle in Berlin wird täglich auf elektrischem Wege nach der von der Sternwarte gegebenen astronomischen Zeit gestellt.

Zur Uebertragung des in einer beliebigen Telegraphenlinie gegebenen Zeitsignals auf eine beliebige Anzahl anderer Telegraphenlinien dient ebenfalls die in Abb. 118 dargestellte Vorrichtung. Bei derselben ist das Dosenrelais in die Leitung, auf welcher das Zeitsignal gegeben wird, eingeschaltet und verbleibt ständig darin. Der Lokalkreis dieses Relais wird einige Zeit vor 8 Uhr durch einen Umschalter geschlossen und der Elektromagnet übermittelt alsdann Rufzeichen und Zeitzeichen in der geschilderten Weise in alle angeschlossenen Leitungen.

Abb. 65 auf Seite 109 im Abschnitte „Das amtliche Zeitsignal“ stellt die vollständige Einrichtung eines Zeitsignalgebers mit Chronometer, Rufzeichengeber und vier Zeitzeichengebern einschließlich der zugehörigen Relais dar. Näheres ist dort mitgeteilt.

Signalscheibe von J. F. Weule

Abb. 120 zeigt den Zeit-Signalapparat der Turmuhrnenfabrik J. F. Weule in Bockenheim, wie er für Großuhren gebaut wird. Die in der Mitte sichtbare Kupplung oder konischen Zahnräder sind mit der Uhr in Verbindung, so daß die Welle sich in einer Stunde einmal herumdreht und sich das mit Ziffern

versehene Rad, welches von fünf zu fünf Minuten Einschnitte hat, ebenso schnell dreht. Die hinter diesem Rade befindliche Lochscheibe dreht sich in vierundzwanzig Stunden einmal herum. Sie enthält Stiftlöcher mit fünf Minuten Zwischenraum, die in zwei Reihen zu je 144 angeordnet sind. Neben diesen 288 Löchern ist die Stundenzahl, die man in der Zeichnung nicht sieht, zur Orientierung verzeichnet.

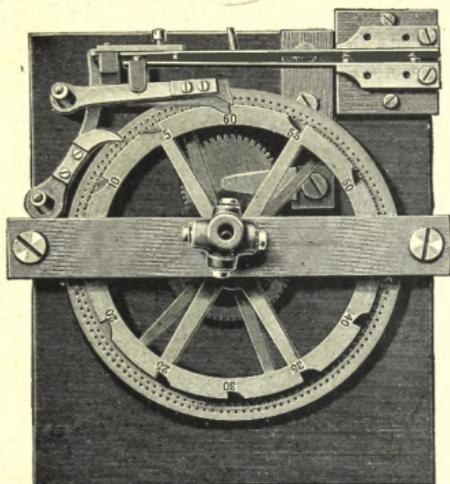


Abb. 120
Zeitsignal-Vorrichtung von J. F. Weule

Zu den Zeiten, wenn eine Glocke ertönen soll, werden in die äußere Reihe kurze Stifte, in die innere Reihe längere Stifte geschraubt. An dem seitlichen Hebel sind links in der Mitte zwei Nasen angebracht (von denen in Abb. 120 nur eine sichtbar ist). Gegen diese Nasen drücken die Stifte des Rades und bewegen die Kontakthebel nach links. Durch diese Bewegung wird die obere Kontaktfeder frei und legt sich auf einen der darunter befindlichen Hebel. Sobald nun ein Hebel in den Ausschnitt bei 60 fällt, ist der Kontakt zwischen den beiden Feldern hergestellt und der Stromkreis für die Glocken geschlossen.

Das Läuten dauert so lange, bis der über der Ziffer 60 befindliche, längere, verstellbare Hebel ebenfalls in den Einschnitt 60 fällt, wodurch der Kontakt zwischen den Federn unterbrochen

wird. Geht die Signalscheibe weiter, so fallen die Nasen von den Kontaktstiften ab und die Kontaktfedern gelangen dadurch in ihre Ruhelage.

Sollen von ein und derselben Uhr mehrere Stromkreise zu verschiedenen Zeiten Signale geben, so werden mehrere derartige Signalscheiben angeordnet oder das Zahnrad erhält je 288 Löcher in mehreren Reihen hintereinander und wird demnach entsprechend größer ausgebildet. Für die Sonntage kann eine selbsttätige Abstellung angewendet werden. — Die Firma liefert diese Signalapparate auch für kräftige Hausuhrwerke, sowie auch für Signale die in kürzeren oder längeren Zeitabschnitten als 5 Minuten erfolgen können.

Zeitsignal-Einrichtung von Peyer, Favarger & Cie.

Das System selbsttätiger Zeitsignale der Firma Peyer, Favarger & Cie. in Neuchâtel dient zur Betätigung von elektrischen Weckern und weithin hörbaren Glockenschlägen, die durch ein Lätwerk wie auf den Eisenbahnen erzeugt werden. Die Zeitkontakte sind in einer für diesen Zweck geeigneten elektrischen Uhr *A* angebracht (Abb. 121), welche den Strom der Batterie *B* für das Lätwerk *C* schließt. Die Glocke steht im Freien, z. B. auf einem Schulhofe und gibt sechs kräftige, langsam aufeinanderfolgende Schläge. Bei jedem Glockenschlage betätigt das Triebwerk ein Kontaktrelais, das den Strom der Batterie *D* für die elektrischen Wecker *E* schließt, welche im Innern der Gebäude verteilt sind. Auf diese Weise werden die Signale gleichzeitig sowohl im Freien als auch in den Gebäuden vernommen.

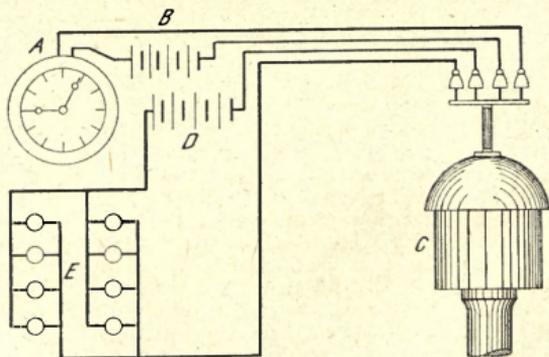


Abb. 121
Signalanlage von Peyer, Favarger & Cie.

Der Ton der Glocke ist weithin hörbar, und die Signale sind so kurz bemessen, daß sie nicht belästigend wirken oder durch zu langes Läuten die Batterien stark abgenützt werden. Die Läutewerke in den Gebäuden können von der Uhr nicht direkt in Betrieb gesetzt werden, weil deren Stromschluß für das große Läutewerk nicht weniger als eine Minute betragen kann.

Die parallel geschalteten Hauswecker *E* haben einen annähernd gleichen Widerstand der Elektromagnetwindungen von etwa 20 Ohm. Die Batterie *B* für das große Läutewerk besteht aus vier bis sechs, die Batterie *D* für die Wecker aus sechs bis acht galvanischen Elementen. Die Glocke *C* wird, z. B. vom Schuldiener, täglich aufgezogen; dies ist die einzig auszuführende Verrichtung, alles übrige geschieht selbsttätig.

Die Einrichtung ist in mehreren Schulen zu Neuchâtel zur Zufriedenheit im Betriebe. Sie eignet sich ebenso gut für andere Anstalten, Fabriken usw. Die Signaleinrichtung läßt sich auch in bereits vorhandene elektrische Uhrnetze einfügen, indem mit der nächstgelegenen Nebenuhr die erforderliche Signalscheibe verbunden wird, deren Einrichtung wir schon mehrfach kennen gelernt haben.

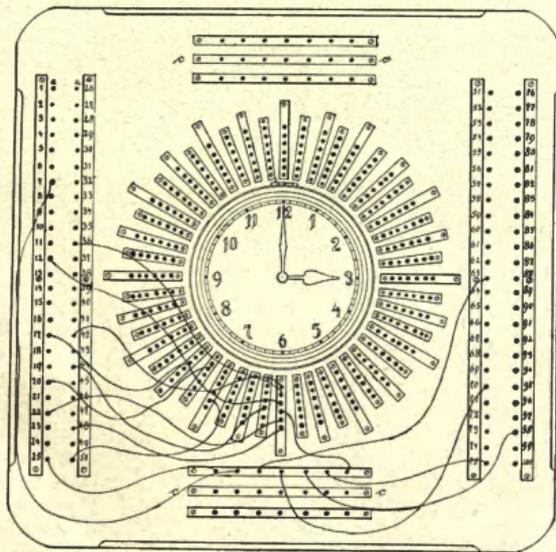


Abb. 122 Hotel-Weckuhr der Möller-Uhr-Gesellschaft

Hotelweckuhr der Möller-Uhr-Gesellschaft m. b. H.

Zum Wecken der Gäste eines Hauses hat die Möller-Uhr-Gesellschaft an ihren Uhren einen Zentralschalter angebracht. Um das Zifferblatt sind im Kreise Stöpselschienen für jede Viertelstunde angeordnet (Abb. 122). Zu beiden Seiten befinden sich Schienen für je 25 Zimmernummern. Ueber und unter dem Zifferblatte sind je 3 Hilfsschienen angebracht. In der Abb. 122 ist angenommen, daß die Gäste auf den Zimmern 7, 12, 22, 25, 36, 42, 48, 63, 70, 75 und 98 alle um 6 Uhr früh geweckt werden sollen. Die Zeitschiene 6 unten ist also mit allen diesen Zimmernummern zu verbinden. Zu diesem Zwecke werden Leitungsstöpsel in die betreffenden Löcher der Schienen eingesetzt; da

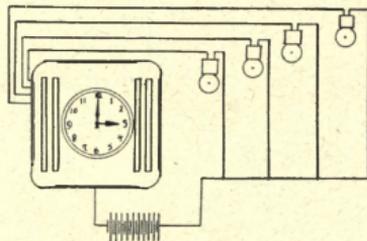


Abb. 123
Schaltung der Hotel-Weckuhr der Möller-Uhr-Ges.

aber die Zeitschiene hierfür nicht genug Löcher hat, ist mit ihr eine Hilfsschiene *c* verbunden. Die Verbindungen der Wecker in den Zimmern mit der Uhr und der Batterie zeigt die Schaltung Abb. 123. Von den Seitenschienen geht nach jedem Wecker eine Leitung und von hier eine gemeinsame Rückleitung nach der Batterie. Von dieser führt eine Verbindung zum Weckkontakte der Uhr. Die Einrichtung des Stromschließers der Signaluhr ist in Abb. 117 S. 160 schematisch dargestellt.

Einbruchsicherung der Möller-Uhr-Gesellschaft m. b. H.

Die Firma hat mit ihren zuvor schon beschriebenen Uhren auch eine Einbruchsicherung verbunden, die nachstehend beschrieben ist.

Das neue Sicherungssystem hat den bisher gebräuchlichen Ruhestromsicherungen gegenüber den Vorzug minimalen Stromverbrauches, da die Leitung nur während des sich alle Minute wiederholenden 0,1 Sekunde dauernden Aufzugskontakts unter Strom steht (Stromverbrauch pro Aufzug

mit 0,017 Amp. Sek. v. d. Phys. Techn. Reichsanstalt ermittelt). Die untenstehend abgebildete Uhr bedarf keiner Wartung und eignet sich ihres genauen Ganges wegen auch als Normaluhr für größere Betriebe. Der Aufzug wird normal für 3 Volt, auf Wunsch auch für 6, 12 oder 24 Volt eingerichtet, so daß die Uhr an jede vorhandene Schwachstromquelle, z. B. eine Klingelbatterie angeschlossen werden kann, sofern deren Spannung einigermaßen konstant ist.

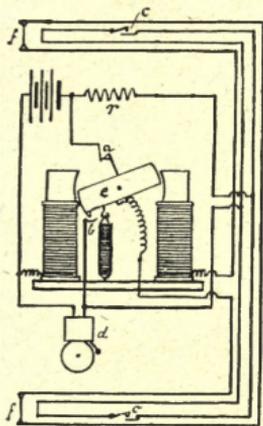


Abb. 124
Einbruchssicherung der Möller-Uhr-Oes.

Wie aus dem Schaltungsschema (Abb. 124) ersichtlich, besitzt das Gehwerk außer dem Aufzugskontakt *a* noch einen Alarmkontakt *b*, welcher den Alarmwecker *d* an die Batterie legt, wenn infolge einer Störung in der durch Fadenkontakte *A* gesicherten Leitung der Aufzug nicht erfolgen kann, der Anker *e* also bis zum Kontakt *b* abläuft. Es ist zweckmäßig, mit der Anlage noch eine Arbeitsstromleitung mit Arbeitskontakten *c* zu verbinden, die sich bei etwaigen Messungen fälschlich als stromführend erweist und dann irrtümlicherweise kurz geschlossen wird, während die vermeintliche Arbeitsstromleitung unterbrochen wird.

In beiden Fällen ertönt entweder sofort oder aber sobald der Anker in der Uhr abgelaufen ist, das Alarmsignal.

Der in der Arbeitsstromleitung eingeschaltete Widerstand *r* verhindert den Anzug des Ankers. Die Arbeits- und Ruhestromkontakte können auch kombiniert werden; die Ruhestromleitung wird am Tage durch Kurzschließen ausgeschaltet.

An den Leitungen kann auch der gewiegteste Fachmann nichts ändern, ohne Alarm zu verursachen; Leitungsstörungen oder Unregelmäßigkeiten an den Kontakten kommen automatisch zur Meldung, auch gegen Brandgefahr gewähren die empfindlichen Fadenkontakte Schutz.

Bei der zuvor beschriebenen Einrichtung erfolgt das Signal erst beim Ablauf des Ankers am Uhrelektromagneten. Will man den Zeitraum für die Einschaltung des Alarms verkürzen, so wird ein besonderes Laufwerk eingeschaltet. Es ist ganz nach

Art des Uhrelektromagneten gebaut, läuft aber in 5—20 Sekunden ab, so daß jeder Eingriff eines Diebes alsbald zur Meldung kommt, und nicht erst wie bei Benützung der Uhr einige Minuten vergehen. Die Schaltung ist in Abb. 125 dargestellt. An Stelle des Laufwerkes kann auch ein Kontaktrelais angewendet werden. Ist die Ueberwachungsleitung irgendwie gestört, so erhält die Spule S keinen Strom. Das Kontaktwerk läuft soweit ab, daß der Strom bei K^2 geschlossen und der Wecker A an die Batterie

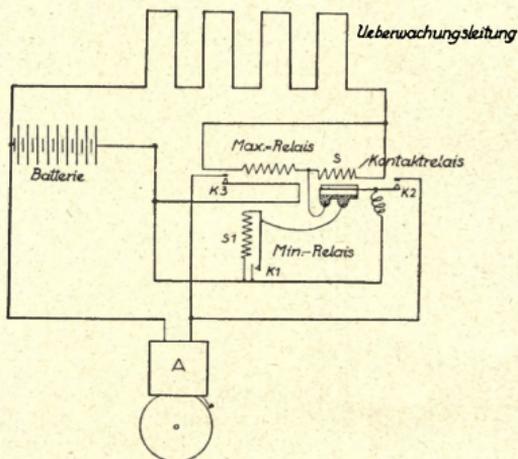


Abb. 125
Einbruchsicherung der Möller-Uhr-Ges.

gelegt wird. Das Gleiche tritt ein, wenn der Strom in der Ueberwachungsleitung irgendwie herabgesetzt wird, weil dann das Minimalrelais nicht mehr anspricht, K^1 nicht geschlossen wird und infolgedessen S , das S^1 vorgeschaltet ist, nicht den vollen zum Aufzuge nötigen Strom erhält. Für den Fall, daß versucht wird, durch Einschalten einer Fremdbatterie zu stören, ist das Maximalrelais vorgesehen. Es spricht an und legt den Kontakt K^3 mit dem Alarmwecker an die Batterie, sobald der Strom in der Ueberwachungsleitung irgendwie verstärkt wird. — Auch bei dieser Einrichtung kann noch eine Arbeitsstromleitung mit entsprechenden Kontakten verwendet werden, die den Einbrecher veranlaßt, sie kurz zu schließen und die vermeintliche Arbeitsstromleitung zu unterbrechen. — Bei dieser Einrichtung ist der

Stromverbrauch wesentlich geringer, als bei einer reinen Ruhestromanlage. Man kommt daher bei der Kontaktfolge von 5—15 Sekunden mit einer gewöhnlichen Batterie aus. Der einzige Kontakt, welcher während des normalen Betriebes geöffnet wird (am Anker des Kontaktwerkes), ist als Quecksilberkontakt ausgebildet, so daß er selbst bei Funkenbildung nicht versagen kann.

Signaluhr von C. Bohmeyer.

Die Signaleinrichtung ist für Hauptuhren bestimmt, die von Hand oder durch Motor aufgezogen werden. Das übliche Signalrad *m* (Abb. 126) hat 205 mm Durchmesser. Es dreht sich in 24 Stunden einmal und hat fünfminütliche Einstellung. Das Signal kann auf 10 bis 30 Sekunden eingestellt werden durch Bewegen des Hebels *a*. Hierdurch wird das Abfallen der beiden

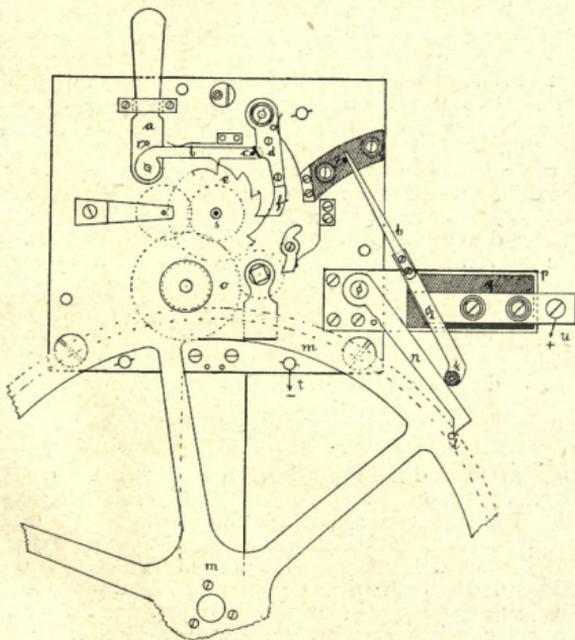


Abb. 126
Signaluhr von C. Bohmeyer

Hebel *b* und *f* in der Zeitfolge verändert, die beide durch das zwölfzackige Rad *e* gehoben werden. Der Hebel *f* fällt zuerst ab, so daß der Stift *c* den von *f* isolierten Hebel *d* berührt. Die Zackscheibe *e* ist mit dem Stundenrade des Zeigerwerkes verbunden. Das Signalrad wird durch das Zwischenrad *o* gedreht. — Sobald nun das Signalrad *m* durch einen auf die gewünschte

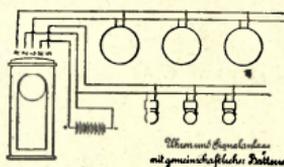


Abb. 127

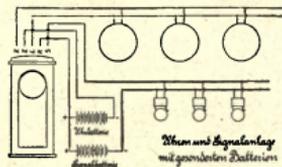


Abb. 128

C. Böhmeyer

Zeit eingeschraubten Stift *l* den Hebel *n* bewegt, wird auch der bei *k* isolierte und um *i* drehbare Hebel *h* bewegt, der hierbei den stromführenden Stift *g* berührt. Von dem Träger *p* ist aber die Polschraube *u* durch die Platte *q* isoliert, der Strom geht daher von *u* über *i h g* nach *d*, durch die zwischenliegende Blattfeder und über den Stift *c* nach dem Gestell der Uhr bei *t*. Die Batterie ist also mit den Glocken zwischen *u* und *t* geschlossen. Die Länge der Signaldauer ist dadurch veränderbar, daß sich Hebel *a* um *r* dreht. Liegt er nach rechts, so ist die Dauer am kürzesten, in entgegengesetzter Lage am längsten.

Es können für die Glocken und die Nebenuhren sowohl eine gemeinsame Batterie wie in Abb. 127, als auch zwei getrennte Batterien wie in Abb. 128 verwendet werden. Bei größerem Betriebe wird man die letztere Schaltung wählen.¹⁾

Uhrenregulierung durch Telegraphenleitungen.

Das im folgenden beschriebene System benutzt die Gesellschaft Normal-Zeit, Berlin zur Regulierung von Uhren auf Eisenbahnstrecken. Es wird eine von den am wenigsten gebrauchten Telegraphenleitungen hierfür verwendet. Die Regulierung der Uhren erfolgt dreimal täglich. Zu diesem Zwecke wird die Streckenbatterie, welche mit dem einen Pole an Erde liegt, erst zu zwei Federn der Hauptuhr und dann durch einen Stöpselumschalter zur Blitzplatte des betreffenden Apparates der Hauptstation geführt. Die beiden Federn schleifen jede auf einer Scheibe, die konzentrisch fest verbunden sind und sich in

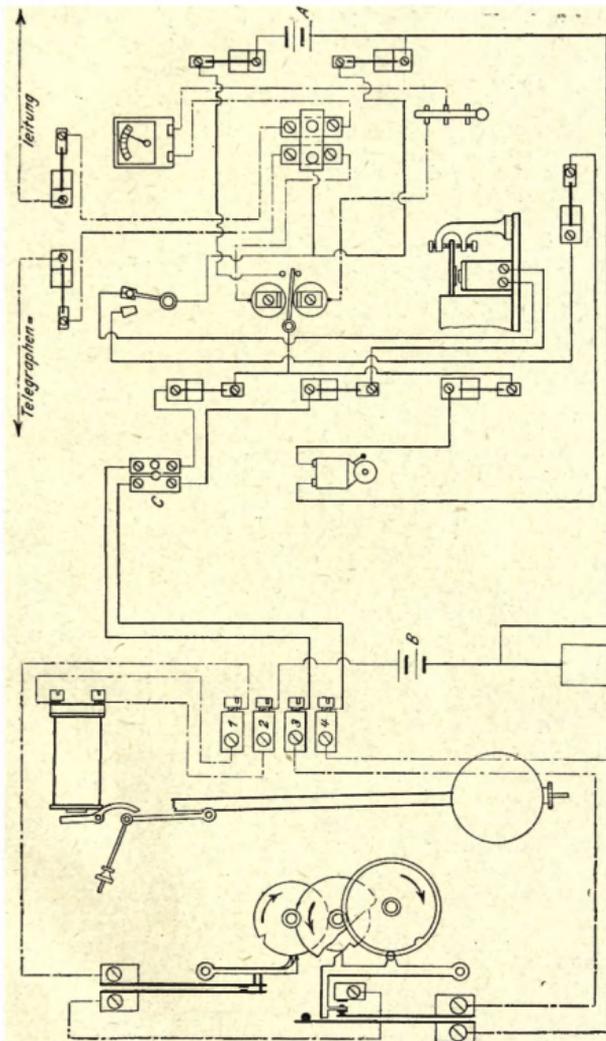


Abb. 129
Schaltung für die Lihrenregulierung durch eine Telegraphenleitung (Normal-Zeit C. m. b. H.)

acht Stunden einmal herumdrehen. Der Stromlauf ist in Abb. 129 dargestellt.

In der einen Scheibe ist ein Knochenstück eingesetzt, welches, sobald die Feder darüber schleift, den Kontakt unterbricht und somit die gesamte Leitung stromlos macht. Da sich auf einer Scheibe, welche in acht Stunden eine Umdrehung macht, ein genauer Minutenkontakt nicht herstellen läßt, so ist parallel zu diesem Kontakte auf dem Zwischenrade, das sich in $7\frac{1}{2}$ Minuten einmal herumdreht, ebenfalls eine Scheibe angebracht, auf welcher eine Feder isoliert aufliegt. Diese Feder liegt mit einer zweiten Feder fest zusammen. Es befindet sich in der letztgenannten Scheibe eine Aussparung, in welche die Feder einfallen kann und sich somit von der zweiten Feder entfernt. Diese Bewegung erfolgt im Verlaufe von acht Stunden vierundsechszigmal, kommt aber erst zur Wirkung, wenn die erste Feder zu derselben Zeit auf dem eingesetzten Knochenstücke schleift und somit beide Kontakte unterbrochen sind. Die Kontaktunterbrechung dauert, wie schon bemerkt, eine Minute. Die Stunde, bei der die Regulierung geschieht, ist beliebig.

Auf jeder Station wird die Leitung, welche von der Lokalbatterie durch den Relaiskontakt zum Morse-Apparat geht, zwischen diesen unterbrochen und durch einen Stöpselumschalter, der Kurzschließen dieser Leitung gestattet, vom Relaiskontakte zu der einen Feder, von da zur Nebenuhr, dann durch ein isoliert sitzendes Kontaktstück eines Hebels zur Feder und von da zum Morse-Apparat zurückgeführt.

Die Nebenuhr hat zwei Stundenscheiben und außerdem, wie die Hauptuhr, eine Achtstunden-Scheibe. Durch diese Scheibe wird der Hebel, dessen Rolle auf ihr aufliegt, am Einfallen verhindert, bis der Ausschnitt die Spitze des Hebels auf der Stundenscheibe anliegen läßt; gleich darauf kann auch die Spitze des Hebels in den Ausschnitt der Stundenscheibe einfallen. Jetzt kann der Strom durch die Feder, zu welcher die Leitung vom Morse-Apparate geführt ist, und von da durch zwei Kontaktstücke sowie den Magneten über zwei Federn, deren Hebel auf einer Scheibe aufliegen, zur Batterie zurückkehren.

Der Kontakt dieser Federn wird jedoch nur zehn Sekunden lang geschlossen und zwar fünfzig Sekunden nach Einfallen des Achtstunden-Hebels in die Scheibe. Sobald er sich schließt, wird der Anker, welcher an dem Hemmungsanker der Uhr an Stelle der Führungsgabel sitzt und nur lose durch sein Gewicht an dem Pendel anliegt, von den Polen des Magneten, zwischen denen er schwingt, festgehalten und erst losgelassen, wenn die Hauptuhr den Streckenstromkreis schließt und dadurch die Relais der Stationen den Lokalstromkreis unterbrechen. Kurz darauf werden

von der Nebenuhr auch die beiden Federn wieder durch einen Hebel, auf dem ein Kontaktstück sitzt, mit der Feder verbunden und der Normalstromkreis ist wieder hergestellt.

Diese Einrichtung wurde für eine Eisenbahn derart eingerichtet, daß täglich dreimal, und zwar um 5 Uhr 59 Minuten morgens, um 1 Uhr 59 Minuten nachmittags und um 9 Uhr 59 Minuten abends die Hauptuhr die Telegraphenleitung unterbricht. In dieser Zeit schalten die Uhren der Stationen die Morse-Apparate aus und ihren Reguliermechanismus ein. Der Strom der Lokalbatterie *A* (Abb. 129), der sonst den Morse-Apparat betätigt, geht dann vom Relaiskontakte durch den Stöpselschalter *C* in die Uhr zur Klemme 3, von da durch die Kontakte und den Elektromagneten, bei Klemme 2 wieder heraus und durch die Zusatzbatterie *B* zur Erde.

Eine Minute später, d. h. um 6 Uhr morgens, 2 Uhr nachmittags und 10 Uhr abends, schließt die Hauptuhr wieder den Linienstrom, das Relais der Station unterbricht den Lokalstromkreis, und die Uhr, welche durch den Magneten um so viele Sekunden angehalten worden ist, als sie vorgeeilt war, ist dadurch richtig eingestellt.

Geht die Uhr aus irgendeinem Grunde mehr als eine Minute falsch, so kann sie durch den Strom nicht mehr reguliert, sondern sie muß von Hand eingestellt werden. Der Stöpselschalter *C* dient nur zum Kurzschließen der Leitung für den Fall, daß die Uhr in der Regulierzeit (also um 6 Uhr, 2 Uhr oder 10 Uhr) stehen bleiben würde. Es kann dadurch der Morse-Apparat, der in dieser Zeit stromlos ist, wieder eingeschaltet werden.

Die Uhr darf nie zurückgestellt werden. Sie ist, wenn sie länger als zwölf Stunden gestanden hat, auch um soviel vorzustellen, weil sonst die Stromschlußzeiten verändert werden. Es darf ferner von zwei Minuten vor bis zwei Minuten nach 6 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags und 10 Uhr abends nicht telegraphiert werden, da sonst die Regulierung gestört würde. Die Zusatzbatterie muß alle drei Monate einmal auf ihren Flüssigkeitszustand untersucht und wenn nötig nachgefüllt werden. Die Uhr wird jede Woche einmal aufgezogen.

Wächterkontroll-Einrichtungen.

Für ausgedehnte industrielle Werke oder große Betriebe legt man zur Kontrolle der Nachtwächter ein Registrierwerk an, bei dem ähnlich wie bei den Zeitsignalapparaten auf einer sich drehenden Papierscheibe oder einem sich fortbewegenden Papierstreifen ein Zeichen entsteht, aus dessen Lage man auf die Zeit schließen kann, zu welcher ein Wächter an einem zuvor bestimmten

Platze gewesen ist. Zu diesem Zwecke sind über das ganze zu bewachende Gebiet kleine Schaltkästen verteilt, die durch elektrische Leitungen mit der Kontrolluhr und mit der Zentrale verbunden sind. Jedes Schaltkästchen ist mit einem bestimmten Schlüssel verschlossen. Der Wächter muß seinen Schlüssel in das Kästchen einstecken und herumdrehen. Hierdurch entsteht ein kurz dauernder Kontakt, welcher den betreffenden Stromkreis schließt und hierdurch eine Marke auf dem Papiere der Kontrolluhr erzeugt. Die für diese Zwecke ersonnenen Konstruktionen sind sehr zahlreich, so daß wir sie hier nicht weiter beschreiben können. Soll der Wächter einen ganz bestimmten Weg nehmen, so kann man durch besondere Kontaktvorrichtungen auch hierüber eine Kontrolle üben.

Während bei den tragbaren Wächterkontrolluhren mancherlei Unredlichkeiten möglich sind, bietet eine elektrische Kontrollanlage, die gut eingerichtet ist, einen sehr hohen Grad von Sicherheit und macht Betrügereien unmöglich. Es läßt sich nämlich das betreffende Zeichen der Kontrollstation in der Zentrale auf keine andere Weise hervorbringen, als daß auf der bestimmten Stelle der Kontakt in dem Kontrollkästchen zur festgesetzten Zeit geschlossen wird. Eine Täuschung wäre nur dadurch möglich, daß hinterher auf dem Kontrollpapiere ein gefälschtes Zeichen von Hand eingefügt wird. In diesem Falle müßten also mindestens zwei Personen im Einvernehmen handeln.

* * *

Die elektrischen Zeitsignal-Einrichtungen sind sehr zahlreich. Man hat z. B. auch Temperaturmelder, Wasserstandsmelder und dgl. Der Uhrmacher dürfte jedoch selten in die Lage kommen, auch solche Anlagen auszuführen oder zu reparieren. Wir dürfen uns daher auf das Gebotene beschränken.

Zeitverteilung und Regulierung durch elektrische Wellen.

Sehr genaue Uhrenvergleichung auf große Entfernungen gestatten die elektrischen Wellen der Funkentelegraphie („drahtlosen“ Telegraphie). Für einen solchen Versuch wurde die Großstation in Nauen bei Berlin benützt, deren Reichweite etwa 3000 km beträgt und ihre Signale nicht allein nach dem Atlantischen Ozean, sondern auch nach Petersburg und Lissabon geben kann. Die Astro-Physikalischen Observatorien bei Potsdam und auf dem Brocken konnten die Signale in wochenlanger Beobachtung sehr genau aufnehmen. Die Genauigkeit dieser Art der Zeitvergleichung erwies sich als mindestens gleichwertig mit der durch Drahtleitungen. Die Zeitvergleichung bestätigte auch, daß die elektrischen Wellen sich etwa mit Lichtgeschwindigkeit,

d. h. auf 300 000 km in der Sekunde, fortpflanzen. Die Zeit von der Ankunft der Signalwellen in der 35 km entfernten Station Potsdam bis zu deren Ankunft in der 188 km von Nauen entfernten Station Brocken betrug noch nicht eine Tausendstel-Sekunde. Auf diese Weise wird es möglich sein, die Zeitbestimmungen der Sternwarten Deutschlands durch von Nauen ausgehende Signalreihen mit der gleichen Genauigkeit zu vergleichen. Diese genauen Zeitbestimmungen werden auch die Geschwindigkeit der Fortpflanzung von Erdbebenwellen durch das Innere des Erdkörpers zu bestimmen gestatten.

In Wien ist man bereits dazu übergegangen, die elektrischen Wellen auch zur Uhrenregulierung nach dem Patente von Prof. Dr. Max Reithoffer und Hofuhrmacher Franz Morawetz zu benützen. In bestimmten Zwischenräumen werden durch Induktionsapparate auf der Hauptstation Wellen erzeugt, die bei Bezirksuhren auf wellenempfindliche Empfangsapparate wirken. Der Wellenempfänger schließt einen Stromkreis mit einer Ortsbatterie und einem Elektromagneten, welcher die Nebenuhr betätigt. Um zu verhindern, daß auch fremde elektrische Wellen auf die Bezirksuhren einwirken, schalten sie sich nur zu ganz bestimmten Zeiten für kurze Zeit ein. Dem Vernehmen nach ist die Versuchsanlage mit Erfolg betrieben worden.

Für die Anwendung elektrischer Wellen zur Verteilung richtiger Zeit gaben die Schwierigkeiten Veranlassung, welche bei der Einrichtung eines elektrischen Zentraluhrensystms auf einem großen Anschlußgebiete mit zahlreichen Nebenuhren erwachsen. Um diesen Schwierigkeiten der Leitungsanlage zu begegnen, wird das gesamte Anschlußgebiet in kleine Bezirke geteilt, in denen eine geeignet gelegene Unterstation errichtet ist. Die Nebenuhren sind durch Leitungen mit den zugehörigen Unterstationen verbunden und werden in bekannter Weise von hier aus betätigt. Die Hauptuhren der einzelnen Bezirke dagegen werden von einem Zentralamte durch elektrische Wellen geregelt. Es entfallen durch diese Anordnung Kabel- oder Drahtleitungen zwischen Haupt- und Unterstation, was die Kosten der Anlage vermindert und verschiedene Störungsmöglichkeiten beseitigt.

Im Zentralamte ist eine Geberstation für elektrische Wellen errichtet.*) Die dort aufgestellte Hauptuhr sendet alle Minuten elektrische Schwingungen in einen senkrecht ausgespannten Luftdraht. Die Anordnung kann wie in Abb. 130 getroffen werden. Im primären Kreise des Hochspannungsapparates ist ein Induktor

*) Es würde zu weit führen, wenn wir hier alle Einrichtungen für Erzeugung und Empfang elektrischer Wellen beschreiben wollten. Näheres hierüber findet man im „Praktischen Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie“ von Johannes Zacharias und Hermann Heinicke.

mit Unterbrecher für Gleichstrom (oder ein Transformator bei Wechselstrom) aufgestellt. An einer Unterbrechungsstelle T werden durch die Hauptuhr in regelmäßigen Zeitabständen auf elektrischem oder mechanischem Wege Stromschlüsse hergestellt und dadurch mit Hilfe einer Funkenstrecke elektrische Schwingungen erzeugt, welche sich als elektrische Wellen bekanntlich nach allen Richtungen im Aether fortpflanzen. Man kann auch den primären Stromkreis des Induktors dauernd im Betrieb erhalten und das Ueberspringen der Funken bei F in gewünschten Zeitabständen durch besondere Einrichtungen herbeiführen.

Zu diesem Zwecke wird durch die Hauptuhr ein Laufwerk ausgelöst, welches die zunächst auf zu großen Abstand eingestellte Funkenstrecke F auf eine der betreffenden Spannung entsprechende Spannweite verkürzt. In Abb. 130 wird die Verkürzung der Funkenstrecke durch Nähern der unteren Kugel erreicht, während in Abb. 131 eine Hilfselektrode zwischen die

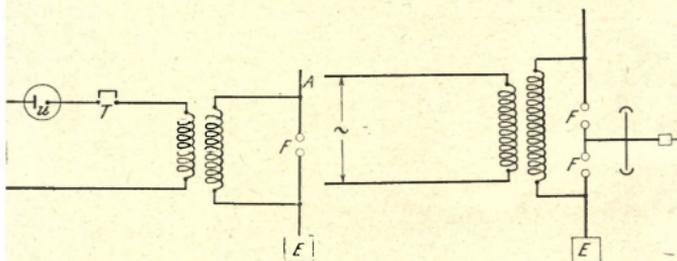


Abb. 130
Einfacher Sender für elektrische Wellen

Abb. 131
Sender mit doppelter Funkenstrecke

festen Hauptelektroden tritt, wodurch zwei kurze Funkenstrecken entstehen. Die Schaltungen für diesen Zweck sind in den Abbildungen nur schematisch wiedergegeben. Die gezeichneten Spiralen stellen einen sogenannten Tesla-Transformator vor, dessen Windungen einander induktiv beeinflussen.

Die in der oben beschriebenen Weise entstehenden elektrischen Wellen werden ganz ähnlich wie bei der drahtlosen Telegraphie von entsprechenden Luftleitergebilden (Antennen) aufgenommen und nach einem wellenempfindlichen Apparate (Kohärer, Fritter oder Elektrolyt-Empfänger) geleitet. Die auf diese Weise auf den Empfänger geleiteten elektrischen Wellen schließen einen Relais-Stromkreis, dessen Anker einen Ortsstromkreis schließt, welcher die in Gruppen angeordneten Nebenuhren beeinflusst. Derartige

Einrichtungen mit Relais haben wir bereits mehrfach kennen gelernt.

Für den sicheren Betrieb einer solchen Uhrenanlage ist es notwendig, von anderer Stelle etwa ausgehende elektrische Wellen oder atmosphärische Störungen unschädlich zu machen. Zu diesem Zwecke ist ein besonderer Apparat in den Luftdraht vor den wellenempfindlichen Empfänger geschaltet, welcher die Leitungen nach empfangenem Zeichen unterbricht und nur kurz vor Ankunft des nächsten Zeichens schließt. Etwa eintretende

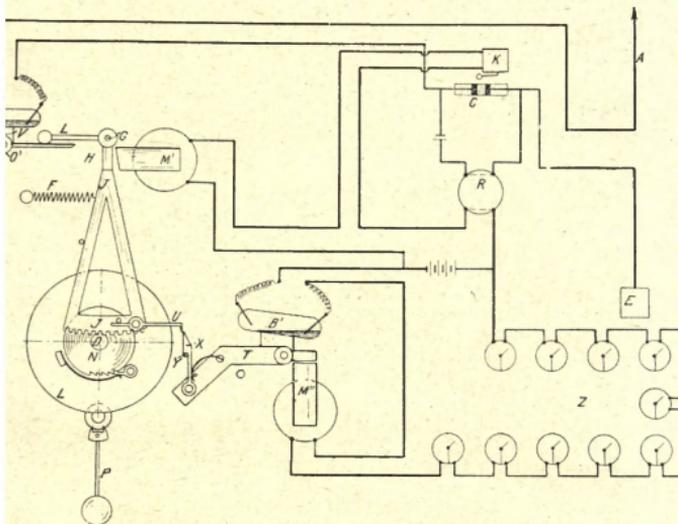


Abb. 132
Uhrenregulierung durch elektrische Wellen von Reithoffer und Morawetz

elektrische Störungen können also die Nebenuhren entweder überhaupt nicht beeinflussen, oder sie erzeugen nur in dem Augenblicke einen Antrieb, wenn vom Zentrallampe gleichfalls eine Antriebswelle ausgeht. Die Einrichtungen für diesen Zweck und die Schaltung der Unterstation ist in Abb. 132 dargestellt. In den Luftdraht A bzw. dessen Verbindung nach den Apparaten ist der Quecksilber-Unterbrecher G geschaltet, welcher bei wagerechter Lage durch das Quecksilber den Kontakt schließt und die ankommenden Wellen über den Kohärer C zur Erde leitet. Hierdurch

tritt das Relais *R* in Tätigkeit, das einen Ortsstromkreis schließt, in welchem der Klopfer *K* und der Elektromagnet *M'* geschaltet sind. Der um *G* drehbare Anker *H* des Elektromagneten *M* bewegt einen gezahnten Rechen *J*, welcher bei seiner Bewegung das Zahnrad *D* und das mit ihm verbundene Sperrrad *N* dreht. Bei dieser Bewegung wird durch die Nase *U* eine federnde Klinke *X* des Kontaktträgers *T* aus ihrer Ruhelage bewegt und der Ortsstromkreis für die Nebenuhren *Z* durch einen zweiten Quecksilberunterbrecher *B'* geschlossen. Dieser Strom betätigt gleichzeitig den Elektromagneten *M''*, welcher durch Bewegung seines Ankers den Hebel *T* emporhebt und dadurch in *B'* den Strom wieder unterbricht. Gleichzeitig hält die Klinke den Arm *T* wieder in seiner Ruhelage fest. Die Feder *F* bewegt nun den Rechen *J* ebenfalls in seine Ruhelage zurück. Hierbei wird durch eine Sperrklinke das Rad *L* mitgenommen, dessen Drehgeschwindigkeit durch die Pendelhemmung *P* geregelt wird.

Die Bewegung von *J* dient gleichzeitig dazu, den im Luftdrahte gelegenen Quecksilberkontakt *B* zu schließen und zu öffnen. Der um *O'* drehbare Kontaktträger *V* wird in seiner Bewegung durch den Stift *Q* begrenzt. Das Gewicht *W* drückt *V* links herab und schließt dadurch den Kontakt von *B*. Bewegt sich dagegen der Anker *H* nach dem Elektromagneten *M'* hin, so drückt Hebel *L* auf den Träger *V* und öffnet den Quecksilberkontakt *B*. Bei der Rückwärtsbewegung von *H* tritt die umgekehrte Bewegung von *V* ein; Hebel *L* gibt *V* frei, und *B* ist wieder geschlossen. Durch diese Einrichtung wird also erreicht, daß der Luftdraht der Unterstation sofort nach Ankunft der Wellen unterbrochen und erst nach Ablauf einer bestimmten Zeit wieder geschlossen wird. Diese durch das Pendel *P* und die Uebersetzungsverhältnisse bestimmte Zeitdauer der Unterbrechung ist etwas kleiner gewählt als der Zeitabstand zwischen zwei Wellensendungen der Hauptuhr im Zentralamte. Die Nebenuhren sind also gegen Störungen durch etwa auf den Luftdraht treffende fremde Wellen unempfindlich. — Auf dem Gebiete der elektrischen Zeitverteilung vermittelte elektrischer Wellen (also ohne verbindende Drahtleitung) hat sich in den letzten Jahren besonders der Ingenieur Herr Ferd. Schneider in Fulda betätigt. Seine Erfindungen sind in vier Patenten geschützt: Das Patent Nr. 237428 der Klasse 83b beschreibt eine Einrichtung, welche die Störung des Betriebes durch andere Wellen oder Gewitter verhindert. Die Uhr wird von Wellen bewegt, der Fritterstromkreis bleibt bis zum Empfang der Wellen unter Strom. Vom Entfritten bis zum Wellenempfang wird die Uhr angehalten zwecks Regelung der Zeit. Ein Hebnägelrad betätigt einen Hammer, welcher das Entfritten herbeiführt, indem er gegen den Fritter schlägt.

Im Patente Nr. 252489 ist ein Quecksilberstromschliesser geschützt zur Auslösung der Uhrwerke durch Stromstöße hoher Spannung. Die Vorrichtung besteht in zwei Behältern aus Kohle, welche Quecksilber enthalten. In beide Gefäße taucht ein Metallbügel, der den Stromschluß herbeiführt.

Das Patent Nr. 253351 schützt eine Vorrichtung, bei welcher der Elektromagnet zum Weiterschalten der Nebenuhren gleichzeitig die Unruh des Schaltwerkes anhält und freigibt.

Das Patent Nr. 270177 schützt eine Vorrichtung, bei welcher der Anker des Aufzugelektromagneten am Schaltlaufwerke, bei der Rückkehr in seine Ruhelage, einen Kontakt parallel zum Fritter schließt, sodaß während des Schlusses keine Fortbewegung möglich ist.

Das Schaltlaufwerk wird jede Minute, wenn die Zeiger durch Wellen fortgestellt werden, aufgezogen, und gleichzeitig der Hammer zum Fritter bewegt. — Der Raum gestattet leider nicht auf alle Einzelheiten hier näher einzugehen und muß ich auf die angegebenen Patente verweisen. —

Mittels elektrischer Wellen könnte man auch auf vorhandenen Leitungen (z. B. eines Lichtnetzes) elektrische Uhren regeln. Die Abstimmung auf eine bestimmte Wellenlänge zur Vermeidung von Störungen durch fremde Wellen ist jedoch hierbei unerlässlich und mit den bekannten Vorrichtungen kaum möglich. Ein störungsfreier Betrieb dürfte also nur bedingungsweise möglich und besonders schwierig sein; es sei denn, daß man hierfür ganz besondere Einrichtungen ersinnt, die jedenfalls denkbar sind.

* * *

Wir haben im vorstehenden verschiedene Systeme von Zentraluhrenanlagen kennen gelernt, die entweder mit Batteriestrom oder mit Induktorstrom betrieben werden. Es wird lehrreich sein, diese beiden Betriebsweisen miteinander zu vergleichen.

Vergleich der Systeme mit Batteriestrom und mit Induktionsstrom.

Wie sich aus den besprochenen Systemen ergibt, verwendet man für die Verteilung der Zeit durch Zentraluhrenanlagen entweder Batteriestrome oder Induktionsströme. Der elektrische Teil solcher Anlagen umfaßt die Stromsender (Hauptuhr nebst Stromquelle), die Leitungen (im Freien, in der Erde oder in Gebäuden) und außerdem die Elektromagnetsysteme, welche die Stromstöße der Hauptuhren aufnehmen und auf dem Zifferblatte der Uhren sichtbar machen (Nebenuhren).

Der Stromsender bei galvanischem Strome wird durch eine oder mehrere Hauptuhren betätigt, und zwar dadurch, daß eine Batterie (bestehend aus galvanischen Elementen oder

Akkumulatoren) in der Nähe aufgestellt ist, welche ihren Strom mit Unterbrechungen in die verschiedenen Zweigleitungen sendet. An Stelle der Batterien tritt bei Verwendung von Induktionsströmen ein Magnetinduktor.

Neuerdings verwenden die Fabriken statt eines stets in gleicher Richtung wirkenden Gleichstromes bei jedem Stromschlusse Ströme wechselnder Richtung, die bei Batteriebetrieb durch einen Stromwechsler (Stromwender) erzeugt werden. Die Nebenuhren sind in diesem Falle mit durch Stahlmagnete „polarisierten“ Elektromagneten bzw. Ankern ausgerüstet. Hierdurch erreicht man größere Empfindlichkeit des elektrischen Systemes der Nebenuhren, sowie sicheren Betrieb und entzieht die Einrichtungen den Einflüssen von Induktionsströmen durch atmosphärische Elektrizität (Blitzschläge). Der remanente (rückbleibende) Magnetismus der Eisenkerne, welcher bei Elektromagneten oft dadurch Störungen veranlaßt, daß der Anker nicht losgelassen wird, ist hierbei ohne Einfluß und auch das etwaige Nachlassen der Stromstärke hat in weiten Grenzen keinen Einfluß auf die Sicherheit des Betriebes.

Ist eine größere Anzahl von Nebenuhren zu betreiben, so pflegt man sie in Gruppen von je 50 zu schalten, welche in Pausen von einer oder mehreren Sekunden oder Minuten nacheinander Stromstöße von einer Hauptuhr empfangen. Bei sehr ausgedehnten Anlagen betätigt eine Zentraluhr zunächst mehrere Hauptuhren und diese erst die Nebenuhren. Die Leitungsanlagen sind bei Batteriebetrieb und Induktionsbetrieb die gleichen. Die einzelnen Gruppen der Nebenuhren können nebeneinander- oder hintereinandergeschaltet sein. Die von jeder Gruppe benötigte Energiemenge ist in den beiden Schaltungsarten gleich, denn bei Hintereinanderschaltung muß die Spannung entsprechend erhöht werden, während bei Nebeneinanderschaltung die Stromstärke vermehrt werden muß, die Spannung aber gleich bleibt. Unter Umständen ist es bei größeren Stromstärken erforderlich, die Oberflächen der Elektroden in den Batterien zu vergrößern. — Die Nebeneinanderschaltung der Elektromagnete in den Nebenuhren (Parallelschaltung wie bei Glühlampenbeleuchtung) wendet man gewöhnlich bei Batteriebetrieb an. Die Hintereinanderschaltung ist oft bei Induktorbetrieb im Gebrauch, weil man damit sehr leicht hohe Spannung erzielen kann.

In den Empfangsapparaten werden die Stromstöße auf das Zeigerwerk derart übertragen, daß man entweder einen hin- und herschwingenden oder einen rotierenden Anker anwendet.

Die erforderliche Kraft des Elektromagnetsystems der Nebenuhren richtet sich naturgemäß nach der Größe der Zeiger bzw. dem Durchmesser der Zifferblätter. Kleine Zeiger

von 10 bis 15 cm Länge erfordern weniger Kraft als Zeiger von Turmuhren, die ein bis zwei und noch mehr Meter Länge haben. Ein kleines Zeigerwerk braucht etwa ein Zehntelwatt und weniger.

Die Dauer der Stromstöße beträgt bei kleinen Werken mit Batteriebetrieb etwa eine Zehntelsekunde, während sie bei größeren Werken etwa drei bis vier Zehntelsekunden sein muß. Entsprechend der Tätigkeit bzw. dem Gewichte des Ankers und der Zeiger muß auch die Dauer des Stromstoßes bemessen werden. Nach praktischer Erfahrung genügt eine Stromdauer von acht Zehntelsekunden, um alle Nebenuhren eines Stromkreises sicher zu betätigen.

Bei Anwendung von Induktionsströmen kann man die Zeitdauer der Stromstärke nicht gut über eine Zehntelsekunde vergrößern und muß infolgedessen die Spannung erhöhen, um die nötige Energiemenge (Watt) zu erhalten. Während kleine Nebenuhren mit einem Ziffernblatt von 20 bis 30 cm Durchmesser mit der oben angegebenen Energiemenge betrieben werden können, braucht man für Nebenuhren, deren Ziffernblatt 40 cm Durchmesser hat, etwa das Dreifache und bei solchen mit 60 cm Durchmesser das Achtfache an Kraft.

Eine interessante Berechnung des Energieverbrauches einerseits bei Batteriebetrieb, andererseits bei Induktionsbetrieb gibt Herr A. Favarger in einer kleinen Schrift, welche er dem Verfasser freundlichst zur Verfügung stellte (*Quelques considérations anciennes et nouvelles sur l'unification électrique de l'heure dans les villes. Extrait de l'agenda de l'horloger 1907*).

Induktionsbetrieb. Nehmen wir an, daß zur Erzeugung der Induktionsströme durch die Hauptuhr für den Betrieb der Nebenuhren ein Gewicht von 150 kg erforderlich ist, welches in 24 Stunden ein Meter herabsinkt, so brauchen wir also 150 Kilogramm-Meter (kgm). Zuzufolge der mehrfachen Reibungs- und Energieverluste in den Apparaten erhalten wir bei der Umwandlung der Schwerkraft des Triebgewichtes (welches den Induktionsapparat betätigt) in elektrische Energie nicht mehr als etwa 50 % Wirkungsgrad, d. h. wir haben an den Klemmen des Induktors der Hauptuhr zur Verfügung:

$$150 \text{ kg} \times 0,5 = 75 \text{ kgm},$$

oder was dasselbe ist:

$$75 \times 9,81 = 736 \text{ Joule in 24 Stunden}$$

$$\text{oder } \frac{736}{1440} = 0,511 \text{ Joule in der Minute.}$$

Nehmen wir an, daß eine kleine Nebenuhr von 20 bis 30 cm Zifferblatt-Durchmesser in neuem Zustande 0,01 Am-

père und 1 Volt während einer Zehntelsekunde zum Betriebe bedarf, so brauchen wir

$$0,01 \text{ Ampère} \times 1 \text{ Volt} \times 0,1 \text{ Sekunde} = 0,001 \text{ Joule.}$$

Da 0,511 Joule in jeder Minute an der Hauptuhr (unter Vernachlässigung des Widerstandes der Leitungen) zum Betriebe der Nebenuhren verfügbar sind, so genügt die vorhandene Kraft für

$$\frac{0,511}{0,001} = 511 \text{ Nebenuhren}$$

von 20 bis 30 cm Zifferblatt-Durchmesser oder

$$\frac{511}{3} = 170 \text{ Nebenuhren von 40 cm Z.-D., oder}$$

$$\frac{511}{3} = 64 \text{ Nebenuhren von 60 cm Z.-D. mit einem Zifferblatte oder}$$

$$\frac{511}{16} = 32 \text{ Nebenuhren von 60 cm Z.-D. mit zwei Zifferblättern, usw.}$$

Batteriebetrieb mit wechselnder Stromrichtung. Sehen wir wie zuvor von dem Widerstande der Leitungen ab, so brauchen wir eine Akkumulatoren-batterie von zwei Elementen in Reihenschaltung von 4 Volt Klemmenspannung für den sicheren Betrieb von 500 Nebenuhren verschiedener Größe, welche in zehn Stromkreisen zu je 50 Nebenuhren in Nebeneinanderschaltung angeordnet sind. Unter dieser Annahme stellt sich die Rechnung wie folgt:

Widerstand des Elektromagneten einer Nebenuhr .. 160 Ohm
genügende Stromstärke für jede Nebenuhr 0,025 Ampère
entsprechende Spannung ($160 \times 0,025$) 4,00 Volt
entsprechende Energiemenge ($0,025 \text{ Amp.} \times 4 \text{ Volt}$) 0,1 Watt
Stärke des Stromes in einem Stromkreise demnach $0,025 \times 50 = 1,25$
Ampère.

Nehmen wir 0,8 Sekunde für die Dauer des Stromschlusses an, welcher durch die Hauptuhr bewirkt wird, so haben wir:
für jeden Stromkreis und eine Minute ($1,25 \times 0,8$) = 1,0 Coulomb
für jeden Stromkreis und einen Tag (1×1440) = 1 440 Coulomb
für zehn Stromkreise und einen Tag (1440×10) = 14 400 Coulomb
oder (in letzterem Falle) $\frac{14\ 400}{3\ 600} = 4$ Ampèrestunden.

Verwendet man für diese Leistung eine Akkumulatoren-batterie von 32 Ampèrestunden Kapazität, so müßte alle acht Tage eine Neuladung oder Auswechslung der Batterie erfolgen. Bei entsprechender größerer Batterie kann man die Neuladung oder Auswechslung in entsprechend längeren Zeiträumen vornehmen. Man kann aber auch eine derartige Einrichtung treffen, daß die Akkumulatoren ständig geladen werden.

Da die 500 Nebenuhren zum Betriebe täglich 14 400 Coulomb bedürfen, so hat die Batterie von 4 Volt

$14\,400 \cdot 4 = 57\,600$ Joule
zu leisten, das sind

$$\frac{57\,600}{9,81} = 5871 \text{ kgm.}$$

Der tägliche Bedarf von 57 600 Joule entspricht einem

Jahresbedarfe von $57\,600 \times 365 = 21\,024\,000$ Joule oder

$$\frac{21\,024\,000}{3\,600\,000} = 5,84 \text{ Kilowattstunden.}$$

Nimmt man den Wirkungsgrad der Akkumulatoren zu 70% an, so ist der

jährlich erforderliche Ladestrom $\frac{5,84}{0,70} = 8,34$ Kilowattstunden.

Die Kilowattstunde elektrischer Energie kostet für Beleuchtungszwecke etwa 70 bis 80 Pfennige, so daß der Ladestrom sich jährlich nur auf einige Mark stellt. Jetzt entsprechend höher.

Vergleicht man die beiden hier betrachteten Systeme miteinander, so ergibt sich, daß der Induktorbetrieb an der Hauptuhr 75 kgm, der Batteriebetrieb 5871 kgm, also etwa das 78 fache erfordert. Der zuvor angenommene Energiebedarf von 0,001 Joule für den Betrieb einer kleinen Nebenuhr von 20 bis 30 cm Durchmesser des Zifferblattes muß in Wahrheit vervielfacht werden, um einen sicheren Betrieb, besonders für größere Uhren, zu erhalten. Andererseits muß man bei Induktionsstrom das Betriebsgewicht der Hauptuhr entsprechend vervielfältigen oder dessen Weg verlängern bzw. die Anzahl der zu betreibenden Uhren bei größerem Zifferblatt-Durchmesser um ein entsprechend Vielfaches verringern.

Der Induktorbetrieb verlangt als Kraftquelle große Gewichte bis zu 200 kg. Diese müssen von Hand oder elektrisch aufgezogen werden, und außerdem werden hierdurch jede Minute die Uhrwerke erschüttert (um die Induktoren zu betreiben), was die Genauigkeit der Uhr beeinträchtigt, welche den Strom liefern muß. Bei starker Verringerung der Nebenuhren kann schließlich von einer Zeitverteilung überhaupt nicht mehr die Rede sein.

Man könnte andererseits dagegen einwenden, daß, wenn eine gleichmäßige Energie 1 an Elektrizität für den Betrieb der Nebenuhren genügt, es überflüssig wäre, die 78- bis 80 fache Energie zu verwenden. Dies ist jedoch durchaus notwendig, wenn man nicht auf Wirtschaftlichkeit in vollem Umfange bei der Zeitverteilung in Städten verzichten will, d. h. wenn man

Uhren jeder Größe und unter jeden Betriebsverhältnissen in regelmäßigem Gange erhalten will. Dies gilt besonders auch bezüglich der großen öffentlichen Uhren, die dem Straßenstaube, dem Temperaturwechsel, Reibungswiderständen, der Feuchtigkeit, atmosphärischen Beeinflussungen usw. ausgesetzt sind. Herr A. Favarger kommt nach einer dreißigjährigen Erfahrung, die er an Tausenden von Uhren aller Größen und unter den verschiedensten Betriebsverhältnissen gemacht hat, zu obigem Schlusse.

Man darf also in solchen Fällen nicht lediglich den rechnermäßigen Vergleich als maßgebend betrachten. Auch die beim Batteriesystem erforderlichen Elemente bzw. Akkumulatoren, Stromschlüssel, Stromwender usw. können dieses Urteil nicht beeinflussen, da deren Ueberwachung und Reinigung bei den heutigen Fortschritten der Technik höchst einfach und geringfügig sind. Außerdem ist an großen Plätzen mit Elektrizitätswerken die Stromentnahme aus dem Leitungsnetze sehr oft möglich, was die Einfachheit und Sicherheit des Betriebes noch wesentlich erhöht. Bei richtiger und starker Konstruktion aller Teile, insbesondere der Schaltapparate, und sorgfältiger Aufstellung ist die Ueberwachung der Zentralanlage höchst geringfügig gegenüber der Mühe, welche einige hundert Nebenuhren verursachen, denen vielleicht nicht genügende Energie zugeführt wird.

Für sehr ausgedehnte Anlagen in großen Städten spielt die Kontrolle des Ganges der Nebenuhren, wie wir sie bei der Zentrale der Gesellschaft Normal-Zeit in Berlin kennen gelernt haben, keine unwichtige Rolle. Mit Induktionsstrom ist wenigstens ein Rücksignal von den einzelnen Nebenuhren nicht möglich.

Es hat also jedes System ein seiner Eigenart entsprechendes Anwendungsgebiet. Für jeden Fall ist bei den verschiedenen Ansprüchen und Umständen immer zunächst zu prüfen, welchem Systeme man den Vorzug geben soll. Die hier gebotenen Gesichtspunkte dürften diese Prüfung erleichtern.

* * *

Nachdem wir im vorstehenden die Haupt- und Nebenuhren wie sie für die meisten Zwecke gebraucht werden, besprochen haben, wollen wir auch den Großuhren bzw. Turmuhren einen besonderen Abschnitt widmen, da deren Einrichtungen in mancher Beziehung von den bereits beschriebenen Konstruktionen abweichen.

5. Elektrische Turm- und Großuhren

Allgemeines.

Während die bisher beschriebenen elektrischen Wanduhren, Hausuhren und Präzisionsuhren mehr die feinmechanischen Arbeiten der Uhrmacherei darstellen, sind die Turmuhren und Großuhren mehr maschinentechnischer Art. Der Unterschied in Konstruktion und Herstellung dieser verschiedenen Uhrenarten liegt in deren Zweck und Größe. Leichte, kleine Zeiger von 10 bis 15 cm Länge und gut geschützte Uhrwerke erfordern besonders bei elektrischen Uhren (wie wir gesehen haben) sehr geringe Triebkraft. Uhren mit großen Zifferblättern und langen schweren Zeigern dagegen, die fast immer ohne Glasschutz allem Wind und Wetter ausgesetzt sind und deren Größe von 1 bis zu 5 m schwankt, benötigen naturgemäß eine bedeutend größere Triebkraft und somit auch entsprechend gebaute, starke Räderwerke.

Da diese Großuhren in Schulen, Fabriken und Bahnhöfen, auf Türmen usw. angewendet werden, so gibt man ihnen gewöhnlich auch eine **V o r r i c h t u n g z u m S c h l a g e n d e r S t u n d e n**, und hieraus folgt die Notwendigkeit einer mehrfachen bedeutenden Triebkraft.

Handelt es sich nur darum, von einem Triebwerke aus (z. B. in einem Turm) die Zeiger von vier nahe gelegenen Zifferblättern zu treiben, dann wird man stets ein mechanisches Triebwerk anwenden. Sind dagegen zahlreiche Nebenuhren zu betreiben, die teilweise weit voneinander abliegen, so ist der elektrische Betrieb vorzuziehen. Hierbei vorkommende große Turmuhrzifferblätter treibt man aber stets besser durch ein entsprechend kräftiges Turmuhrwerk mechanisch an, das dann elektrisch ausgelöst wird.

Damit die Zifferblätter möglichst weit sichtbar sind und der Glockenschlag weithin zu hören ist, werden derartige Großuhren gewöhnlich möglichst hoch angebracht. Das Aufziehen der Gewichte erfordert mitunter Emporsteigen vieler Treppen und benötigt unter Umständen auch bedeutende Kraft. Wo es irgend möglich ist, wird man daher das Emporziehen der Gewichte durch einen Elektromotor bewirken, der stündlich oder täglich von der Uhr selbsttätig ein- und ausgeschaltet wird. Diese Einrichtung ist jedoch nur dann anwendbar, wenn Starkstrom zur Verfügung steht.

In den meisten Fällen muß man sich damit begnügen, von einer Normaluhr aus das Triebwerk einer Turmuhr zu regulieren oder minutlich auszulösen. Pendel und Hemmung werden im letzteren Falle außer Tätigkeit gesetzt (s. Seite 186) und das

Laufwerk der Uhr durch einen elektrischen Auslösungsapparat alle Minuten in der Art ausgelöst, wie wir dies bereits besprochen haben. Das Laufwerk muß, je nach seiner Einrichtung, täglich oder wöchentlich aufgezogen werden. Die Turmuhr selbst als Normaluhr für die elektrische Zeitverteilung zu verwenden ist nur ausnahmsweise zu empfehlen, weil sich hierzu eine Präzisionsuhr besser eignet. Nur dann wird man die Turmuhr auch als Normal- und Signaluhr benützen, wenn eine Präzisionsuhr nicht aufgestellt werden soll oder kann.

Bei elektrischer Auslösung der Turmuhr wird man immerhin derartige Einrichtungen treffen, daß bei Störungen des elektrischen Betriebes Pendel und Hemmung sofort in Tätigkeit gesetzt werden können. Damit das rechtzeitige Aufziehen der Turmuhren, das Einhängen des Pendels und Einrücken der Hemmung nicht versäumt werden, pflegt man ein elektrisches Glockensignal anzulegen, welches den Wärter durch selbsttätigen Kontakt auf seine Pflicht aufmerksam macht. — Im nachstehenden wollen wir einige Fabrikate kennen lernen.

System J. F. Weule.

Das Aufziehen besonders großer Uhren ist nicht nur bei rein mechanisch betriebenen Werken, sondern auch bei Turmuhren mit elektrischer Auslösung erforderlich. Das Steigen der zahlreichen Treppen nach den hochgelegenen Uhrwerken und das Emporwinden der schweren Gewichte erfordert Zeit und Kraft. Die Turmuhrenfabrik J. F. Weule in Bockenem hat daher eine elektrische Aufziehvorrichtung konstruiert, die neben einfachster Bauart Gewähr dafür gibt, daß der Betrieb zuverlässig genannt werden kann.

Ehe man sich darüber entscheidet, ob man eine Uhr mit täglichem oder wöchentlichem Gewichtsauzug von Hand oder eine solche mit automatisch elektrischem Aufzuge verwenden will, muß man sich jedoch darüber im Klaren sein, daß eine Turmuhr mit Selbstaufzug nicht ohne jede Wartung gehen kann, ja daß eine solche Uhr, die immerhin natürlich komplizierter sein wird als eine von Hand aufziehende Uhr, ganz besonders sorgfältiger Wartung und Pflege bedarf! Nicht allein, daß diese Uhren, wie jede andere, geölt und kontrolliert werden müssen, auch die Motoren bedürfen sorgfältiger Wartung und der mit der Pflege Beauftragte muß über einige Kenntnisse der Starkstromtechnik verfügen. Daraus ergibt sich:

1. Turmuhren mit täglichem Aufzug von Hand wird man heute nur selten verwenden.
2. Turmuhren mit wöchentlichem Aufzug von Hand sind überall da zu verwenden, wo keine elektrische

Energie verfügbar ist, oder wo es an Leuten fehlt, die im Stande sind, Uhren mit elektrischem Selbstaufzug sachgemäß zu warten.

3. Turmuhren mit elektrischem Selbstaufzug sind da anwendbar, wo alle vorstehenden Bedingungen restlos erfüllt sind und wo Gewähr dafür vorliegt, daß der Aufzug nicht durch zu häufiges Ausbleiben des elektrischen Stromes in Unordnung geraten kann!

Ist man sich im Prinzip einig darüber eine Uhr mit Selbstaufzug zu beschaffen, so kommt die Frage zur Entscheidung: Wie oft am Tage soll der Aufzug erfolgen?

Die Turmuhrenfabrik J. F. Weule in Bockenem a. H. stellt zwei Ausführungsarten her.

1. eine Turmuhr mit stündlichem, selbsttätigem, elektrischem Gewichtsaufzug;

2. eine Turmuhr mit 24 stündlichem, selbsttätigem, elektrischem Gewichtsaufzug.

Beide Ausführungsarten sind im Prinzip sehr verschieden und die Anwendungsmöglichkeit ist demgemäß ebenfalls sehr abweichend.

In Fig. 133 ist eine solche mit täglichem Aufzug dargestellt.

Eine Turmuhr mit stündlich elektrischem Selbstaufzuge kann nur dann mit Vorteil verwendet werden, wenn sichere Gewähr dafür besteht, daß der elektrische Strom nicht oft auf längere Zeit abgestellt wird. Sie muß immer dann gewählt werden, wenn in kleinen oder engen Türmen große Turmuhrwerke erforderlich werden. Naturgemäß ist bei diesen Uhren die Höhe für den Gewichtfall nur gering, so daß die Uhrwerke auf so hohen Uhrstühlen aufgebaut werden können, daß der Gewichtfall lediglich bis zum Fußboden geht. Der Raumbedarf für eine solche Uhr ist daher verhältnismäßig gering. Das ist ein Vorteil, aber beim Versagen des Stromes auf längere Dauer muß eine derartige Uhr zum Stillstand kommen und das ist der Nachteil dieser Bauart. Vielfach wird man in Türmen, direkt unter dem Uhrwerk — seitlich und nach oben können hierbei die Gewichte nicht abgeleitet werden — noch Gewichtfallhöhe zur Verfügung haben. Dann ist es möglich für mehrere Stunden, etwa 6 oder 12, eine Gangreserve anzubringen, indem man die Ketten, in denen die Gewichte hängen, entsprechend länger macht.

Die Bauart der Uhren ist einfach und die Wirkungsweise des Aufzugsmechanismus zuverlässig. Die Seilwalzen fallen bei diesen Uhren fort und werden durch Kettenräder ersetzt, über die Gelenkketten laufen, an denen die Gewichte hängen. Die freien Kettenenden werden durch Gegengewichte straff

gehalten. Die Einschaltung des Stromes für die Motorbetätigung erfolgt von einem Werke der Uhr aus und können die Gewichte nur so hoch gezogen werden, wie dies angängig ist, da durch die Gewichte die Ausschaltung des Motors erfolgt. Eine Vorrichtung

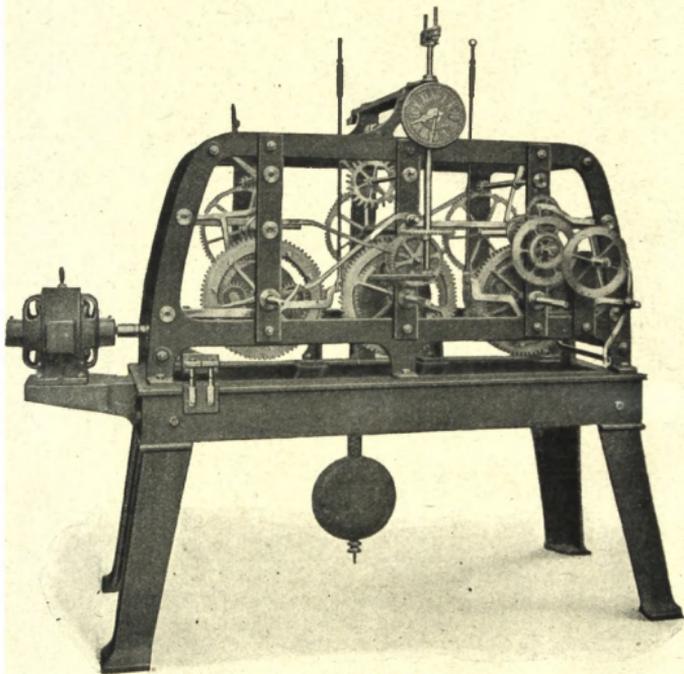


Abb. 133
Turmuhr-Werk mit täglichem selbsttätigem Aufzug von J. F. Weule

zum Aufziehen der Gewichte von Hand ist an jeder Uhr angebracht.

Die nicht unerheblichen Nachteile, die dieser Bauart des selbsttätigen Gewichtaufzuges anhaften, werden in der nachfolgenden Konstruktion sämtlich vermieden und wird diese daher

fast stets vorzuziehen sein, zumal hierbei die Gewichte, wie bei den Turmuhrn mit wöchentlichem Handaufzug beliebig auch nach oben abgeleitet werden können.

Turmuhr mit täglichem erfolgreichem Selbstaufzuge (Abb. 133).

Eine solche Uhr wird man überall, wie jede andere Turmuhr, anwenden können, wenn nur der erforderliche elektrische Starkstrom zur Verfügung steht.

Die Bauart ist die denkbar einfachste. Der Aufzugsmotor ist mit einer Schneckenwelle gekuppelt. Die Schnecken greifen in Schneckenräder, die auf der Walzenwelle sitzen und werden nach Einschaltung des Motors durch das Uhrwerk alle Werke der Turmuhr (Gehwerk-, Volls Schlagwerk, $\frac{1}{4}$ Schlagwerk, Nachschlage- oder Betglockenwerke) gleichzeitig aufgezogen, wobei durch praktische Anordnung eines Differentialgetriebes in jedem Werke die Uhr während des Aufzuges ungehindert weitergeht und schlägt. Ist auf einer der Walzen genügend Drahtseil — an welchem das Gewicht hängt — aufgewickelt, so erfolgt die selbst-

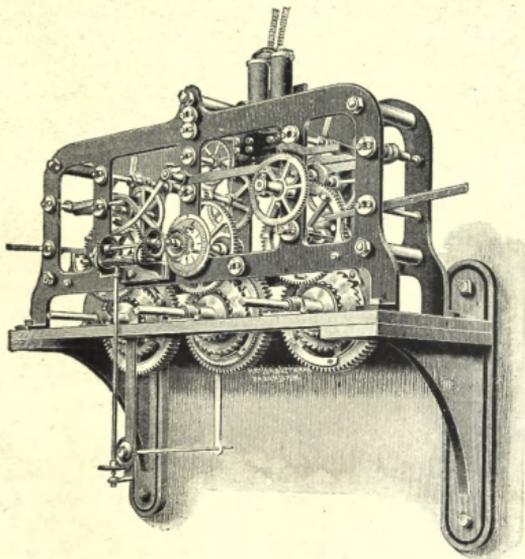


Abb. 134

Turmuhr mit elektrischer Auslösung von J. F. Wenle

ständige Ausschaltung des Motors und geht die Uhr dann wieder 24 Stunden weiter. Bei jedem Werke ist genügend Reservefallhöhe vorgesehen, so daß die Uhr mindestens 30 Stunden gehen kann, wenn der Motor nicht in Tätigkeit getreten ist. Nach Wiedereinschalten des Stromes erfolgt dann der Aufzug auch nachträglich, doch kann auch der Aufzug von Hand geschehen, ohne an dem Mechanismus irgend etwas verstellen zu müssen.

Diese sehr einfache und zuverlässige Bauart der Uhr macht es möglich, sie überall da zu verwenden, wo die vorstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Fabrik liefert jährlich etwa 300 Uhren aller Arten. Die Abb. 134 zeigt ein Großuhrenwerk mit Viertel- und Vollschlag auf Konsole montiert mit elektrischer Auslösung und Gallischem Gelenkkettenaufzuge für beschränkte Räumlichkeiten (Spezialausführung).

Im nachstehenden sind einige Punkte aufgeführt, welche verschiedene Verwendungsmöglichkeiten solcher Uhren zeigen, z. B. als gewöhnliche Turmuhr mit Pendel und Graham-Gang, mit elektrischer Auslösung ohne Pendel, mit Kontaktvorrichtung zum Betriebe von Nebenuhren, Abb. 135 mit selbsttätigem Lichtschalter für Nachtbeleuchtung, mit Signalvorrichtung, mit verschiedenen Schlagwerken, Betglockenwerken usw. Der elektrische Aufzug kann auch zum Betriebe von Nebelsignalapparaten,

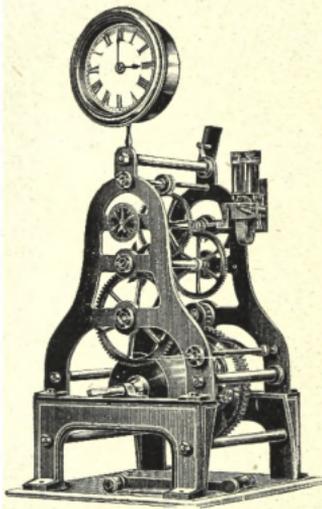


Abb. 135

Turmuhr von J. F. Weule mit Kontaktvorrichtung zum Betriebe von Nebenuhren

von Feuermeldern und dgl. benutzt werden. Die Nebelsignalapparate werden an Seeküsten, Flüssen und Hafeneinfahrten aufgestellt. Sie geben den ein- und ausfahrenden Schiffen Glockenzeichen verschiedener Art, woraus diese entnehmen können, an welchem Orte des Fahrwassers sie sich befinden. Wir können hier nicht die zahlreichen anderen Fabrikate der Firma beschreiben, sondern müssen uns auf das Gebotene beschränken.

System J. & A. Ungerer.

Die von der Firma J. & A. Ungerer vorm. J. B. Schwilgué in Straßburg i. E. erzeugten Turmuhren werden sowohl von Hand als auch durch Elektromotoren aufgezogen und wenn möglich durch elektrischen Betrieb ausgelöst. Das Treibgewicht für das Gehwerk hängt (vgl. Abb. 136) an der Kette ohne Ende 3. Die elektrische Auslösung erfolgt durch Bewegung der Gabel 1,

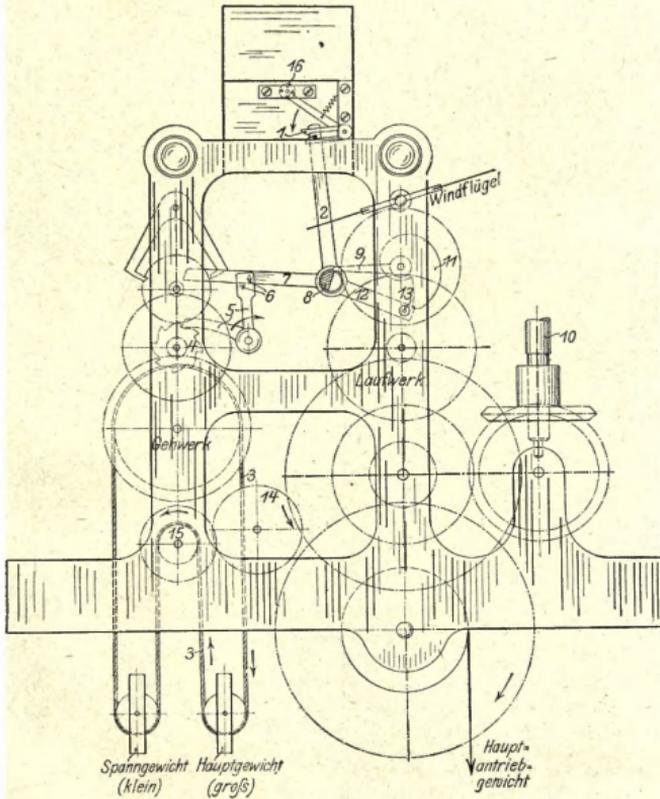


Abb. 136

Elektrische Auslösung für Turmuhren von J. & A. Ungerer

welche den Hebel 2 freigibt. Infolgedessen dreht sich die Welle 8 (die zur Hälfte ausgeschnitten ist) mit dem Hebel 7. Bei mechanischem Antriebe wird der Stern 4 durch das Gewicht gedreht. Er hebt die Falle 5 mit den zwei Auslösezapfen 6 (von dreieckigem Querschnitt), und das Uhrwerk dreht sich um eine Minute weiter. Die Bewegung der Welle 8 gibt gleichzeitig den Arm 9 frei, so daß das Zeigerlaufwerk in Tätigkeit treten kann, welches die Zeigerleitung 10 um eine Minute vorwärts dreht. Die Exzentrerscheibe 11 sitzt mit dem Arme 9 auf gemeinsamer Welle und drückt beim Umlaufen auf die am Arme 12 befestigte Rolle 13. Hierdurch wird Hebel 7 bzw. 2 wieder emporgehoben, und Arm 9 legt sich wieder auf Welle 8. Bei rein mechanischem Betriebe wird durch diese Bewegung die Kette 3 durch das Wechselrad 14 und das Kettenrad 15 entsprechend nachgezogen. Bei elektrischem Betriebe ist das Kettenrad 14 ausgerückt und Falle 5 von 4 abgehoben. Der rotierende (nicht abgebildete) Anker des Elektromagneten für die Auslösung macht alle Minuten

eine Viertelumdrehung und löst durch die vier Stifte 16 den Hebel 2 durch Bewegung der Gabel 1 aus. Die Drehung des Laufwerkes wird durch einen Windfang verlangsamt. Diese Einrichtung dient hauptsächlich für sehr große Zeiger. Bei Störungen des elektrischen Betriebes können Pendel und Hemmung sofort eingerückt werden. Es sind also zwei getrennte Triebwerke vorhanden, die beim mechanischen Betriebe miteinander durch das Wechselrad 14 gekuppelt sind. Diese doppelten Triebwerke sind bei großen, schweren Zeigern notwendig, damit der Gang der Uhr durch die Zeiger, welche jedem Wind und Wetter ausgesetzt sind, nicht beeinflußt werden kann.

Eine Gesamtansicht des Werkes ist in Abb. 137 wiedergegeben. Der Apparat für die elektromagnetische Auslösung ist nach der Konstruktion von Grau gebaut, deren Einrichtung wir an anderer Stelle dieses Buches beschrieben haben.

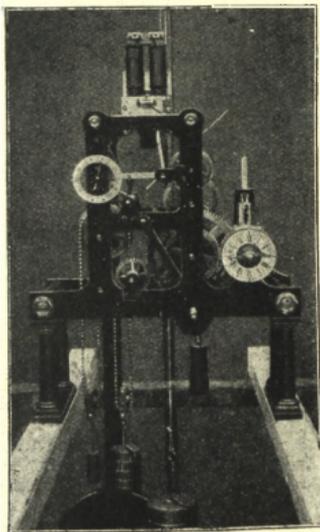


Abb. 137
Turmuhr von J. & A. Ungerer

Minutenkontakt für Turmuhren.

Soll eine Turmuhr außer den Zeigern ihrer eigenen Zifferblätter auch eine Anzahl elektrischer Nebenuhren treiben, so muß das Werk mit einem Minutenkontaktapparate versehen werden. Man wird diese Einrichtung jedoch nur dann treffen, wenn die Turmuhr ein sehr zuverlässig gehendes Werk hat und die Aufstellung einer Hauptuhr aus irgendwelchen Gründen nicht erfolgen kann. Dies

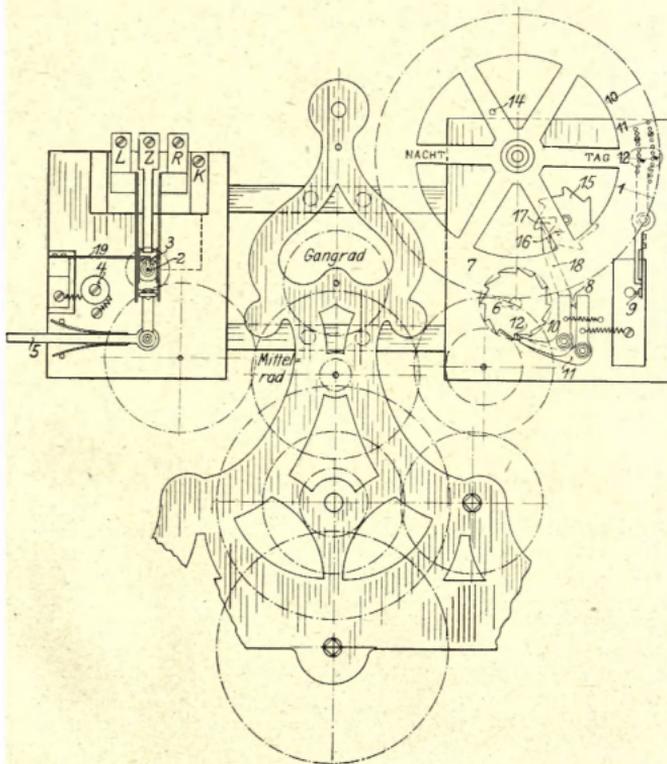


Abb 138

Signalrichtung und Stromsender an Turmuhren von J. & A. Ungerer

dürfte z. B. in kleineren Ortschaften der Fall sein, welche die Kosten einer teuren Hauptuhr ersparen wollen.

Abb. 138 zeigt einen Teil der Turmuhr, bei der auf der linken Seite der Minutenkontakt (nach dem System Grau-Wagner) und auf der rechten Seite ein Signalapparat angebracht ist. Das Mittelrad des Uhrwerks treibt

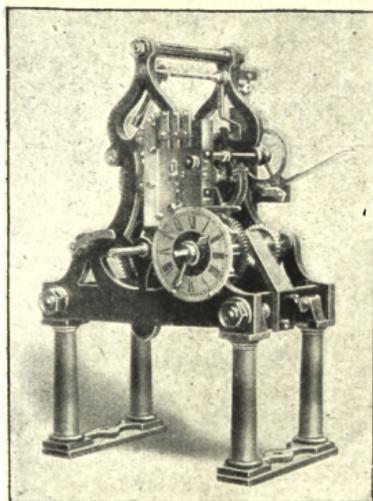


Abb. 139

Turmuhr von J. & A. Ungerer mit Minutenkontakt

mittels des Wechselrades *1* die Welle *2*, auf der vorne das Kontaktstück *3* sitzt, das nach jeder Minute eine halbe Umdrehung macht. Die Leitungen der Nebenuhren sind an die Klemmschrauben *L* und *R* angeschlossen; die Batterie ist mit ihren Polen an *Z* und *K* gelegt. Welle *2* steht mit *K* in Verbindung. Die beiden Federn, welche an den Klemmschrauben *L* und *R* befestigt sind, liegen in der Ruhe auf zwei Kontaktstiften von *Z*. Sobald Welle *2* sich dreht, wird bei jeder Umdrehung die Feder von *L* oder von *R* abgehoben und mit dem Pole *K* der Batterie in Verbindung gebracht, so daß die Nebenuhren Gleichstrom wechselnder Richtung erhalten. Zur Vermeidung der Funkenbildung ist die

Widerstandspule *4* in den Nebenschluß der Kontakte geschaltet. Um auch von Hand die Nebenuhren fortstellen zu können, ist der Handhebel *5* angeordnet, durch den man die Welle *2* in gleicher Weise drehen kann, wie das Uhrwerk dies sonst selbsttätig bewirkt. — Abb. 139 zeigt eine derartige Turmuhr mit Minutenkontakt.

Der Zeitsignalapparat.

Die Welle *6* (Abb. 138) wird durch besondere Zwischenräder dergestalt angetrieben, daß sie in einer Stunde eine Umdrehung macht. Das Uebersetzungsverhältnis zwischen dem Triebe *6* und dem Rade *7* ist $1 : 24$. Der Stromkreis für die Batterie und die Läutewerke ist geschlossen, wenn die beiden Kontakte *8* und *9* aufliegen. Von den beiden Klinken *10* und *11* fällt *10* zuerst von einem Zahne des Rades *12* ab. Infolgedessen bleibt Kontakt *8* geschlossen,

bis auch die Klinke 11 vom Rade 12 abfällt. Der Kontakt 9 wird durch die auf der Signalscheibe 7 eingeschraubten Stifte 13 je nach der gewünschten Zeit geschlossen. Die Dauer des Läutens hängt von dem Längenunterschiede der beiden Klinken 10 und 11 ab.

Dies gilt jedoch nur für eine mechanisch angetriebene Uhr. Bei minutlicher elektrischer Auslösung muß noch ein weiterer Unterbrechungskontakt eingefügt werden, um eine beliebige Läutedauer zu erzielen. Zu diesem Zwecke wird auf der Gangradwelle des Uhrwerks ein Exzenter befestigt, welcher auf fünf bis dreißig Sekunden je nach dessen Stellung den besonderen, hier nicht weiter abgebildeten Kontakt schließt.

Damit Sonntags keine Signale erfolgen, ist die Wochenscheibe 15 angeordnet, die entweder durch einen Stift (14) um Mitternacht und erforderlichenfalls auch durch einen zweiten Stift (16) um Mittag gedreht wird. Die Wochenscheibe hat für diese Zwecke 7 bzw. 14 Zacken. Durch ein auf der Wochenscheibe angebrachtes besonderes Verlängerungsstück kann auch das Läuten am Mittwoch und Sonnabend nachmittag abgestellt werden.

Gibt man der Welle 6 eine Umdrehung in einer halben Stunde statt in einer Stunde, so wird Kontakt 8 alle $2\frac{1}{2}$ Minuten geschlossen, und die Signalscheibe 7 macht eine Umdrehung in zwölf Stunden. Der Apparat wird in diesem Falle mit einem Umschalter versehen, welcher von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens den Kontakt bei 8 abstellt. Eine Großuhr mit derartiger Einrichtung ist in Abb. 140 dargestellt.

Die Klinke 10 (Abb. 138) erhält durch den Hebel 18 eine Verlängerung, deren Ende 17 sich auf die Umschaltenscheibe während

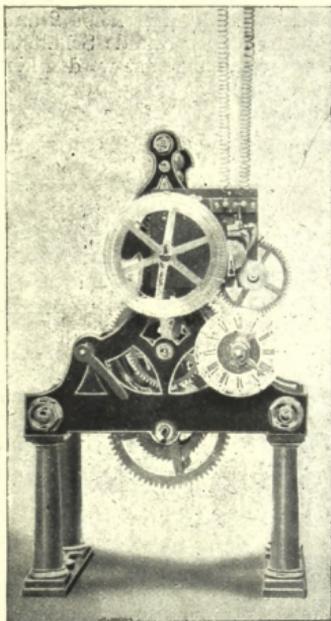


Abb. 140
Turmuhr von J. & A. Ungerer
mit Zeitsignal-Apparat

der Nachtzeit auflegt. Auf diese Weise wird ein sicheres Signalisieren gewährleistet.

Selbsttätige Beleuchtung für Turmuhr-Zifferblätter.

Der Antrieb des selbsttätigen Lichtschalters geschieht mittels der durchgehenden Zeigerleitung *1* (Abb. 141), welche die Vierundzwanzigstundenscheibe *2* antreibt, auf der in Abständen von je einer halben Stunde Schaltstifte *3* in achtundvierzig Gewindebohrungen eingesetzt werden können. Der Stern *4* springt durch

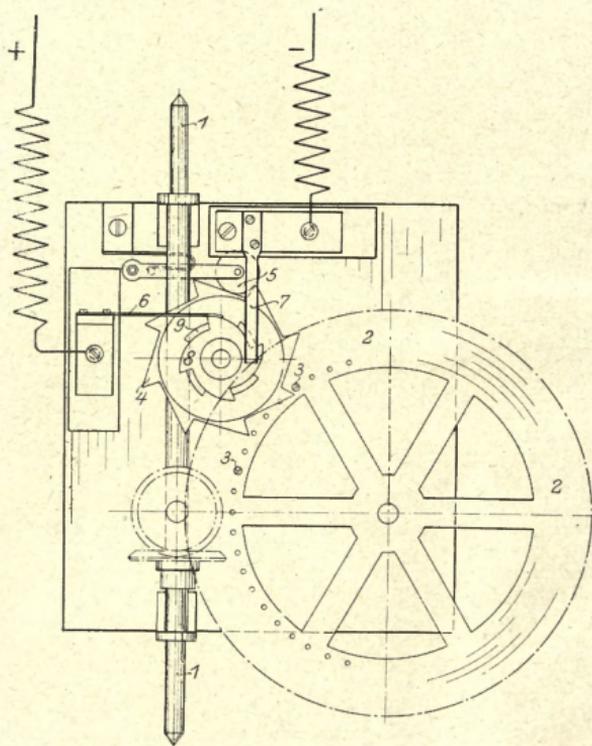


Abb. 141

Zeitkontakt für die Beleuchtung von Turmuhren, von J. & A. Ungerer

die Bewegung der Schaltstifte um je eine Achtelumdrehung herum und bewegt damit plötzlich die Kontaktrolle 5, so daß die Kontaktfeder 6 von dem vierteiligen Kontaktstücke 8 schnell abfällt und sich kein Lichtbogen bilden kann. Die Feder 6 fällt bei der Bewegung des Sternes 4 abwechselnd auf die Messingzähne 8 oder auf die daneben befindlichen Isolierstücke 9. Es wird also bei dem Umlaufen des Sternes 4 der Stromlauf für die elektrische Beleuchtung der Turmuhr in diesem Kontaktapparate abwechselnd geschlossen und geöffnet. Die Feder 7 schleift dauernd auf dem Messingstücke 8. Alle Kontaktflächen sind so gearbeitet, daß sie genügende Reibung haben und gut aufliegen, und daß die Berührungsflächen für den Strom einiger Glühlampen genügen.

Im allgemeinen wird man für zu beleuchtende Zifferblätter durchscheinende Milchglasscheiben verwenden, da die Beleuchtung von außen bei großen Turmuhren besondere Schwierigkeiten macht und die Einrichtung ziemlich kostspielig ist.

Es würde zu weit führen, alle Konstruktionen der seit 1828 bestehenden Firma beschreiben zu wollen, deren Begründer, Jean Baptist Schwilgue, bekanntlich die berühmte astronomische Uhr des Straßburger Münsters entworfen und ausgeführt hat. Wir geben in Abb. 142 nur noch die Ansicht einer Turmuhr mit Zeitsignal-Apparat, Minutenkontakt und Lichtumschalter.

Aufzug für Turmuhren von C. F. Rochlitz.

Für den selbsttätigen Aufzug bei den Turmuhren der Firma C. F. Rochlitz in Berlin dient ein Elektromotor von $\frac{1}{16}$ PS, der stündlich einmal in Tätigkeit tritt. Die Zeiger werden

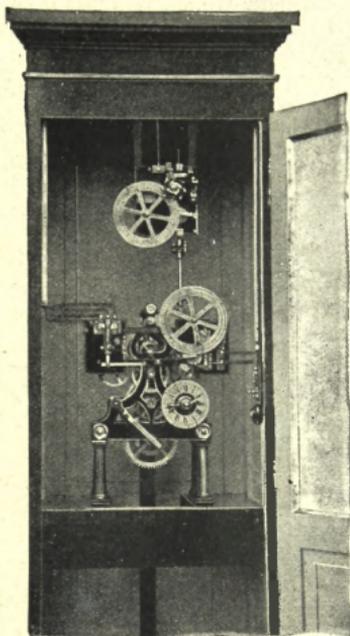


Abb. 142

Turmuhr von J. & A. Ungerer mit Zeitsignal-Apparat, Minutenkontakt und Lichtumschalter

durch ein jede halbe Minute ausgelöstes Laufwerk bewegt. Zur Verlangsamung des Umlaufes des Gangrades dient ein aufrecht stehender Windfang. Links (Abb. 143) befindet sich das Stundenschlagwerk, rechts das Viertelstundenwerk. Ohne elektrischen Aufzug würde die Uhr bei 12 m Fallhöhe mit einmaligem Aufzuge von Hand einen Tag getrieben werden.

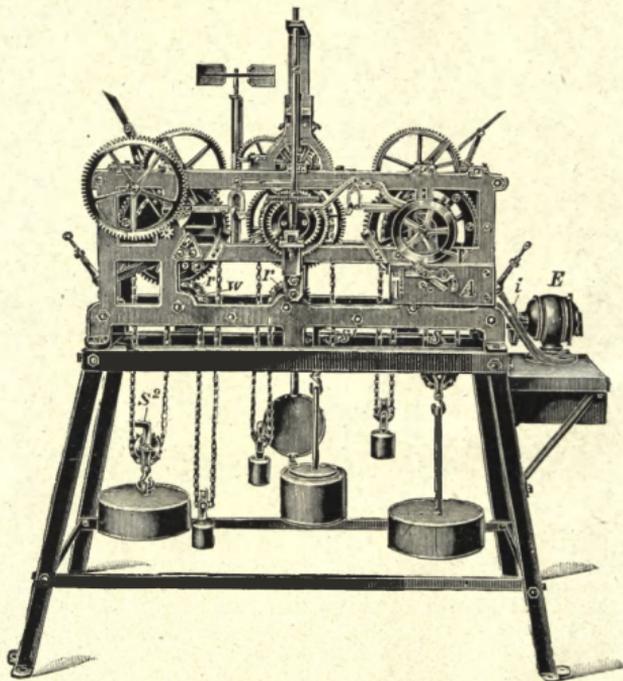


Abb. 143

Turmuhr von C. F. Rochlitz mit selbsttätigem elektrischem Aufzuge

Die drei Gewichte wiegen zusammen 100 kg. Der Elektromotor *E* hebt sie stündlich empor, so daß nur eine Fallhöhe von 1,25 m (die Höhe des Gestells) erforderlich ist. Selbst diese Fallhöhe ist nur vom Stundenschlagwerke beansprucht, weil dieses einen größeren Ablauf hat als die anderen Werke. Bei dem jedesmaligen

Aufzuge wird das Gewicht um 33 cm gehoben. Die drei Gewichte hängen an endloser Gelenkkette (Gallsche Kette).

Vom Flasenzuge des Gewichtes geht die Kette über eine Walze, von hier zu dem Flasenzuge eines Gegengewichts und von da über eine Aufzugwalze ω zu dem Flasenzuge des Hauptgewichtes. Die Aufzugwalze ω sitzt auf einer gemeinsamen Welle mit einem Schneckenrade r . Ein solches Räderpaar ist bei jedem der drei Werke vorhanden. Ueber die ganze Länge des Gestells läuft eine wagrechte Welle mit drei Schnecken und entsprechenden Schneckenrädern. Nur das Schneckenrad des Viertelwerkes sitzt fest auf der Welle, die anderen drei sitzen drehbar darauf und werden nur dann mitgenommen, wenn ein auf der Welle in der Längsrichtung verschiebbarer, nicht drehbarer Mitnehmer durch eine Schraubenfeder gegen die betreffende Schnecke gedrückt wird.

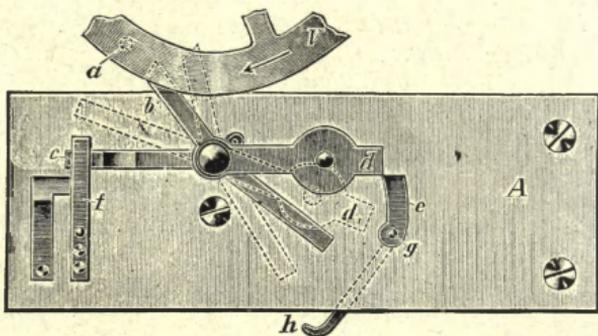


Abb. 144

Ausschalter an der Turmuhr von C. F. Rochlitz mit selbsttätigem elektrischen Aufzuge

Nahe dem Elektromotor E trägt die Aufzugswelle ein Zahnrad i , das mit einem auf der Welle des Elektromotors befindlichen Triebe im Eingriff steht. Sobald der Strom für den Elektromotor geschlossen wird, treibt er die Aufzugswelle und besorgt in 19 Sekunden den Aufzug der Gewichte. An jedem Flasenzuge befindet sich ein Schuh wie bei S^2 , welcher nach Emporheben des Gewichtes das Aufziehen unterbricht. Ist bei den beiden losen Schneckenrädern des mittleren und linken Werkes das Triebgewicht einige Zentimeter abgelaufen, so wird ein Mitnehmer gegen die Schnecke gedrückt. Sobald das Gewicht in die Höhe steigt, trifft der Schuh

S² auf einen Winkelhebel, der den Mitnehmer zur Seite schiebt, so daß die betreffende Schnecke stehen bleibt, während die Aufzugwelle sich weiter dreht. Beim Viertelwerke schaltet der Schuh S den Elektromotor aus und bringt damit die Aufzugwelle zum Stillstande. Die Auslösung des Elektromotors besorgt das Viertelwerk.

Abb. 144 zeigt den Ausschalter A der Abb. 143 (auf der rechten Seite des Gestells) in größerem Maßstabe. V ist ein Stück der Viertelstunden-Schlußscheibe, welche sich in Richtung des Pfeiles dreht und bei a einen Auslösestift trägt. Wenn diese Schlußscheibe jedesmal beim Dreiviertel-Schlage ihre größte Bewegung macht, tritt der Auslösestift a in Tätigkeit und drückt den Hebel b aus der punktierten Stellung in die ausgezogene Lage. Bei dieser Bewegung nimmt Hebel b den Hebel d mit und bringt ihn aus der punktierten Lage in die ausgezogene Stellung. Das Ende c tritt zwischen zwei Kontaktfedern f (von denen hier nur eine sichtbar ist). Hierdurch wird der Strom für den Elektromotor geschlossen. Nach dem Einschalten bei c greift die Sperrklinke e unter d und hält das Hebelwerk fest. Beim Emporsteigen des Gewichtes zufolge des Aufziehens trifft der Schuh S gegen den Arm h, löst dadurch die Sperrklinke e aus, das Gewicht d fällt nach unten, der Kontakt c wird unterbrochen, und der Elektromotor steht still.

Elektrische Aufziehvorrichtung von Georg Hartmann.

Georg Hartmann, der Inhaber der Joh. Mannhardt'schen Königlich-Bayerischen Hof-Turmuhren-Fabrik in München, hat die nachstehend beschriebene Aufziehvorrichtung für Großuhren konstruiert, welche zum Aufziehen mehrerer Gewichte dient. Auf der durch einen Elektromotor m (Abb. 145) angetriebenen gemeinsamen Welle l sind die elektrischen Kupplungen n angeordnet, welche beim Einschalten des Elektromotors m gleichfalls in Tätigkeit treten und durch die Zahnradübersetzung o die einzelnen Werke durch die Welle w aufziehen. Das Gehwerk I liegt in der Mitte; links befindet sich das Stundenschlagwerk II, rechts das Viertelstundenschlagwerk III. Sobald eines der Werke aufgezogen ist, wird die zugehörige elektrische Kupplung durch eine besondere Vorrichtung ausgeschaltet. Hierzu dienen die Schaltscheiben a und b, welche durch eine Stange c zwangsläufig miteinander verbunden sind und auf den Gleitschienen r als Laufbahn sich bewegen, wobei sie mit dem Hebel g auf den am Gewichte d befindlichen Anschlagstift f treffen. Bei dieser Bewegung werden die Schaltscheiben a und b gedreht. Beim Herabgehen des Gewichtes d wird der Anschlagstift der Scheibe b, beim Hochgehen von d der Hebel g der

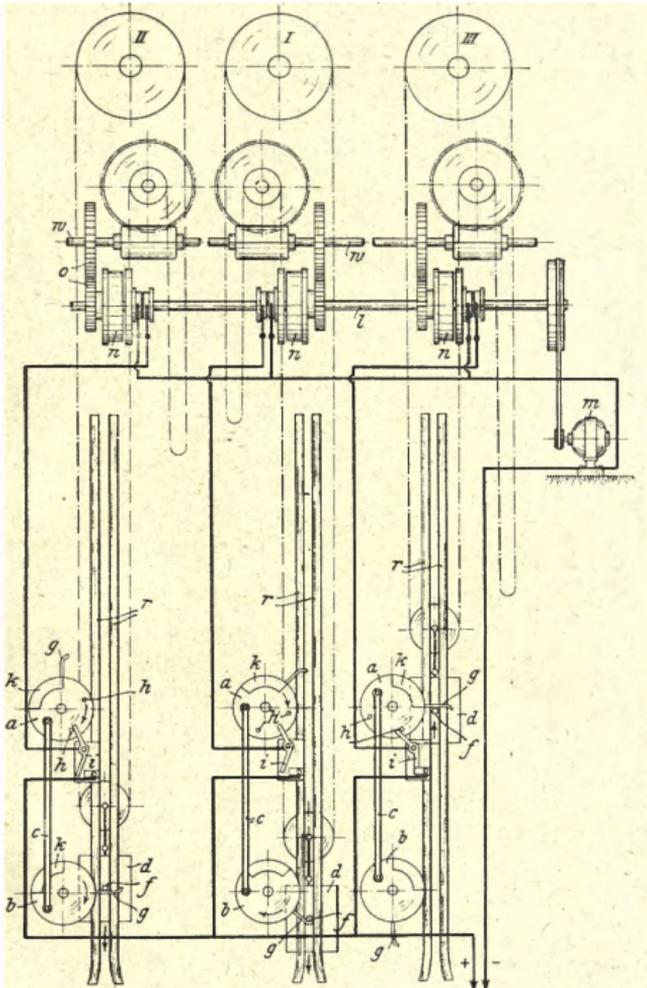
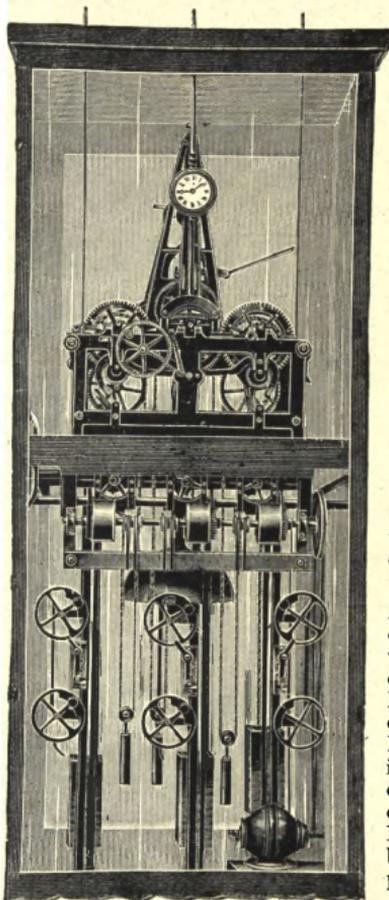


Abb 145
 Selbsttätiger elektrischer Aufzug für Turmuhren von Georg Hartmann

Scheibe *a* getroffen. Auf diese Weise werden die Kupplungen nach Bedarf aus- und eingeschaltet.



bb. 146
Turmuhr des Justizpalastes in München
(Joh. Mannhardt'sche Turmuhrnfabrik)

Zwei auf der Scheibe *a* befindliche Stifte *h* betätigen den Schalter *i*, welcher den zugehörigen Stromkreis öffnet und schließt. Um eine kurze und schnelle Bewegung der Schaltscheibe hierbei zu erzielen, sind die Gewichte *k* so angeordnet, daß sie erst dann auf die Scheiben *a* bzw. *b* wirken, wenn der tote Punkt in der Umdrehung überwunden ist.

Abb. 145 zeigt bei dem Werke *I* den Beginn des Einschaltens durch den Hebel *i*, indem der Anschlagstift *f* sich demnächst gegen den Stift *d* der Schaltscheibe *b* legt. Sobald das Gewicht weiter sinkt, gelangt das Gewicht *k* der Scheibe *a* in die Lage des Werkes *III* und schließt damit plötzlich den Schalter *i*.

Bei dem Werke *II* ist die Ausschaltung von *i* durch das Uebergewicht von *k* bewirkt worden. Da bei allen drei elektromagnetischen Kupplungen *n* ein Kontakt der Schleifringe mit dem Elektromotor *m* verbunden ist, so wird gleichzeitig durch die Schalter *i* auch der Elektromotor betätigt. Diese Einrichtung ist z. B. bei der Turmuhr des Justizpalastes in München zur Anwendung gekommen, welche in Abb. 146 veranschaulicht ist.

Das Aufstellen von Turmuhren.

Für die Aufstellung von Turmuhren sind durchaus andere Gesichtspunkte maßgebend, als wir sie für sonstige Uhren kennen gelernt haben. Das Uhrwerk soll in einem hellen, verschließbaren Raume aufgestellt werden, der möglichst staub- und erschütterungsfrei ist. Hierzu eignet sich am besten eines der unteren Turmgeschosse, das mit gut abgedichteten Fenstern versehen ist. Das Glasgehäuse muß verschließbar sein. Zur Aufstellung der Uhr wählt man am besten eine Wand, die frei von Treppen ist, so daß die Leitungsstangen der Transmissionen, die Seile für die Gewichte und die Zugdrähte für die Hämmer leicht angebracht werden können.

Je nach Größe und Gangdauer der Uhrwerke braucht man für täglichen Aufzug 4 bis 12 m Ablaufraum der Triebgewichte; für wöchentlichen Aufzug sind bis 18 m erforderlich. Für stündlichen, elektrischen Aufzug kann der Raum viel kürzer sein. Alle Böden der Stockwerke des Turmes, durch welche die Gewichte ablaufen müssen, erhalten in einer Ecke übereinander eine entsprechende Öffnung von etwa 100 × 60 cm.

Für die Anbringung der Zifferblätter sind in der Mauer entsprechende Öffnungen vorzusehen, die wenigstens 1,20 m Durchmesser haben sollten. Vor diesen Öffnungen werden die Zifferblätter befestigt. Sie erhalten eine Klappe zum Oelen der Zeiger, die so beschaffen ist, daß man auch den Anstrich des Zifferblattes erneuern kann. Die für mehrere Zifferblätter erforderlichen Leitungsstangen der Transmissionen, welche sich rechtwinklig kreuzen, werden am besten auf einem besonderen Zwischenboden angebracht und so angeordnet, daß die Balken des Gebäudes oder des Glockenstuhles die Anordnung nicht behindern. Der Zwischenboden für die Transmissionen liegt am besten einige Zentimeter tiefer als die Mitte der Zifferblätter. Diese Anordnung erleichtert nicht allein die Anbringung der Zeigerleitungen, sondern auch die Reinigung und das Oelen während des Betriebes. Schwere, lange Leitungsstangen erhalten zur Verminderung der Reibung Kugellager.

Um den Hämmern für den Glockenschlag den erforderlichen Hub geben zu können, muß der Glockenstuhl entsprechend konstruiert werden, so daß an dieser Stelle weder senkrechte noch gekreuzte Stützen hinderlich sind. — Da die Ausbreitung des Schalles durch enge Maueröffnungen, Jalousien und dgl. sehr behindert wird, soll man die Glocken für das Schlagwerk der Uhren so hoch hängen, daß ihr unterer Rand wenigstens ein Meter über der Unterkante der nächsten Maueröffnung liegt. Diese Rücksichten gelten sinngemäß natürlich auch für Großuhren, die nicht auf

Türmen, sondern auf Dächern, Giebeln oder Häuserfronten u. dgl. aufgestellt werden. Hier bringt man besondere Schlagglocken am besten möglichst frei an.

Sind die Zifferblätter in bedeutender Höhe anzubringen, so markiert man am besten die Stunden durch einen entsprechend langen und breiten Strich, an dessen innerem Ende die Stundenziffer angebracht ist. Sollen die Zifferblätter die Architektur des Gebäudes nicht verdecken, so wird das Zifferblatt durchbrochen konstruiert und aus eisernen Reifen mit dazwischen vernieteten Ziffern und Minutenstrichen zusammengesetzt.

Große, lange Zeiger, die mitunter mehrere Zentner wiegen, müssen durch Gegengewichte, die mit dem Zeiger womöglich aus einem Stück zu arbeiten sind, sehr genau ausbalanciert werden. Sie erhalten Verstärkungsrippen, damit sie sich bei Sturm und Wind nicht biegen können. Die Zeigerwerke der Großuhren sind entweder direkt hinter dem Zifferblatte befestigt, oder sie sitzen innerhalb des Mauerwerkes, so daß ein langes Stundenrohr nach außen führt *).

Jedes Zeigerwerk muß sich, wenn Zeiger und Gegengewichte befestigt sind, durch leichten Druck in Bewegung setzen lassen. Machen sich fühlbare Widerstände geltend, so muß man die Stellen aufsuchen, welche unnötige Reibung haben, und etwa vorhandene Fehler beseitigen. Große Uhren muß man gewöhnlich auseinandernehmen, um sie nach dem Aufstellungsorte zu schaffen. Sie werden in dem Turmgeschosse wieder zusammengesetzt und nach Vollendung aller Arbeiten nochmals gereinigt und geölt. Sind Zifferblätter, Zeigerwerke Hammerwerke und Glocken gebrauchsfähig angebracht, dann wird die Uhr gewöhnlich so hingerückt, daß sie senkrecht unter eines der Zifferblätter zu stehen kommt. Durch Spannen von Schnüren ermittelt man genau die Stellen und Richtungen der Transmissionen und der Aufhängeseile für die Gewichte. Die wagrechten Wellen müssen alle zwei Meter durch Reibungsrollen unterstützt werden. Von den Hämmern der Glocken wird nach unten gelotet, und wenn nötig, werden Holzteile durchbohrt. Von den Hammerhebeln der Uhr lotet man andererseits nach oben und ermittelt auf diese Weise diejenigen Stellen, an welchen Winkel oder Hebel zur Verbindung der Glockenzüge angebracht werden müssen. Sind auf diese Weise sämtliche Leitungen fertiggestellt, und hat man sich von dem leichten Gange aller Teile, dem freien

*) Wir haben im vorstehenden teilweise Angaben der Firma J. & A. Ungerer in Straßburg i. E. benützt, die besonders für Einrichtung von Neubauten maßgebend sind. Für die praktische Ausführung einer Turmuhranlage hat die Firma J. F. Weule in Bockenem a. H. dem Verfasser wertvolle Angaben gesandt, von denen wir im nachstehenden die wichtigsten Punkte noch wiedergeben wollen.

Durchgänge der Gewichte bzw. Flaschenzüge überzeugt, so wird der Uhrstuhl am Fußboden festgeschraubt und das Werk in Betrieb gesetzt.

Da die Turmuhren naturgemäß viel mehr Kraft bedürfen als sonstige Uhren, so ist auch für die Auslösung der Uhrwerke viel mehr elektrische Energie erforderlich. Man wird daher, wenn irgend möglich, Starkstrom für den Turmuhrenbetrieb nutzbar machen. Die Benützung von Primär-Elementen ist in den meisten Fällen so gut wie ausgeschlossen, weil das Reinigen und Neuansetzen der Elemente auf die Dauer ziemlich viel Kosten macht.

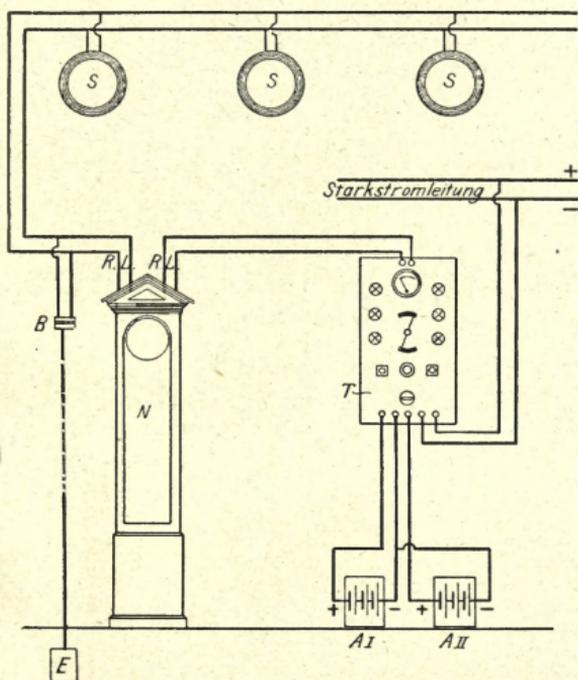


Abb. 147

Schaltung zum Laden der Batterien für den Uhrenbetrieb J. F. Weule)

Man verwendet also als Batterien für diesen Zweck Akkumulatoren, die durch Anschluß an das Starkstromnetz geladen werden. Nur Gleichstrom ist dazu verwendbar.

Eine Schaltung zum Laden ist nach den Ausführungen der Firma J. F. Weule in Abb. 147 dargestellt. Von der Starkstromleitung geht ein Abzweig zur Schalttafel *T*, von welcher aus die beiden Batterien *AI* und *AII* nach Bedarf geladen werden können. Die Ladeschalttafel ist mit einem Spannungsmesser und zwei Umschaltern ausgerüstet, mit deren Hilfe man die Batterien abwechselnd einschalten kann. Als Vorschaltwiderstand dienen zu beiden Seiten angeordnete Glühlampen. Von der Schalttafel geht eine Leitung zur Normaluhr *N* und von dieser nach den Nebenuhren bzw. Turmuhren *S*. Gegen Blitzschlag ist der Blitzableiter *B* mit der Erdleitung *E* angebracht.

6. Kostenanschläge

Allgemeines.

Wir wollen noch eine kurze, allgemeine Anleitung geben, in welcher Weise Projekte für eine elektrische Uhrenanlage aufzustellen und die Kosten zu berechnen sind.

Zunächst ist festzustellen, wie viel Uhren überhaupt aufzustellen sind. Handelt es sich um einige wenige Uhren, die ziemlich dicht beisammen liegen, so wird man mit einem Stromkreise auskommen. Bei größeren Anlagen müssen mehrere Stromkreise gebildet werden. Für die Zeitverteilung in einer Stadt sind die Uhren gruppenweise in Bezirke einzuteilen, so daß jede Gruppe eine Hauptuhr erhält und die Gruppen-Hauptuhren wieder durch eine Zentraluhranlage reguliert werden. Die Zentraluhr muß auch stets eine Reserveuhr haben. Jeder Stromkreis, der eine Batterie hat, ist gleichfalls mit einer Reservebatterie zu versehen.

Des weiteren ist festzustellen, welche Größe die Zifferblätter der einzelnen Uhren haben sollen und welche Uhren etwa mit Signal-Einrichtungen oder dgl. zu versehen sind. — Besonders Rücksicht muß auf Turmuhren genommen werden, die besonders große Kraft und meistens auch längere Leitungen erfordern.

Ist durch sorgfältige Erwägungen und Umfragen die Anzahl und die Art der Uhren festgestellt, dann wird man sie in einen Plan, möglichst im Maßstabe 1 : 100, genau einzeichnen und die Gruppen der einzelnen Stromkreise durch eine Linie verbinden. Diese Linien müssen also nach einer Hauptuhr oder einer Gruppen-Hauptuhr führen. Bei jeder Uhr wird man durch besondere Zeichen oder

Ziffern die Größe des Zifferblattes, die zum Betriebe erforderliche mindeste Stromstärke und den Widerstand der Elektromagnet-Wicklungen angeben. Schaltung und Anordnung der Hauptuhren soll man mit allen Nebenapparaten möglichst übersichtlich, vielleicht im Maßstabe 1 : 50, aufzeichnen. Von solchen Schaltungs- und Leitungsplänen erhält der Auftraggeber eine saubere Zeichnung; eine Leinwandpause wird dem Bauleiter oder Monteur ausgehändigt, und eine Lichtpause behält die ausführende Firma.

Es ist ferner zu berücksichtigen, ob und wie etwa Einzeluhren zu beleuchten sind und ob die Beleuchtung etwa von den Uhren selbsttätig aus- und einzuschalten ist. In vielen Fällen sind auch Wünsche bezüglich der Gehäuse zu berücksichtigen.

Auf Grund dieser Pläne und Nachweisungen wird ferner der Bedarf an Nebenapparaten, als Fortstellapparaten, Umschalt-Vorrichtungen, Stromwendern, Blitzableitern usw., zusammengestellt und die Kosten nach den Preislisten eingetragen.

Die nächste Arbeit ist das Ausmessen der Entfernungen, um die Länge der Leitungen in den verschiedenen Stromkreisen feststellen zu können. Auch für die Leitungsanlage sind besondere Pläne erforderlich, nämlich für die Freileitungen, für etwaige Kabel und für die Hausleitungen. Für jedes Haus, in dem Uhren anzubringen sind, muß ein besonderer Plan in Grund- und Aufriß gezeichnet werden. Zu den aus solchen Plänen ermittelten Längen ist für Winkel, Kreuzungen oder etwa notwendige Aenderungen, die sich während der Arbeit ergeben und fast niemals ausbleiben, 15 bis 20% Leitungsmaterial hinzuzurechnen, damit man mit den angegebenen Materialmengen auf jeden Fall auskommt. Was etwa bei der Ausführung weniger gebraucht wird, ist zurückzurechnen.

Die Länge der Leitungen richtet sich vor allen Dingen auch danach, ob Hin- und Rückleitungen aus isolierten Drähten erforderlich sind oder ob man als Rückleitung Erdleitungen bzw. Gas- und Wasserrohre verwenden kann. Bei nur kurzen Leitungen wird man zweckmäßig nur isolierte Drähte für Hin- und Rückleitung anwenden. Das gleiche gilt für Stromentnahme aus Elektrizitätswerken, falls sie nicht einen geerdeten Mittelleiter in ihrem Leitungsnetze haben. Besondere Erdleitungen anzulegen, wie man dies wohl in der Telegraphie tut, ist nicht ratsam, weil ihr Widerstand, selbst wenn sie noch so sorgfältig angelegt werden, ziemlich bedeutend ist. Andererseits darf man auch nicht Wasser- oder Gasleitungen allein verwenden, sondern man soll beide stets als Erdleitungen anschließen, damit bei Reparaturen

oder Unterbrechungen der Rohre keine Störungen im Uhrenbetriebe eintreten können. Wie wichtig gute Leitungsanlagen sind, geht schon daraus hervor, daß Leitungen von hohem Widerstande oder schlechter Isolation bedeutende Energieverluste veranlassen können. Man muß die Leitungsanlagen für Uhrennetze in der gleichen Weise und nach den gleichen Gesichtspunkten wie für Lichtnetze berechnen, d. h. man soll die Widerstände der einzelnen Verzweigungen eines Stromkreises möglichst gleich machen, damit jede Uhr möglichst die gleiche Spannung erhält, und damit auch die richtige Stromstärke entsprechend dem Widerstande der Elektromagnetwindungen zugeführt wird. Um dies zu erreichen, sollte man alle Leitungen so stark wählen, daß nicht mehr als etwa 2% Spannungsverlust vorhanden ist. Bei sehr langen, kostspieligen Leitungen zwischen der Zentraluhr und den Gruppen-Hauptuhren wird man unter Umständen einen größeren Spannungsverlust zulassen müssen, damit die Leitungsanlage nicht zu kostspielig wird. Man muß in solchem Falle durch Rechnung den sogenannten wirtschaftlichen Querschnitt ermitteln, so daß Energieverlust infolge des Widerstandes der Leitungen und Anlagekosten der Leitungsstrecken in einem angemessenen Verhältnisse zueinander stehen.

Hat man auf diese Weise den Bedarf an Uhren, Apparaten, Nebenleitungen und Leitungsmaterial festgestellt, so sind die Batterien zu berechnen. Ausgedehnte Leitungsnetze wird man in größeren Orten stets an ein Elektrizitätswerk anschließen können. Es ist in diesem Falle festzustellen, mit welcher Stromart und mit welcher Spannung das betreffende Elektrizitätswerk arbeitet. Die Spannung wird im allgemeinen 110 oder 220 Volt betragen. Als Stromart kommt Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom in Frage.

Falls man Gleichstrom zum Betriebe braucht, aber vielleicht nur Drehstrom vorhanden ist, so wird man unter Umständen bei den Zentraluhren Akkumulatoren aufstellen, die durch einen entsprechenden Umformer geladen werden. Die Anlage mit Akkumulatoren gewährt unter allen Umständen die größte Sicherheit. Man wird am besten die Einrichtung derartig treffen, daß man zwei Batterien aufstellt, die wechselnd geladen werden, und zwar ist es am vorteilhaftesten, die Betriebsbatterie ständig zu laden. Derartige Anlagen erfordern langjährige und umfangreiche Erfahrungen, auf die wir hier nicht näher eingehen können. Gegebenenfalls wende man sich an einen erfahrenen Fachmann. Wer die hier gebotenen Gesichtspunkte nicht berücksichtigt, wird sicherlich schlechte Erfahrungen machen und unter Umständen

Geld verlieren. Es dürfte daher auch wenig Zweck haben, bestimmte Beispiele durchzurechnen. Die praktische und theoretische Übung sind hier der beste Lehrmeister.

Die Berechnung der erforderlichen Stromstärken ergibt sich für jeden Stromkreis aus der Anzahl der gleichzeitig zu betätigenden Uhren und die für jede Uhr erforderliche Strommenge in Ampère. Es ist ferner zu ermitteln, wie lange der Stromschluß einer jeden Uhr dauert und wieviele Stromschlüsse in einer Stunde erfolgen sollen. Stromstärke, Dauer und Anzahl der Stromschlüsse ergeben schließlich den Strombedarf in Ampèrestunden. Die ermittelte Klemmenspannung und die Stromstärke gestatten die Berechnung des Energiebedarfes in Watt. Aus diesen Ermittlungen lassen sich auch die Betriebskosten aufstellen, welche sich aus der Unterhaltung und Reparatur der Apparate, Uhren und Batterien und den Stromkosten zusammensetzen. Je nach der Leitungslänge wird man mit einer Klemmenspannung von vier bis zehn Volt auskommen. Ein etwaiger Spannungsüberschuß ist durch Vorschaltwiderstände entsprechend zu vermindern, wozu auch Glühlampen dienen können.

Bedarf für elektrische Uhrenanlagen.

1. Haupt- oder Normaluhren.

Betrieb durch Gewicht, Feder- oder elektrische Einrichtung. Hängegehäuse 90 bis 120 cm lang, Standgehäuse 210 bis 245 cm lang. Stromschluß-Vorrichtung für eine oder mehrere Linien. Unter Umständen ist auch eine Signaleinrichtung vorzusehen. Außere Ausstattung der Gehäuse und Zifferblätter. Sind vorhandene gute Regulatorwerke, Turm- oder Großuhren als Haupt- oder Normaluhren einzurichten? Bedingung hierbei ist, daß an dem vorhandenen Werke die Auslösung der Stromschluß-Vorrichtung für jede Minute angebracht werden kann. Für die Wahl der Signalscheibe sind die folgenden Punkte maßgebend:

24-stünd.	Signalrad,	15-minutl.	einstellbar	erhält	96	Gewindelöcher
24-	„	„	10-	„	„	144
24-	„	„	5-	„	„	288
12-	„	„	5-	„	„	144
12-	„	„	2½-	„	„	288
12-	„	„	2-	„	„	360

Bei zwölfstündigem Signalrade oder für die Feiertage und die Nachtzeit ist bei Bedarf eine selbsttätige Ausschaltung vorzusehen.

2. Nebenuhren.

Zunächst ist der Aufstellungsort für die Konstruktion der Nebenuhr maßgebend; sie ist verschieden für trockene und feuchte Räume oder für die Anbringung im Freien. Es ist ferner darauf Rücksicht zu nehmen, ob die Nebenuhren von außen oder von innen beleuchtet werden müssen. Bei selbsttätiger Ein- und Ausschaltung der Beleuchtung ist eine Stellvorrichtung vorzusehen, welche je nach der Jahreszeit gestattet, Anfang und Ende der Beleuchtungszeit nach Bedarf in gewissen Grenzen zu verändern. Es genügt eine halbstündliche Veränderung der Zeiten. Wünsche für die äußere Ausstattung der Nebenuhren sind vorher festzustellen.

Der Durchmesser der Zifferblätter beträgt etwa 20 bis 70 cm für Turmuhren bis zu 3 m und mehr. Es ist ferner zu berücksichtigen, ob die Nebenuhren ein oder zwei Zifferblätter erhalten müssen und ob die Gehäuse an der Wand hängen, in die Wand einzulassen oder sonstwie in Möbeln oder dgl. anzubringen sind.

Beim Anbringen der Nebenuhren auf flachen Dächern ist ein Aufsatz mit Metallgehäuse und ein Schutzglas erforderlich. Stellung und Art der Ziffern, der Zeiger usw. sind vorher zu vereinbaren.

Für Beleuchtung kann nur Gas- oder elektrisches Licht in Frage kommen; das letztere ist vorzuziehen, weil es leicht anzubringen ist, wenig Wärme und keine schädlichen Gase entwickelt. Freistehende Nebenuhren auf verzierten Säulen erhalten zwei bis vier Zifferblätter und Schutzgläser. Bei öffentlichen Uhren an Gebäuden oder dgl. sind Schutzgläser nicht immer anzubringen; sie müssen daher besonders starke Laufwerke erhalten.

Nebenuhren sind auch zuweilen mit verstellbaren Signaleinrichtungen zu versehen. Um Turm- oder andere öffentliche Uhren in übereinstimmendem Gange zu erhalten, werden die Nebenuhren mit elektrischer Auslösung für jede Minute eingerichtet, welche das Laufwerk der zu betreibenden Uhr auslöst. Sollen die Uhren gleichzeitig die Zeit durch Glockenschläge angeben, so ist außerdem eine Stromschluß-Vorrichtung für das elektrische Schlagwerk anzubringen. Jeder Stromschluß betätigt einen Elektromagneten, dessen Ankerbewegung den Glockenhammer hebt. Für die Wächterkontrolle sind besondere Einrichtungen erforderlich.

3. Nebenapparate.

An einzelnen Uhren oder ganzen Stromkreisen sind Stromwender bzw. Fortstellapparate erforderlich. Bei Reserveuhren und Reservebatterien müssen Umschalter vorgesehen werden, die so eingerichtet sind, daß plötzliche Umschaltungen ohne Betriebsstörungen möglich sind.

Zur Untersuchung der Apparate und der Batterien sind Strom- und Spannungsmesser erforderlich; für viel Zwecke genügen Taschenapparate. Bei großen Anlagen werden die Schalt- und Kontrollapparate auf einer Schalttafel mit Marmorplatte angebracht. — Für die Signaluhren ist die erforderliche Anzahl elektrischer Läutewerke, deren Größe, Klang und Ausstattung festzustellen.

4. Batterien.

Hauptuhren mit elektrischem Antriebe, der in Zeiträumen von fünf bis zehn Minuten stattfindet, können mit Trockenelementen betrieben werden. Die Größe der Trockenelemente richtet sich nach der erforderlichen Stromstärke. Für Uhren, die alle Sekunden oder alle Minuten einen Stromschluß erfordern, sind Trockenelemente oder Leclanché-Elemente nicht zu empfehlen. Für geringe Stromstärken genügen große Zink-Kupfer-Elemente (Meidinger-Elemente); für größere Stromstärken, etwa über 0,25 Ampère, können nur Alkali-Elemente oder Akkumulatoren in Frage kommen. Es sind stets Reservebatterien bei Uhrennetzen aufzustellen. Trockenelemente können nur dann in Reserve gehalten werden, wenn es sogenannte Füllelemente sind, welche man erst im Augenblicke des Bedarfes mit Wasser oder einer Salzlösung füllt. Andere Trockenelemente, die vollständig betriebsfertig sind, verlieren bei langem Aufbewahren (über 1 Jahr) durch Eintrocknen der Feuchtigkeit an Wirkung.

Alle Batterien müssen in möglichst staubdichten Kästen oder Schränken aufgestellt werden. Als Aufstellungsort eignen sich kühle, trockene Räume, die auch frostfrei sind. Sonnenlicht ist zu vermeiden. Die Batterien sollen weder an der Erde noch an der Decke angebracht sein, weil man sie dort schlecht beobachten kann. Einzelne Elemente bringt man in den Uhrgehäusen selbst, auf oder neben denselben an. Die Batterien sind aufs beste zu isolieren; gegebenenfalls sind Porzellan- oder Glasuntersätze anzuwenden. Die einzelnen Elemente sollen einander nicht berühren.

5. Leitungsmaterial.

Für kurze Leitungen genügen Kupferadern von 0,9 bis 1,5 mm Durchmesser. Für Freileitungen verwendet man Silicium-Bronzedraht von 1,5 oder 2 mm Durchmesser. Für größere Entfernungen sollte man 2,0 bis 2,5 mm starke Kupferdrähte verwenden. Die Isolierung bzw. Bespannung der Drähte richtet sich nach der Beschaffenheit der Räume, in denen sie verlegt werden sollen. Man verwendet am besten die in der Beleuchtungstechnik gebräuchlichen Fabrikate. Kabel sind mit Bleimantel und Stahlenschutz zu verlegen, und zwar durch die Kabelfabrik.

Isolier- und Befestigungsmaterial. Für Freileitungen verwendet man Porzellan-Isolatoren auf geraden oder

gekrümmten Stützen. An Häusern entlang zu führende Leitungen werden am besten als Bleikabel verlegt, welche Faser-Isolierung und einfachen Bleimantel haben. In bedeckten Räumen sind Papier-Isolierrohre in Messing- oder Stahlenschutz oder Porzellanrollen zu verwenden. Die Befestigung von Rohren und Rollen geschieht auf Stahldübeln, die man in die Wand eintreibt und in die man durch Schrauben die erforderlichen Teile befestigt. Zur Anbringung von Rohren hat man entsprechend gebogene Metallbügel, die gleichfalls in den Dübeln verschraubt sind. Zur Befestigung der Bleikabel verwendet man Hakennägel oder Krampen mit Unterlagen von Blech oder Leder, damit der Bleimantel beim Eintreiben der Befestigungsteile nicht verletzt wird. Für die Einführung oder Durchführung der Leitungen durch Mauern sind Pfeifen und Rohre aus Porzellan oder Hartgummi usw. zu verwenden *).

Großuhrenanlagen.

Um eine den örtlichen Verhältnissen in bestmöglicher Weise entsprechende Uhranlage veranschlagen zu können, ist Beantwortung folgender Fragen erforderlich:

1. Soll die Uhr täglich oder wöchentlich einmal aufgezogen werden?
2. Soll die Uhr die Viertel- und Vollstunden an zwei Glocken oder nur die Voll- und Halbstunden an einer Glocke schlagen?
3. Sind Glocken für das Schlagen der Uhr vorhanden, werden dieselben auch zum Läuten benutzt, und wie groß ist deren Durchmesser am unteren Rande, ev. wie schwer sind dieselben, oder sollen neue Glocken mitgeliefert werden, und wie weit sollen diese gut vernehmbar sein?
4. Wieviel Zifferblätter werden gewünscht, wie groß sollen sie sein und welcher Anstrich wird beliebt: weißer Grund mit schwarzen Ziffern oder dunkler Grund mit vergoldeten Ziffern?
5. Wie hoch befindet sich die Zifferblattmitte über dem Erdboden und über dem voraussichtlichen Standort des Uhrwerkes?
6. Ist an dem für das Zifferblatt bestimmten Platze eine Öffnung in der Turmwand vorhanden, ev. wie groß ist dieselbe und wie dick ist die Wand hinter dem Zifferblatte?

*) Die vorstehende Uebersicht zeigt bereits, wie vielseitig die Einrichtungen sind und wie gründlich man alles erwägen muß, um keine Mißgriffe zu begehen. Für die Anlage von Turmuhren sind noch ganz besondere Rück-sichten erforderlich, die wir im folgenden nach den Angaben der Firma J. F. Weule in Bockenem a. H. aufführen.

7. Ein wie hoher Fallraum ist für die Gewichte zu erzielen, können die Gewichte vom Uhrwerk direkt nach unten hängen oder müssen die Leitungen erst in die Höhe geführt werden?

8. Sind noch besondere Umstände oder Wünsche bei der Neu- anlage zu berücksichtigen? Etwa Anlage eines Betglockenwerkes oder dergleichen? Soll die Uhr automatisch-elektrischen Gewicht- aufzug erhalten? Dann ist Angabe der dort verfügbaren Stromart (Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom) und der Spannung (in Volt) erforderlich.

9. Eine Zeichnung oder Abbildung der Kirche bzw. des Turmes ist stets sehr erwünscht, ev. genügt eine Ansichtspostkarte.

Größe und Gewicht der Glocken.

Durchmesser am unteren Rande	Gewicht	Durchmesser am unteren Rande	Gewicht	Durchmesser am oberen Rande	Gewicht
cm	kg	cm	kg	cm	kg
6	22,5	50	45	1000	120
12	28,3	100	55	1200	126
15	31,5	150	63	1400	133
20	33,—	200	69	1600	137
25	34,5	250	76	1800	143
30	37,5	300	80	2000	150
35	40,5	400	88	2500	160
40	42,—	500	96	3000	170
45	43,5	600	100	3500	180
		800	110	4000	190

In vielen Fällen sind die Glocken für das Schlagwerk bereits vorhanden. Da die Schwere der Hämmer und deren Triebkraft sich nach der Größe der Glocken richten, so kann man obige Tabelle zur Ermittlung von deren Gewicht benutzen.

Die Turmuhren können auch mit verschiedenen Einrichtungen verbunden werden, die nachstehend angeführt sind:

Werke zum selbsttätigen Schlagen der Betglocke, morgens, mittags und abends in jeder gebräuchlichen Schlagweise. Die Anschlagzeiten können für Winter und Sommer verstellt werden.

Läutewerke für Güter, Schulen und Fabriken, welche an den Glocken Beginn und Ende der Arbeitszeit mechanisch laut verkünden. Die Läutezeit kann jede Halbe- oder Viertelstunde ver- stellt werden.

Apparate zum selbsttätigen Ein- und Ausschalten elektrischer Beleuchtung der Zifferblätter und zeitweise zu erhellender Räume; die Einschaltung und Brenndauer beliebig einstellbar.

Kontaktwerke für elektrische Klingelsignale in Schulen und Fabriken zur Regelung der Arbeitszeiten.

Jede Turmuhr kann zum Betriebe elektrischer Nebenuhren eingerichtet werden.

Die Größe der Zifferblätter ist von der Höhe abhängig, in der sie angebracht werden. Man pflegt aus Erfahrung die Mitte der Zifferblätter auf $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{12}$ der Höhe über dem Erdboden zu bemessen.

Die Schlagglocken werden aus Gußstahl oder der weititönenden Goldbronze gefertigt. Die Größe der Glocken richtet sich nach der verlangten Schallweite und dem verfügbaren Raume. Für die Hörweite gilt folgendes: Je höher und freier eine Glocke hängt, um so weiter wird der Schlag zu hören sein. Die Größe der Glocken ist bedingt durch die Entfernung, bis zu welcher man den Glockenschlag hören will, und die Höhe in der sie hängen. Die Schallweite wird beeinflußt durch die Windrichtung, Straßengeräusche, Berge, hohe Gebäude oder Wälder, welche die Schallwellen aufhalten. —

Kirchenuhren werden vorteilhaft unterhalb der Läuteglocken aufgestellt. Sie sind hier leicht zugänglich und den Schwankungen des Turmes beim Läuten weniger ausgesetzt als über den Glocken. Der Gang wird daher genauer sein, auch werden Temperaturunterschiede nicht so stark einwirken.

Kostenüberschlag für eine elektrische Uhrenanlage in einer Großstadt.

Einen eingehenden Kostenanschlag aufzustellen, der allgemeine Gültigkeit hätte, ist insofern nicht möglich, als die Anforderungen und die Umstände, unter denen eine solche Anlage auszuführen ist, nicht immer gleich sind. Die nachstehenden Ausführungen geben jedoch einen Ueberblick der Anlagekosten und der Verzinsung des aufgewendeten Kapitals. Die Ziffern sind auf Grund von Erfahrungen des Herrn A. F a v a r g e r eingesetzt worden.

Nehmen wir an, daß ein Unternehmer von einer Stadtverwaltung das alleinige Recht der Ausführung und des Betriebes einer Zentraluhrenanlage erhalten hat. Ihm seien hierbei die folgenden Rechte eingeräumt:

1. Das Anlegen von elektrischen Leitungen in der Erde oder in der Luft auf den Straßen und Plätzen der Stadt, und zwar sowohl zum Betriebe öffentlicher als auch privater Uhren.

2. Es sei ferner gestattet, alle notwendigen Maßnahmen zu treffen, um eine möglichst große Zahl von Abonnenten für die Uebermittlung genauer Zeit zu gewinnen.

Gewöhnlich wird die Stadt eine größere Anzahl Nebenuhren an viel besuchten Orten und Plätzen aufstellen und das Unternehmen nach Möglichkeit fördern, da sie selbst an dessen Erfolg interessiert ist.

Es sei weiter angenommen, daß die Abonnenten für die Anlagekosten der Nebenuhren einen gewissen Betrag und eine Jahresabgabe für die Unterhaltung der Uhren zahlen.

Die Anlagekosten für die Uhren bei den Abonnenten werden bestimmt:

1. durch die Kosten der Anlage einer Doppelleitung zur Verbindung der Nebenuhren mit den Hauptleitungen der nächstgelegenen Bezirksuhr;

2. durch die Einnahme aus Verkauf und Aufstellung der Nebenuhren.

Nimmt man als mittlere Entfernung zwischen einer Nebenuhr und der benachbarten Bezirkshauptleitung 100 m an, so betragen die Kosten ungefähr 75 Franken. Nimmt man weiter an, daß der Abonnent eine einzige Nebenuhr mit 25 cm Zifferblattdurchmesser für ein Zimmer erhält, so sind dafür weitere 75 Franken einzusetzen. Rechnet man für Verpackung, Transport und Aufstellung der Uhr 20 Franken, so betragen diese Kosten zusammen 170 Franken.

Die Anlagekosten für das Zentralamt können auf etwa 10 000 Franken unter der Annahme bemessen werden, daß 1000 Nebenuhren zu versorgen sind, welche in Gruppen zu zwanzig Stück geschaltet werden. Es werden ein Hauptregulator und zwei Nebenregulatoren als Sekundenuhren aufgestellt und der Strom aus zwei Akkumulatorenbatterien entnommen, die wöchentlich abwechselnd geladen werden.

Nehmen wir weiter an, daß zwanzig doppelte Gruppenleitungen zusammen eine Länge von 1500 m haben, so gibt das eine einfache Länge von 3000 m, für die Gruppenleitungen also 60 000 m. Die Leitungskosten betragen daher im ganzen etwa 20 000 Franken.

Das Anlagekapital beläuft sich demnach auf:

Anlage des Zentralamtes	10 000 Franken
Gruppenleitungen zu den Bezirksleitungen	20 000 „
Rollendes Kapital	5 000 „
Anlagekapital insgesamt	35 000 Franken

Die Betriebskosten sind etwa folgende:

Kosten des Ladens der Akkumulatoren	200 Franken
Unterhaltung des Zentralamtes	100 „
Unterhaltung der Leitungen	1500 „
Für Ueberwachung (auch der Nebenuhren) ein Beamter und ein Gehilfe	4300 „
Rechnungswesen und allgemeine Kosten	1800 „
Betriebskosten insgesamt	7900 Franken

Rechnet man für Verzinsung und Tilgung 8% des Anlagekapitals von 35 000 Franken, so betragen die jährlichen Ausgaben zusammen 10 700 Franken.

Nimmt man ferner an, daß die Stadt als Entgelt für die verliehene Konzession für 100 öffentliche Uhren kein Abonnement bezahlt, so verbleiben 900 Uhren für die Abonnenten, welche 15 Franken jährlich für eine Uhr von 20—40 cm Zifferblattdurchmesser entrichten*) und es ergibt sich eine Einnahme von 13 500 Franken. Hiervon die Ausgaben abgerechnet, bleiben 2800 Franken, welche den obigen 8% des Kapitals entsprechen.

Zur Erläuterung der gegebenen Ziffern wollen wir noch folgendes anführen: Die Jahresabgabe von 15 Franken für jede Uhr ist ein Mindestpreis. In der Stadt Dessau beträgt der Preis 20 Mark, in Karlsruhe 25 Mark für eine Uhr; bei mehreren Uhren wird jede weitere mit 10 Mark bezahlt. Der geringe Preis kann nur in einer großen Stadt gelten. Man darf auch nicht vergessen, daß zahlreiche Nebenuhren, z. B. in Hotels, Fabriken, Verwaltungen, Schulen, Bahnhöfen, Lagerhäusern, Kirchen usw., viel größer sein werden als die Uhren in Privathäusern, und daß dementsprechend auch ein höherer Preis dafür zu zahlen ist. Andererseits wird auch eine Vergütung zu zahlen sein für diejenigen, welche den Verkauf von Uhren vermittelt haben. Außerdem sind in zahlreichen öffentlichen Gebäuden stets mehrere Uhren anzubringen, deren Preis entsprechend verringert wird. Um die Zentraluhrenanlage nicht zu überlasten, wird man in solchen Fällen Bezirksuhren anlegen, um eine größere Anzahl von Uhren in einem Gebäude mit Strom zu versorgen.

Ist es mit der Zeit notwendig, die Zahl der Nebenuhren bedeutend über die zunächst angenommene Anzahl von 1000 Stück zu vermehren, so wird man mehrere Zentralanlagen gleicher Größe schaffen und sie gemeinsam durch eine Koinzidenzuhr oder durch Einrichtungen, wie wir sie bei den Zentraluhrenanlagen beschrieben haben, auf richtiger Zeit halten. Jede Zentralanlage erfordert dann die gleichen Kosten für deren Betrieb, während die allgemeinen Kosten der Gesamtanlage nicht erheblich wachsen. Die Einnahmen wachsen dagegen mit der Anzahl der Nebenuhren.

Es ergibt sich also, daß z. B. für 5000 Uhren (bei allgemeinen Verwaltungskosten von 700 Franken für jede Station) die Betriebsauslagen 50 000 Franken betragen, während die Einnahmen sich auf $5 \times 13\,500 = 67\,500$ Franken belaufen. Der Gewinn beläuft sich also auf 17 500 Franken jährlich oder 10% des Anlagekapitals (von $5 \times 35\,000 = 175\,000$ Franken). Im Falle die Stadt selbst den öffentlichen Zeitdienst übernimmt, fällt ihr also der obige Gewinn

*) Dies ist der Preis in Neuchâtel.

zu, und sie kann außerdem noch beinahe kostenlos die öffentlichen Uhren betreiben.

Entsprechend den heutigen Verhältnissen können die vorstehenden Zahlen nur eine Übersicht bieten, aus welchen Beträgen sich die Kosten zusammensetzen. Sie müssen zur Aufstellung der heute geltenden Preise um das Zwei- bis Fünffache erhöht werden.

III. Einstellen elektrischer Apparate und Uhren

Allgemeines.

Es kann sich hier nur darum handeln, allgemeine Gesichtspunkte für die Einstellung des elektrischen Teiles von Apparaten und Uhren zu bieten bzw. sie an einzelnen Beispielen zu erläutern, da die Einrichtungen sehr verschiedenartig sind. Man wird aus einem Buche allein auch nicht alles lernen können, da die praktische Erfahrung ein wichtiger Lehrmeister ist. —

Bevor man einen Apparat oder eine elektrische Uhr daraufhin prüfen will, ob der elektrische bzw. magnetische Teil in Ordnung ist, muß man sich natürlich zunächst überzeugen, ob der mechanische Teil des Werkes richtig funktioniert. Alsdann prüft man die Wirksamkeit der Stromquelle, also der galvanischen Batterie, des Akkumulators oder des Leitungsnetzes eines Elektrizitätswerkes. Es ist ferner zu ermitteln, ob alle Verbindungsdrähte in Ordnung sind, und sichere Befestigung haben, so daß der Strom auch wirklich die Apparate erreichen kann. Hat man bei der Untersuchung gefunden, daß alle diese Teile in Ordnung sind, dann kann man den elektrischen Apparat oder die Uhr in Betrieb setzen.

Bei allen diesen Arbeiten muß man durchaus folgerichtig und in strengster Reihenfolge vorgehen, weil man sonst niemals wissen kann, ob irgendein wichtiger Punkt übersehen worden ist. Planloses Herumsuchen kostet nicht nur viel Zeit und Mühe, sondern macht mitunter die Entdeckung eines Fehlers zur Unmöglichkeit. Hierfür ein schlagendes Beispiel. Ein Haustelegraphen-Installateur hatte es unternommen, von einer Akkumulatorenbatterie, die auch zur Beleuchtung diente, eine Zentraluhrenanlage zu betreiben. Eines Tages wollte er die Batterie von neuem laden; die Maschine gab jedoch keinen Strom. Tagelang wurde in dem ausgedehnten Leitungsnetze herumgesucht, ohne den bösen Fehler entdecken zu können. Schließlich gab er das Suchen auf und tröstete sich mit dem Gedanken: „die Elektrizität

sei eine wunderbare Naturkraft, deren Wirkung man noch nicht vollständig erforscht hätte!" Der Besitzer der Anlage wandte sich zufällig an den Verfasser dieses Buches mit der Anfrage, ob er ihm nicht die Sache in Ordnung bringen könne. Es gelang dies auch in kürzester Zeit. Die Prüfung mit einem Galvanometer nebst Batterie ergab nämlich sofort, daß die Leitungsanlagen in Ordnung, dagegen zwischen der Maschine zum Laden der Akkumulatoren und den Leitungen offenbar eine Unterbrechung vorhanden war. Schließlich stellte sich heraus, daß eine einzige kleine Schraube an einem Drahte in der Maschine locker war. Diese Schraube war nicht leicht sichtbar, konnte also nur bei systematischem Suchen gefunden werden. —

Da die Apparate und elektrischen Uhren sehr oft in der Weise betrieben werden, daß zwischen der Stromquelle und dem zu betätigenden Elektromagneten eine größere Entfernung liegt, über welche eine Drahtleitung führt, so muß man beim Einregulieren stets darauf Rücksicht nehmen. Ferner läßt auch die Spannung der Batterie mit der Zeit etwas nach. Dieser Umstand und der Einfluß des elektrischen Widerstandes der Leitung vermindern die Stromstärke. Der in den Apparaten erzeugte Magnetismus wird also in vielen Fällen geringer sein als beim Prüfen mit danebenstehender Batterie. Es empfiehlt sich daher auf jeden Fall, die Apparate mit Rücksicht auf obige Umstände zu regulieren, indem man die Stromstärke durch Einschalten von längeren Drahtrollen oder Widerständen vermindert. Die Kraft einer Feder oder eines Gewichtes, welche der Elektromagnet zu überwinden hat, muß also so verringert werden, daß auch bei kleinerer Stromstärke noch genügend Kraft vorhanden ist, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Dies gilt z. B. beim Einstellen elektrischer Wecker oder der Triebwerke elektrischer Uhren. Alle elektrischen Kontakte, besonders wenn es Federkontakte sind, müssen so eingestellt sein, daß stets hinreichende kräftige Berührung oder Reibung vorhanden ist.

Besonders die bei vielen Apparaten vorkommende Funkenbildung (z. B. an elektrischen Weckern) gibt vielfach Veranlassung zu Störungen. Selbst das schwer schmelzbare Platin wird durch die elektrischen Funken mit der Zeit angegriffen. Auch das noch schwerer schmelzbare Platin-Iridium wird in vielen Fällen noch oxydiert. Die Metalloxyde leiten schlecht oder gar nicht; sie verhindern daher metallische Berührung der kontaktgebenden Teile, verhindern also den Stromschluß.

Es gibt mehrfache Mittel, an derartigen Kontaktstellen die Funkenbildung zu verhindern oder doch sehr einzuschränken. Man hilft sich z. B. durch parallel zur Funkenstrecke eingeschaltete kleine Kondensatoren, durch Drahtspulen von sehr hohem Wider-

stande oder durch Polarisationszellen (das sind kleine Gläschen mit etwas verdünnter Schwefelsäure, in welche Platindrähte eintauchen). Der Kondensator hat keinen unnötigen Stromverbrauch, und auch bei den Polarisationszellen ist dieser sehr gering. Durch Einschalten von Drahtspulen als Nebenanschluß erhöht sich jedoch der Stromverbrauch mitunter erheblich, und es ist in vielen Fällen nicht ökonomisch, von diesem Hilfsmittel Gebrauch zu machen. Einen sehr einfachen Kondensator für den gedachten Zweck haben wir bereits bei der älteren Uhr von H. Aron kennen gelernt (vgl. Seite 49).

Einstellen von elektrischen Uhren.

Große Sorgfalt ist auf die Kontaktvorrichtungen an den Haupt- oder Normaluhren zu verwenden, die entweder dazu dienen, Nebenuhren zu treiben, oder Signalglocken usw. zu betätigen. Beim Aufstellen derartiger Uhren oder bei Störungen wird man zunächst prüfen, ob alle Drahtverbindungen durch Schrauben oder Lötstellen sicher befestigt oder ob etwa Drähte gebrochen sind. Brüche von Drähten mit starker Isolierung sind oft schwierig zu finden, besonders wenn an der Bruchstelle die Metallenden sich noch berühren. Es tritt dann nämlich nur eine zeitweise Unterbrechung ein, die man allenfalls durch Erschüttern der Drähte finden kann. Alle Kontaktfedern oder Kontakthebel müssen saubere Kontaktflächen haben und im Augenblicke des Stromschlusses sicher aufliegen. Die Kontaktstellen sollen mit Platin oder Platin-Iridium belegt sein, falls es nicht sehr sicher wirkende Reibungskontakte sind. Zum Reinigen der Kontakte verwendet man sogenannte Kontaktfeilen, das sind dünne Stahlstreifen, die mit ganz feinen Querriffelungen versehen sind. Unter Umständen empfiehlt es sich, die Platinkontakte mit einem glatten Achatsteine zu polieren. Schmirgelpapier darf man zum Reinigen der Kontaktflächen auf keinen Fall verwenden.

Sehr leicht treten Störungen nach Gewittern dadurch ein, daß infolge von starken Induktionsströmen, welche durch Blitzschläge in der Nähe veranlaßt werden, die Blitzableiter in Freileitungen oder Turmleitungen durch Verbrennung oder kleine Schmelzperlen Erdschluß bekommen. Es muß dann jeder Blitzableiter nachgesehen und gereinigt werden.

Das Stellen der Nebenuhren ist verschieden zu bewirken. Einzelne leicht zugängliche Uhren stellt man nach einem Taschenchronometer ein. Sind die Uhren schwer zugänglich, so erhalten sie einen Fortstellapparat, d. h. einen Stöpselschalter, welcher es ermöglicht, einen Stromwender und eine transportable Batterie mit der betreffenden Nebenuhr zu verbinden. Die Polfolge kann man sehr leicht durch Polreagenzpapier oder einen Polsucher

feststellen. Sollen die Nebenuhren ganzer Stromzweige festgestellt werden, so stellt man eine besondere Batterie nebst Stromwender und Stöpselschaltern auf, mit deren Hilfe man Ströme wechselt. Der Richtung in den betreffenden Leitungszweig senden kann. Weiß man nicht genau, welche Stromrichtung die Hauptuhr zuletzt gegeben hat, so macht man eine Bewegung mehr, als das Fortstellen der Uhren erfordert. Für das Fortstellen einer größeren Anzahl Uhren in einem gemeinsamen Stromkreise kann man durch geeignete Schaltung auch die Betriebsbatterie verwenden, oder man muß eine transportable Batterie gleicher Spannung gebrauchen. Als Stromquelle für derartige Fortstellvorrichtungen wurden bisher meist Trockenelemente verwendet, die jedoch den Nachteil haben, daß im Laufe der Zeit, gleichgültig, ob die Elemente benutzt werden oder nicht, eine Spannungsverminderung eintritt, die allmählich soweit fortschreitet, daß der ganze Fortstellapparat unbrauchbar wird. In den verhältnismäßig seltenen Fällen, in denen der Apparat zu Anwendung kommt, muß dann die Batterie fast stets erst erneuert werden, was, abgesehen von den entstehenden Kosten, eine unliebsame Verzögerung in der Wiederherstellung des ordnungsmäßigen Betriebes bedeutet.

Die geschilderten Nachteile werden vermieden durch den neuen, vom Wernerwerk der Siemens & Halske A.-G. hergestellten Fortstellapparat mit Gleichstrominduktor.

Der Apparat besteht, wie die Abb. 148 u. 149 erkennen lassen, aus einem in ein Holzgehäuse eingebauten Gleichstrominduktor mit Handkurbel. Die Kurbel wird im Ruhezustand umgeklappt, so daß sie an dem Gehäuse anliegt. Bild 148 stellt den an einem Nachstellkasten angeschlossenen Fortstellapparat dar; die Kurbel wird zum Gebrauch herausgeklappt und zur Erzeugung von Stromstößen wechselnder Richtung abwechselnd nach rechts und links gedreht. Auf diese Weise können Stromstöße von beliebiger langer Dauer in die Leitung gesandt werden, so daß es möglich ist, auch die Zeiger der größten Nebenuhren mit Sicherheit fortzustellen. Der geringe Umfang des neuen Fortstellapparates und sein mäßiges Gewicht erleichtern die Mitführung ganz besonders. Je nach Einrichtung der Uhren und der Stromart sind die Vorkehrungen für das Stellen der Uhren nicht immer gleich; wir können jedoch auf die einzelnen verschiedenen Vorkehrungen hier nicht weiter eingehen.

Die Kontrolle der Gruppenhauptuhren oder auch der Einzeluhren in den Stromzweigen kann entweder durch einen Chronographen oder durch Abhören des Pendelschlages mit einem Telephon bewirkt werden. Sind zahlreiche Linien durch einen Chronographen zu kontrollieren, so richtet man einen Stöpselschalter ein, (General-Linienumschalter), welcher es ermöglicht, den Registrier-

apparat auf die einzelnen Linien nacheinander zu schalten. Die Einrichtung ist sehr oft derart getroffen, daß ähnlich wie bei dem Morseschreiber auf einem Papierstreifen Punkte verzeichnet werden. Eine Punktreihe gibt die Normaluhr und eine zweite Punktreihe

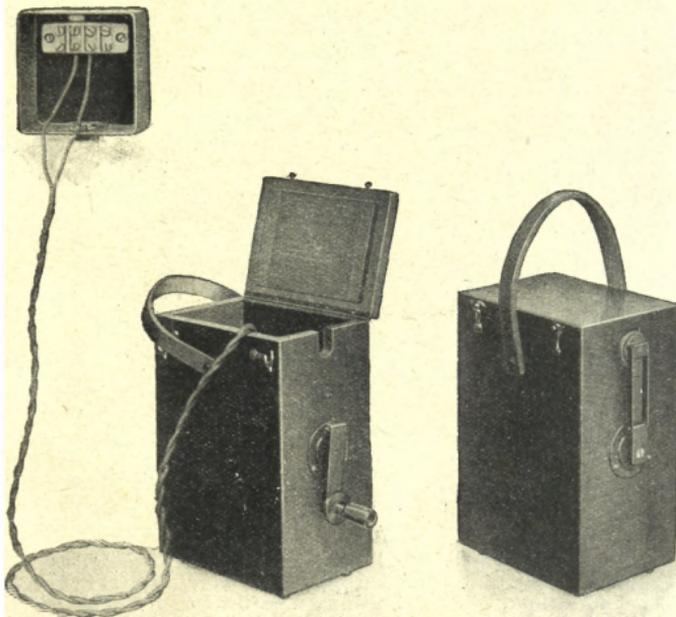


Abb. 148
Fortstellinduktor, betriebsfertig
Siemens & Halske A.-O.

Abb. 149
Fortstellinduktor, geschlossen
Siemens & Halske A.-O.

die zu kontrollierende einzelne Uhr oder die Uhrlinie. Sind Differenzen vorhanden, so haben die Punkte nicht gleiche Abstände, und man kann aus dem Abstände der Punkte mit Hilfe eines entsprechend geteilten Glasmaßstabes die Differenzen in Bruchteilen von Sekunden ablesen.

IV. Aufsuchen von Fehlern

Allgemeines.

Bei Störungen im Betriebe elektrischer Anlagen aller Arten, insbesondere auch bei Schwachstromanlagen, mit welchen der Uhrmacher vornehmlich zu tun hat, müssen wir vor allen Dingen systematisch vorgehen, um die Ursache einer Störung schnell und sicher zu ermitteln. Nur das planmäßige Aufsuchen von Fehlern, das Einhalten einer gewissen Reihenfolge bei solchen Arbeiten führt zum Ziele. Wir müssen uns also zunächst klar darüber sein, was wir zu untersuchen haben und welche Fehler möglicherweise eingetreten sein können.

Jede elektrische Anlage, z. B. zum Betriebe von Haustelegraphen, Uhren, kleinen Beleuchtungs-Einrichtungen usw., besteht aus drei Hauptteilen:

1. der Stromquelle: einer galvanischen Batterie, einem Akkumulator, Induktor oder auch einer Abzweigung eines Dynamoströmes;
2. den Apparaten, welche vom elektrischen Strome zur Wirksamkeit gebracht werden, und
3. den Drahtleitungen, welche den elektrischen Strom von der Stromquelle nach den Apparaten hinleiten.

Auf diese drei Teile, welche bei jeder elektrischen Anlage vorhanden sind, haben sich daher auch die Untersuchungen zu erstrecken, da in allen Teilen mit der Zeit durch den Gebrauch oder infolge anderer Einflüsse Fehler vorkommen können. In dem einen Falle ist die Leitung unterbrochen, im anderen die Stromquelle erschöpft oder beschädigt, seltener der Apparat (Glocke, Telephon, Uhr usw.) mangelhaft geworden.

Unterbrechung der Leitung.

Der metallische Weg für den Strom kann an irgendeiner Stelle, gewöhnlich in der Nähe der Apparate, Glocken, Druckknöpfe, Elemente oder an freiliegenden Leitungsstrecken außer Zusammenhang, also ohne Kontakt sein. Die Unterbrechung besteht in einem Drahtbruche oder einer lockeren Verbindung an den Klemmschrauben der Apparate oder Elemente, an den Würgestellen, den Abzweigungen usw. Die Stromunterbrechung kann jedoch auch in den Apparaten oder Elementen und Zellen selbst liegen, worüber wir später sprechen werden.

Alle Ermittlungen müssen mit Ueberlegung, folgerichtigem Denken und scharfem Beobachten schrittweise und planmäßig ausgeführt werden, um schnell und sicher zum Ziele zu kommen. Wer diese Grundsätze nicht befolgt, kommt überhaupt nicht zurecht

oder braucht sehr viel Zeit, welche bei derartigen Untersuchungen an sich schon nötig ist, und zwar deshalb, weil die meisten Fehler kaum sichtbar sind und erst auf Umwegen durch besondere Untersuchungsweise oder mit Hilfe besonderer Apparate aus gewissen Anzeichen ermittelt werden müssen.

Nebenschluß

findet statt, wenn der Strom entweder ganz oder teilweise einen kürzeren Weg nimmt, so daß er gar nicht zum Signalapparate, dem Wecker oder der Glocke gelangt. Die Nebenschlüsse liegen meistens in den Leitungen, seltener in den Apparaten und Batterien. Sie entstehen gewöhnlich durch Zusammentreffen zweier blanker Stellen, die mehr oder weniger in metallischer Berührung sich befinden.

Bei schlecht isolierten Drähten, die nicht sehr gut gewachst oder nicht mit Guttapercha unter der Bespinnung versehen sind, genügt zur Erzeugung eines Nebenschlusses, daß feuchte Drähte vorübergehend oder dauernd eine Strecke lang sich berühren. Finden solche Berührungen zwischen frei liegenden bespannten oder blanken Freileitungen (Luftleitungen) statt, so findet man sie gewöhnlich schon mit dem Auge. Bei bekleideten, versteckten Leitungen oder Wanddurchführungen dagegen ist die Ermittlung oft sehr schwierig, mühsam und zeitraubend und erfordert mitunter viel Scharfsinn und Übung.

Erdschluß

nennt man die fehlerhafte Ableitung des Stromes aus einer Leitung in den Erdboden (Bodenschluß). Er kann durch sehr verschiedene Berührung verursacht werden. Schädlich und störend tritt er jedoch nur dann auf, wenn beide zu einem Stromkreise gehörenden Leitungen zur Erde abgeleitet sind, oder wenn die Rückleitung, wie dies bei größeren Entfernungen gewöhnlich geschieht, durch Erdleitungen auf den Endpunkten ersetzt sind.

Die Fehler in den Apparaten können rein mechanische, schon mit dem Auge sichtbare Mängel zur Ursache haben oder elektrischer Natur, also durch Unterbrechung des Stromes oder fehlerhafte Isolierung einzelner Teile veranlaßt sein. Mitunter findet keine Berührung an der Unterbrechungsfeder oder in einem Druckknopfe oder Taster statt (hierüber später mehr). Störungen in den Elementen oder Zellen kommen selten vor; sie bestehen meist in losen, abgebrochenen Poldrähnen oder bei nassen Elementen in Mangel an Wasser.

Kurzschluß

nennt man eine fehlerhafte Verbindung, eine stromschließende Berührung kurz vor einem Apparate oder nahe bei einer Batterie, so daß der Strom nicht in die Apparate gelangt, sondern auf kürzerem Wege zur Batterie zurückkehrt. Der Kurzschluß ist

also ein inniger Nebenschluß zwischen zwei andere Stromkreise bildenden Leitungen. Der Fehler kommt vielfach auch in den Apparatverbindungen im Innern der Gehäuse vor, falls die Verbindungen nicht sehr sauber und sicher befestigt sind. —

Es gibt verschiedene Hilfsmittel, Fehler aufzusuchen, die wir nun besprechen wollen, um dann auf die Fehler selbst näher einzugehen.

Vorrichtungen zur Untersuchung.

Die einfachsten Mittel genügen in vielen Fällen, um Fehler in Haustelegraphenanlagen aufzusuchen. Ein sehr empfindliches Mittel, zu erkennen, ob in einer Leitung Strom vorhanden ist, bilden die Geschmacksnerven (Zunge, Lippen) oder die Gefühlsnerven (feuchte Fingerspitzen). Reizbare, empfindliche Personen sollten jedoch diese Mittel, besonders bei stärkeren Batterien, nicht anwenden.

Bei ausgedehnten Untersuchungen gebraucht man einen kleinen elektrischen Wecker oder ein Galvanoskop, d. i. eine Magnetnadel, von zahlreichen feinen, isolierten Drahtwindungen umgeben, die schon bei sehr geringem Strome einen Ausschlag gibt, wenn sie leicht beweglich (entweder auf einer Stahlspitze, einem feinen Kokonfaden oder zwischen zwei Spitzen) aufgehängt ist. Auch Polreagenzpapier ist in vielen Fällen zu verwenden.

Je nach der Ausdehnung der Anlage benutzt man ein empfindliches Galvanoskop mit zahlreichen Drahtwindungen oder ein weniger empfindliches mit geringerer Windungszahl. Die Magnetnadel kann in wagrechter oder senkrechter Ebene schwingen; das erstere ist jedoch für viele Zwecke bequemer, weil man die Nadel von oben leichter sehen kann.

Geübtere, welche die Spannung und Stromstärke genauer messen wollen, können hierzu einen Voltmesser (Spannungsmesser, Voltmeter) und einen Amperemesser (Stromstärkemesser, Ampèremeter) benutzen. Der Voltmesser zeigt die Spannung, den Druck des Stromes an, der Amperemesser dessen Stärke. Die Einrichtung dieser Apparate ist sehr verschieden, ebenso der Preis, mit dem natürlich auch ihre Genauigkeit zusammenhängt.

Jeder, der berufsmäßig elektrische Anlagen errichtet, sollte wenigstens einen guten Spannungsmesser besitzen, der von 0 bis 3 Volt zeigt, so daß man einzelne Elemente gut messen kann. Ein Strommesser von 0 bis 12 Ampère ist zwar sehr zweckmäßig, jedoch nicht durchaus nötig.

Für viele Zwecke ist ein nicht zu großes Trockenelement (oder deren vier Stück in einem Kästchen vereinigt) angenehm. Hat man galvanische Elemente oder Akkumulatoren nicht zur Hand, so genügt ein Stück Kohle oder Kupfer in Salzlösung, dem man

getrennt davon ein Stück Zink gegenüberstellt. Auch ein Magnetinduktor mit passender Glocke (für Wechsel- oder Gleichstrom, je nach Einrichtung der drehbaren Armatur des Induktors) ist verwendbar.

Der Widerstand elektrischer Drähte läßt sich ohne Meßapparate annähernd aus dem Querschnitte und der Länge der Drähte und dem besonderen Widerstande, der dem betreffenden Materiale (Eisen, Kupfer, Neusilber, Nickelin) eigen ist (spezifischer Widerstand) berechnen, doch gehören hierzu schon einige mathematische Kenntnisse. Wer solche nicht besitzt, findet die gewünschten Angaben auch schon zusammengestellt in verschiedenen Handbüchern.

Wer den elektrischen Widerstand von Drähten, Drahtspulen und Apparaten selbst messen will, bedarf dazu einer Anzahl bestimmter Apparate, die ziemlich teuer sind. Hierher gehören die Universal-Galvanometer von Siemens & Halske, das Differential-Galvanometer nebst Widerstandskasten und Nebenschluß oder eine Meßbrücke nach Thomson oder Kohlrausch. Die Handhabung der genannten Meßinstrumente erfordert jedoch Uebung in der Ausführung elektrischer Messungen und setzt gewisse Kenntnisse in der Mathematik und den elektrischen Gesetzen voraus.

Zur Verbindung der Untersuchungsapparate mit den Elementen, Zellen und fehlerhaften Leitungen usw. gebraucht man gut isolierte, doppelt besponnene und gewachste Drähte, etwa 0,8 bis 1,0 mm stark, oder noch besser biegsame Schnüre, die mit feinen Kupferlitzen durchflochten sind. Es empfiehlt sich, weder Drähte noch Schnüre zu knicken; man behandle sie stets sorgfältig und rolle sie nach dem Gebrauche zu einem nicht zu kleinen Ringe auf. Bei schlechter Behandlung brechen die Drähte; die Apparate werden schadhaf, versagen dann auch leicht den Dienst und führen Irrtümer und Zeitverluste herbei. Also Vorsicht bei allen Vorrichtungen, und peinliche Ordnung und Sauberkeit! Man vermeide bei Akkumulatoren peinlich einen Kurzschluß, der die Meßinstrumente unfehlbar zerstören würde.

Aufsuchen und Erkennen von Fehlern.

Unterbrechung ist, wie schon bemerkt, die am häufigsten vorkommende Störung. Zunächst ist die Stromquelle zu untersuchen, und zwar durch das Sehen und das Gefühl, d. h. man hat nachzusehen, ob kein Poldraht gebrochen ist oder lose in einer Klemmschraube sitzt, oder ob die Poldrähte von einem und demselben Elemente einander etwa metallisch berühren, entweder dadurch, daß sie beide aneinander liegen oder irgendwelche Metallteile, z. B. das Zinkgefäß des Elementes oder der Zelle berühren, ob also die Batterie oder ein Teil ihrer Elemente kurzgeschlossen

ist. Ist ein kurzgeschlossenes Element vorhanden und entladen (hat es unnütz viel Strom abgegeben), so muß es durch ein frisches ersetzt werden; in vielen Fällen erholt es sich nach einigen Tagen wieder. Dauerte der Kurzschluß nur kurze Zeit, so genügt Abbiegen der einander berührenden Stellen.

Bei nassen Elementen und Akkumulatoren ist unter Umständen das etwa verdunstete Wasser oder die Säure zu ersetzen, wohl auch zugleich Zink und Kohle (die Elektroden) zu reinigen und eine neue Lösung von 45 g Salmiak (bei Leclanché-Elementen) auf ein Element anzusetzen. Sind die Kohlenpole mit weißem Salze bedeckt, so kratze man so viel wie möglich davon ab und stelle die Kohlen einige Zeit in Salzsäure, dann einen Tag in Wasser, wodurch sie wieder brauchbar werden, weil die Salzsäure die in den Polen der Kohlen abgelagerten Salze auflöst. Wärme beschleunigt den Vorgang. Sind die Polklemmen an den Kolben angefressen (oxydiert, mit grünem Salze bedeckt), so reinigt man die Klemmen mit einer Feile, erhitzt die Köpfe der Kohlen über einer Spirituslampe und überstreicht sie dünn mit Parafin, das in die Poren einziehen soll. Alsdann können die Klemmen wieder angeschraubt werden.

Besteht die Batterie aus verschlossenen Trockenelementen, so untersucht man deren Klemmenspannung mit einem geeigneten Spannungsmesser. Die Spannung an den Klemmen eines guten Trockenelementes beträgt anfangs 1,5 bis 1,6 Volt. Nach langem Gebrauche oder sehr starker Beanspruchung sinkt sie auf 1,3 Volt und bleibt Jahre hindurch bei sachgemäßer Behandlung auf dieser Höhe. Elemente, die unter 1 Volt haben, ersetzt man am besten durch neue. Das erneute Füllen von Trockenelementen lohnt nicht die Kosten, da neue, frische Elemente nicht teurer kommen als Transport, Arbeit und Material kosten. Nasse Elemente haben nur 1,4 bis 1,5 Volt Anfangsspannung und fallen bald auf 1,0 Volt, welche Spannung sie höchstens drei bis vier Jahre behalten; sie sind teurer in der Anschaffung und im Betriebe.

Für geschlossenen Stromkreis (Ruhestrom) hatte man bisher Zink-Kupfer-Elemente nach Meidinger. Diese erfordern eine halbjährliche Erneuerung der Flüssigkeit, Nachfüllen von Kupfervitriol und Auswechseln des Zinkringes. Beträgt der Widerstand eines geschlossenen Stromkreises mindestens 100 Ohm, so kann mit Vorteil ein gutes Trockenelement verwendet werden.

Unterbrechung in Hausleitungen.

Ist die Batterie in Ordnung, trotzdem aber kein Strom in der Anlage, so entfernt man den Wecker und probiert, ob er, mit einem Elemente kurz verbunden, läutet. Ist dies der Fall, so liegt die Unterbrechung entweder im Taster (Druckknopf) oder in der Leitung selbst. Man schraubt den Deckel des Tasters ab, sieht Schrauben

und Drähte genau nach und gibt Verbindung (Kontakt) zwischen den Federn mit einem Messer oder einer Zange. Erfolgt kein Läuten, so ist die Leitung zu untersuchen. Das planmäßige Vorgehen beim Untersuchen von elektrischen Leitungen richtet sich ganz nach deren Länge und Anzahl sowie nach der Oertlichkeit.

Besteht der Stromkreis aus zwei kurzen, nebeneinander parallel laufenden Drähten, so zieht man vorübergehend einen dritten Draht (Hilfsdraht), den man abwechselnd an Stelle des einen und des anderen Leitungsdrahtes in die Anlage einschaltet. Stellt sich hierbei heraus, daß nach Ersetzen des ersten Drahtes nunmehr die Glocke ertönt, so ist die Leitung an irgendeiner Stelle ihrer Länge außer metallischer Berührung (Kontakt); es hat sich entweder eine Verbindungsstelle gelöst, oder der Draht ist im Innern der Bespinnung (oft nicht sichtbar) gebrochen. Wo liegt der Bruch? Wo ist die schlechte Verbindung?

Je nach Lage des Tasters (Ausschalters) vor oder hinter der Fehlerstelle schließt man diesen durch Zwischenklemmen eines passenden Metallstückes zwischen die Federn kurz und verfährt wie folgt: Man schabt etwa auf der halben Länge der Leitungsstrecke vorsichtig zwei nahegelegene Stellen in beiden Leitungen blank oder sticht mit starken Nadeln in die Bespinnung hinein und verbindet beide Stellen mit einem kurzen Stück Draht mit blanken Enden. Ertönt die Glocke, so liegt der Fehler von ihr noch weiter entfernt; ertönt sie nicht, so hat man den Fehler noch näher bei ihr zu suchen. Man teilt nun die betreffende Strecke wieder in etwa die Hälfte und verfährt wie zuvor. Auf diese Weise langsam fortschreitend wird man endlich den Fehler „eingrenzen“, d. h. man wird ein gewisses kurzes Stück finden, in welchem der Fehler liegen muß. Ist er dann nicht sofort zu ermitteln, so schneidet man das fehlerhafte Stück heraus, ersetzt es sorgfältig durch neuen Draht und isoliert die Würgestellen mit Isolierband oder Gutta-perchpapier.

Ist die Fehlerstelle gefunden, so wird natürlich auch der Druckknopf wieder ordnungsmäßig zugeschraubt und der etwaige Kurzschluß in diesem entfernt.

Apparatfehler. Unterbrechung. Hat sich beim Erproben des Weckers (mit kurzer Verbindung an einem Elemente) herausgestellt, daß er keinen Strom durchläßt, also nicht anschlägt, so sind alle Verbindungen, Kontakte und Isolierungen genau nachzusehen und besonders der Draht an den Enden der Magnetspulen zu untersuchen, wenn nötig auch mit Hilfe eines Galvanoskops oder zweiten Weckers und eines Elementes auf Stromfähigkeit zu prüfen. Mitunter ist der Platinkontakt zwischen der Feder am Anker und der Spitze der Kontaktschraube verbrannt oder verschmutzt. Ist kein Platin mehr vorhanden, so muß dieses unter

allen Umständen erneuert werden. Die Kontaktschraube darf nicht zu tief hineingedreht werden, sonst klebt der Anker am Magneten und fällt nicht wieder ab, weil der Strom nicht unterbrochen wird. Das Erneuern der Kontakte macht am besten ein Mechaniker. Sie werden verlötet oder vernietet. Ist eine Stromunterbrechung in den Magnetrollen vorhanden, so ist zu ermitteln, in welcher Spule der Fehler liegt. Er besteht gewöhnlich in einem schwer sichtbaren Drahtbruche an den Kanten der Rollen. Mitunter hat auch die Ankerfeder am Weckergestell keinen ordentlichen metallischen Kontakt. Die Abhilfe ergibt sich von selbst: es muß dem Strome ein metallischer Weg hergerichtet werden. Etwaige neue Drahtverbindungen müssen mit Guttaperchapapier oder Isolierband geschützt werden. Alle Drahtbunde sind 5 bis 10 mm lang zu machen (bei Leitungen für Schwachstrom, die nicht frei hängen) und fest und sorgfältig zusammenzuwürgen.

Leitungsbruch in Freileitungen.

Die Anlage von Erdleitungen an Stelle eines zweiten Drahtes als Rückleitung pflegt man nur bei größeren Entfernungen von Haus zu Haus oder Ort zu Ort anzuwenden. Man kann infolgedessen beim Fehlersuchen selten einen Hilfsdraht anwenden, wie dies zuvor beschrieben wurde, sondern man muß zur Erdleitung greifen, falls nicht mehrere Leitungen nebeneinander herlaufen.

Gas- und Wasserleitungen pflegen mit der Erde in guter Verbindung zu stehen. Wo solche nicht vorhanden sind, muß man sich vorübergehend eine Erdleitung herrichten. Hierzu kann ein eisernes Brunnenrohr, eine Metalltafel, in Wasser oder feuchten Erdboden gelegt und mit einer kurzen Leitung versehen, dienen.

Man prüft nun zunächst die Leitfähigkeit zwischen der neuen und der ständigen Erdplatte mit Galvanoskop oder Wecker und einer Batterie von zwei bis vier Elementen, dann die Erdleitung von da an, wo sie die Erde verläßt, bis zum Apparate oder Blitzableiter. Ist hier alles in Ordnung, so geht man zur Untersuchung der Leitung im Hause und schließlich auf freier Strecke über. Im Hause untersucht man mit einer Hilfsleitung, wie schon beschrieben, oder an deren Stelle unter Benutzung von Wasser- oder Gasleitungen. Das Aufsuchen und Ausbessern eines Fehlers geschieht wie vorhin.

Um die Leitung auf freier Strecke (die Freileitung, Streckenleitung) zu untersuchen, läßt man sie an beiden Enden an die Erde legen, nachdem zuvor an beiden Enden auch die Erdleitungen auf Stromfähigkeit untersucht sind. Mit dem Untersuchungsapparate und einer Batterie begibt man sich etwa auf die Hälfte der Strecke, trennt an passender Stelle an einer Stange die Leitung und prüft, nach welcher Seite hin die Unterbrechung liegt. Ist dies ermittelt, so stellt man die Trennungsstelle in der Leitung

wieder her und fährt in gleicher Weise fort, bis die Stelle gefunden ist. Ist ein Leitungsbruch einer frei hängenden Leitung zwischen zwei Stützpunkten vorhanden, so findet man ihn schon mit dem bloßen Auge. Liegt das abgebrochene Ende auf der Erde, so hat man in beiden Teilen (oder auch nur in einem) der gebrochenen Leitung Strom; Signale oder Verständigung zwischen den Endstellen sind jedoch nicht möglich. Man muß also die Natur des Fehlers vor Beginn umständlicher Untersuchungen genau erforschen, um schnell, sicher und richtig vorgehen zu können. Bei größeren Telegraphenanlagen mit längeren Freileitungen pflegt man an passenden Stellen eine eiserne Stütze mit zwei Isolatoren in jeder Leitung anzubringen, zwischen denen eine Klemmschraube mit zwei Drahtspiralen sitzt, so daß man hier die Leitung leicht und schnell trennen kann. Hat man auf freier Strecke keine Erdleitung zur Verfügung, so genügt ein Spaten oder ein Stück blanker Draht, den man in feuchte Erde steckt.

Sehr viel Aufmerksamkeit erfordern Leitungsbrüche, die nur zeitweise auftreten, bei denen die gebrochenen Enden sich vorübergehend trennen und gelegentlich wieder in Berührung kommen, z. B. durch den Einfluß des Windes, durch Veränderungen infolge von Abkühlung, durch Bewegungen von Türen oder Fenstern usw. Besonders treten diese Fehler auf an schlecht gefertigten Verbindungen, die locker geworden sind oder schlecht geschützt wurden und später oxydierten. Bei solchen Fehlern bleibt mitunter nichts anderes übrig, als wiederholt Untersuchungen anzustellen, falls während der Arbeit der Fehler wieder verschwunden sein sollte.*)

Stromableitung.

Je nach der Art des Fehlers nennt man die Ableitung „Nebenschluß“, wenn zwei nebeneinander liegende Leitungen einander berühren, oder „Erdschluß“, wenn eine Leitung in leitender Berührung mit dem Erdboden steht. Nebenschlüsse kommen nur in blanken oder schlecht geschützten, schlecht besponnenen und feucht gewordenen Drähten vor, Erdschlüsse gewöhnlich nur in blanken Freileitungen oder schlecht isolierten Wanddurchführungen. Die letzteren sind die schlimmsten und geben schwer zu ermittelnde Fehlerstellen.

Nebenschluß. Man isoliert die beiden in Verbindung befindlichen Leitungen an ihren Enden und schaltet, von einem Ende anfangend, zwischen beide Drähte Galvanoskop und Batterie. Dabei erhält man, solange beide Leitungen in Berührung stehen, einen Ausschlag an der Magnetnadel des Galvanoskops. Durch

*) Hierüber gibt ausführliche Anleitung das Buch des Verfassers: „Die elektrischen Leitungen“. (Verlag von A. Hartleben, Wien.)

streckenweise Teilung der Leitungsstrecke und wiederholtes Prüfen mit dem Galvanoskop findet man schließlich die Stelle, an welcher die störende Berührung stattfindet.

Erdschluß. Die fehlerhafte Leitung wird zuvor an ihren Enden isoliert, auf der Strecke geteilt und dann untersucht, nach welcher Seite hin der Fehler liegt. So fortschreitend findet man den Ort, an dem die Erdableitung vorhanden ist. Die Beseitigung solcher Ableitungen geschieht durch sorgfältige Isolierung der Fehlerstelle. Liegt der Fehler in einem Apparate, so ist ganz ähnlich zu verfahren. Die Drähte sind, wo sie einander berühren, voneinanderzubiegen.

Bei mangelhaften Wanddurchführungen zieht man die schadhafte Stücke heraus und ersetzt sie durch neue, gut isolierte Drähte. Die Uebung und Erfahrung ist hier der beste Lehrmeister.

Stromschluß. Die Natur dieses Fehlers ist sofort zu erkennen. In sonst offenem Stromkreise (Arbeitsstrom) ist dauernd Strom vorhanden, die Apparate sind dauernd in Tätigkeit; in geschlossenem Stromkreise (Ruhestrom) läßt sich durch den Taster keine Unterbrechung erzeugen. Bei Haustelegraphen, die gewöhnlich mit Arbeitsstrom (mit offenem Stromkreise) eingerichtet sind, muß der Fehler entweder in einem Apparate liegen, dessen Federn einander dauernd berühren, oder zwei Drähte sind irgendwo in dauernder Berührung, so daß der Stromkreis geschlossen ist.

Bei Ruhestrom (nur bei gewissen Anlagen in Verwendung, z. B. auf Eisenbahnen, kurzen Verkehrs-telegraphenanlagen oder Diebesalarm-Einrichtungen) macht sich der Fehler dadurch kenntlich, daß keine Signale von den Apparaten hervorgebracht werden, so daß die Leitungen entweder unter sich oder mit der Erde in Berührung stehen.

In den meisten Fällen empfiehlt es sich, einen Stromlauf zu zeichnen und mit dessen Hilfe sich die Lage und Natur des Fehlers klar zu machen. Die Apparate werden hier nur durch die Drahtwicklung der Elektromagnete (Drahtspulen) und durch etwa stromleitende Teile (Kontaktfedern, Kontaktschrauben) angedeutet, so daß nur die stromleitenden Teile durch einige Striche darzustellen sind, um die Uebersicht zu erleichtern. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, jede Anlage nach einer Stromskizze einzurichten und diese für später vorkommende Fälle oder Aenderungen sorgfältig aufzubewahren.

Ist ein Strommesser (Milliamperemeter) zur Hand, der von 0 bis 500 Milliampere mißt, also noch bis zu $\frac{1}{2}$ Ampère zu messen gestattet, so kann man mit ihm die Stromstärke bestimmen und daraus auf die Natur des Fehlers einer Abteilung des Stromes oder

eines Nebenschlusses schließen. Dies setzt jedoch voraus, daß die Stromstärke bei fehlerfreiem Betriebe bekannt ist.

Die Haustelegraphen arbeiten meistens mit 200 bis 300 Milliampère (= 0,200 bis 0,300 Ampère). Ist die Batterie in gutem Zustande, der Strom aber sehr schwach, so ist ein schlechter Kontakt an den Apparaten oder in der Leitung, oder die Leitung ist gebrochen und mit der Erde in Berührung. Ist der Strom sehr stark (höher als er gewöhnlich sein soll), so ist ein Kurzschluß vorhanden. Dieser Fehler ist oft für die Elemente sehr verderblich. Liegt der Kurzschluß nämlich nahe der Batterie, so gibt diese dauernd Strom ab, und zwar oft mehr als sie leisten soll. Die Elemente werden also schneller verbraucht oder wohl auch völlig unbrauchbar gemacht. Der Wecker ertönt nicht, als ob die Leitung unterbrochen wäre. Es ist dies ein bei mangelhaft angelegten Einrichtungen sehr leicht eintretender Fehler, der nicht allein viel Verdruß, sondern auch Kosten macht, wenn nämlich die Elemente erneuert werden müssen.

Liegt der Kurzschluß nahe am Wecker, so ist die Stromstärke in sehr langen Leitungen nicht so stark wie in dem soeben besprochenen Falle. Der Wecker ertönt nicht, denn der Strom nimmt einen kürzeren Weg und durchfließt nicht die Windungen des Elektromagneten. Die Batterie wird, da sie dauernd geschlossen ist, unnötig abgenützt.

Die Prüfung auf Kurzschluß geht am besten stets von der Batterie aus, indem man ein Galvanoskop mit wenigen stärkeren Windungen (besser noch einen Milliampèremesser) in den Stromlauf der Anlage einschaltet und den Ausschlag des Instrumentes beobachtet.

Ist kein Ampèremesser, sondern nur ein Voltmesser vorhanden, z. B. bis 3 Volt, so schaltet man nur ein bis zwei Elemente ein, falls die Batterie mehr haben sollte, und mißt die Spannung der Batterie und die Klemmenspannung am Wecker. Ist die Batterie in der Leitung kurz geschlossen, so wird die Spannung der Elemente sehr gering sein, etwa 1 Volt und darunter bei einem Elemente, also zwei Volt bis zwei Elementen, während am Wecker die Spannung beinahe null sein kann, je nachdem der Kurzschluß mehr oder weniger Berührung hat. Ein Voltmeter ist, wenn er nur bis 3 Volt anzeigt, in vielen Fällen auch an Stelle eines Galvanoskops brauchbar. Die kleinen Taschenvoltmeter, die nur etwa 15 Ohm Widerstand haben, sind z. B. zum Messen der Spannung wenig genau, aber als Galvanoskop sehr geeignet. Man kann mit diesem wenigstens ermitteln, ob ein Element überhaupt noch brauchbar ist, also 1 bis 1,3 Volt hat, oder ob es schon ganz erschöpft ist, also nur etwa $\frac{1}{2}$ Volt zeigt. Genauere Messungen lassen sich damit nicht anstellen, wenn die Apparate auch in Zehntel-Volt geteilt sind, da sie oft Fehler von 2 bis 3 Zehntel-Volt ergeben. Ihr Preis ist dement-

sprechend auch gering, etwa 20 bis 40 Mark, während gute Strom- und Spannungsmesser 250 bis 350 Mark und mehr kosten.

Fehler bei elektrischen Uhren.

Das zuvor Gesagte gilt im allgemeinen auch für Anlage und Einrichtung elektrischer Uhren. Sie weichen von sonstigen elektrischen Apparaten jedoch insofern ab, als hier bewegliche Teile vorhanden sind, die wir z. B. bei einer Haustelegraphen- oder Telephonanlage nicht finden. Auf die Ermittlung der Fehler des Uhrwerkes im engeren Sinne, insbesondere des Räderwerkes, der Pendelaufhängung des Zeigerwerkes usw. brauchen wir hier nicht näher einzugehen; sie sind ja jedem Uhrmacher geläufig. Es kann sich hier nur darum handeln, Fehler zu besprechen, welche in bezug auf den elektrischen bzw. magnetischen Teil eintreten können.

Obgleich die Einrichtungen für den gedachten Zweck sehr vielgestaltig und bei den verschiedenen Systemen nicht immer gleich sind, können wir doch bei jeder Anlage gewisse immer wiederkehrende Teile wahrnehmen.

Jede elektrische Uhranlage bedarf einer Stromquelle, mehr oder minder langer Leitungen und gewisser elektrischer bzw. magnetischer Apparate, welche den Antrieb des Räderwerkes bzw. der die Zeit angegebenden Weiser bewirken. Ueber die Fehler in den Stromquellen, insbesondere in den Batterien haben wir bereits gesprochen; auch die Untersuchung der Leitungen wurde schon ausführlich erörtert. Es kann sich also hier nur darum handeln, noch diejenigen Punkte hervorzuheben, welche den elektrischen Uhrenanlagen eigentümlich sind.

Ist eine Uhrenanlage an das Leitungsnetz eines Elektrizitätswerkes angeschlossen und die Uhr stehen geblieben, so wird man zunächst untersuchen, ob die Stromzuführung aus dem Leitungsnetze in Ordnung ist. Es ist nicht ausgeschlossen, daß der gesamte Betrieb eines Leitungsstranges oder eines ganzen Werkes gestört ist. In diesem Falle findet man sehr bald durch Einschalten einer Glühlampe passender Spannung oder eines Spannungsmessers, ob das Leitungsnetz Strom gibt.

Zunächst muß man wissen, wie groß die Netzspannung bzw. Lampenspannung ist. Sie beträgt für Beleuchtungsanlagen 75, 110 oder 220 Volt. Ferner muß man wissen, ob das Leitungsnetz Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom liefert, weil nicht jedes Instrument für die verschiedenen Stromarten geeignet ist. Hat man sich über diese verschiedenen Punkte Gewißheit verschafft, so wird man in der Nähe des Elektrizitätszählers oder des Hausanschlusses die Glühlampe oder das Meßinstrument anlegen. Ist an diesen Punkten kein Strom vorhanden, so wird es in den meisten Fällen ratsam sein, das Elektrizitätswerk zu benachrichtigen, da der

Uhrmacher selten die nötigen Erfahrungen haben wird, um selbstständig Starkstromanlagen zu untersuchen.

Fehler in den elektrischen Teilen

Die empfindlichsten Stellen, welche zu Störungen Veranlassung geben können, sind die Drahtenden an den Elektromagneten oder sonstige Drahtverbindungen im Uhrgehäuse und ferner alle Teile, wie z. B. Federn, Hebel, Stifte, Kontakte, welche den Stromschluß bewirken, also die Kontaktstellen.

Zunächst wird man durch Besichtigung des Werkes prüfen, ob irgendein Teil gebrochen oder verbogen ist, ob irgendein Teil schädliche Reibung hat. Ist ein Fehler nicht zu entdecken, so wird man mit Hilfe eines Elementes und eines Galvanoskops, Strommessers oder Spannungsmessers prüfen, ob die verschiedenen Wege, die der elektrische Strom zu nehmen hat, völlig gangbar sind, d. h. ob überhaupt Stromschluß beim Gange der Uhr zustande kommt. Das Element, das Meßinstrument und der zu prüfende Teil werden durch zwei Drähte hintereinander geschaltet. Ist Stromschluß vorhanden, so wird dies der Ausschlag des Zeigers angeben; ist kein Stromschluß vorhanden, so wird der Zeiger in Ruhe bleiben. Es ist hierbei darauf zu achten, daß man je nach dem Meßinstrument auch die richtige Klemme an die Batterie legt. Dies gilt besonders für Präzisionsinstrumente, die stets mit dem richtigen Batteriepole verbunden sein müssen.

Vor allen Dingen sind sämtliche Kontaktstellen daraufhin zu prüfen, ob die sich berührenden oder reibenden Flächen, die den Stromschluß vermitteln, metallisch rein, also nicht etwa durch Funkenbildung stark oxydiert oder zerstört sind. Sind mit Platin belegte Kontakte vorhanden, so wird man sie sorgfältig blankschaben oder mit einer sehr feinen Feile bearbeiten und wieder polieren oder auch vollkommen erneuern. Man soll nicht zu schwaches Platinmetall auf den Kontakten anbringen. Kontakte, die eine sehr starke Reibung haben, können auch ohne Platinbelegung sicher wirken. Kontakte mit Silber zu belegen ist nicht zweckmäßig, weil dieses Metall durch Funkenbildung sehr bald zerstört wird.

Zu den empfindlichsten Stellen in einer elektrischen Uhr gehören die freien Drahtenden der Magnetspulen. Sie brechen mitunter ab, ohne daß man es leicht gewahr wird, weil die Bespinnung die Bruchstelle überdeckt und zusammenhält. Man muß daher unter Umständen auf die Enden vorsichtig mit der Hand einen geringen Zug ausüben, um den Drahtbruch zu finden. Die Prüfung auf Strom gibt nicht immer einen Drahtbruch mit Sicherheit an, weil mitunter die Enden einander noch berühren, obgleich sie gebrochen sind.

Bei polarisierten Triebwerken, wie sie vielfach in Nebenuhren vorkommen, sitzt der Elektromagnet nahe bei oder auf einem Stahlmagneten. Hat dieser durch irgendwelche Umstände seine Kraft verloren, so könnte auch hierin ein Fehler liegen. Man prüft dies am einfachsten, indem man mit einem eisernen Nagel oder einem nicht zu großen eisernen Schlüssel die Kraft an den Enden des Magneten prüft. Gegenstände aus Stahl sind für diese Prüfung nicht geeignet. Der letztgenannte Fehler dürfte jedoch höchst selten vorkommen. Er kann nur durch Bruch des Stahls oder vielleicht durch Blitzschlag in die Magnetspulen eintreten.

Magnetische Störungen

Stahlmagnete, wie sie in den Nebenuhren oder auch in Motoruhren verwendet werden, müssen aus Wolframstahl hergestellt, in einer Hitze gebogen und gut magnetisiert sein. Sogenannte „kranke“ Magnete oder solche aus nicht geeignetem Stahle verlieren mit der Zeit an Kraft. Man hilft sich vorübergehend wohl, indem man den Stahl neu magnetisiert, besser aber ist es, einen neuen Magneten einzusetzen.

Elektromagnete zeigen mitunter gar keine oder nur geringe Kraft, wenn der Strom durch irgendeinen Nebenschluß zum großen Teile abgelenkt wird, so daß Stromverzweigung eintritt. Dadurch erhalten die Drahtspulen des Elektromagneten zu wenig Strom und erzeugen infolgedessen nicht genügende Kraft.

Man kann bei diesen Störungen, insbesondere bei Stahlmagneten, den Fehler mit Hilfe eines Feilspanbildes finden. Man legt den Magneten wagerecht, bedeckt ihn mit einem weißen Kartenblatte und streut mit einem Siebe feine Eisenfeilspäne auf. Das durch leises Klopfen entwickelte Bild muß kräftig und symmetrisch sein. „Kranke“ Stahlmagnete zeigen unregelmäßige Stellen, zu schwache, kaum sichtbare Bilder. Auch die Tragkraft gibt Aufschluß darüber. Beim Aufbewahren stellt man Bügelmagnete senkrecht, mit den Enden nach unten. Starkes Eisenblech als Anker ist vorteilhaft für Erhaltung der Kraft.

Schlußwort.

Aus dem im vorliegenden Werke Gebotenen geht unzweifelhaft hervor, daß sich seit Jahren die Anwendung der elektrischen Uhren langsam, aber stetig entwickelt hat. Die heutigen Verkehrs- und Erwerbsverhältnisse haben für jeden das unabweisbare Bedürfnis gezeitigt, die richtige Zeit möglichst genau zu wissen. Aus diesem Bedürfnisse heraus hat sich die Verteilung richtiger Zeit durch Zentralanlagen in verschiedenen Systemen vollkommen bewährt. Da nicht jeder eine kostbare, sehr genau zeigende Uhr anschaffen kann und es kein anderes gleichwertiges Mittel gibt, als durch Elektrizität Uhren in gleichmäßigem Betriebe bzw. in Übereinstimmung zu erhalten, so blieb nichts anderes übrig, als Zentralanlagen zu schaffen, die dem gedachten Zwecke dienen. Es haben sich infolgedessen Privatgesellschaften gebildet, welche derartige Zentralanlagen einrichten und betreiben. Von maßgebender Seite ist hervorgehoben worden, daß derartige Anlagen entweder der Staat im ganzen Lande einrichten und betreiben sollte, wie dies bereits bezüglich der Telegraphen-, Fernsprechanlagen und Eisenbahnen vielfach der Fall ist, oder daß, falls dies nicht durchführbar erscheint, die Gemeindevertretungen der einzelnen Städte die Verteilung der richtigen Zeit in die Hand nehmen sollten.

Es ist nur eine Frage der Zeit, daß nicht allein Zentraluhrenanlagen allgemein ein Bedürfnis sein werden, sondern es dürfte auch der Zeitpunkt nicht mehr fern sein, wo man mechanisch angetriebene Wanduhren kaum noch kaufen wird. Unsere heutigen elektrischen Uhren haben einen derartigen Grad von Genauigkeit und Betriebssicherheit erreicht und sind zu so mäßigem Preise zu haben, daß sie bereits von vielen bevorzugt werden.

In Verkenntung dieser Tatsachen und des gebotenen Vorteiles haben die Uhrmacher einzelner Ortschaften die Einführung eines Zentraluhrensysteins angefeindet und mitunter auch verhindert. Der Uhrmacher ist heute noch vielfach der Ansicht, daß sein Verdienst und Fortkommen durch solche gemeinnützige Anlagen erheblich geschädigt würde. Es ist dies jedoch kaum der Fall. Die Möglichkeit, an zahlreichen Stellen die richtige Zeit zu haben, führt

sicherlich dazu, auch bessere Zeitmesser, bessere Wand- und Taschenuhren zu besitzen. Man wird daher künftig minderwertige Uhren weniger kaufen, sondern danach streben, möglichst gute Zeitmesser zu besitzen (die natürlich auch einen höheren Preis haben). Die Uhrmacher werden diese Entwicklung niemals durch kleinliche Maßnahmen und einseitigen Standpunkt aufzuhalten vermögen, sondern der Fortschritt wird sicher über sie hinweg auch weiterhin stattfinden. Wer dieser Strömung der Zeit nicht Rechnung zu tragen versteht, wird unterliegen und Schaden nehmen.

Es ist also sicherlich an der Zeit, daß die Uhrmacher ohne Ausnahme sich möglichst gründliche Kenntnisse der Elektrotechnik aneignen und baldigst mit elektrischen Uhren und elektrischen Anlagen ebensogut umzugehen verstehen, wie mit den mechanisch angetriebenen Uhren. Verfasser hofft, durch seine Schrift hierzu Anregung gegeben und dem Uhrmacher ein brauchbares Hilfsmittel geboten zu haben.

Nachtrag

zum Abschnitte über Pendelschwankungen auf Seite 55

Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß auch die Luft direkt hierbei mitwirkt. Sobald nämlich die Luft durch Vorgänge in der Atmosphäre, z. B. die Sonne, warme Winde usw. erwärmt wird, ändert sich ihre Dichte, die das Pendel bekanntlich auch beeinflusst.

Das gewöhnliche Barometer läßt diese lokalen, plötzlichen Aenderungen der Luft direkt nicht erkennen. Herr H. Heinicke hat jedoch mit einem elektrischen Apparate ein Mittel erfunden, die geringsten Dichteänderungen mit beliebiger Uebersetzung festzustellen und zu messen.

Zu diesem Zweck benutzt er nach besonderem Patente einen feinen Nickeldraht, der auf gleichbleibenden Temperaturen von ca. 60 gehalten wird. Sobald sich die umgebende Luft, Gase usw. ändern, ändert sich der elektrische Widerstand des heißen Drahtes, der in einer Brückenschaltung gemessen wird. Der Anzeige-Apparat in Form eines Amperemeters wird für Luft nicht in Ohm, sondern in Millimeter Druck geeicht. So bildet er ein höchst empfindliches Barometer. Auf dieser Grundlage hat der Erfinder zahlreiche Apparate ersonnen, die für Luftfahrzeuge, Gasgemische, Benzin, Grubengase usw. als zuverlässiger Messer bzw. Warnungsapparat Verwendung finden.

Berichtigung

- Seite 25, Zeile 31: 1916 statt 1906
„ 68, Abb. 29: **Zimmeruhr** statt Rundrahmenuhr
„ 81, e. ster Abschnitt gehört zu S. 82, hinter den ersten Absatz
„ 97, Zeile 3: **Auslösung** statt Auflösung
„ 108, „ 9: wichtige statt wichtige
„ 110, „ 11: **das** statt der

Anleitung zur Aufstellung
und Instandhaltung von

Turmuhren

Von Alfred Ungerer, Turmuhrn-Fabrikant

Mit 80 Abbildungen im Text und auf einer besonderen Tafel

Kurzer Auszug aus dem Inhalt:

Bauart und Schlagweise der Turmuhren (Allgemeines). Die Gehwerke. Gehwerke mit konstanter Kraft. Die Schlagwerke. Turmuhren mit wöchentlichem Aufzuge. Turmuhren mit automatischem Aufzuge. Aufstellung einer Turmuhr (Allgemeines). Einrichtung der Gewichtszüge. Die Anbringung der Zifferblätter, Zeiger und Zeigerwerke. Beleuchtbare Zifferblätter. Einrichtung der Zeigerleitung. Einrichtung der Hammerwerke (Schlaghämmer). Einrichtung der Hammerwerke (Läutehämmer). Einrichtung der Hammerzüge. Das Aufziehen einer Turmuhr. Das Richten einer Turmuhr. Das Regulieren einer Turmuhr. Die regelmäßige Instandhaltung (Allgemeines). Instandhaltung des Gehwerkes. Instandhaltung der Schlagwerke. Instandhaltung der Zubehörtteile. Periodische Revisionen zur Instandhaltung von Turmuhren (im Abonnement). Störungen im regelmäßigen Gang einer Turmuhr. Störungen im Schlagen einer Turmuhr. Vorsichtsmaßregeln, Unfallverhütung. Unterlagen zur Abgabe eines Kostenanschlages für Lieferung einer neuen Turmuhr. Angaben bezüglich der Einrichtung von Neubauten (Kirchtürmen), in welchen eine Turmuhr-Anlage errichtet werden soll. Vergleichstabelle zwischen Durchmesser, Gewicht und Ton der Gloden sowie der passenden Hammerschwere

Preis 12,60 M. einschl. Porto und 20% Sortiments-Aufschlag

Zu beziehen durch die

Deutsche Uhrmacher-Zeitung
Berlin SW 68, Neuenburger Straße 8

Postcheck-Konto 2581

