

Johannes Zacharias

Elektrotechnik  
für  
Uhrmacher



# Elektrotechnik für Uhrmacher

Mit besonderer Berücksichtigung  
von Einrichtung, Anlage und Betrieb elektrischer  
Zeitmesser

Von  
**Johannes Zacharias**  
Ingenieur

---

Mit 229 Abbildungen  
im Texte und auf vier besonderen Tafeln

---

BERLIN  
Verlag Carl Marfels Aktiengesellschaft  
1908



**Alle Rechte  
insbesondere das Recht zur Übersetzung in andere Sprachen  
vom Verlag vorbehalten**



# Vorwort

---

„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 bezügliche 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 Rudolf Pleskot, 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.**



# Inhalts-Verzeichnis

	Seite
Vorwort .....	III
<b>Einleitung</b>	
Die elektrischen Maße .....	3
Die Elektromagnete .....	4
Polarisierte Elektromagnete .....	5
<b>I. Stromerzeuger</b>	
Galvanische Elemente .....	7
Dauer-Elemente .....	8
Nasse Zink-Kohle-Elemente .....	10
Trockenelemente .....	13
Starkstrom-Elemente .....	13
Tabelle der Wedekind-Elemente .....	15
Tabelle der gebräuchlichsten galvanischen Elemente .....	16
Akkumulatoren .....	18
Thermosäulen .....	19
Tabelle über Dynaphore .....	20
<b>II. Leitungsmaterial</b>	
Kupferdrähte .....	21
Kupferdrähte für Magnetwicklungen .....	21
Tabelle über Emaildraht .....	22
Durchschlagsspannung verschiedenartig isolierter Drähte .....	23
Kupferdrähte für Innenleitungen .....	23
Freileitungen .....	24
Isolierungen für Freileitungen .....	24
Befestigungsmaterial für Leitungen .....	25
Gewicht und Widerstand von runden Kupferdrähten .....	29
Gewicht, Querschnitt und Widerstand von Kupferdrähten .....	31
Bespannene Kupferdrähte für Elektromagnetspulen .....	32
Leitungsdrähte für Hausleitungen .....	32
Widerstand und Länge von Haustelegraphenleitungen .....	33
Strombelastung von Kupferdrähten .....	33
Widerstandsdrähte .....	34
<b>III. Anbringen von Leitungen</b>	
Allgemeines .....	35
Signaturen-Tafel .....	36
Blitzableitungen .....	40
Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz .....	43



	Seite
<b>IV. Hausanlagen</b>	
Allgemeines.....	45
Haustelegraphen.....	48
Elektrische Wecker.....	48
Stromschließer.....	54
Telephoneinrichtung.....	54
Schaltung eines Telephonapparates der deutschen Reichspost- Verwaltung.....	56
<b>V. Elektrische Zeitmesser</b>	
Allgemeines.....	59
Das Pendel und dessen Antrieb.....	62
Das Nickelstahl-Kompensationspendel.....	64
Hemmung von Dr. Riefler.....	68
Hemmung von Prof. Strasser.....	70
<b>1. Elektrische Einzeluhren</b>	
a) Elektromagnetische Triebkraft.....	71
System M. Hipp.....	72
System H. Aron.....	74
System Heinrich Cohen jun.....	77
b) Elektrischer Federaufzug.....	81
System H. Aron.....	81
System Max Möller.....	84
1. Elektrisches Gehwerk.....	84
2. Elektrische Uhr mit Schlagwerk.....	88
Elektrische Uhr von David Perret.....	91
c) Elektrischer Gewichtaufzug.....	96
Elektrische Uhr der Gesellschaft Normal-Zeit.....	96
System Riefler.....	99
Aufziehvorrichtung von Karl Kohler.....	101
d) Elektrischer Gewicht- oder Federaufzug.....	103
System August Anders.....	103
<b>2. Zentraluhrenanlagen</b>	
Allgemeines.....	106
Die Hauptuhren.....	108
Zeitverteilungs-System von M. Hipp.....	108
Zeitverteilungs-System von Siemens & Halske A.-G.....	111
1. Normale Primäruhr.....	111
2. Relais-Hauptuhr mit Kontaktwerk.....	114
Zeitverteilungs-System der Gesellschaft Normal-Zeit.....	117
Das amtliche Zeitsignal.....	123
Zeitverteilungs-System der Gesellschaft Magneta.....	130
Die Induktoren zur Stromerzeugung.....	132
Schiffs-Hauptuhr.....	137
Zeitdienstanlagen für Sternwarten.....	138
Hauptuhren unter Glasverschluß.....	139
Stromschlußvorrichtungen an transportablen Chronometern.....	141
System der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.....	142
<b>3. Nebenuhren</b>	
Allgemeines.....	144
System C. Theod. Wagner.....	147
System C. Bohmeyer.....	150

	Seite
System Siemens & Halske A.-G. ....	152
System der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“ .....	153
System der Gesellschaft Magneta.....	156
System Peyer, Favarger & Cie. ....	157
System H. Aron .....	162
Nebenuhr von O. Denner .....	162
Der Stromverteiler von Heinrich Cohen jun. ....	163
System Riefler .....	164
Die Turmuhr als Nebenuhr .....	165
Vorzüge der elektrischen Nebenuhren .....	168
<b>4. Signaluhren und Reguliervorrichtungen</b>	
Allgemeines .....	168
Signaluhren von H. Aron .....	170
Signaluhr von Max Möller .....	173
Signaluhr von Karl Kohler .....	175
Zeitsignalgeber von Siemens & Halske A.-G. ....	177
Signalscheibe von J. F. Weule .....	179
Zeitsignal-Einrichtung von Peyer, Favarger & Cie. ....	180
Hotelweckuhr mit Kontroll-Einrichtung von Karl Kohler .....	181
Uhrenregulierung durch Telegraphenleitungen .....	182
Wächterkontroll-Einrichtungen .....	185
Zeitverteilung und Regulierung durch elektrische Wellen .....	186
Vergleich der Systeme mit Batteriestrom und mit Induktionsstrom....	190
Zeitweise Klosettspülung .....	195
<b>5. Elektrische Turm- und Großuhren</b>	
Allgemeines .....	196
System J. F. Weule.....	197
System J. & A. Ungerer .....	202
Minutenkontakt für Turmuhren .....	204
Der Zeitsignalapparat .....	206
Selbsttätige Beleuchtung für Turmuhren .....	207
Aufzug für Turmuhren von C. F. Rochlitz .....	209
Elektrische Aufziehvorrchtung von Georg Hartmann .....	213
Turmuhr von C. Weiß .....	214
Das Aufstellen von Turmuhren .....	217
<b>6. Kostenanschläge</b>	
Allgemeines .....	220
Bedarf für elektrische Uhrenanlagen .....	224
Kostenüberschlag für eine elektrische Uhrenanlage in einer Großstadt ..	228
<b>VI. Einstellen elektrischer Apparate und Uhren</b>	
Allgemeines .....	231
Einstellen von elektrischen Uhren .....	233
<b>VII. Beleuchtung</b>	
Allgemeines .....	235
Taschenlampen .....	236
Uhren mit Kleinbeleuchtung .....	237
Elektrische Zündvorrichtungen .....	237
Elektrische Handlampen .....	238
Starkstrombeleuchtung .....	239
Berechnung der Leitungen .....	239
Die Glühlampen .....	240
Lichtwechselschalter der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“ .....	242



	Seite
<b>VIII. Meßinstrumente und Messungen</b>	
Allgemeines	246
Vorsichtsmaßregeln	251
Spannungsmessung	251
Stromstärkemessung	253
Widerstandsmessung	254
Prüfung galvanischer Elemente	256
Prüfordnung für elektrische Meßgeräte	259
Prüfung von Akkumulatoren	263
Wichtige Punkte für die Untersuchung von Akkumulatoren	266
Untersuchung von Apparaten	268
<b>IX. Aufsuchen von Fehlern</b>	
Allgemeines	272
Unterbrechung der Leitung (Nebenschluß, Erdschluß, Kurzschluß)	272
Vorrichtungen zur Untersuchung	274
Aufsuchen und Erkennen von Fehlern	275
Unterbrechung in Hausleitungen	276
Leistungsbruch in Freileitungen	278
Stromableitung	279
Fehler bei elektrischen Uhren	281
Fehler in den elektrischen Teilen	282
<b>X. Werkzeuge</b>	
Verzeichnis von Werkzeugen und Apparaten zur Anbringung von Leitungen	284
Entmagnetisieren von Werkzeugen	285
<b>XI. Über die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen</b>	
Allgemeines	287
Die Schwerkraft	288
Durch welche Kraft wird die Pendeluhr getrieben?	289
Allgemeine Grundsätze	291
Der Äther	292
Die Elektrizität	294
Der Magnetismus	296
Die Induktion	303
Schlußwort	309

#### Druckfehler-Berichtigungen

Seite 82, Zeile 5 von oben, lies: etwa 1 Ohm
Zeile 6 von oben, lies: etwa 300 bis 400 Ohm
Seite 91, Zeile 8 von oben, lies: Abb. 94
Seite 146, Zeile 2 von unten, lies: geerdet
Seite 242, in der zweiten Textzeile der Tabelle, lies ebenfalls: 0,25 (in der zweiten Spalte) und 55 (in der dritten Spalte)

## Einleitung

---

Als vor etwa dreißig 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 bezüglichlichen Kenntnissen auszurüsten.

Die Bestimmungen über das Eichen der elektrischen Meßgeräte werden wir in einem späteren Abschnitte kennen lernen. Hier handelt es sich zunächst darum, gewisse physikalische Begriffe und die elektrischen Maße zu erklären. —

Elektrizität, Licht und Wärme haben die gleiche Ursache; sie beruhen auf Bewegungen der kleinsten Teile, des so-

# VIII. Meßinstrumente und Messungen

Allgemeines .....	246
Vorsichtsmaßregeln .....	251
Spannungsmessung .....	251
Stromstärkemessung .....	253
Widerstandsmessung .....	254
Prüfung galvanischer Elemente .....	256
Prüfung für elektrische Meßgeräte .....	259
Prüfung von Akkumulatoren .....	263
Wichtige Punkte für die Untersuchung von Akkumulatoren .....	266
Untersuchung von Apparaten .....	268

# IX. Aufsuchen von Fehlern

Allgemeines .....	272
Unterbrechung der Leitung (Nebenschluß, Erdschluß, Kurzschluß) .....	272
Vorrichtungen zur Untersuchung .....	274
Aufsuchen und Erkennen von Fehlern .....	275
Unterbrechung in Hausleitungen .....	276
Leistungsbruch in Freileitungen .....	278
Stromableitung .....	279
Fehler bei elektrischen Uhren .....	281
Fehler in den elektrischen Teilen .....	282

# X. Werkzeuge

Verzeichnis von Werkzeugen und Apparaten zur Anbringung von	
Leitungen .....	284
Entmagnetisieren von Werkzeugen .....	285

# XI. Über die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen

Allgemeines .....	287
Die Schwerkraft .....	288
Durch welche Kraft wird die Pendeluhr getrieben? .....	289
Allgemeine Grundsätze .....	291
Der Äther .....	292
Die Elektrizität .....	294
Der Magnetismus .....	296
Die Induktion .....	303
Schlußwort .....	309

# Druckfehler-Berichtigungen

Seite 82, Zeile 5 von oben, lies: etwa 1 Ohm	
Zeile 6 von oben, lies: etwa 300 bis 400 Ohm	
Seite 91, Zeile 8 von oben, lies: Abb. 94	
Seite 146, Zeile 2 von unten, lies: geerdet	
Seite 242, in der zweiten Textzeile der Tabelle, lies ebenfalls: 0,25 (in der zweiten Spalte) und 55 (in der dritten Spalte)	



## Einleitung

---

Als vor etwa dreißig 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 bezüglichlichen Kenntnissen auszurüsten.

Die Bestimmungen über das Eichen der elektrischen Meßgeräte werden wir in einem späteren Abschnitte kennen lernen. Hier handelt es sich zunächst darum, gewisse physikalische Begriffe und die elektrischen Maße zu erklären. —

Elektrizität, Licht und Wärme haben die gleiche Ursache; sie beruhen auf Bewegungen der kleinsten Teile, des so-

genannten Äthers. Sie sind Wellenbewegungen 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 (Dynamomas, 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 Nebenuhren 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 Wechselstrommaschinen, 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 Ampere-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 festgesetzt.

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. Die sonst in der Praxis vorkommenden Berechnungen sind im Abschnitt VIII über die Meßinstrumente und Messungen enthalten. Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus, das jeden Praktiker im höchsten Maße interessieren muß, haben wir am Schlusse des Buches behandelt, weil nach vorausgegangener Kenntnisnahme der



verschiedenen Apparate und ihrer Wirkungsweise ein leichteres Verständnis hierfür möglich ist.

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; winden wir aber einen bespannten 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. Über 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 Äther des umgebenden Raumes zur Wirkung und übt einen plötzlichen heftigen 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 abgeschragt. Der obere Teil mit dem Verbindungsjoche  $E$  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  $E_1$  mit den daran befestigten Teilen der Eisenkerne ein Stück herabgesunken ist, wird der Strom an den beiden zwischen den Elektromagnetspulen befindlichen Kontaktfedern geschlossen und damit der bewegliche Teil, zufolge der hierbei entstehenden magnetischen Kraft, wieder hochgehoben, wobei der Stromkreis durch Auseinanderdrücken der Federn unterbrochen wird. Der bewegliche Teil sinkt jetzt wieder nach unten, und das Spiel beginnt von neuem. — Die verschiedenartigen Einrichtungen und Anwendungen der Elektromagnete zum Betriebe von Uhren werden wir später bei der Beschreibung der einzelnen Systeme genauer kennen lernen.

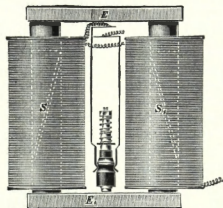


Abb. 1  
Elektromagnet in Uhren der Firma  
Heinrich Cohen jun. in München

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 nähmen. 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 wählten. 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 polarisierte 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 benützt 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.\*\*)

Wir gehen nunmehr zu dem eigentlichen Gegenstande unseres Buches über.

\*) Wir müssen uns hier weitläufigere Erklärungen versagen, verweisen aber auf das Kapitel XI, 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. Pfandl.



## I. Stromerzeuger

Als Stromquellen zur Erzeugung der elektrischen Energie stehen uns verschiedene Einrichtungen zur Verfügung. Wir haben galvanische oder Primär-Elemente, Akkumulatoren oder Sekundär-Elemente, Magnet-Induktoren, Thermosäulen und Dynamomaschinen. Die letzteren wird man natürlich für den Betrieb von elektrischen Uhren niemals besonders aufstellen, sondern es kann sich hier nur darum handeln, elektrischen Strom aus vorhandenen Starkstromleitungsnetzen zum Betriebe von Uhren zu entnehmen, d.h. die Zeitmesser an das Leitungsnetz eines Elektrizitätswerkes anzuschließen.

### Galvanische Elemente

Die Herstellung der galvanischen Elemente ist seit Jahren derart vervollkommen worden, daß uns heute eine große Zahl verschiedener Arten zur Verfügung steht. Wir haben nasse und sogenannte trockene Elemente, welche letztere in Wahrheit aber ebenfalls Feuchtigkeit enthalten, die jedoch durch irgendwelche poröse Stoffe aufgenommen ist und infolgedessen aus den Elementen nicht leicht ausfließen kann. Solche Trockenelemente können also leicht transportiert werden. Während sie aber nach einer gewissen Zeit der Wirksamkeit verbraucht und wertlos sind, kann man die nassen Elemente durch neue Füllung und Ergänzung der Elektroden wieder gebrauchsfähig machen. Viele nasse und alle Trockenelemente können jedoch nur geringe Stromstärken abgeben, die etwa 0,1 bis 0,25 Ampère betragen. Die meisten von ihnen kann man auch nur für kurz andauernde, unterbrochene Ströme gebrauchen (Arbeitsstrom), und nur einige auch für dauernden Stromschluß (Ruhestrom).

Für höhere Stromstärken von etwa 0,5 Ampère und darüber sind nur die Alkali-Elemente oder die Akkumula-

toren zu empfehlen, die man mit Hilfe von Starkstrom oder von Thermo säulen laden kann.

Die Blei-Akkumulatoren eignen sich jedoch für den Betrieb von Uhren nur in größeren Anlagen. Ein Akkumulator ist nur dann dauernd gebrauchsfähig, wenn er ständig entladen und geladen wird. Es empfiehlt sich nicht, Akkumulatoren nur mit geringen Stromstärken zu beanspruchen. Sie geben zwar anfangs wochen- oder monatelang die gewünschte geringe Stromstärke ab; die Platten sulfatieren jedoch hierbei sehr leicht und sind nachher auch durch längeres Laden, selbst bei geringen Stromstärken, nicht mehr völlig in ihren Anfangszustand zurück zu versetzen. Ist kein Anschluß an ein Elektrizitätswerk zum Laden vorhanden, so muß man außerdem noch nach verbrauchtem Strome die Batterien auswechseln und nach einer Ladestelle schaffen. Das Laden von Akkumulatoren mit galvanischen Elementen ist nur mittels der Alkali-Elemente möglich, weil diese wie der Akkumulator größere Stromstärken abgeben können. Es ist also in solchen Fällen unter Umständen besser, die Alkali-Elemente direkt zu verwenden, falls man nicht mit Thermo säulen laden will.

### Dauer-Elemente

Galvanische Elemente, denen man dauernd ohne Unterbrechung Strom entnehmen kann, der nicht höher wie etwa 0,1 bis 0,15 Ampère ist, haben wir nur in den Meidinger-Elementen (Abb. 2) und deren Abarten, z. B. in jenen von Callaud, Kohliurst, Lockwood (Abb. 3), Krüger (Abb. 4), wie sie bei den verschiedenen Telegraphenverwaltungen für Ruhe- und Arbeitsstrom im Gebrauch sind. Alle diese Elemente enthalten einen Zinkring, der sich im oberen Teile des Elektrolyten befindet, während auf dem Boden des Gefäßes eine Platte oder ein Ring aus Kupfer, Blei oder auch Kohle sich befindet. Als Elektrolyt dient eine Kochsalz- oder Bittersalzlösung und zur Depolarisation Kupfersulfat (blaues Kupfervitriol).

Beim Stromschlusse löst sich die Zink-Elektrode auf zu Zinksulfat, und aus dem Kupfervitriol scheidet sich metallisches Kupfer aus, welches die Kathode stets blank und arbeitsfähig erhält. Ist das Kupfervitriol verbraucht, so scheidet sich Wasserstoff am Kupferpole aus und bildet dort eine Isolierschicht, die das Element unwirksam macht. Diese Elemente bedürfen also einer ständigen Wartung und sind nur in Händen von Fachleuten dauernd brauchbar. Das erforderliche Kupfervitriol wirft man entweder in haselnußgroßen Stücken auf den Boden des Gefäßes oder in einen Glas-trichter, dessen untere, enge Öffnung einige Zentimeter über dem Boden des Gefäßes liegt.

In der Eisenbahn-Telegraphie sind auch sogenannte Ballon-Elemente (Abb. 5) im Gebrauch, bei denen man das Kupfervitriol in eine trichterförmige Sturzflasche gibt, welche mit Wasser

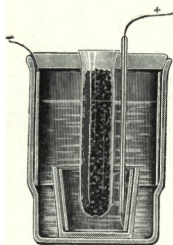


Abb. 2  
Meidinger-Element mit Trichter

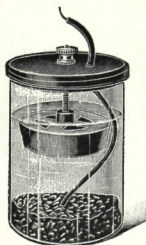


Abb. 3  
Amerikanisches Gravity-  
Element von Lockwood

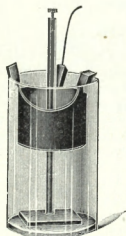


Abb. 4  
Reichstelegraphen-Element  
von Krüger

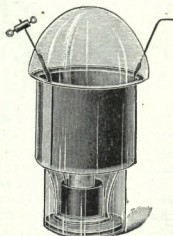


Abb. 5  
Meidinger-Element  
mit Ballon



gefüllt und durch einen Korkpfropfen mit engem Glasröhrchen verschlossen wird. Der Glasballon mit dem Kupfersalze wird mit der Öffnung nach unten in das Elementgefaß gesteckt und bildet gleichzeitig den Deckel für die Zelle.

Bei dauerndem Stromschluß halten Ballon-Elemente etwa sechs Monate aus. Nach dieser Zeit ist der Zinkring sehr oft unbrauchbar geworden und auch eine neue Elektrolytlösung erforderlich. Das niedergeschlagene Kupfermetall ist chemisch rein und kann für andere Zwecke verkauft werden, es darf jedoch für diesen Fall kein Amalgamieren der Zinkringe stattfinden. Andererseits ist das Amalgamieren der Zink-Elektrode bei nassen Elementen sehr zu empfehlen, da es die Oberfläche metallisch rein erhält und eine gleichmäßigere Abnützung herbeiführt. Das Verquicken oder Amalgamieren der Zink-Elektroden ist für den Uhrmacher jedoch wenig empfehlenswert. Das gut gereinigte Zink wird zunächst in eine Quecksilbersalzlösung getaucht (die äußerst giftig ist) und dann mit metallischem Quecksilber eingerieben.\*)

Es mag hier gleich noch bemerkt werden, daß man kleine Elemente nicht für hohe Stromstärken brauchen kann, sondern daß man gegebenenfalls Elemente mit großen Elektrodenoberflächen benützen muß. Man kann also nicht die so beliebten kleinen Taschenbatterien etwa für den Betrieb von Haustelegraphen oder elektrischen Uhren gebrauchen. Je größer ein Element ist, um so größer sind auch die Elektrodenoberflächen und desto länger wird es selbst bei stärkerer Benützung ausdauern. Dies gilt für alle galvanischen Elemente und Akkumulatoren ohne Ausnahme.

### Nasse Zink-Kohle-Elemente

Unter den heute viel gebrauchten Zink-Kohle-Elementen steht das *Leclanché-Element* obenan. Die ursprüngliche Form ist in Abb. 6 dargestellt. In einem Tonzylinder steht eine Kohle, welche von Braunstein- und Koks körnern umgeben ist. Durch ein Trennstück vom Tonzylinder isoliert, ist ein Zinkstab mit Gummibändern befestigt. Später hat man den Tonzylinder fortgelassen (Abb. 7) und einen Kohlenzylinder aus Braunstein und Koks gepreßt und gebrannt.

Eine abgeänderte Form zeigt auch Abb. 8. Es ist das sogenannte *Standkohlen-Element von Fleischer*.

Es ist nicht nötig, den Braunstein in einen Zylinder zu bringen; es genügt, wenn man ihn, wie in dem *Braunstein-Element* Abb. 9, auf den Boden eines Glases schüttet, eine Kohlenplatte hineinstellt und eine kürzere Zinkplatte am Deckel aufhängt.

---

\*) Wer sich hierüber genauer unterrichten will, findet ausführliche Angaben in dem Buche „Galvanische Elemente der Neuzeit“ von Johannes Zacharias (Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S.).

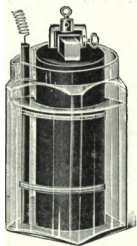


Abb. 6  
Leclanché-Element  
mit Tonzelle

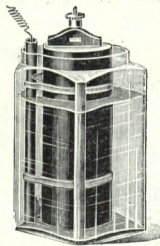


Abb. 7  
Leclanché-Element mit Braunstein-  
Zylinder

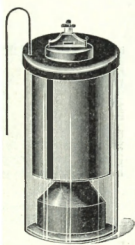


Abb. 8  
Standkohlen-Element  
von Fleischler

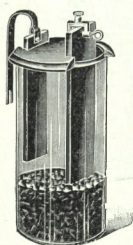


Abb. 9  
Braunstein-Element

Eine neuere Form ist in Abb. 10 dargestellt. Ein runder Kohlenstift ist mit einer Mischung von zwei Teilen Braunsteinpulver und einem Teile Graphit umpreßt und in gewebten Stoff eingehüllt.

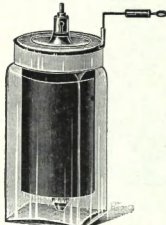


Abb. 10  
Beutel-Element

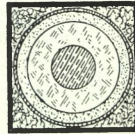
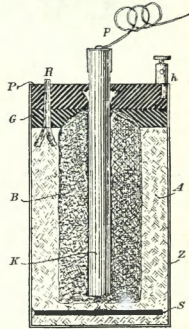


Abb. 12  
Längs- und Querschnitt  
eines Trockenelementes

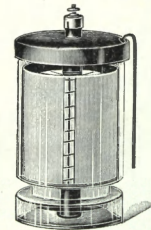


Abb. 11  
Beutel-Element (sog. Universal-  
Element)

Der Zinkring hängt am oberen Rande, während die Kohle am Boden und im Deckel einen Halt hat. Es ist das sogenannte Beutel Element. Abb. 11 zeigt eine andere, häufig angewendete Form des Beutel-Elementes.

Alle diese Elemente sind entweder mit konzentrierter Salmiaklösung oder irgend einem geeigneten sogenannten Errege-Salze gefüllt. Sie erfordern wenig Wartung, müssen jedoch alljährlich gereinigt und nachgefüllt werden. Die Zink-Elektroden sind dabei abzukratzen oder zu erneuern, und die Kohlen werden, wenn nötig, in heißem Wasser ausgewässert und abgekratzt.

### Trockenelemente

Abb. 12 zeigt den Längs- und den Querschnitt eines Trockenelementes, das einen runden Zinkbecher hat und in einer viereckigen Papphülse steht. Der Kohlenstift *K* ist mit dem vorher schon erwähnten Braunsteingemisch *B* umpreßt und trägt oben eine Kappe *P* mit Drahtklemme. Der Raum zwischen dem Zinkbecher *Z* und der umpreßten Kohle ist mit feuchter poröser Masse ausgefüllt, wozu Sägespäne, Gips u. dgl. sich eignen. Zur besseren Isolierung ist am Boden die paraffinierte Pappscheibe *S* angebracht und oben ein doppelter Pechverguß *G* vorhanden. Zur Ableitung der Gase dient das Röhrchen *R*. Der Zinkzylinder *Z* hat oben am Rande eine Polklemme *k*. Fürs übrige verweisen wir auf die nachfolgende Elementen-Tabelle.

Zur Herstellung von Trockenelementen gehört eine sehr weitgehende, langjährige Erfahrung. Sie werden vielfach auch zum Betriebe elektrischer Uhren verwendet und leisten dabei ganz ausgezeichnete Dienste. Da der innere Widerstand solcher Elemente und ihr Verhalten in der Strombildung sehr verschieden sind und die Beanspruchung beim Betriebe elektrischer Uhren für jede Konstruktion andere Spannung und Stromstärke erfordert, so kann man ohne praktische Dauerversuche die Brauchbarkeit solcher Elemente für bestimmte Fabrikate kaum im voraus ermessen.

### Starkstrom-Elemente

Wir haben zwar eine größere Anzahl von Elementen für stärkere Entladungen von über 0,5 Ampère, sie sind jedoch für dauernden Gebrauch vielfach nicht geeignet. Die früher viel verwendeten Elemente von Grove und Bunsen sowie das Chromsäure-Tauchelement geben zwar starke Ströme bei 1,8 bis 2 Volt Klemmenspannung, doch lassen sie nach wenigen Stunden in ihrer Wirksamkeit bedeutend nach und werden heute höchstens noch in physikalischen Laboratorien verwendet. Für den praktischen Gebrauch eignen sich nur die Alkali-Elemente mit Elektroden aus Zink und Kupferoxyd, wie sie zuerst von Lalonde und später von Edison ausgeführt wurden. Neuerdings sind diese Elemente als *Cupron-Element* und als *Wedekind-Element* in Verwendung.

Im Cupron-Element ist das Kupferoxyd auf ein Kupferdrahtnetz aufgepreßt, während Wedekind eiserne Kästen in Form der

Akkumulatorenzellen verwendet, auf deren inneren Flächen das Kupferoxyd durch elektrochemische Prozesse befestigt ist. Nach Entladen des Elementes ist das Kupferoxyd zu metallischem, rotem

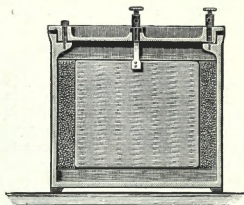


Abb. 13  
Wedekind-Element

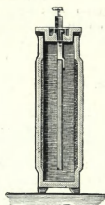


Abb. 14

Kupfer reduziert worden und wird durch Erwärmen in einem nicht zu heißen Ofen in einigen Stunden wieder in braunes Kupferoxyd übergeführt.

Ein großer Übelstand bei diesen Alkali-Elementen war früher das Ausscheiden von kohlensaurem Kali oder Natron aus dem Elektro-

lyten, der aus einer gesättigten Lösung von Ätzkali oder Ätznatron besteht. Bei Anwendung eines luftdichten Verschlusses, wie beim Wedekind-Element, werden diese störenden Ausscheidungen vermieden und dadurch eine dauernde Gebrauchsfähigkeit erreicht.

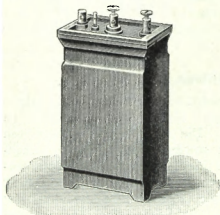


Abb. 15  
Wedekind-Element

Die Abb. 13 und 14 zeigen das Wedekind-Element in zwei senkrechten Schnitten; eine äußere Ansicht dieses Alkali-Elementes gibt die Abb. 15. Die kleinste Type dieser Elemente, die sich besonders für den Betrieb elektrischer Uhren eignen dürfte, wiegt 2,1 kg (betriebs-

fertig). Das Element enthält 0,08 kg Ätznatron und liefert je nach der Stromstärke beim Entladen 30 bis 35 Amperestunden. Es mißt im Boden 120 × 37 mm und ist mit den Klemmen 190 mm hoch.



# Wedekind - Elemente

Type		O ab	I a	I ab	2 ab	4 ab
Spannung, offen .....	Volt	I,1	I,1	I,1	I,1	I,1
Mittlere Spannung .....	"	0,55 bis 0,7	0,55 bis 0,7	0,55 bis 0,7	0,55 bis 0,7	0,55 bis 0,7
Stromentnahme, normal ....	Ampère	0,3	1,0	2,5	5	20
" " maximal ..	"	0,8	3	4	15	60
Ampèrestd., Kapazität normal	—	35	100	120	250	900
Chem. innerer Widerstand ...	—	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
Wasser .....	Liter	0,285	0,9	1,1	2,6	10,5
Atmosphäre zu einer Füllung ..	kg	0,08	0,250	0,300	0,600	3,0
Wirksame Kupferoxydflächen	Anzahl	2	2	2	2	4
dm <sup>2</sup> r.l. ....	dm <sup>2</sup> r.l.	2,1	2,2	4,8	9,45	45,1
Länge der Zellen .....	mm	120	100	205	245	290
Breite " .....	"	37	85	55	65	120
Höhe " " (ohne Klemmen)	"	160	195	195	300	500
Gewicht mit Füllung .....	kg rd.	2,1	4,1	5,4	11	47 bis 50

Die ersten vier Typen haben eine Zinkplatte. Type 4 ab hat zwei Zinkplatten mit dazwischenliegender Kupferoxyd-Platte.

**Tabelle der gebräuchlichsten**

Name des Elementes	Elektroden und Elektrolyt	
	Nasse Elemente	
	Zink in	
Daniell	Schwefelsäure, Zinksulfat 1: 7 bis 1: 22	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Meidinger	Koch- od. Bittersalz-Lösung	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Callaud	„ „	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Kohlfürst	„ „	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Crawfoot	„ „	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Lockwood	„ „	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Krüger	„ „	Kupfer in gesättigter Kupfersulfat-Lösung
Leclanché- Barbier	Salmiaklösung, gesättigt	Kohle u. Braunstein in Salmiaklösung
Gnom	„ „ „	Kohlenstift, umpreßt mit Braunstein u. Graphit
Fleischer	„ „ „	Standkohlen-Zylinder m. Braunstein
Hydra	Salmiak- oder Zinksulfat- Lösung	Kohlenstift, umpreßt mit Braunstein u. Graphit
Beutel-Elem. u. ähnliche	Salmiak, Errege-Salz, Calci- dum u. ähnliche	Kohle u. Braunstein, ge- preßt oder in Körnern
Tauchelement	Schwefelsäure und doppelt- chromsaures Kali	Kohlenplatte im gleichen Elektrolyten wied. Anode
Lalande- Edison	Ätzkali- oder Ätznatron- lösung, gesättigt	Kohle mit Braunstein u. Kupferoxyd
Cupron	Ätzkali- oder Ätznatron- lösung, gesättigt	Kupferoxyd auf Kupfer- drahtnetz
Wedekind	Ätznatronlösung 25 bis 27° Bé.	Eiserne Zelle mit Kupfer- oxyd-Niederschlag
	Trockenelemente	
Galvanophor	Chlorzink-Lösung 30° Bé.	Kohlenstift, umpreßt mit Braunstein u. Graphit
Hellesen	Salmiaklösung	Kohlenstift, umpreßt mit Braunstein u. Graphit
Hydra	Chlorzink- und Chlor- magnesium-Lösung	Kohlenstift, umpreßt mit Braunstein u. Graphit
Ferabin	—	Kohlenstift, umpreßt mit Braunstein u. Graphit

## galvanischen Elemente

Innerer Widerstand, Ohm	Spannung offen, Volt	Bemerkungen
1,0	0,98 bis 1,08	Zink im Tonzylinder; für schwache Ströme; kaum mehr im Gebrauch
5 bis 6 neu	1,18	Für Ruhe- und Arbeitsstrom in Telegraphenanlagen
6 bis 10 alt	0,98 bis 1,02	Im Gebrauch bei der österreich. und französ. Telegraphenverwaltung
„	„	Im Gebrauch bei der böhmischen Eisenbahnverwaltung
1,5 bis 2,0	1,18	Im Gebrauch bei den nordamerikanischen Telegraphengesellschaften
„	1,10	Im Gebrauch bei den nordamerikanischen Telegraphengesellschaften
3,0 bis 3,5	0,99 bis 1,0	Im Gebrauch bei der deutschen Reichstelegraphenverwaltung
—	1,4	Im Gebrauch bei Haustelegraphen- und Telephonanlagen
0,15	1,5	Im Gebrauch bei Haustelegraphen- und Telephonanlagen
0,4	1,4	Im Gebrauch bei Haustelegraphen- und Telephonanlagen
0,04 bis 0,08	1,5	Im Gebrauch bei Haustelegraphen- und Telephonanlagen
—	1,4	Im Gebrauch bei Haustelegraphen- und Telephonanlagen
—	2,0	Im Gebrauch für Laboratorien- und medizinische Zwecke
—	0,7 bis 0,9	Im Gebrauch für starke Ströme, je nach der Elektrodenoberfläche 1 bis 100 Amp.
0,0075 bis 0,06	0,8	Im Gebrauch für starke Ströme, je nach der Elektrodenoberfläche 1 bis 12 Amp.
—	1,1 bis 0,8	Im Gebrauch für starke Ströme, je nach der Elektrodenoberfläche 1 bis 40 Amp.
0,15 bis 0,4	1,5 bis 1,6	Im Gebrauch für alle Zwecke bei unterbrochenen, kurzen Strömen
—	1,5 bis 1,6	Im Gebrauch für alle Zwecke bei unterbrochenen, kurzen Strömen
0,08 bis 0,3	1,5 bis 1,6	Im Gebrauch für alle Zwecke bei unterbrochenen, kurzen Strömen
—	1,9 bis 2,0	Im Gebrauch für alle Zwecke bei unterbrochenen, kurzen Strömen

Anmerkung zur vorstehenden Tabelle der gebräuchlichsten galvanischen Elemente: Es sind nasse und Trockenelemente in großer Zahl und unter verschiedenen Namen auf dem Markte, deren Zusammensetzung und Verhalten den oben aufgeführten ähnlich sind; die zahlreichen sonstigen Fabrikate wurden daher hier nicht aufgeführt. In den Trockenelementen ist der Raum zwischen den Elektroden mit Sägespänen, Gips, Mehl, Traganth, Infusorienerde, Seidenpapier, Löschpapier u. dgl. ausgefüllt und mit dem Elektrolyten getränkt. Die älteren Elemente von Grove, Bunsen, Marié Davy, das Siemens-Papp-Element, Chlorsilber-Element u. a. sind heute nicht mehr im praktischen Gebrauche.

### Akkumulatoren

Handelt es sich darum, für den Betrieb elektrischer Apparate oder für Beleuchtungszwecke möglichst gleichmäßig wirkende und leicht zu handhabende Batterien zu erhalten, dann verwendet man allgemein die Blei-Akkumulatoren. Es sind dies Gefäße aus Glas, Hartgummi, Zelluloid oder verleimtem Holz, in denen isoliert nebeneinander angebracht besonders präparierte Bleiplatten enthalten sind, während die Zwischenräume durch sehr reine zehnpromzentige Schwefelsäure derart angefüllt sind, daß die Oberkante der Platten (Elektroden) noch einen Zentimeter von der Säure (Elektrolyt) überdeckt ist. Die braunen positiven Bleiplatten enthalten auf einem Bleigerüste Bleisuperoxyd, die hellgrauen negativen Platten schwammiges Blei, das wahrscheinlich eine Verbindung mit Wasserstoff darstellt. Leitet man in solche Apparate elektrischen Strom, der für jede Zelle, ob klein oder groß, 2,5 Volt Spannung hat, und reguliert man die Stromstärke derart, daß für jeden Quadratdezimeter positive (braune) Plattenoberfläche 0,25 bis 1 Ampère kommt, so werden die Bleiplatten in einigen Stunden verändert. Die zuvor nach der Entladung rotbraun gewesenen positiven Platten werden dunkelbraun, und die dunkelgrauen (negativen) Bleischwamm-Platten werden metallisch hellgrau. Während dieser Zeit ist der Säuregehalt von etwa 19<sup>0</sup> Baumé auf 25 bis 30<sup>0</sup> Baumé gestiegen, und die Klemmenspannung der Akkumulatorenzellen, die zuvor nach der Entladung etwa 1,75 bis 1,8 Volt war, beträgt nun etwas über 2 Volt. Man sagt, der Akkumulator sei jetzt „geladen“, d. h., durch die zuvor geleistete elektrische Arbeit (den eingeleiteten Strom) sind die Platten derartig verändert worden, daß der Akkumulator, wenn man ihn in einen Stromkreis einschaltet, einen großen Teil der elektrischen Energie (bis zu 75%) wieder abgibt.

Man spricht im gewöhnlichen Leben davon, daß in dem Akkumulator Elektrizität „aufgespeichert“ wäre. Diese Ausdrucksweise ist in Wirklichkeit nicht richtig. Wir haben nicht Elektrizität auf-

gespeichert, sondern im Gegenteil, wir haben zunächst beim Laden Energie verbraucht. Aber die Oxydation der positiven Platten und die Reduktion der negativen Platten geben die Möglichkeit, unter den oben angegebenen Bedingungen elektrischen Strom in Verbindung mit der Säure zu bilden, und zwar in ganz ähnlicher Weise, wie dies bei den galvanischen (Primär-)Elementen der Fall ist. Die von einem geladenen Akkumulator abgegebene Elektrizitätsmenge oder die gesamte nutzbare „Kapazität“ hängt hauptsächlich ab von den Abmessungen bzw. dem Gewichte der Elektroden (Platten) und der Menge des Elektrolyten (verdünnte Schwefelsäure). Da man praktisch weder Ladung noch Entladung bis an die äußersten Grenzen treiben darf, so ist die nutzbare Kapazität (oder auch die Kapazität schlechweg) stets geringer, als die gesamte Kapazität, die man in Amperestunden oder in Wattstunden ausdrückt.

Da man die Akkumulatoren in beliebiger Größe herstellen kann, so eignen sie sich für viele Zwecke auch als transportable Batterien. Näheres über die Behandlung und Benützung der Akkumulatoren ist im Abschnitte VIII angegeben.

### Thermosäulen

Die Umsetzung der Wärme in Elektrizität durch sogenannte Thermosäulen ist zwar schon lange bekannt, doch machte man bisher davon wenig Gebrauch, weil die Thermosäulen sich im Laufe der Zeit durch den Gebrauch stark verändern und auch keine hohe Spannung liefern. Die einzig praktisch brauchbare Thermosäule war bisher diejenige von G ü l c h e r. Neuerdings bringt die Firma Alfred Schöller in Frankfurt a. M. eine von A. Heil verbesserte Konstruktion auf den Markt, bei der die Glieder aus Antimon und Nickel zusammengesetzt sind, deren Verlötung derartig behandelt ist, daß keine schädlichen Übergangswiderstände an den Lötstellen entstehen und Veränderungen der molekularen Beschaffenheit der Metalle und die daraus etwa sich ergebende geringere Stromleistung vermieden werden.

Für wirtschaftlich vorteilhafte Umsetzung der Wärme in Elektrizität sind ferner Anordnung und Verbindung der zu Thermo-Elementen vereinigten Körper mit der Wärmequelle von Wichtigkeit. Die zweckmäßige Beheizungsart hat großen Einfluß auf den Wirkungsgrad der Thermo-Elemente. Ein mit Innenrippen versehener, senkrecht stehender runder Heizkörper aus nicht oxydierender Metallmischung trägt die einzelnen Thermo-Elemente, welche unter sich und vom Heizkörper durch Glimmer isoliert sind, der bei 350 bis 400° C kein merkliches Leitvermögen für Wärme hat. Die Erwärmung des Heizkörpers erfolgt durch beliebige Brennstoffe,



z. B. durch Leuchtgas, Spiritus, Petroleum oder auch durch Kohle. Die Betriebswärme soll 300 bis 380° C betragen.

Die Apparate werden unter dem Namen *Dynaphore* vertrieben. Die Nutzleistung beträgt für Gasbetrieb bei den verschiedenen Größen bis zu 20 Watt. Sie eignen sich besonders auch zum Laden von Akkumulatoren. Bei Gasbetrieb ist ein Druckregler in den Gasschlauch einzuschalten, damit Überhitzung bei zu starkem Gasdruck vermieden wird. Nähere Angaben enthält die nachstehende Tabelle. Der Wirkungsgrad der Thermosäulen ist vorläufig noch sehr gering.

### Dynaphore

Quantität Leistung Watt	Schaltung der Elemente		Spannung offen Volt	Ungefähre Größe in cm für						Stündlicher Verbrauch		
	Volt	Amp.		Gas		Spiritus		Petroleum		Gas Liter	Spiritus Liter	Pe- troleum Liter
				Durch- messer	Höhe	Durch- messer	Höhe	Durch- messer	Höhe			
1	1	1	2	19	24	19	26	—	—	60	0,09	—
3	3	1	6	21	38	21	38	—	—	90	0,14	—
3	1,5	2	3	21	38	21	38	—	—	90	0,14	—
6	6	1	12	23	48	23	45	—	—	160	0,24	—
6	3	2	6	23	48	23	45	—	—	160	0,24	—
12	6	2	12	28	55	28	51	28	59	330	0,46	0,25
12	3	4	6	28	55	28	51	28	59	330	0,46	0,25
12	2	6	4	28	55	28	51	28	59	330	0,46	0,25
20	10	2	20	34	63	—	—	34	70	580	—	0,45
20	5	4	10	34	63	—	—	34	70	580	—	0,45
20	2,5	8	5	34	63	—	—	34	70	580	—	0,45

## II. Leitungsmaterial

Für die Zuführung des elektrischen Stromes aus den Stromerzeugern nach den stromverbrauchenden Apparaten, also den elektrischen Uhren, Glocken, Sicherheitsapparaten usw., bedarf man isolierter Kupferleitungen, die sorgfältig und sachgemäß angebracht sein müssen, damit der elektrische Strom auch in der gewünschten Weise zur Wirkung kommt. Jedes Versehen, jede Nachlässigkeit geben möglicherweise Veranlassung zu Störungen, d. h. zu Ableitungen oder Unterbrechungen des Stromes. Man ist daher genötigt, sowohl gutes Material, als auch sorgfältige Arbeit aufzuwenden, um Störungen nach Möglichkeit auszuschließen.

Wir brauchen jedoch nicht allein dazu Leitungsmaterial, um die Apparate und ihre Teile untereinander elektrisch zu verbinden, sondern es sind auch Drähte erforderlich, um die Spulen der Elektromagnete damit zu bewickeln.

Je nach dem Verwendungszwecke muß auch das Isoliermaterial für Kupferleitungen beschaffen sein. Wir wollen im nachstehenden die verschiedenen Materialien und deren Verwendung kennen lernen.

### Kupferdrähte

#### Kupferdrähte für Magnetwicklungen

Die Fabriken pflegen bestimmte gangbare Kupferquerschnitte, wie sie in der nachstehenden Tabelle aufgeführt sind, auf Lager zu halten. Da die magnetische Kraft eines Elektromagneten von der Stromstärke und der Anzahl der Windungen abhängig ist und die Wirkung um so besser wird, je näher die Windungsdrähte sich am Eisenkerne befinden, so muß man danach trachten, eine möglichst dünne, aber sichere Isolierung der Drähte anzuwenden. Der Kupferquerschnitt richtet sich im übrigen lediglich nach der Stromstärke. Die Grenze für die Belastung des Drahtquerschnittes durch den elektrischen Strom liegt lediglich in der Erwärmung des Drahtes. Die Anordnung vieler Windungen aus dünnem Drahte ergibt aber einen bedeutenden elektrischen Widerstand, der die Stromstärke vermindert, die wiederum von der Spannung der Stromquelle abhängig ist. Die Isolierstoffe, welche man für diese Zwecke verwendet, sind Bespinnungen aus Seide, einfach oder doppelt, oder bei dem sogenannten Azetat- oder Emaildrahte ein Lacküberzug.

Die letztere Sorte wird jedoch nur für Drähte von 0,07 bis 0,17 mm Kupferdurchmesser hergestellt.

Je dünner die Isolierschicht solcher Kupferdrähte ist, um so mehr Windungen kann man auf eine Spule bestimmter Größe aufwickeln (und mit desto kleineren Drahtspulen gegenüber der starken Isolierung vermag man auszukommen). Besponnene Drähte für Elektromagnete sollten stets doppelt mit weißer Seide isoliert sein, damit sie sich beim Aufwickeln auf die Drahtspule nicht etwa so fest zusammendrücken, daß die Seiden-Isolierung beschädigt und infolgedessen einzelne Windungen oder ganze Lagen der Windungen durch Berührung an den blanken Stellen ausgeschaltet werden. Der Azetatdraht wird mit Zellulose-Tetra-Azetat in der Weise isoliert, daß der Lack durch besondere Maschinen in zahlreichen Schichten auf den Draht aufgetragen wird. Dieser Lack ist biegsam, zäh und elastisch und bildet eine feste Hülle, die nur etwa 0,02 mm dick ist. Die Isolierung nimmt keine Feuchtigkeit an, ist unempfindlich gegen hohe Temperaturen bis zu 150° C und wird erst bei etwa 1500 Volt durchschlagen. Dieser Emaildraht (Azetatdraht) ist also in allen Fällen, in denen die Raumfrage eine Rolle spielt, dem Seidendrahte ganz bedeutend überlegen, so daß er für Elektromagnete sich besonders empfiehlt. Die nachstehende Tabelle gibt einen Vergleich des Raumbedarfes der Windungen bei verschiedener Isolierung.

### Emaildraht

Durchmesser des Kupferdrahtes in mm	1 kg = m rund	Durchmesser des Kupferdrahtes in mm	1 kg = m rund
0,07	27000	0,75	250
0,08	20500	0,80	220
0,09	16500	0,85	190
0,10	13500	0,90	170
0,12	9500	0,95	150
0,15	6000	1,00	140
0,18	4275	1,05	125
0,20	3450	1,10	115
0,25	2225	1,20	95
0,30	1550	1,25	90
0,35	1125	1,30	80
0,40	865	1,40	75
0,45	680	1,45	65
0,50	585	1,50	60
0,55	455	1,60	56
0,60	385	1,70	48
0,65	325	1,80	43
0,70	285		

Drahtstärke	Raumfaktor in %		
	Azetatdraht	Einfach-Seidendraht	Doppelt-Seidendraht
0,07	48	32	17
0,08	50	35	20
0,10	54	40	25
0,12	57	44	29
0,15	61	49	34
0,18	64	53	38
0,20	65	55	41

### Durchschlagsspannung verschiedenartig isolierter Drähte

	Volt gegen Quecksilber	Volt gegen Wasser
Emaildraht .....	900	400
Seidendraht, einfach besponnen .....	250	0
Seidendraht, doppelt besponnen .....	450	0
Baumwolldraht, einfach besponnen .....	200	0
Baumwolldraht, doppelt besponnen .....	450	0

### Kupferdrähte für Innenleitungen

Kurze Leitungen in trockenen Gebäuden, besonders in Wohnräumen, kann man allenfalls aus dem bekannten Haustelegraphendrahte von 0,8 bis 1 mm Kupferstärke, doppelt mit Baumwolle besponnen und gewachst, herstellen. In vielen Fällen empfiehlt es sich, die Drähte nicht einzeln, sondern zu zweien und mehreren zu einem biegsamen Kabel vereinigt anzulegen. Handelt es sich um Sicherungsanlagen oder um Leitungen, die leicht verletzt werden können, so wird man je nach Umständen mit Messing überzogene Isolierrohre oder auch Stahlrohre an den Wänden befestigen und gut mit Gummi isolierte Drähte in die Rohre einziehen. Die Rohre werden in Weiten von etwa 8 bis 50 mm innerem Durchmesser geliefert. Bei geringer Spannung und bester Isolierung der einzelnen Drähte kann man wohl auch ein biegsames Doppelkabel oder eine gut isolierte Drahtlitze in ein gemeinsames Rohr einziehen. Die Rohrweite richtet sich natürlich nach der Stärke der einzuziehenden Drähte. Man darf nicht zu geringen Durchmesser des Rohres wählen, da es sonst schwierig oder unmöglich ist, die Drähte an Biegungen der Rohre hindurchzuziehen. Das Einziehen geschieht durch ein sehr biegsames Stahlband, das in bedeutenden Längen zu haben ist.

Die Fabriken, die sich mit der Herstellung von Leitungs- und Isoliermaterial beschäftigen, geben bereitwilligst Auskunft, welche Materialien sich für die verschiedenen Zwecke am besten eignen, und liefern ihren Abnehmern auch Tabellen mit allen erwünschten Angaben.

Bei Anlagen mit höheren Spannungen, wie sie für Licht- und Kraftbetrieb gebraucht werden, gelten sehr strenge Vorschriften der Elektrizitätswerke bzw. der elektrotechnischen Vereinigungen, die genau zu befolgen sind, da andernfalls, wenn nämlich die Leitungsnetze nicht richtig angelegt sind, deren Benutzung verhindert wird. Es würde zu weit führen, diese Bestimmungen hier aufzuführen; sie sind übrigens auch nicht an allen Orten gleich.

Es empfiehlt sich nicht, die Leitungen in den Wandputz oder unter die Tapete zu legen, sondern es ist auf alle Fälle besser, sie wenn irgend möglich überall sichtbar anzubringen, um Änderungen oder Reparaturen stets leicht ausführen zu können. Verdeckte fehlerhafte Leitungen muß man bei schwierigen Störungen unter Umständen neu legen und dann über dem Wandputze anbringen.

## Freileitungen

Handelt es sich darum, einzelne Gebäude oder Grundstücke miteinander zu verbinden, so wendet man in vielen Fällen die verhältnismäßig billigen Freileitungen an. Für größere Leitungsnetze in großen Orten ist man zuweilen auch genötigt, anstelle der Freileitungen unterirdische Kabel zu nehmen, auf die wir hier jedoch nicht weiter eingehen wollen.

Als Material für Freileitungen verwendet man bei kurzen Strecken am besten Bronzedraht von 1 bis 1½ mm Stärke, der auf den bekannten Porzellan-Isolatoren, wie sie für Telegraphen- und Telefonanlagen gebraucht werden, sorgfältig isoliert befestigt wird.\*)

Wo Leitungen auf kurze Strecken an Häusern entlang zu führen sind, verwendet man wohl auch schwache Bleikabel, die jedoch an den Enden sorgfältig zu isolieren und zu schützen sind.

## Isolierungen für Freileitungen

Freie Strecken an Wegen und Straßen werden auf hölzernen Masten von 7 bis 10 m Länge hergestellt, in denen man die Isolatoren mit Schraubenstützen befestigt. Der Abstand der Unterstützungen beträgt auf geraden Strecken 70 bis 75 m, in Krümmungen 35 bis

\*) Weitgehende Anweisungen über die Einrichtung und Herstellung elektrischer Leitungen bieten die beiden vom Verfasser des vorliegenden Buches herausgegebenen Werke: „Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis“ und „Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen“ (Verlag von A. Hartleben, Wien).



40 m. Gegen den Winddruck müssen die Pfosten hin und wider verankert oder verstrebt werden; in Krümmungen ist jede Stange zu verstreben oder zu verankern. Die Pfosten müssen gegen Fäulnis imprägniert sein.

In Städten kann man die Freileitungen wohl auch an den Frontmauern der Häuser auf eisernen Konsolen befestigen. Es ist hierbei jedoch notwendig, die Leitungen so anzulegen, daß sie von etwa nach außen aufschlagenden Fenstern nicht berührt oder durch Personen nicht mutwillig beschädigt werden können.

Besonders sorgfältig ist die Einführung der Leitungen in die Häuser anzulegen. Die Durchführungen durch Wände dürfen nur mit gut isolierenden Hartgummirohren bewirkt werden, die außen in einen Trichter endigen, der aus gleichem Materiale oder aus Porzellan bestehen kann. Möglichst nahe der Einführung einer Leitung ist ein Porzellan-Isolator anzubringen, von dem ein schwaches Bleikabel oder ein sonst gut isolierter Draht in das Rohr geführt ist. Schwache, gut hergestellte Bleikabel kann man wohl auch ohne Isolierungen durch eine Wand führen.

Der Isolator der Reichs-Telegraphenverwaltung aus Hartfeuerporzellan ist im Querschnitte in Abb. 16 dargestellt. Die Befestigung auf krummer oder gerader Stütze zeigen Abb. 17 und 18. Zur Einführung der Freileitungen in Gebäude benutzt man entweder die Einführungs-Isolatoren Abb. 19 und 20 oder verschieden gestaltete und verschieden lange Rohre aus Porzellan oder Hartgummi, wie sie in den Abb. 21 bis 25 dargestellt und ohne weiteres verständlich sind.

### Befestigungsmaterial für Leitungen

Blanke Freileitungen befestigt man mit 1 mm starkem Bindedraht, der aus gleichem Material wie die Leitung bestehen muß, so an den Isolatoren, daß sie sich weder verschieben noch bewegen können. Sind solche Drahtbunde nicht sorgfältig und sicher angelegt, so scheuern sich die Drähte mit der Zeit durch und reißen.

Die Befestigung der Innenleitungen ist je nach dem Leitungsmaterial verschieden. Die sogenannten Haustelegraphen-Drähte nagelt man mit verzinnnten Hakenstiften oder Krampen (Abb. 26 bis 28) an die Wand. Schwache Bleikabel werden mit verzinnnten eisernen Krampen (Abb. 27 und 28) befestigt. Zur Befestigung von Isolierrohren benutzt man am besten messingne oder eiserne verzinnnte Bügel, welche an kleinen stählernen Dübeln verschraubt werden, die man in die Wand eintreibt (Abb. 29).

Unter Umständen wird man gut isolierte Litzendrähte auch auf Glas- oder Porzellanrollen festbinden. Die Fabrikanten von Isoliermaterialien machen stets Vorschläge für das geeigneteste Material und geben auch Anweisungen für dessen Anwendung und Befestigung.

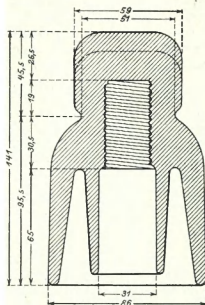


Abb. 16  
Isolator der Reichs-Telegraphenverwaltung

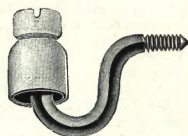


Abb. 17



Abb. 18

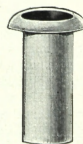
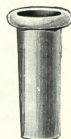


Abb. 21

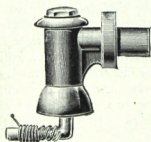


Abb. 19

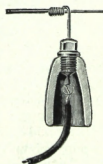


Abb. 20

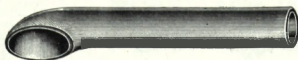


Abb. 22



Abb. 23



Abb. 26



Abb. 27



Abb. 28

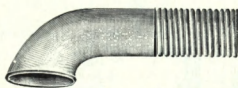


Abb. 24

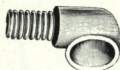


Abb. 25

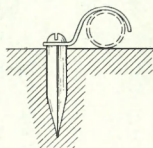


Abb. 29

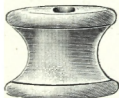


Abb. 30



Abb. 31



Abb. 32

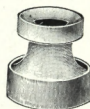


Abb. 33



Abb. 34

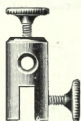


Abb. 35



Abb. 36



Abb. 37

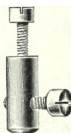


Abb. 38

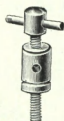


Abb. 39



Abb. 40

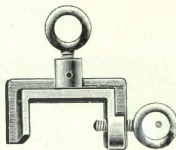


Abb. 41

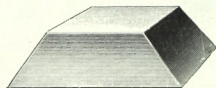


Abb. 42



Abb. 43



Abb. 44

Man hat sehr verschiedene Körper aus Porzellan zur Befestigung isolierter Innenleitungen. Die gebräuchlichsten Porzellanrollen, die mit Holzschrauben auf die Unterlage befestigt werden, sind in den Abb. 30 bis 33 dargestellt.

Zur Befestigung der Drähte untereinander oder an Apparateilen dienen sehr verschieden gestaltete K l e m m e n , wie sie in den Abb. 34 bis 40 veranschaulicht sind. Zur Befestigung der Drähte auf den Kohlenelektroden der Elemente gebraucht man die Klemmen der Abb. 41. Wo es nicht möglich ist, Dübel oder Nägel in die Wand zu schlagen, stemmt man viereckige Löcher mit dem Meißel ein und befestigt in diesen kleine Holzdübel, Abb. 42 und 43, durch Gipsbrei. Zum Durchbohren der Wände benützt man einen Hohlmeißel, wie Abb. 44 einen zeigt.

### Gewicht und Widerstand von runden Kupferdrähten

bei 15° C, spezifischem Gewicht = 8,9 und 0,0166 Ohm für 1 m  
käufliches Kupfer von 1 qmm Querschnitt

Durchm. in mm	Meterzahl für 1 kg	Gewicht für 1 m in g	Widerstand für 1 m in Ohm	Länge für 1 Ohm in m
1,0	142,9	7,000	0,0212	47,14
1,1	118,6	8,458	0,0175	57,16
1,2	99,20	10,07	0,0147	68,03
1,3	84,53	11,810	0,0125	79,82
1,4	72,78	13,70	0,0108	92,57
1,5	63,49	15,73	0,00941	106,29
1,6	55,80	17,90	0,00827	120,90
1,7	49,43	20,20	0,00733	136,34
1,8	44,09	22,64	0,00653	153,02
1,9	39,57	25,23	0,00586	170,53
2,0	35,71	27,96	0,00529	188,9
2,1	32,39	30,83	0,00480	208,3
2,2	29,51	33,83	0,00437	228,6
2,3	26,93	36,98	0,00400	249,9
2,4	24,80	40,26	0,00368	272,1
2,5	22,86	43,62	0,00339	295,2



Durchm. in mm	Meterzahl für 1 kg	Gewicht für 1 m in g	Widerstand für 1 m in Ohm	Länge für 1 Ohm in m
2,6	21,18	47,25	0,00313	319,3
2,7	19,60	50,95	0,00290	344,4
2,8	18,22	54,80	0,00270	370,4
2,9	16,99	58,78	0,00252	397,3
3,0	15,87	62,9	0,00235	425,2
3,1	14,86	67,17	0,00220	454,0
3,2	13,95	71,57	0,00207	483,7
3,3	13,12	76,12	0,00194	514,5
3,4	12,36	80,80	0,00183	546,1
3,5	11,66	85,63	0,00173	578,7
3,6	11,02	90,59	0,00163	612,3
3,7	10,43	95,69	0,00155	646,6
3,8	9,89	100,9	0,00147	682,1
3,9	9,39	106,3	0,00139	718,8
4,0	8,93	111,8	0,00132	756,1
4,1	8,50	117,5	0,00126	794,0
4,2	8,10	123,3	0,00120	833,1
4,3	7,83	130,2	0,00114	873,4
4,4	7,73	135,3	0,00109	914,3
4,5	7,055	141,5	0,00105	956,4
4,6	6,75	148,1	0,00100	999,7
4,7	6,47	154,2	0,000958	1044,0
4,8	6,20	161,1	0,000919	1088,0
4,9	5,95	167,8	0,000882	1134,0
5,0	5,714	174,8	0,000847	1181
5,5	4,723	211,4	0,000699	1429
6,0	3,970	251,6	0,000588	1700
6,5	3,381	305,3	0,000501	1996
7,0	2,784	342,5	0,000432	2315
7,5	2,540	393,2	0,000376	2657
8,0	2,232	447,4	0,000331	3024
8,5	1,980	504,8	0,000292	3413
9,0	1,763	566,2	0,000261	3827
9,5	1,583	630,3	0,000234	4264
10	1,429	699,0	0,000212	4724

### Gewicht, Querschnitt und Widerstand von Kupferdrähten

Durch- messer mm	Querschnitt qmm	Länge von 1 kg in m	Gewicht von 1 m in g	Widerstand von 1 m in Ohm	Länge für 1 Ohm in m
0,10	0,00785	14280	0,0699	2,13631	0,492
0,12	0,01131	9525	0,105	1,48276	0,676
0,14	0,01539	7295	0,137	1,08967	0,918
0,16	0,02011	5320	0,188	0,83391	1,198
0,18	0,02545	4415	0,227	0,65893	1,517
0,20	0,03142	3535	0,280	0,53374	1,875
0,22	0,03801	2975	0,338	0,44120	2,267
0,24	0,04524	2495	0,401	0,37069	2,697
0,26	0,05309	2110	0,473	0,31588	3,166
0,28	0,06158	1825	0,548	0,27233	3,672
0,30	0,07069	1587	0,628	0,23723	4,215
0,34	0,09079	1238	0,808	0,18471	5,414
0,37	0,10752	1045	0,957	0,15597	6,411
0,40	0,12566	897	1,116	0,13425	7,449
0,45	0,15904	704	1,423	0,10545	9,483
0,50	0,19635	575	1,745	0,08541	11,709
0,55	0,23758	474	2,107	0,07063	14,159
0,60	0,28274	397	2,52	0,05924	16,803
0,70	0,38485	292	3,42	0,04355	22,963
0,80	0,50266	225	4,45	0,03334	29,994
0,90	0,63617	177	5,65	0,02636	37,936
1,00	0,78540	143	6,98	0,02135	46,839
1,10	0,95033	118	8,45	0,01764	56,689
1,20	1,13097	95,3	10,50	0,01483	67,431
1,25	1,22718	91,8	10,92	0,01367	73,178
1,30	1,32732	84,8	11,81	0,01264	79,148
1,40	1,53938	73,0	13,70	0,01089	91,827
0,50	1,76715	63,3	15,70	0,009489	105,385
1,60	2,01062	56,9	17,87	0,008318	120,221
1,70	2,26980	49,4	20,20	0,007388	135,354
1,80	2,54469	44,2	22,62	0,006642	150,557
1,90	2,83529	39,7	25,20	0,005915	169,061
2,00	3,14159	35,9	27,9	0,005462	183,083
2,10	3,46361	32,4	30,8	0,004955	201,816
2,20	3,80133	29,6	33,8	0,004412	226,654
2,30	4,15476	27,1	36,9	0,004036	247,770
2,40	4,52389	24,9	40,2	0,003791	263,782

### Besponnene Kupferdrähte für Elektromagnetspulen

Durch- messer in mm	Querschnitt in qmm	Auf ein Kilo- gramm Ge- wicht Draht in m	Widerstand	
			eines Kilogrammes in Ohm	eines Meters in Ohm
0,10	0,00785	11000	16000	1,222
0,12	—	8000	8000	1,000
0,13	—	7000	6500	0,9285
0,15	0,018	5500	4500	0,9000
0,18	0,0254	4000	2400	0,6857
0,20	0,0314	3000	1500	0,5555
0,23	—	2400	1000	0,4162
0,25	0,049	2000	700	0,3500
0,28	—	1600	485	0,3031
0,30	0,0707	1400	350	0,2479
0,40	0,126	780	108,34	0,1389
0,50	0,196	540	47,98	0,08887

### Leitungsdrähte für Hausleitungen

Durch- messer in mm	Quer- schnitt in qmm	Auf ein Kilogramm Ge- wicht Draht in m	
0,7	0,38	200	Doppelt besponnen und ge- wacht für trockene Räume
0,8	0,50	170	
0,9	0,67	140	
1,0	0,79	110	
1,2	0,82	75	
0,8	—	120	Guttapercha-Überzug, doppelt besponnen, für nasse Räume, Neubauten
0,9	—	100	
1,0	—	70	

### Widerstand und Länge von Haustelegraphenleitungen

Ohm Wider- stand	Länge in Metern von Millimeter Durchmesser				
	0,7 mm	0,8 mm	0,9 mm	1,0 mm	1,2 mm
1	23	30	38	47	68
2	46	60	76	94	136
3	69	90	114	141	204
4	92	120	152	188	272
5	115	150	190	235	340
6	138	180	228	282	408
7	161	210	266	329	476
8	184	240	304	376	544
9	207	270	342	423	612
10	230	300	380	470	680
11	253	330	418	517	748
12	276	360	456	564	816
13	299	390	494	611	884
14	322	420	532	658	952
15	345	450	570	705	1020
16	369	480	608	752	1088
17	391	510	646	799	1156
18	414	540	684	846	1224
19	437	570	722	893	1292
20	460	600	760	940	1360
21	483	630	798	987	1428
22	506	660	836	1034	1496
23	529	690	874	1081	1564
24	552	720	912	1128	1632
25	575	750	950	1175	1700

### Strombelastung von Kupferdrähten

Durch- messer	Gewicht von 1 m	Wider- stand 100 m	Länge 1 Ohm	Quer- schnitt	Stromstärke Ampere für 1 qmm bei		
					1	2	3
mm	g	Ohm	m	qmm	Ampère		
0,5	1,747	7,46	11,82	0,1963	0,2	0,4	0,6
0,8	4,480	3,30	30,23	0,5026	0,5	1,0	1,5
0,9	5,670	2,61	38,27	0,6361	0,6	1,2	1,8
1,0	7,0	2,11	47,14	0,7854	0,8	1,6	2,4
1,5	15,73	0,94	106,30	1,7672	1,8	3,6	5,4
2,0	26,96	0,529	188,9	3,1416	3,1	6,2	9,3
2,5	43,62	0,3387	295,2	4,9087	5	10	15
3,0	62,91	0,2352	425,2	7,6686	7	14	21
3,5	85,63	0,1728	578,7	9,6211	9,6	19,2	28,8
4,0	111,8	0,1322	756,1	12,566	12,5	25	37,5

1 m Kupferdraht von 1 qmm = 0,0166 Ohm Ohm (spezifisches Gewicht 8,9).

Zacharias, Elektrotechnik.

### Widerstandsdrähte

Durchmesser mm	Quer- schnitt qmm	Widerstand in Ohm für das laufende m				Gewicht in Gramm f. d. laufende m	
		Nicke- lin	Rheo- tan	Kon- stantan	Man- ganin	Nickelin Rheotan Konstantan	Manganin
0,07	0,0038	104,8	118,2	126,4	113	0,0343	0,0285
0,08	0,0050	80,25	92,9	96,75	86	0,0448	0,0375
0,10	0,0079	51	60	61	54	0,0700	0,0593
0,11	0,0095	42,4	49,1	51,15	45	0,0847	0,0713
0,12	0,011	35,6	41,25	43	39	0,1008	0,0825
0,13	0,013	30,4	35,2	36,6	33	0,1183	0,0975
0,14	0,015	26,2	30,3	31,6	29	0,1372	0,1125
0,15	0,018	22	26	27,11	24	0,1575	0,1350
0,16	0,0201	20,1	23,2	24,2	21	0,1792	0,1508
0,17	0,023	17,75	20,55	21,4	19	0,2023	0,1725
0,18	0,025	16	18,35	19,1	17	0,2268	0,1875
0,19	0,028	14,4	16,45	17,5	15	0,2527	0,2100
0,20	0,032	13	15	15,74	14	0,280	0,2400
0,22	0,038	10,6	12,27	12,8	11	0,3388	0,2850
0,25	0,049	8	9,5	9,95	8,8	0,4375	0,3675
0,28	0,062	6,55	7,58	7,9	6,9	0,5488	0,4650
0,30	0,071	5,6	6,7	6,87	6,1	0,6300	0,5325
0,35	0,096	4,1	4,9	5,08	4,5	0,8575	0,7200
0,40	0,126	3,2	3,7	3,87	3,4	1,1200	0,9450
0,45	0,159	2,5	2,9	3,07	2,7	1,4175	1,1925
0,50	0,196	2	2,4	2,49	2,2	1,7500	1,4700
0,55	0,238	1,68	1,99	2,05	1,8	2,1175	1,7850
0,60	0,283	1,41	1,67	1,72	1,5	2,5200	2,1225
0,65	0,332	1,20	1,42	1,47	1,3	2,9575	2,4900
0,70	0,385	1,04	1,23	1,27	1,1	3,43	2,8875
0,80	0,503	0,79	0,94	0,97	0,86	4,48	3,7725
0,90	0,636	0,63	0,74	0,77	0,68	5,670	4,770
1,0	0,785	0,51	0,60	0,62	0,55	7,000	5,888
1,1	0,950	0,42	0,50	0,51	0,45	8,470	7,130
1,2	1,131	0,35	0,42	0,43	0,38	10,080	8,483
1,3	1,327	0,30	0,35	0,37	0,32	11,830	9,953
1,4	1,539	0,26	0,31	0,32	0,28	13,720	11,543
1,5	1,766	0,23	0,27	0,28	0,24	15,750	13,245

### III. Anbringen von Leitungen

#### Allgemeines

Es empfiehlt sich, selbst bei kleinen Anlagen einen sorgfältigen, wohl überlegten Drahtplan zu zeichnen, um spätere Änderungen bei der Montage nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Drahtpläne müssen im Maßstabe von 1:10 der natürlichen Größe oder in noch kleinerem Maßstabe ausgeführt werden, damit man die Leitungslängen für Kostenanschläge daraus entnehmen kann. Gehen die Leitungen durch mehrere Stockwerke, so genügt unter Umständen nicht der Grundriß allein, sondern es muß auch ein Aufriß für die Steigleitungen gezeichnet werden. Für solche Pläne benützt man besondere Zeichen (Signaturen), wie solche beispielsweise in umstehender Signaturen-Tafel dargestellt sind.

Damit jede Anlage auch vollkommen ihren Zweck erfülle, müssen die zu stellenden Ansprüche zunächst genau ermittelt werden. Einige wichtige Punkte seien hier aufgeführt.






















1. Was soll erreicht werden?
2. Welche Orte sind untereinander zu verbinden?
3. Wieviele Uhren, Glocken, Telephone, Unterscheidungszeichen, Zeitsignale, Feuersignale, Sicherheitskontakte, Eingangssignale, Türöffner usw. sind in den einzelnen Räumen anzulegen?
4. Welche Stromquellen sind zu verwenden? (Batterien, Induktoren oder Starkstrom?)
5. Wo sind etwa Blitzableiter vor den Apparaten anzubringen?
6. Sind Erdleitungen oder Rückleitungen anzuwenden?
7. Sollen zu den Erdleitungen oder Rückleitungen die Wasserleitungsröhren verwendet werden?

Zu den aus dem Plane ermittelten Leitungslängen macht man gewöhnlich einen Zuschlag von 20% für Ecken, Winkel und Steigungen



# Signaturen-Tafel

Allgemein übliche elektrotechnische Zeichen  
der Schwachstromtechnik

	Preßkontakt
	Taster, Drücker, Kontakt, Stromschließer
	Ausschalter
	Umschalter
	Batterie oder Elemente
	Induktionsspule
	Extrastromspule
	Anzeiger, Fallklappen, Tableau und Nummernklappen
	Schaltung einer Glocke mit Selbstunterbrechung
	Telephon-Umschalter mit Telephonhaken
	Relais; L. = Linie, O. = Ortsstromkreis
	Polwechsel
	Telephon
	Blitzableiter
	Blitzableiter
	Positiver Pol
	Negativer Pol
	Leitung mit zwei Tastern
	Einfache Haustelegraphenleitung
	Elektrische Hauptuhr.
	Elektrische Nebenuhr

und stellt danach den Bedarf und die Art des Materials dieser verschiedenen Plätze zusammen.

Alle elektrischen Leitungen, vor allen Dingen auch diejenigen in der Schwachstromtechnik, müssen sorgfältig und technisch richtig angefertigt werden. Hierzu gehört vor allem die Befolgung zweier Regeln:

1. Die metallische Leitung darf nirgends unterbrochen sein, die Drähte müssen in sich einen fortlaufend metallischen Weg bilden und an den Apparaten, Batterien usw. sicher mit metallischer Berührung befestigt sein;

2. die Isolierung der Leitungen in allen Teilen und ihrer ganzen Länge nach muß so sorgfältig wie möglich und mit geeigneten Mitteln ausgeführt werden, und zwar sollen die Leitungen sowohl gegen den Erdboden als auch gegeneinander eine gute Isolation aufweisen.

Jede schlechte Verbindungsstelle bildet ein Hindernis für den elektrischen Strom, und jede schlechte Isolierung bringt Stromverluste mit sich. Der Stromverlust findet entweder zwischen den Leitungen unter sich als „Nebenschluß“ oder zwischen Leitung und Erde als „Bodenschluß“ statt. In beiden Fällen gelangt der Strom von der Stromquelle (Batterie o. dgl.) nicht in voller Stärke zu den Apparaten, sondern er wird teilweise oder völlig an der Fehlerstelle zum Erdboden oder einer Nebenleitung abgelenkt und verursacht dann eine mangelhafte Tätigkeit, oder er setzt die Apparate überhaupt nicht in Bewegung. Hauptsache ist es daher, schon während der Arbeit durch Hilfsapparate die Leitungen zu prüfen, vorhandene Fehler ihrer Natur nach sofort zu erkennen oder schnell aufzufinden. Hierzu gehört nicht allein folgerichtiges Denken, sondern auch große Übung. Die Fehler sind oft dem Auge nicht ohne weiteres sichtbar; sie lassen sich nur aus Anzeichen am Prüfungsapparate erkennen und müssen durch Nachdenken erst gefunden werden. Darauf kommen wir später, im Kapitel VIII: Meßinstrumente und Messungen, ausführlicher zu sprechen.

Es soll hier nicht der Leitungsbau in seiner ganzen Ausdehnung beschrieben, sondern hauptsächlich die Technik der Privatindustrie bei Ausführung kürzerer Leitungen berücksichtigt werden.

Wir unterscheiden, wie schon erwähnt, drei Arten von Leitungen: Freileitungen mit besonderen Unterstützungen (Säulen, Pfosten oder Balken), ferner Hausleitungen, die an den Wänden oder den Decken befestigt werden — beide gehören zu den oberirdischen Leitungen —, und versenkte Leitungen, die sich in der Erde oder im Wasser befinden.

Die Hauptsache beim Leitungsbau sind gute Isolierungen der ganzen Länge nach, auch an Ecken, Kanten und Kreuzungen, und gute, sichere, saubere Verbindungen oder Lötstellen. Das Löten

erfolgt mit Zinnlot unter Anwendung von Harz, Wachs oder säurefreiem Lötwasser. Jede Lötstelle muß sauber abgewischt werden. Die Drahtenden sind vielfach umeinander festzuwürgen.

Schwache Haustelegraphenleitungen von geringer Länge führt man auch, ohne zu löten, wie folgt aus: Die Enden werden mit einem Schaber, stumpfen Messer oder durch eine Flamme von der Bespinnung befreit, gut gereinigt und fest zusammengewürgt unter Anwendung von zwei kleinen Flachzangen. Die Würgestelle wird sauber in Stanniol eingehüllt und dann mit Isolierband oder Chattertons Isoliermasse umgeben. Das viel gebrauchte Guttaperchapapier ist entschieden zu verwerfen; es wird später hart und brüchig und gibt zu Störungen Veranlassung. Die Stanniolhülle dagegen schützt den Kupferdraht vor dem Einflusse der Isolierschicht und verhindert Oxydation. Das Löten erfolgt mit einer Spiritus- oder Benzinlampe oder mit einem LötKolben, der über Kohlenfeuer oder durch Benzingebläse erwärmt wird. In Gebäuden ist Vorsicht beim Löten nötig, daß kein Feuer durch die Stichflamme entstehen kann, besonders wo altes, trockenes Holz in den Decken vorhanden ist.

Eine große Hauptsache ist die Art und Weise, wie man die zu verbindenden Enden von der isolierenden Bespinnung befreit. Bei fest umklöppelten Drähten nimmt man die Flamme einer Lötlampe, ein stumpfes Messer, einen Schaber, einen Drahtentblößer zu Hilfe, bei nur umwickelten Drähten wickelt man am besten ein genügendes Stück ab. Unter keinen Umständen darf mit den Hilfswerkzeugen ein Schnitt in das metallische Kupfer gemacht werden. Solche Stellen brechen später leicht und veranlassen schwer aufzufindende Störungen. Wer hierauf nicht mit aller Strenge achtet, der kann unter Umständen viel Verdruß und Zeitverlust haben.

Das Bohren von Mauerlöchern geschieht je nach Zweck und Tiefe der Löcher mit verschiedenen Werkzeugen und in verschiedener Weise. Handelt es sich darum, eine Wand in ihrer ganzen Stärke zu durchbohren, so sucht man zunächst nach einer Fuge. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß Ziegelsteine 25 cm lang und 12,5 cm breit sind. Da ein Mauerstein 6,5 cm, eine Fuge 1 cm stark ist, so findet man innerhalb eines Quadrates von 7,5 cm Seite stets eine Fuge. Mit einem hohlen Bohrer aus vorn verstärktem Mannesmannrohr kann man ohne viel Geräusch glatt durchbohren. Kleine flache Löcher für Dübel oder Isolierstützen werden mit einem gut gehärteten Meißel geschlagen. Je nach der Arbeit und dem Materiale der Mauer muß der Hammer ein gewisses Gewicht (1 bis 2 kg und noch mehr) haben. Unter Umständen arbeiten zwei Mann zusammen, indem der eine den Bohrer oder Meißel führt, der andere schlägt.

Für Arbeiten im Freien genügen einfache Handleitern von 5 bis 8 m Länge und 30 bis 40 cm Breite aus astfreiem Kiefernholze. In Gebäuden braucht man auch freistehende Leitern und

bei hohen Masten fahrbare senkrechte und schräge Feuerwehroleitern oder fahrbare Baugeüste. In Prunkräumen sind die Leitern am unteren und oberen Ende mit Lappen zu bewickeln; die Arbeiter erhalten Filzschuhe.

Alle Leitungen sind so anzulegen, daß sie Unbefugten nicht erreichbar, für Veränderungen oder Ausbesserungen jedoch leicht zugänglich sind. Bei Straßenübergängen muß die polizeilich vorgeschriebene freie Höhe für die Durchfahrt eingehalten werden, wofür meist 4,0 m genügen. Das Setzen der Stangen von 7,0, 8,5 oder 10 m Länge geschieht in Löchern von 1,5 bis 1,8 m Tiefe und in Abständen von 40 bis 75 m, so daß im Durchschnitt auf 10 km Linie 133 Stangen kommen.

Um eine Stange schnell senkrecht zu richten, balanciert man sie zwischen den Händen, bis sie sich nach keiner Seite mehr neigt, sondern in Ruhe befindet; sie steht dann senkrecht und wird nun mit Erde festgestampft. Das Gestänge ist durch Streben und Anker gegen Winddruck von seitwärts, unter Umständen bei sehr hohen Stangen auch in der Längsrichtung durch Kreuzanker von Stange zu Stange zu versteifen. Der Abstand der Leitungen eines Gestänges soll 35 bis 40 cm betragen, damit die Drähte im Winde einander nicht berühren. — Je nach Umständen ist zu diesen Arbeiten eine Anzahl geeigneter Leitern erforderlich. Für gewöhnlich genügen Leitern von 18 bis 25 Sprossen.

Die Leitungen sollen unter sich und zu den Linien der Gebäude parallel laufen; sie müssen genügend voneinander entfernt sein, besonders blanke Leitungen im Freien. Das vielfach beliebte Zusammen-drehen von bespannenen Drähten zu einem Seile bei Hoteltelegraphen ist entschieden zu verwerfen; es veranlaßt leicht Störungen und erschwert die Übersicht und Ermittlung von Fehlern. Die Leitungen sollen möglichst hoch an den Seitenwänden auf Holzleisten befestigt und durch einen Holzdeckel (vor Beschädigungen bei Reparaturen in den Räumen) geschützt werden.

Das Ausziehen der blanken Leitungen und deren Befestigung an den Isolatoren ist ebenso sorgfältig vorzunehmen wie bei Starkstromleitungen. Zur Befestigung der bespannenen Haustelegrapherdrähte verwendet man nur verzinnzte Nägel, Haken oder Klammern. Die schwachen Bronzedrähte erfordern besondere Übung und dem harten Materiale entsprechend geeignete Verbindungsstellen.

Besondere Sorgfalt ist auch beim Einspielen von Isolatorstützen und Holzdübeln anzuwenden. Nachdem die Löcher mit einem Meißel oder einem hohlen Mauerbohrer genügend tief ins Mauerwerk geschlagen sind, werden sie vom Staube gereinigt und gut feucht gemacht; alsdann erst darf der frisch eingerührte Gipsbrei eingetragen werden. Ohne Anfeuchten des Bohrloches findet keine feste Vereinigung zwischen Gips und Mauerwerk statt. Schwere Konsolen müssen gestützt werden, bis der Gips hart ist.

Die Einführung einzelner Schwachstromleitungen bewirkt man am besten durch einen 1,5 mm starken, mit Guttapercha und Blei umpreßten Kupferdraht, der einfach an der Wand befestigt wird. Den Übergang vom letzten Isolator zur Einführungsader kann ein kleiner hängender Hartgummi-Isolator bilden (Abb. 20).

Soll eine große Anzahl von Drähten dicht nebeneinander nach einem Apparate (z. B. nach den Unterscheidungskappen eines Tableaus) geführt werden, so kann man sie lose in einen Holzkanal legen oder auch zu einem Seile zusammenbinden, nicht aber darf man sie zusammendrehen, da spätere Untersuchungen dadurch erschwert würden. In kostbaren Neubauten verlegt man am besten Papierrohre auf dem Putz, in die nach Vollendung des Baues die Drähte eingezogen werden. Bei Telephonanlagen nimmt man für diese Zwecke am besten induktionsfreie Kabel, in denen die einzelnen Adern mit Metallstreifen umwunden und alle zusammen verseilt und durch einen blanken Kupferdraht zur Erde abgeleitet sind, so daß eine Leitung auf die andere keinen störenden Einfluß ausüben kann. Die Induktion vollkommen zu beseitigen ist bis jetzt kaum gelungen.

Wo eine große Zahl von Drähten (z. B. nach einem Klappenschanke und vorher an einen Blitzableiter) zu führen ist, befestigt man die Leitungen wohl auch zuvor an mit Klemmen, Knöpfen oder Löchern versehenen Leisten oder Rahmen, so daß sie mit 1 bis 2 cm Abstand nebeneinander laufen und erst vor den Apparaten in weiteren Abständen auseinandergehen. Alles muß einen gefälligen Anblick gewähren und leicht zugänglich sein. Die Leitungen sollen straff sein und sich an den Befestigungsstellen nicht lösen. Eine sehr gefällige und praktische Leitungsführung ist die, starke Porzellanringe die Wände entlang mit Bolzen und Schellen zu befestigen und später die Leitungen in die Ringe einzuziehen. Bei Mauerreparaturen löst man die Splinte der Bolzen, kann so den ganzen Leitungsstrang mit den Ringen entfernen und später wieder schnell und sauber befestigen.

Es kann nicht Gegenstand dieses Werkes sein, alle Werkzeuge und Isoliervorrichtungen abzubilden und zu beschreiben; dergleichen muß anderweit nachgelesen oder als bekannt vorausgesetzt werden.

## Blitzableitungen

Überall da, wo elektrische Leitungen auf größeren Strecken im Freien liegen, sind Blitzableitungen und Blitzplatten (Abb. 45 und 46) erforderlich. Diese dienen bei Telegraphenleitungen vielfach auch zugleich als Erdleitungen.

Die erste Bedingung einer guten Erdleitung ist eine genügend große *Erdplatte*, die aus Blei, Eisen, Kupfer oder in einem

Drahtnetz (Abb. 47) bestehen kann. Ferner muß die Erdplatte so tief gelegt werden, daß sie auch im Hochsommer möglichst noch im Grundwasser sich befindet. Allenfalls genügt ein Ring von 4 mm starkem Eisendraht. In sehr trockenem Erdreiche legt man mehrere solcher Ringe an verschiedenen Stellen in die Erde und führt alle zusammen als Drahtseil weiter. Kann man in Sand, Kiesboden oder auf felsigem Untergrunde kein genügend feuchtes

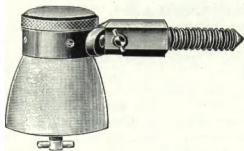


Abb. 45



Abb. 46

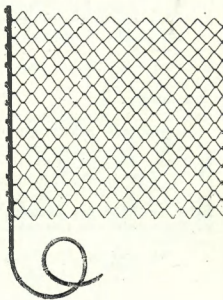


Abb. 47

Erdreich erreichen, so verwendet man statt Platten eine 100 bis 150 m lange Erdleitung aus Eisendraht, besser noch aus Kupferseil, an die man zahlreiche 1 bis 2 m lange Stücke des gleichen Materiales hart anlötet. Um den Übergangswiderstand der einzelnen Erdplatten eines Blitzableiters möglichst gering zu machen, ist es sehr zu empfehlen, alle Erdplatten mit einem Seile oder einem Metallbande durch Nieten oder Hartlöten zu verbinden, so daß das Verbindungsseil dann auch noch als Erdleitung dient und der Übergangswiderstand um mindestens sovielmal geringer wird, als Erdplatten miteinander verbunden sind.



Die Erdplatten sollte man in Form eines offenen Zylinders herstellen, aus Tafeln in Größe von mindestens 1 qm. Kupferplatten dürfen nicht in Brunnen versenkt werden; sie könnten das Wasser vergiften. Sehr wichtig ist der Schutz der Erdleitung an der Stelle, wo sie zutage tritt. Um sie hier vor Rosten und vor Beschädigungen zu schützen, legt man sie in ein Rohr aus Blei oder Eisen oder schützt sie durch eine geteerte Holzleiste. Der Schutz soll etwa 1 m in die Erde und 2 m über sie reichen.

Bei Gebäuden mit mehreren Ableitungen erhält jede Ableitung eine Erdplatte. Zum Zwecke der Untersuchung muß jede Ableitung oben und unten ein lösbares Verbindungsglied haben.

Liegt ein Gebäude am Wasser, so sind alle Ableitungen nach diesem hin anzulegen. Alle Auffangstangen eines Gebäudes sind untereinander zu verbinden. Diese Verbindungsleitungen können schwächer als die Ableitungen sein.

Die Blitzableiterspitzen wählt man am besten aus geeigneter Kohle oder vergoldetem Kupfer. Die Spitze soll einen stumpfen Kegel bilden. Die so oft verwendeten schwachen Platinspitzen aus Drähten oder Hüten werden oft gleich durch den ersten Blitzschlag geschmolzen, also in ihrer Wirkung leicht verringert; außerdem sind sie auch teuer.

Ausführliche Belehrungen über die Grundsätze, nach denen die Blitzableiter anzulegen sind, findet man in den später folgenden Leitsätzen des Elektrotechnischen Vereins Berlin. —

Es sind so viele Auffangstangen anzubringen, daß die Entfernung derselben voneinander nicht mehr als das Zwei- bis Vierfache der Höhe der Stangen beträgt. Streckers Handbuch gibt die Querschnitte der Leitungen wie folgt an:

Kupfer, 65 bis 70 qmm = rd. 0,6 kg das Meter;

Eisen, 140 bis 150 qmm = rd. 1,1 kg das Meter.

Die Seile sollen aus Drähten von nicht unter 2 mm Stärke bestehen; Eisendrähte müssen verzinkt sein. Bei zahlreichen Leitungen genügt die Hälfte der angegebenen Querschnittsgrößen.

Um feststellen zu können, wann eine Blitz-Entladung in der Leitung zur Erde gegangen ist, schaltet man in die Leitung selbst oder als Nebenschluß dazu Blitzmelder ein, die durch Betätigung eines Elektromagneten oder eines Stahlmagneten ein sichtbares Zeichen geben. Durch die Drehung eines Magneten oder eines Ankers kann auch der Kontakt für einen elektrischen Wecker geschlossen werden, der dann ein weithin hörbares Zeichen gibt. Diese Einrichtung läßt sich auch unter Umständen dazu gebrauchen, zu untersuchen, ob die Leitung nicht unterbrochen ist. Ist der Blitzmelder in Tätigkeit getreten, so wird man alsbald nachsehen, ob der Blitz auch die Teile der Ableitung nicht beschädigt hat. Spitzen,

die schwer zugänglich sind, besichtigt man mit einem guten Fernrohre oder einem Krimstecher (Operngläser vergrößern nicht genügend). Etwa nötige Reparaturen sind ohne Zögern sofort auszuführen, Unterbrechungen zunächst provisorisch herzustellen.

Arbeiten und Untersuchungen an Blitzableitern müssen stets unterbleiben, wenn Gewitter im Anzuge ist. Man erhält schon heftige elektrische Schläge, wenn das Gewitter weder zu sehen noch zu hören ist.

### Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz

In der Sitzung vom 23. April 1901 des Elektrotechnischen Vereins in Berlin wurden die folgenden Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen Blitzgefahr einstimmig angenommen.

1. Der Blitzableiter gewährt den Gebäuden und ihrem Inhalte Schutz gegen Schädigung oder Entzündung durch den Blitz. Seine Anwendung in immer weiterem Umfange ist durch Vereinfachung seiner Einrichtung und Verringerung seiner Kosten zu fördern.

2. Der Blitzableiter besteht aus:

- a) den Auffang-Vorrichtungen,
- b) den Gebäudeleitungen und
- c) den Erdleitungen.

a) Die Auffang-Vorrichtungen sind emporragende Metallkörper, Flächen oder Leitungen. Die erfahrungsgemäßen Einschlagstellen (Turm- oder Giebelspitzen, Firstkanten des Daches, hoch gelegene Schornsteinköpfe und andere besonders emporragende Gebäudeteile) werden am besten selbst als Auffang-Vorrichtungen ausgebildet oder mit solchen versehen.

b) Die Gebäudeleitungen bilden eine zusammenhängende metallische Verbindung der Auffang-Vorrichtungen mit den Erdleitungen; sie sollen das Gebäude, namentlich das Dach, möglichst allseitig umspannen und von den Auffang-Vorrichtungen auf den zulässig kürzesten Wegen und unter tunlichster Vermeidung scharfer Krümmungen zur Erde führen.

c) Die Erdleitungen bestehen aus metallenen Leitungen, welche an die unteren Enden der Gebäudeleitungen anschließen und in den Erdboden eindringen; sie sollen sich hier unter Bevorzugung feuchter Stellen möglichst weit ausbreiten.

3. Metallene Gebäudeteile und größere Metallmassen im und am Gebäude, insbesondere solche, die mit der Erde in großflächiger Berührung stehen, wie Rohrleitungen, sind tunlichst unter sich und mit dem Blitzableiter leitend zu verbinden. Insoweit sie den in den Leitsätzen 2, 5 und 6 gestellten Borderungen entsprechen, sind besondere Auffang-Vorrichtungen, Gebäude- und Erdleitungen entbehrlich. Sowohl zur Vervollkommenung des Blitzableiters, als auch zur Verminderung seiner Kosten ist es von größtem Werte, daß schon beim Entwurfe und bei der Ausführung neuer Gebäude auf möglichste Ausnutzung der metallenen Bauteile, Rohrleitungen u. dgl. für die Zwecke des Blitzschutzes Rücksicht genommen wird.

4. Der Schutz, den ein Blitzableiter gewährt, ist um so sicherer, je vollkommener alle dem Einschlag ausgesetzten Stellen des Gebäudes durch Auffang-Vorrichtungen geschützt, je größer die Zahl der Gebäudeleitungen und je reichlicher bemessen und besser ausgebreitet die Erdleitungen sind. Es tragen aber auch schon metallene Gebäudeteile von größerer Ausdehnung,

insbesondere solche, die von den höchsten Stellen der Gebäude zur Erde führen, selbst wenn sie ohne Rücksicht auf den Blitzschutz ausgeführt sind, in der Regel zur Verminderung des Blitzschadens bei. Eine Vergrößerung der Blitzgefahr durch Unvollkommenheiten des Blitzableiters ist im allgemeinen nicht zu befürchten.

5. Verzweigte Leitungen aus Eisen sollen nicht unter 50 qmm, unverzweigte nicht unter 100 qmm stark sein. Für Kupfer ist die Hälfte dieser Querschnitte ausreichend; Zink ist mindestens vom ein und einhalbfachen, Blei vom dreifachen Querschnitte des Eisens zu wählen. Der Leiter soll nach Form und Befestigung sturmsicher sein.

6. Leitungsverbindungen und Anschlüsse sind dauerhaft fest, dicht und möglichst großflächig herzustellen. Nicht geschweißte oder gelötete Verbindungsstellen sollen metallische Berührungsflächen von nicht unter 10 qcm erhalten.

7. Um den Blitzableiter dauernd in gutem Zustande zu erhalten, sind wiederholt sachverständige Untersuchungen erforderlich, wobei auch zu beachten ist, ob inzwischen Änderungen an dem Gebäude vorgekommen sind, welche entsprechende Änderungen oder Ergänzungen des Blitzableiters bedingen.

## IV. Hausanlagen

### Allgemeines

Über die Anbringung elektrischer Hausleitungen haben wir bereits eingehend gesprochen; es sind jedoch noch eine ganze Reihe von Gesichtspunkten zu berücksichtigen, die für die Einrichtung von Anlagen in Gebäuden maßgebend sein müssen.

Nicht allein die elektrischen Leitungen, sondern auch vor allem die Apparate müssen möglichst gut isoliert angebracht sein. Sind feuchte Wände vorhanden, so wird man ein gut lackiertes Brett mit Einschubleisten auf der Rückseite so anbringen, daß es von der Wand einige Zentimeter absteht, z. B. indem man Porzellanrollen (vgl. Abb. 30 bis 33) dazwischen setzt. Auf diesem Brette wird man die elektrische Uhr, den Fernsprecher oder den Wecker befestigen. Dünne Wände, die leicht Erschütterungen ausgesetzt sind, darf man für Pendeluhrn oder Telephonapparate nicht verwenden. In Fabriken ist man unter Umständen genötigt, dicke Filzunterlagen unter die Telephonapparate zu geben, damit die Erschütterungen der Wand sich möglichst wenig auf das Mikrophon übertragen, die Verständigung also nicht beeinträchtigt wird.

Der Standort der Batterie muß ebenfalls sorgfältig ausgewählt werden. Sie soll leicht zugänglich sein und sich an einem kühlen, trockenen Orte befinden. Einige Grade Frost im Winter verringern zwar die Leistung einer Batterie, machen sie jedoch keineswegs völlig unbrauchbar. Zu warme Plätze sind stets zu vermeiden, damit die Flüssigkeit oder Feuchtigkeit in den Elementen nicht frühzeitig verdampfe. Selbst bei Trockenelementen ist dieser Punkt sehr wichtig und auch bei Akkumulatoren nicht zu vergessen.

Wo es irgend angängig ist, sollte man die Leitungen möglichst hoch und niemals dicht über dem Fußboden anbringen. Kann man dies nicht völlig vermeiden, so verlegt man die Leitungen in Wohn-

zimmern mindestens über der Scheuerleiste. Senkrecht geführte Leitungen schützt man durch mit Messing überzogene Papierrohre vor Verletzungen.

Für jede, auch die kleinste Anlage, bei der die Leitungen durch mehrere Räume zu verlegen sind, entwirft man einen Plan, in den die Drähte und Apparate mit den bereits früher angegebenen Signaturen (vgl. die Signaturen-Tafel auf Seite 36) einzutragen sind.

Besondere Sorgfalt erfordern natürlich alle **Sicherungs- oder Alarmanlagen**. Die Leitungen sollen für das Auge möglichst verdeckt sein und womöglich durch Stahlpanzerrohre sorgfältig geschützt werden. Eine mangelhaft hergestellte Sicherungsanlage, auf die sich der Besitzer verläßt, ist unter Umständen gefährlicher als gar keine Anlage; denn fehlt eine solche Anlage, so wird die Aufmerksamkeit des Besitzers selbst Einbruch oder Diebstahl zu verhindern suchen; ist aber eine Sicherungsanlage vorhanden, so wird er im Vertrauen auf sie jene Aufmerksamkeit unterlassen. Man darf nicht nur daran denken, daß der Dieb oder Einbrecher bei unbefugtem Eindringen in die gesicherten Räume die Leitungsanlage zerstören könnte, sondern man muß sich vor Augen halten, daß ein gewiegter Dieb unter Umständen bereits am Tage die Leitung unterbrechen wird, um seinen Plan des Nachts sicherer, rascher und ungestört ausführen zu können. So ist es z. B. vorgekommen, daß irgend ein ungetreuer Angestellter während des Tages die im allgemeinen gut geschützte Leitung in einem versteckten Winkel mit der Schere durchschnitten hatte. Als der Besitzer der Anlage am anderen Morgen seine Geschäftsräume betrat, ergab sich, daß die Diebe völlig ungestört bedeutende Werte fortgeschafft hatten. Erst nach längerem Suchen fand man dann die durchschnittenen Stellen, und es war nun klar, daß die Unterbrechung der Leitung bereits am Tage zuvor bewerkstelligt worden war.

Wo die größte Sicherheit erforderlich ist oder gewünscht wird, wird man stets **Ruhestrom-Betrieb** einrichten. Hier kreist der Strom ständig, und die Signalapparate werden durch jede Unterbrechung der Leitung in Tätigkeit gesetzt. Eine solche Anlage kontrolliert sich also selber, vorausgesetzt, daß die Batterie hinreichend überwacht wird.

Ohne ständige Überwachung in regelmäßigen Zeiträumen bietet auch die beste Einrichtung keine vollständige Sicherheit. Sicherungsanlagen sollte man stets bei sorgfältigster Arbeit mit bestem Materiale ausführen und nicht dem die Ausführung übertragen, der den geringsten Preis verlangt, sondern der sie wirklich zuverlässig und gut ausführen kann. Sehr zu empfehlen ist auch eine tägliche kurze Kontrolle der Signaleinrichtungen, damit jede etwaige Störung sofort entdeckt und beseitigt werden kann. Sicherungsanlagen sollen übrigens die persönliche Wachsamkeit nicht beseitigen, sondern nur erleichtern und wirksam unterstützen.

Es gibt heute zahlreiche Einrichtungen für Sicherungsanlagen aller Arten, und es ist heute in hohem Grade möglich, Diebstähle und Einbruch zu verhindern, wenn man nach obigen Grundsätzen handelt.

Man hört so oft von Verlusten der Uhrmacher durch Einbruch, und man möchte fast glauben, daß die vielfache tatsächliche Abneigung vieler Uhrmacher gegen elektrische Einrichtungen mit Schuld an diesen Verlusten ist. Wer sein Geschäftslokal sorgfältig mit Sicherungsanlagen versieht, der wird auch stets einen hohen Grad von Sicherheit erreichen. Es genügt nicht, Türen und Fenster mit Sicherheitskontakten zu versehen, sondern man wird, wo hohe Werte aufbewahrt werden, auch Decke, Fußboden und möglichenfalls auch die Wände mit Drahtnetzen unsichtbar bekleiden, die so eingerichtet sind, daß bei dem geringsten Versuche, sie zu durchbrechen oder zu durchbohren, Alarmglocken ausgelöst werden. Auch das Sichern der Fensterflügel oder Rolläden genügt unter Umständen noch nicht einmal, sondern man wird selbst die Fenster Vorhänge in ihrer ganzen Ausdehnung mit Sicherheitskontakten ausrüsten, so daß schon jede kleine Berührung mit der Hand genügt, Signale auszulösen. Wir können auf Einzelheiten hier nicht weiter eingehen. Die Industrie liefert heute für die oben gedachten Zwecke zahlreiche und sehr vollkommene Vorkehrungen, die es selbst einem gewiegten Elektrotechniker unmöglich machen würden, das verbrecherische Ziel ungestört und unbemerkt zu erreichen. Im allgemeinen wird also der Uhrmacher für viele Zwecke fertige, brauchbare Einrichtungen anschaffen können, ohne genötigt zu sein, selbst die erforderlichen Apparate zu bauen oder zu erfinden.

Bei Durchsicht der zahlreichen Patente über elektrische Uhren, Kontaktwerke, Schlagwerke, Regulier-Vorrichtungen, Aufzieh-Vorrichtungen u. dgl. ist es dem Verfasser aufgefallen, wie wenig die vielen Konstruktionen elektrotechnische und mechanische Grundsätze berücksichtigen. So findet man z. B. in zahlreichen Patenten für die Stromschlußvorrichtungen Quecksilberkontakte, die ja wohl eine Zeit lang gut funktionieren, jedoch bei längerem Gebrauche ganz sicher zu Störungen Veranlassung geben. Das Quecksilber verdampft an der Luft; es oxydiert sehr stark und wird schließlich so zähflüssig, daß sichere Stromleitung nicht mehr eintritt. An vielen elektrischen Uhren findet man Berührungskontakte, obgleich nur Reibungskontakte auf die Dauer sicher wirken. Für verhältnismäßig geringe Kraft findet man an elektrischen Aufziehvorrichtungen unverhältnismäßig große Elektromagnete mit großen Drahtspulen und dicken Drähten, obgleich man bei richtiger Durchbildung des Magnet Systems mit viel geringerem Aufwande an Material und elektrischer Energie auskommen würde. Dieser Mangel mag ja allerdings teilweise dadurch entstanden sein, daß man sich über das Wesen des Magnetismus, über die Mechanik dieser Kraftwirkung,



noch immer nicht klar geworden war. Der Abschnitt über „die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen“ am Schlusse des vorliegenden Buches wird den Leser auch in das Verständnis der magnetischen Erscheinungen einführen. Er gründet sich auf eine große Zahl eigener Versuche und eingehender Untersuchungen des Verfassers, die er in einer Reihe von besonderen Werken verwertet und ausführlich behandelt hat. —

Im nachstehenden wollen wir nun zunächst diejenigen Einrichtungen kennen lernen, welche bei den verschiedenen Hausanlagen gebraucht werden.

## Haustelegraphen

Jede Haustelegraphen-Einrichtung enthält eine Batterie, einen oder mehrere Zeichengeber (Druckknopf oder Taster), einen elektrischen Wecker (Glocke) und die erforderlichen Verbindungsleitungen. Sollen nach einem bestimmten Zimmer von verschiedenen Räumen aus Zeichen gegeben werden können, so wendet man gewöhnlich noch Anzeigevorrichtungen (Signalklappen oder Tableaux) an, welche erkennen lassen, aus welchem Raume das Signal gegeben wurde. Es werden auch noch verschiedene kleine Hilfsapparate, wie z. B. Ausschalter, Umschalter, Relais u. dgl., gebraucht. Bei Sicherheitseinrichtungen sind auch noch Kontakte oder Stromschließer verschiedener Konstruktion im Gebrauch. In den nachstehenden Abbildungen sind diese verschiedenen Teile, wie man sie gewöhnlich verwendet, dargestellt, deren Einrichtung und Gebrauch teils auch schon ohne Erklärung verständlich sein werden.

## Elektrische Wecker

Jede elektrische Glocke, wie sie für die Haustelegraphie gebraucht wird, enthält im allgemeinen einen Elektromagneten verschiedener Form (vgl. die Abb. 48 bis 51), vor dessen Eisenkernen ein eiserner Anker an einer Feder befestigt ist, der an seinem Ende einen Hammer trägt, welcher gegen eine Glocke schlägt. An dem Anker ist gleichzeitig eine Kontaktfeder befestigt, deren Ende gegen eine Schraube anliegt. Sobald der Strom für den Wecker geschlossen wird, bewegt sich der Anker gegen den Elektromagneten, und es verläßt die Kontaktfeder die Kontaktschraube. In diesem Augenblicke ist der Stromkreis unterbrochen, der Anker federt zurück, und es entsteht ein neuer Kontakt. Dieses Spiel wiederholt sich in schneller Aufeinanderfolge, selbsttätig, ohne daß der Stromkreis von Hand geöffnet wird. Soll die Glocke nur einen Schlag ausführen, so bringt man einen zweiten Kontakt an (und zwar auf der entgegengesetzten Seite des Ankers), welcher nach jedem Schlage den Magneten aus-

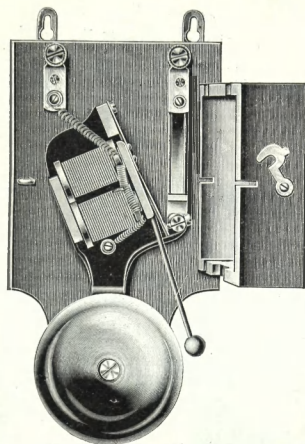


Abb. 48

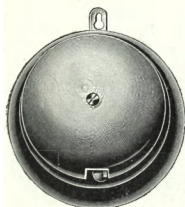


Abb. 49

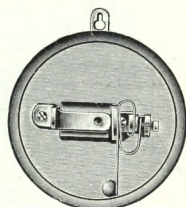


Abb. 50

Zacharias, Elektrotechnik.

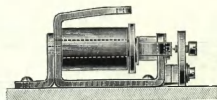


Abb. 51

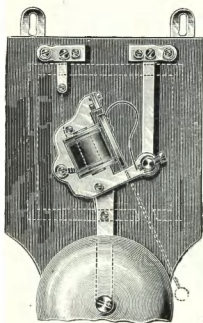


Abb. 52

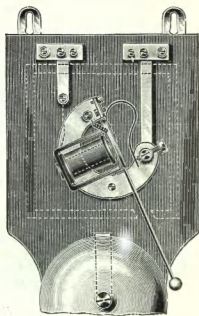


Abb. 53

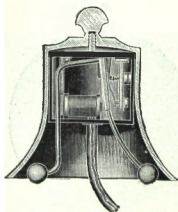


Abb. 54

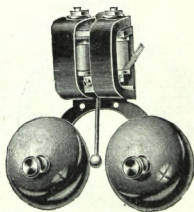


Abb. 55

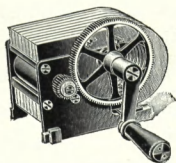


Abb. 56



Abb. 57

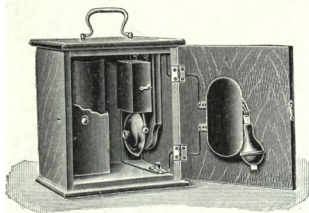


Abb. 58

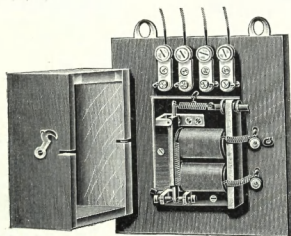


Abb. 59

schaltet und dadurch stromlos macht. Kontaktfeder und Kontaktschraube sind mit Platin belegt.

In Abb. 48 ist der gewöhnliche Wecker mit Hufeisen-Elektromagnet dargestellt. Die Glocke Abb. 49 und 50 enthält einen Mantel-Elektromagneten. Der Hammer bewegt sich in einer Lücke der Glocke und schlägt gegen deren Rand. Abb. 49 gibt eine äußere Ansicht, Abb. 50 zeigt das Magnetsystem ohne Glocke. Außerdem gibt Abb. 51 noch eine Seitenansicht des Magnetsystems. Diese

Ausführungsform ist insofern sehr interessant, als die einzelnen Teile in der Massenfabrikation durch Stanzen und Biegen leicht herstellbar sind.

Die Glocke Abb. 52 enthält einen Elektromagneten mit einem

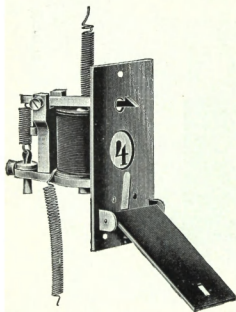


Abb. 60

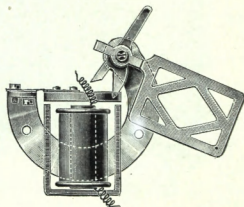


Abb. 61

Eisenkerne und zwei Endplatten, die Konstruktion Abb. 53 dagegen einen Eisenkern mit zwei Seitenschenkeln.

Abb. 54 gibt den Querschnitt einer sogenannten Tiroler Glocke mit zwei Klöppeln. Als Gegenkraft für den Anker dient eine Spiralfeder.

Für Induktorbetrieb (also ohne Batterie) dienen durch Stahlmagnete polarisierte Elektromagnete (Abb. 55). Zur Stromerzeugung gebraucht man die kleine Induktionsmaschine (Induktor) Abb. 56, deren rotierender Anker in Abb. 57 dargestellt ist. Diese Induktoren werden vielfach auch für Telephonanlagen gebraucht. Für transportable Zwecke verwendet man kleine, tragbare Stationen, wie Abb. 58 eine solche zeigt.

Handelt es sich darum, einen neuen Stromkreis gleichzeitig mit dem Wecker zu betätigen, so schaltet man wohl auch ein Relais

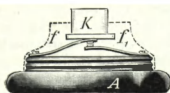


Abb. 62



Abb. 66

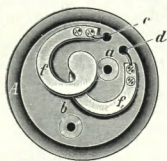


Abb. 63

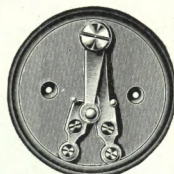


Abb. 67

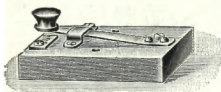


Abb. 64

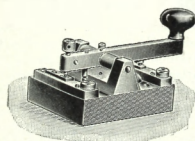


Abb. 65

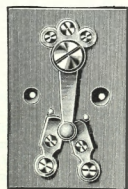


Abb. 68



(Abb. 59) ein, dessen Anker von einem Elektromagneten bewegt wird, der sich zwischen zwei Spitzenschrauben bewegt. Der neue Stromkreis wird zwischen Anker und der einen Kontaktschraube geschlossen. Als Signalscheiben dienen z. B. die Konstruktionen Abb. 60 und 61. Sobald der Anker sich gegen den Elektromagneten bewegt, wird eine Klappe frei, die herabsinkt und entweder selbst eine Nummer trägt, oder eine solche durch das Herabfallen sichtbar macht.

### Stromschließer

Für Haustelegraphenzwecke dient gewöhnlich ein Druckknopf, wie er in den Abbildungen 62 und 63 dargestellt ist. Die Grundplatte *A* ist an den beiden Löchern *a* und *b* (vgl. Abb. 63) an der Wand befestigt. Die Drähte *c* *d* führen zu den beiden Kontaktfedern *f* *f*<sub>1</sub>. Ein Druck auf den Knopf *K* (Abb. 63) bringt die beiden gebogenen Kontaktfedern in Berührung und schließt den Strom. Dem gleichen Zwecke dienen die beiden in den Abb. 64 und 65 dargestellten Taster, die jedoch keine Schutzkappe haben.

Um den Strom dauernd zu unterbrechen oder zu schließen, benützt man entweder den Stöpselschalter Abb. 66 oder den Kurbelschalter Abb. 67. Zum Umschalten auf einen anderen Stromkreis dient der Kurbelumschalter Abb. 68.

Sehr verschieden ist auch die Einrichtung der Sicherheitskontakte. Als Tretkontakt dient z. B. der Druckknopf Abb. 69. Abb. 70 zeigt einen sogenannten Rollenkontakt, der ebenso wie die sogenannten Streichkontakte (Abb. 71) durch das Öffnen der Tür geschlossen wird. Der Sicherheitskontakt Abb. 72 wird ebenfalls in den hinteren Tür- oder Fensterfalz eingelassen. Sobald die Tür oder das Fenster auch nur eine Kleinigkeit geöffnet wird, schließt sich der Kontakt, und die Klingel ertönt.

### Telephoneinrichtung

Jede Fernsprecheinrichtung enthält ein Mikrophon zum Sprechen, ein Telefon zum Hören, eine Glocke zum Anrufen und einen Signalgeber mit Batterie und Druckknopf oder Induktor. Für größere Entfernungen ist auch noch ein kleiner Transformator in Gestalt einer Induktionsspule in den Mikrophon-Stromkreis eingeschaltet. Das Mikrophon enthält einen Kohlenkontakt, welcher entsprechend den gesprochenen Worten Stromschwankungen erzeugt. Diese pflanzen sich auf den Leitungen fort und erzeugen im Empfangsapparate (Telephon) magnetische Schwankungen, welche eine Membrane bewegen, die durch ihre, jenen Stromschwankungen entsprechenden Schwingungen das gesprochene Wort wiedergibt.

Die hierher gehörigen Einrichtungen sind sehr verschieden, so daß wir sie hier nicht alle beschreiben können. Eine Telephonstation für größere Entfernungen mit Induktoranruf zeigt Abb. 73. Die Einrichtung dürfte ohne weiteres nach dem Gesagten verständlich sein, besonders da wir verschiedene ihrer Teile bereits kennen gelernt haben. Sehr wichtig ist die Kenntnis der Verbindungen (Schaltung) solcher Apparate, über die beispielsweise Abb. 74 eingehende Auskunft gibt, die im folgenden beschrieben ist.

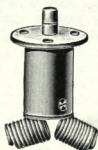


Abb. 69



Abb. 72



Abb. 70

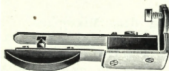


Abb. 71

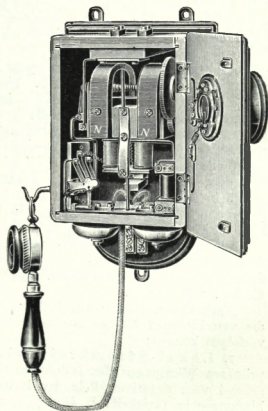


Abb. 73

### Schaltung eines Telephonapparates der deutschen Reichspost-Verwaltung

Die Schaltung Abb. 74 ist lediglich schematisch gehalten und die einzelnen Apparate sind dementsprechend auch nur angedeutet, damit die Leitungsverbindungen, die innerhalb des Apparates verlaufen, um so deutlicher verfolgt werden können.

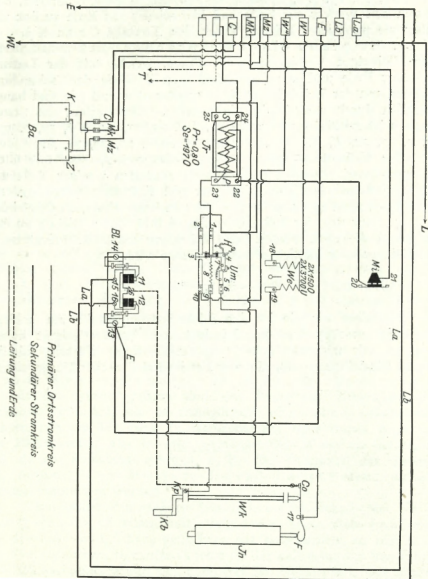
Die auf dem Schaltungsschema links angebrachten Verbindungsklemmen sitzen bei dem Telephonapparate links am Kasten und tragen entsprechend den an ihnen befestigten Leitungen Buchstaben. Die beiden oberen Klemmen dienen für die Leitung. *L a* ist die Luftleitung, *L b* dient als Erdleitung; an diese wird jedoch nach Einführung des Doppelleitungs-Systems anstelle der Erde die zweite Leitung geschaltet. *W'* und *W''* sind die Verbindungen für den Wecker *W e*; *M z*, *M k* sind die Batterieverbindungen für das Mikrophon. *C* dient lediglich als Kontrolle für das Vermittlungsamt, das beim Anlegen des Telefons schwachen Strom aus dem einen Elemente der Batterie *B a* erhält und auf diese Weise an dem Knacken der Telephon-Membrane ermitteln kann, ob der betreffende Teilnehmer bereits sein Telephon an den Haken *H* gehängt hat oder ob er noch im Sprechen begriffen ist. In der Mitte oben ist das Mikrophon *M i* angedeutet, darunter der Wecker *W e*. In der Mitte der Schaltung sieht man den Umschalter *U m*, links davon die Induktionsrolle *J r* mit den angedeuteten primären Wicklungen *P* und den sekundären Wicklungen *S*. Links unten steht die Batterie, aus zwei Elementen bestehend. Beim Sprechen wirken beide Elemente, während bei der Kontrolle nur das rechts stehende Element gebraucht wird. In der Mitte unten sehen wir den Blitzableiter *B l* und auf der rechten Seite den Wechselstrom-Induktor zum Anrufen. Die Welle *W k* mit der Kurbel *K b* ist in einem gemeinsamen Lager mit dem Induktions-Anker *J n* angebracht. Das ganze Lagergestell hat eine Verbindung mit der Schraube *K p*. In der Ruhestellung drückt die Welle *W k* mit der Spitze gegen die oben befindliche Feder und hebt den Kontakt *C o* von der Kontaktschraube ab.

Die Wicklungen am Induktions-Anker *J n* sind einerseits mit dem Körper bezw. mit dem Ankerkörper verschraubt, wogegen das andere Ende der Wicklung, durch die Welle isoliert, ständig die Feder *F* berührt.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen wird man die nun für die verschiedenen Zwecke anzugebenden Stromläufe ohne weiteres verfolgen können:

1. **Lokal-Stromkreis** zwischen dem Mikrophon, den primären Wicklungen der Induktionsrolle und der Batterie. Ausgehend vom negativen Pole der Batterie kommen folgende Verbindungen in Tätigkeit: *Z*, *M z*, *9*, *8*, *1*, *23*, *22*, *20*, *21*, *M k* + *K*, negativer Pol des linken Elementes, positiver Pol des rechten Elementes.

2. Anrufen von einer anderen Sprechstelle durch den Wechselstrom-Induktor. Der Strom kommt von der anderen Station durch die Leitung  $L$ , geht über die Leitungsklemmen  $L a$  nach 15, 11, 14,  $K p$ , 17, 6, 5, 4, 3, 10 (der Hebel des Umschalters ist nach rechts gedrückt, weil beim Anrufe der Hörer



noch in dem Haken  $H$  hängt),  $W^2$ ,  $W^1$ , 18, durch die Windungen des Weckers zur Klemme 19 und von hier aus über 13 zur Erde und durch die Erde nach  $b$ , also zur Erdplatte der anrufenden Sprechstelle.

3. Anrufen in einer anderen Sprechstelle. Die Kurbel  $Kb$  des Wechselstrom-Induktors wird gedreht, wodurch die Welle  $Wk$  von selbst ein wenig zurückgezogen wird, so daß der Kontakt  $Co$  geschlossen wird. Der in den Windungen des Induktor-Ankers  $Jn$  entstehende Strom hat dann folgenden Weg:  $Kp$ , 14, 11, 15,  $La$ , Sprechstelle des angerufenen Teilhabers, dort durch den Wecker zur Erde und hier wieder zur Erde zurück und über die punktierte Leitung durch den Kontakt  $Co$  zu  $Kp$ .

4. Empfang eines Gespräches. Es kommen hierbei nur diejenigen Verbindungen in Frage, welche mit der Leitung, mit der Erde und mit den Telephonen  $T$  sowie den sekundären Windungen der Induktionsspule  $Jr$  verbunden sind (sie sind hauptsächlich durch volle Linien dargestellt). Der Verlauf des Stromkreises ist mithin der folgende:  $L$ ,  $La$ , 15, 11, 14,  $Kp$ , 17, 6, 5, 4, 3, 2, 25, 24,  $T$ ,  $C$ , —  $Z$ ,  $Mg$ , 10,  $W^2$ ,  $W^1$ , 18, 19, 13,  $E$ .

Die Teilnehmer-Apparate von Fernsprech-Ämtern mit Glühlampen-Anruf (Zentralbatteriesystem) enthalten weniger Teile und haben infolgedessen auch eine sehr viel einfachere Schaltung. Es ist jedoch nicht nötig, auch diese hier zu beschreiben, da dergleichen Anlagen nur von der Reichspost eingerichtet und betrieben werden, während die oben beschriebene Schaltung auch für Privatzwecke in gleicher oder ähnlicher Weise benutzt wird.

\* \* \*

Nachdem wir die in der Schwachstromtechnik am meisten gebrauchten Apparate und Einrichtungen kennen gelernt haben, wenden wir uns nun dem Hauptthema dieses Werkes, nämlich jenen Einrichtungen zu, die zum Betriebe elektrischer Uhren dienen.

## V. 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, Böhmeyer, 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, David Perret 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 aufgetauchten Konstruktionen beschreiben, sondern wir dürfen uns damit begnügen, einige charakteristische, eingeführte Systeme herauszugreifen und darzustellen, deren Kenntnis es dem Uhrmacher ermöglichen wird, sich in der Folge auch in andere Systeme hineinzufinden.

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

Übersicht 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) Signalehren. —

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 Polwechselfs) entnommen, oder man gebraucht zur Stromerzeugung (wie dies z. B. die Gesellschaft „Magna“ 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 elektrisch 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 Federzuguhren 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).

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 Person 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 wollen, seien einige allgemeine Bemerkungen über das Pendel und dessen Antrieb angebracht.

## Das Pendel und dessen Antrieb

Die alte Technik des mechanischen Antriebes der Uhren ist mit mancherlei Mängeln 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 Übelstände führen zu ungenauer Zeithaltung.

Da bei Zunahme oder Abnahme der bewegenden Kraft der Hemmungen die Schwingungsweite von Präzisionspendeln derart beeinflußt wird, daß die Änderung 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-Pendeluhrn 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 beschreiben; wir wollen daher nur das Nickelstahlpendel näher betrachten, da es auch in elektrischen Uhren zweiter Güte viel verwendet wird, sowie die beiden vollkommensten Pendeluhr-Hemmungen, die wir heute besitzen: die von Dr. S. Riefler und die von Prof. L. Strasser.

---

\*) Vgl. 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-Pendeluhrn und Zeitdienstanlagen für Sternwarten.“ Von Dr. S. Riefler, München.

### Das Nickelstahl-Kompensationspendel

Dr. Ch. Ed. Guillaume, Mitglied des Direktoriums des Internationalen Maß- und Gewichts-bureaus zu Sèvres 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 Herrn Dr. S. Riefler (Mitinhaber der Firma Clemens Riefler in München) veranlaßt, den Nickelstahl zur Herstellung von Uhrenpendeln zu benützen. Versuche haben dann ergeben, daß diese Legierung bei geeigneter Herstellung der Stäbe hierzu in der Tat sehr geeignet ist. Um die ungleiche Spannung im Materiale, wie es von dem Hüttenwerke bezogen wird, zu beseitigen, werden die Pendelstäbe, nachdem sie bearbeitet und mit Gewinde versehen sind, mehrere Wochen hindurch einem besonderen Abkühlungsprozesse unterworfen. Die Stäbe erhalten zunächst eine Temperatur von etwa  $180^{\circ}$ , 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 Nachwirkungen) erkennen.

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

Das von der Firma Riefler hergestellte Nickelstahl-Kompensationspendel (Abb. 75, D. R. P. Nr. 100 870) besteht aus: einem 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 Kompensationsrohren  $C$  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 Kompensationsrohr  $C_1$  unterstützt wird, befindet sich genau im Mittelpunkt 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 Pendelstäbe nicht immer die gleiche Ausdehnung; die Kompensationswirkung des Pendels muß daher innerhalb verhältnismäßig bedeutender Grenzen verändert werden können. Dies kann durch einfache Verlängerung oder Verkürzung der Kompensations-

rohre 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 Stellmutter ist als Flachgewinde ausgebildet, das bei Sekundenpendeln mit 14 mm dickem Pendelstabe 1 mm Steigung erhält. Auch die Stellmutter 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 Änderung 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 benutzt, um ein Verdrehen des Pendels und damit eine Verletzung der Pendelfeder zu verhindern.

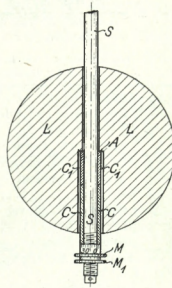


Abb. 75  
Nickelstahlpendel von Riefler



Auf Grund der Ausdehnungskoeffizienten der Stäbe, die im Internationalen Maß- und Gewichtsbureau zu Sévres und von der Kaiserlichen 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 Kompensations-Konstanten 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 Tem- peratur- 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 . . . . . Sternw. Upsala	— 0,0350 — 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	Dencker Nr. 12 . . . . . Sternw. Leipzig	— 0,0160	22°	R. Schumann, Ber. d. k. S. Gesellsch. d. Wiss., 1888
8	Hipp . . . . . Sternw. Neuchâtel (von 1885 bis 1887) Desgl. . . . . (von 1888 bis 1890)	+ 0,0610 — 0,0049	— 16,5°	Hirsch, Rapport général sur l'obser- vatoire de Neu- châtel
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. Mün- chen 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 Aneroidbarometer bewerkstelligt wird), ist noch eine weitere kleine Änderung 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  $\pm 0,005$  Sekunden täglich für  $1^{\circ}$  C.

### Nickelstahl-Kompensationspendel

Anzahl der Pendel- schwingungen i. d. Minute	Pendellänge		Gewicht des Pendels	Linsen				Tägl. Gang- änderung durch die Regulier- mutter		Abstand der Zulage- gewichte-Teilers v. d. Schwingungsschne
	mathe- matische	wirk- liche		Form	Material	Durch- messer	Dicke	Rotation 1 Sek.	Unter all- er Teiler der Teilung Sek.	
cm	cm	kg			cm	cm			cm	
60 (Sekunden pendel)	99,4	119	7,35	Doppel- Kegel, Spitze ab- geflacht	Messing vernick.	18	6	40	0,4	49,7
60 (Sekunden- pendel)	99,4	118	7	Zylinder	Messing vergoldet	8 Zyl.- Durch- messer	16 Zyl.- Länge	40	0,4	27
60 (Sekunden- pendel)	99,4	119	13,1	Doppel- Kegel, Spitze ab- geflacht	Gußeisen vernick.	23	8,5	40	0,4	49,7
60 (Sekunden- pendel)	99,4	119	6,3	Linse	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)	44,2	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  $\pm 0,02$  Sekunden für  $1^{\circ}$  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 (Schwingungsachse) 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 Änderungen der Kompensationswirkung vorzunehmen.\*)

### 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 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. 76) 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-Pendeluhrn und Zeitdienstanlagen für Sternwarten“ enthalten. Es sei nur noch erwähnt, daß die Stahlschneiden *cc* sich auf zwei wagrechte Steine *SS* stützen, die auf

\*) 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 von Wilhelm Diebener, Leipzig 1905).

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. 76 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

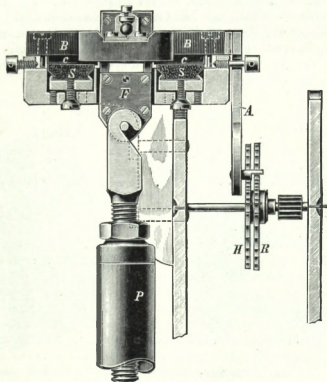


Abb. 76  
Pendeluhr-Hemmung von Riefler

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 Riefflerschen 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 Riefflerschen, gibt dem Pendel ebenfalls in der Mittellage den Antrieb, gestattet dessen freies Ausschlagen und ist unabhängig von dem Zustande des Öles. Das Pendel bleibt an den Umkehrpunkten seiner Schwingung vollständig unbeeinflusst.

Abb. 77 zeigt die Hemmung in Verbindung mit dem Pendel. Dieses hängt an den beiden mittleren Federn  $f$ . Die beiden äußeren, der Pendelfeder gleichen Federn  $f^1$  dienen zum Antreiben des Pendels. Ihr Bügel trägt oben ein Näpfchen  $n$  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 bevor es in seine Mittellage kommt, 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. Während der Auslösung und der darauffolgenden Drehung des Gangrades hat sich das Pendel noch ein Stück weiterbewegt, so daß es den Antrieb so gut wie genau in der Mittellage, also in der hierzu günstigsten Stellung empfängt. — Die Kopfschraube  $i$  dient zum Feststellen des Rahmens und des Ankers beim Transport der Uhr.

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

## 1. Elektrische Einzeluhren

### a) Elektromagnetische Triebkraft

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 ge-

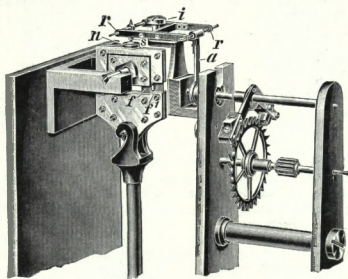


Abb. 77

Pendeluhr-Hemmung von Strasser

dachten Zweck geeignet erschienen; man konnte 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.

### System M. Hipp

Wohl der erste, der eine sehr gute selbständige Einzeluhr geschaffen hat, war Dr. M. Hipp. Er gab seiner elektrischen Uhr (Abb. 78 und 79) folgende Einrichtung:

Ein sorgfältig kompensiertes Pendel für ganze oder halbe Sekunden wird durch einen Elektromagneten ständig im Betrieb erhalten. Etwa in der Mitte der zweiständigen 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. 79). 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.

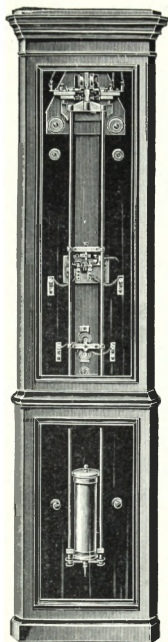


Abb. 78  
Pendeluhr von Hipp  
im Holzgehäuse

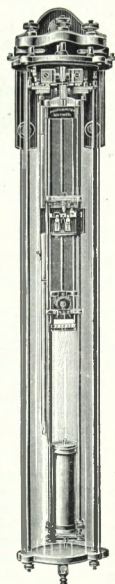


Abb. 79  
Pendeluhr von Hipp  
in luftleerem Glaszylinder

### System H. Aron

Die erste Konstruktion von Aron ist sehr einfacher Art. Sie ist in Abb. 80 dargestellt. Zum Betriebe eines 2 kg schweren Pendels dient ein kleiner Elektromagnet, der den Strom von einem galvanischen Elemente 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 Öffnen des Stromkreises entstehenden Induktionsströme die Stanniolzwischenlage wie eine Leidener Flasche laden, wodurch die Funkenbildung an der Unterbrechungsstelle verhindert wird. Eine solche Uhr hat Verfasser seit zwanzig Jahren in unausgesetztem Betriebe; sie zeigt, solange das galvanische Element noch nicht stark entladen ist, die Zeit mit genügender Genauigkeit an.

Ein gutes Trockenelement mittlerer Größe zum Preise von 2 bis 2,50 Mark 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.

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. 80 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 waagrechten 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*<sub>1</sub> drückt, wodurch der Kontakt *c* 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*<sub>1</sub> in der Weise, daß beim Einschieben des Uhrwerkes in den Stuhl am Gehäuse senkrecht abgegebene 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 Sperrrad *H* auch nur um einen Zahn gedreht wird

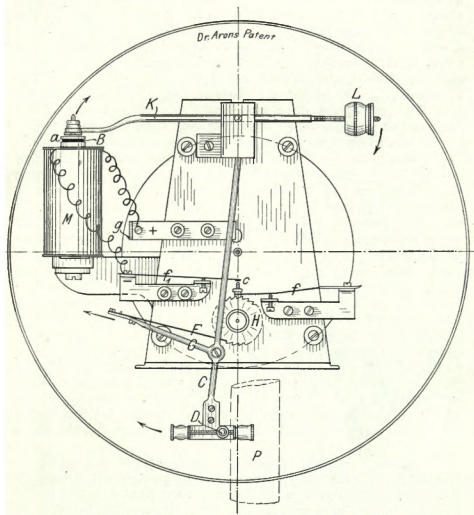


Abb. 80  
Elektrisches Pendel-Gehwerk von H. Aron

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 Milliampere, wird jedoch zufolge des sehr kurzen Stromschlusses und der Selbstinduktion der Elektromagnetspulen auf nur 7 Milliampere durchschnittlich herabgemindert. Der in einem Tage verbrauchte Strom beträgt also 0,042 oder in einem Jahre 15,33 Amperestunden. 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 Milliampere 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 Elementen pflegt monatelang eine fast gleichbleibende Spannung vorhanden zu sein. Sehr viel besser eignen sich für den Betrieb dieser Uhr die schon früher beschriebenen „Wedekind-Elemente“. Sie haben eine sehr hohe Kapazität und sehr lange Zeit gleich bleibende 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 Kuperoxydes, 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.

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 Ölen 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.

#### System Heinrich Cohen jun.

Der Antrieb bei dieser interessanten Konstruktion der Uhrenfabrik Heinrich Cohen jun. in München erfolgt durch einen auf der Welle der Pendelhemmung angebrachten eisernen Anker, der durch einen polarisierten Elektromagneten um seine Mittelachse auf- und abbewegt wird. Dieser erhält Gleichstrom wechselnder Richtung durch eine von dem Magnetanker bewegte Kontaktvorrichtung, welche gleichzeitig durch eine Kontaktzunge dem völlig frei schwingenden Pendel den erforderlichen Antrieb gibt. Der schwingende Magnetanker bewegt gleichzeitig den Hemmungs-Anker (Graham-Anker), der bei jeder Schwingung das Gangrad um einen Zahn weiterschaltet.

Abb. 81 (Tafel I) gibt die hintere Ansicht des Kontaktwerkes und Abb. 82 (Tafel I) eine Seitenansicht, in der die Kontaktteile der Deutlichkeit wegen teilweise fortgelassen sind. Die Kontaktvorrichtung der Hauptuhr kann gleichzeitig zum Betriebe eines polarisierten Relais dienen, das Gleichstrom wechselnder Richtung für den Betrieb von Nebenuhren gibt. Der Entwurf stammt von Herrn Friedrich Testorf.

Auf der hinteren Gestellplatte *L* ist der Stahlmagnet *M* mit dem Elektromagneten *N S* befestigt, zwischen dessen eingekerbten

Eisenkernen der vom Stahlmagneten polarisierte eiserne Anker  $A$  schwingt. An der Gestellplatte  $K$  ist an dem isolierten Träger  $T$  durch die beiden Federn  $D_1$  und  $D_2$  die Zunge  $Z$  und durch die Pendelfeder  $F$  das Pendel  $P$  befestigt. Bei jeder Pendelschwingung gibt die Zunge  $Z$  abwechselnd an den Federn 6 und 8 Kontakt, und hierdurch erhält das Pendel gleichzeitig einen Antrieb. Die Drahtspulen des polarisierten Elektromagneten sind zwischen den Punkten 15 und 19 parallel verbunden. Es soll jedoch später Reihenschaltung der Spulen angewendet werden, so daß die Wicklung 250 Ohm Widerstand erhält.

Der Stromlauf einer solchen Hauptuhr mit Relais ( $W$ ) und Nachstell-Vorrichtung ( $T$ ) ist in Abb. 83 dargestellt. Die Kontaktteile der Hauptuhr haben in Abb. 81 und 82 die gleichen Ziffern wie in dem Schaltungsschema Abb. 83. Der Stromlauf für die Betätigung der Uhr ist folgender: Die Batterie für den Betrieb der Hauptuhr ist zwischen die Klemmen 1 und 2 geschaltet und hat in der Mitte zwischen  $E_1$  und  $E_2$  noch eine Verbindung zu Punkt 15. Von den Klemmen 1 und 2 führen zwei biegsame Leitungen zu den beiden im Anker  $A$  isolierten Kontakzapfen 3 und 4, die bei ihrer Auf- und Abbewegung die Kontaktfedern 5 und 6 bzw. 7 und 8 berühren und anheben oder beim Herabgehen freilassen. Die Kontaktfedern sind an isolierten Platten durch die Füße 25 und 26 befestigt, haben also mit dem übrigen Uhrwerke keine Stromverbindung. Ein Stromschluß erfolgt nur dann, wenn die Zunge  $Z$  einen der beiden Kontaktfederköpfe (6 oder 8) berührt, sofern dieser mit dem zugehörigen Kontakzapfen (3 oder 4) derart in leitender Verbindung steht, wie dies in Abb. 83 zwischen 4 und 8 der Fall ist. Schwingt die Zunge  $Z$  nach rechts, so berührt sie schließlich den Federkopf 8. Dadurch wird folgender Stromkreis geschlossen:  $Z$ , 8, 7, 4, 2,  $E_2$ , 15, 14, 12, 19, 20,  $Z$ , der den Magnetpol  $O_2$  (Abb. 81 und 82) erregt. Dieser bewegt den über ihm stehenden Ankerarm, wodurch der Kontaktstift 4 sinkt und gleichzeitig die Federn 7 und 8 herabschwingen, wobei die Zunge  $Z$  bis über ihre Mittellage zurückgedrängt wird. Die auf diese Weise bewerkstelligte Spannung der Federn  $D_1$  und  $D_2$  ersetzt dem Pendel die durch die Wirkung schädlicher Widerstände verloren gegangene lebendige Kraft, d. h. sie gibt ihm je den erforderlichen neuen Antrieb. Gleichzeitig wird aber der Kontakt auf dieser Seite (bei 4 in Abb. 82) unterbrochen. Beim Hinüberschwingen der Zunge  $Z$  aber wird auf der anderen Seite, auf der einen Augenblick vorher durch Hebung des Kontaktstiftes 3 die Federn 5 und 6 hochgedrückt wurden, in der gleichen Weise ein Stromkreis geschlossen, der den Weg  $Z$ , 6, 5, 3, 1,  $E_1$ , 15, 13, 11, 19, 20,  $Z$  nimmt. Dieser erregt den anderen Pol ( $O_1$ ) des Elektromagneten, der den Anker auf dieser Seite herabbewegt, und so fort. Es erfolgt also bei jeder Schwingung des Pendels ein Stromschluß bzw. ein neuer Antrieb.



Das Relais *W* zum Betriebe der Nebenuhren *N* enthält ein gleiches Elektromagnetsystem wie die Hauptuhr. Der hin- und herschwingende Elektromagnet-Anker bewegt ein Gangrad, auf dessen Welle auch ein sich drehender Stromwender angebracht ist. Dieser besteht aus zwei halbkreisförmigen Zylindern 41 und 42, auf denen die Federn 30 und 40, die mit der Batterie *B* in Verbindung stehen, schleifen. Bei jedem halben Umgange des Gangrades kommen die Stifte 43 und 44 mit den Federn 45 und 46 in Berührung und geben somit Strom wechselnder Richtung nach den Nebenuhren *N*. Der Elektromagnet des Relais ist mit seinen Drahtspulen parallel zwischen den Punkten 47 und 48 eingeschaltet; er bekommt daher Strom von der Hauptuhr. — Zum Nachstellen der Nebenuhren dient der Handschalter *T*. Die Kurbel 54, die sich um die Welle 55 dreht, wird von Hand bewegt und bringt die Federn 58 und 59 rechts und links in Kontakt.

Die Uhr verlangt zu ihrem Betriebe für jede Pendelschwingung einen Batterieschluß. Die Stromstärke ist zufolge der Anwendung eines polarisierten Elektromagneten sehr gering; sie beträgt etwa 7 Milliampère. Der gleichmäßige Gang der Uhr ist trotzdem erreicht, und zwar dadurch, daß das Fortschreiten des Zeigerwerkes nicht von der Stromstärke bzw. dem Magnetismus abhängig ist, sondern von der Bewegung des Magnetankers. Solange also die Kraft der Batterie genügt, den Anker zu bewegen, geht die Uhr gleichmäßig.

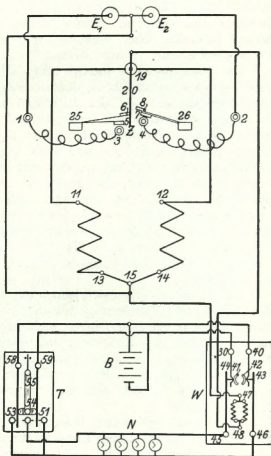


Abb. 83

Die bisher besprochenen Uhren bedürfen für den Antrieb des Pendels insofern einer erheblichen Kraft, als die Batterie in sehr kurzen Zwischenräumen beansprucht wird. Die Uhr von Hipp braucht nach fünf bis zehn Pendelschwingungen einen Stromschluß, während die erste Uhr von H. Aron bei jeder Schwingung Kontakt machte. Diese Uhren bedürfen also sehr leistungsfähiger Elemente, und infolgedessen ist man besonders bei den Uhren von Hipp genötigt, nasse Zink-Kupfer-Elemente, Alkali-Elemente oder Akkumulatoren anzuwenden. Solche Elemente bedürfen aber immerhin einiger fachmännischer Wartung, und man konnte sie daher für Privatzwecke kaum gebrauchen.

Die Konstrukteure hatten also die Aufgabe, die elektrischen Einzeluhren so einzurichten, daß sie möglichst unabhängig von der veränderlichen Energie der Elemente sind und möglichst wenig Kraft beanspruchen. Seit man gute und wirksame Trockenelemente besitzt, war es möglich, solche Uhren herzustellen. Durch langjährige praktische Studien und nach Ansammeln sehr weitgehender Erfahrungen ist es gelungen, den Antrieb der elektrischen Einzeluhren so zu gestalten, daß in Pausen von fünf bis zehn Minuten ein kurzer Kontakt von ungefähr einer zehntel Sekunde Dauer erforderlich ist. Läßt die Kraft der Elemente nach, so ist der Betrieb der Uhr noch nicht gestört, sondern der Kontakt erfolgt in kürzeren Pausen, und zwar solange, als die Kraft der Elemente überhaupt noch hinreicht, den Elektromagneten für das Anspannen der Feder zu betätigen.

Diese Studien haben sich jedoch nicht allein auf die Verringerung der Triebkraft, Verkürzung des Stromschlusses u. dgl. erstreckt, sondern es war vor allen Dingen auch erforderlich, die Konstruktion und Wicklung der Elektromagnete eingehend zu erforschen und Kontakte herzustellen, die störungs- und funkenfrei arbeiten. Hierzu kam noch die Notwendigkeit der Ermittlung der geeigneten Schwere und Länge des Pendels und die Konstruktion und Berechnung des Räderwerkes.

Diese Angaben dürften jedem Fachmanne zeigen, daß die Herstellung elektrischer Uhren keine so einfache Sache ist; sie erfordert sehr viel Arbeit, Zeit und auch Aufwand an Mitteln. Viele Uhrmacher sind leicht geneigt, solche mühevollen Konstruktionen selber auszuführen, indem sie entweder eigne Ideen verfolgen oder vorhandene Konstruktionen nachbauen wollen. Es dürfte daher hier nicht überflüssig sein, von der Selbstanfertigung elektrischer Uhren im allgemeinen abzuraten. Jede Änderung oder Abweichung bei einer bestimmten Konstruktion bedingt gewöhnlich eine mehr oder weniger vollständig neue Umarbeitung der Einrichtung und verursacht damit Zeitverluste und Kosten. Die selbst angefertigte Uhr ist mithin gewöhnlich sehr viel teurer als eine gute gekaufte, vorausgesetzt, daß sie überhaupt brauchbar ist.

## 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

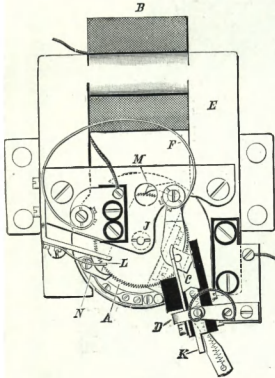


Abb. 84

Elektrischer Federaufzug von H. Aron

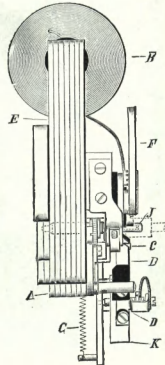


Abb. 85

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 Übel alsbald abgeholfen, und später wurde der Aufzug auch für den Betrieb von Uhren verwendet.

In den Abbildungen 84 und 85 ist dieser Aufzug dargestellt. Der Elektromagnet *E* hat einen hufeisenförmigen Kern aus einzelnen Eisenblechen. Auf seinem mittleren Teile befindet sich eine Draht-

spule 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 75 bis 150 Ohm, für den Anschluß an Elektrizitätswerke bei Spannungen bis 110 Volt etwa 1250 Ohm; bei höheren Spannungen werden entsprechende Widerstände vorgeschaltet.

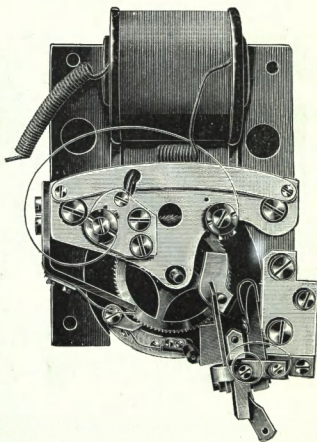


Abb. 86

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 Klinken *N* (Abb. 84) 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 Feder *G* (Abb. 85) 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 Feder *F* von neuem spannt. Das Sperrad kann diese Bewegung des Ankers nicht mitmachen, weil es gegen Rückgang durch die Gegen-sperrklinke *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. 86 wird die Einrichtung noch deutlicher veranschaulichen.

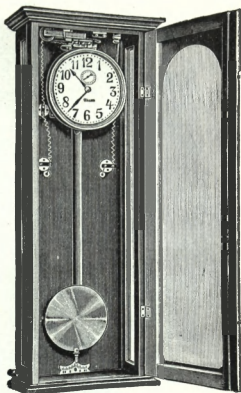


Abb. 87

Elektrische Zimmeruhr mit Fefcraufzug von H. Aron

Die Abb. 87 zeigt die Unterbringung der Aufzugvorrichtung im Gehäuse einer Zimmeruhr. Der Elektromagnet ist an die Decke des Gehäuses fest angeschraubt. Die Abb. 88 zeigt uns die Anordnung der Aufziehvorrchtung sowie der übrigen Teile bei einer Aronschen Rundrahmenuhr. —

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

## System Max Möller

### 1. Elektrisches Gehwerk

Bei dem System der Firma Max Möller in Berlin wird die (auf die Minutenwelle wirkende) Triebkraft für eine Pendel- oder Unruh-Uhr durch eine 5 cm lange, eng gewundene, gehärtete Schraubenfeder aus Stahldraht geliefert, die durch einen Elektro-

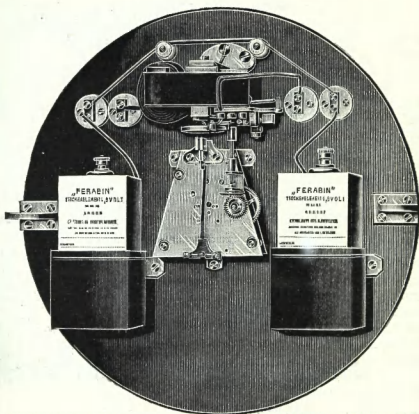


Abb. 88

Rundrahmenuhr mit elektrischem Federaufzug von H. Aron

magneten in Zeitintervallen von etwa fünf bis zehn Minuten immer von neuem gespannt wird.

In Abb. 89 ist das Uhrwerk in perspektivischer Ansicht dargestellt, und Abb. 90 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 Pol-

schuhe (Stellung wie in Abb. 91). 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 Angriffspunktes) 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.

In diesem Augenblicke dreht der Elektromagnet den Anker. Dieser nimmt den auf seiner Achse sitzenden schrägen Kontakthebel mit dem Kontaktstifte mit, der nun zwischen dem Isolierplättchen 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 angebrachter Sperrkegel entlanggleitet, während ein zweiter Sperrhaken das Rückwärtsdrehen der Minutenwelle verhindert. Der Anker nimmt also

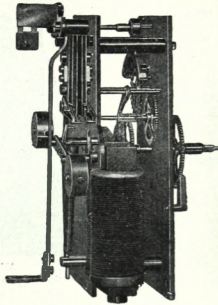


Abb. 89  
Elektrisches Gehwerk von Max Möller



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.

Der Energieverbrauch und das Verhalten der zum Betriebe erforderlichen beiden Trockenelemente geht aus einer durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg vorgenommenen Prüfung hervor, bei der festgestellt wurde:

1. die von den Elementen abgegebene Elektrizitätsmenge für die Dauer eines Kontaktes,
2. das Zeitintervall zwischen zwei aufeinander folgenden Kontakten,

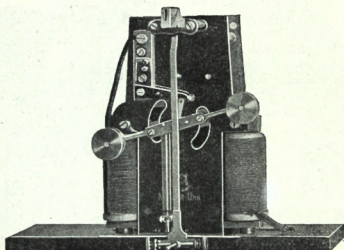


Abb. 90

Elektrisches Gehwerk von Max Möller (Rückansicht)

3. die Änderung der Spannung der Trockenelemente im Laufe der Zeit.

Die Uhr wurde am 5. Februar 1902, mittags 12 Uhr in Betrieb gesetzt.

Zu 1. Die für jeden Stromschluß abgegebene Elektrizitätsmenge wurde mittels eines ballistischen Galvanometers bestimmt durch Vergleich mit einem Kondensator von bekannter Kapazität. Die Beobachtungen erfolgten am 27. März und am 3. April 1902. Dabei wurde die abgegebene Elektrizitätsmenge für einen Stromschluß im Mittel zu 0,017 Ampere-Sekunden gefunden.

Zu 2. Die Bestimmung der Größe des Zeitintervalles zwischen zwei aufeinander folgenden Kontakten durch Vergleichung mit einer mit Sekundenzeiger versehenen Uhr lieferte die folgenden Ergebnisse:

Datum	Im Mittel aus	ist das Zeitintervall zwischen zwei Stromschlüssen	mit Abweichungen bis zu
13. Febr. 1902	8 Beobachtungen	6 Min. 00 Sek.	6 Sekunden
14. „ „	6 „	6 „ 00 „	6 „
15. „ „	6 „	6 „ 05 „	2 „
3. April „	10 „	5 „ 21 „	3 „
23. „ „	5 „	5 „ 24 „	4 „
28. Juni „	—	5 „ 17 „	—
27. Septbr. „	—	5 „ 18 „	—
20. Oktbr. „	10 Beobachtungen	5 „ 07 „	31 Sekunden
12. März 1903	5 „	4 „ 40 „	5 „
16. „ „	3 „	4 „ 48 „	6 „

Zu 3. Die Änderung der Spannung der Elemente infolge der Stromabgabe für die Aufziehvorrichtung ist aus der nachstehenden Zusammenstellung ersichtlich. Die Spannung wurde jedesmal in dem Zeitintervalle zwischen zwei Stromschlüssen gemessen.

Tag	Stunde	Spannung von	
		Element 1	Element 2
5. Febr. 1902	12 Uhr mittags	Uhr in Betrieb gesetzt	
6. „ „	„	1,51 Volt	1,52 Volt
11. „ „	„	1,50 „	1,51 „
20. „ „	„	1,50 „	1,50 „
5. März „	„	1,48 „	1,48 „
24. „ „	„	1,47 „	1,46 „
23. April „	„	1,46 „	1,45 „
17. Mai „	„	1,45 „	1,45 „
17. Juni „	„	1,44 „	1,44 „
17. Juli „	„	1,43 „	1,43 „
17. Septbr. „	„	1,42 „	1,42 „
18. „ „	„	1,42 „	1,42 „
17. Januar 1903	„	1,41 „	1,42 „
16. März „	„	1,41 „	1,41 „

Beobachtungen über den Gang der Uhr wurden nicht angestellt. Durch den ununterbrochenen Betrieb während der Zeit von dreizehn Monaten hatten die Kontakte der Uhr keine wesentliche Abnutzung erlitten.

## 2. Elektrische Uhr mit Schlagwerk

Die Triebvorrichtung ist hier die gleiche wie die soeben beschriebene. Es ist nur die unwesentliche Abweichung vorhanden, daß der Elektromagnet des Gehwerkes über dem Uhrwerke liegt, wie Abb. 91 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 wagerechten Hebel mit den Gewichten *G* in seine tiefste Lage gezogen hat. Bei dieser Bewegung des Ankers *A* gleitet der Kontaktstift *S*

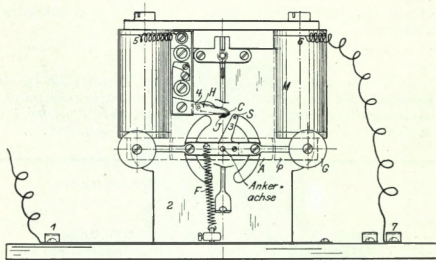


Abb. 91

Elektrisches Gehwerk der Schlaguhr von Max Möller

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. Die Ziffern 1 bis 7 bezeichnen den Stromweg, der beim Kontaktschlusse stattfindet. Danach nimmt der Strom, von der Batterie kommend, seinen Weg über 1 durch das Gestell 2 und die Ankerachse 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 wagerechte Lage. Zufolge 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.

Die Einrichtung des Schlagwerkes, das unter dem Zifferblatte auf der Gestellplatte sitzt, zeigt Abb. 92. 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.

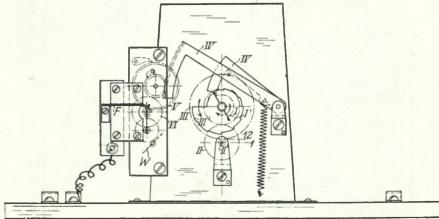


Abb. 92  
Elektrisches Schlagwerk von Max Möller

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

In Abb. 92 ist nur die Kontaktvorrichtung ohne den Hammer mit seinem Elektromagneten abgebildet. Die schematische Abb. 93 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

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

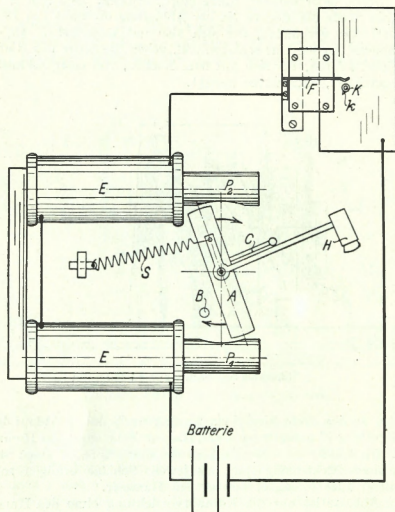


Abb. 93

Schaltungsschema zum elektrischen Schlagwerk von Max Möller

durch die Schraubenfeder *S* wieder zurückgezogen. Auf diese Weise ist ein weicher, ungedämpfter Schlag erzielt.

Je nachdem die Stundenstiege (*III'*) eine kleinere oder größere Bewegung des Rechens zuläßt, erfolgen weniger oder mehr Umgänge der (auch in Abb. 92 unter der Feder *F* sichtbaren) Kontaktwelle *K*.

Damit das Kontaktwerk beim Rückgange des Rechens in Ruhe bleibe, ist an dem Rechentriebe ein Gegengespierr angeordnet (vergl. Abb. 92).

Soll die Uhr nicht schlagen, so wird der Stromkreis einfach durch einen im Uhrgehäuse angebrachten Schalter dauernd unter-

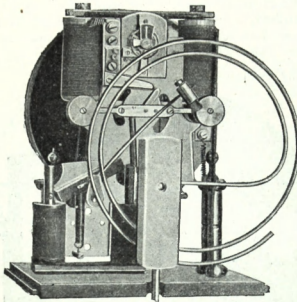


Abb. 94  
Elektrisches Schlagwerk von Max Möller

brochen. Nach dem Einrücken des Ausschalters schlägt die Uhr natürlich wieder richtig.

Abb. 93 zeigt das vollständige Werk einer elektrischen Schlaguhr, wie solche von der Firma Max Möller 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. 95 zeigt die photographische Aufnahme einer runden Uhr mit Ankergang. Die einzelnen Teile des elektrischen Triebwerkes sind in den Abb. 96 und 97 dargestellt.

Das Schaltrad *F* Abb. 96 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 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. 96 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  $F$  sperrkegelartig 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  $V_2$  ver-

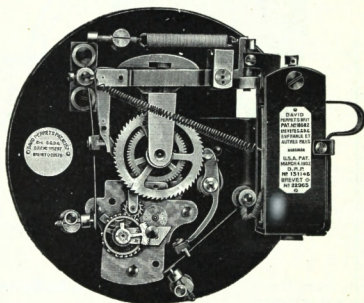


Abb. 95

Rundrahmenuhr mit elektrischem Federaufzug von David Perret

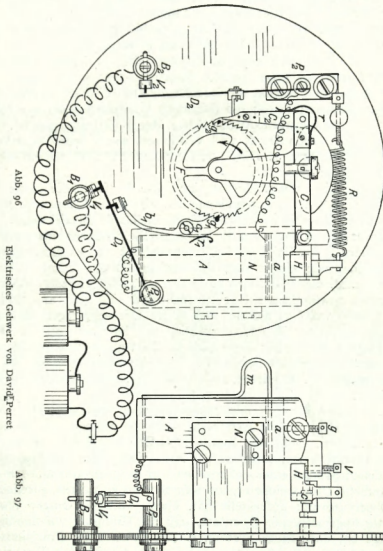
anlaßt wird. Die Klemmen  $B_1$  und  $B_2$  sind mit je einem Pole der Batterie verbunden.

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. 97) 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 Klinke  $C_1$  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 Klingen aus (vgl.  $D_1$  in Abb. 97), 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. 97 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 gleich bleibende 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 des Observatoriums, 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 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 Pendeluhrn, wie dies aus dem Atteste des gegenwärtigen Direktors des Observatoriums hervorgeht.

Einige Perrettsche Pendeluhrn gewöhnlicher Konstruktion, die vom Observatorium beobachtet wurden, ergaben gute Resultate. Wir lassen eine Gangtabelle, die noch von Dr. Hirsch unterzeichnet wurde, hier folgen:

### Gangtabelle

Die Uhr wurde täglich mittags mit der Sternzeit angehenden Uhr des Observatoriums zu Neuchâtel chronographisch verglichen

Datum	Täglicher Gang	Abweichung	Mittlere Temperatur
1900 Dezember 13. bis 14.	— 0,17		7,9 ° C
14. „ 15.	— 0,18	— 0,01	7,7
15. „ 16.	— 0,13	+ 0,05	7,6
16. „ 17.	— 0,23	— 0,10	7,5
17. „ 18.	— 0,32	— 0,09	7,3
18. „ 19.	— 0,26	+ 0,06	7,0
19. „ 20.	— 0,25	+ 0,01	7,1
20. „ 21.	— 0,35	— 0,10	6,8
21. „ 22.	— 0,24	+ 0,11	7,3
22. „ 23.	— 0,01	+ 0,23	7,1
23. „ 24.	+ 0,02	+ 0,03	7,4
24. „ 25.	+ 0,20	+ 0,18	7,8
25. „ 26.	+ 0,26	+ 0,06	7,5
26. „ 27.	+ 0,17	— 0,09	7,5
27. „ 28.	+ 0,39	+ 0,22	7,7
28. „ 29.	+ 0,33	— 0,06	7,6
29. „ 30.	+ 0,50	+ 0,17	7,9
30. „ 1.	+ 0,54	+ 0,04	7,8
1901 Januar 1. bis 2.	+ 0,82	+ 0,28	7,8
2. „ 3.	+ 0,83	+ 0,01	7,7
3. „ 4.	+ 0,85	+ 0,02	7,2
4. „ 5.	+ 0,89	+ 0,04	6,7
5. „ 6.	+ 0,86	— 0,03	6,2
6. „ 7.	+ 0,85	— 0,01	5,4
7. „ 8.	+ 0,77	— 0,08	5,0
8. „ 9.	+ 0,74	— 0,03	4,8
9. „ 10.	+ 0,68	— 0,06	4,6
10. „ 11.	+ 0,67	— 0,01	4,6
11. „ 12.	+ 0,74	+ 0,07	4,9
Mittlerer Gang	+ 0,32 Sek.		
Mittlere Abweichung	+ 0,08 „		
Gangdifferenz der ersten u. letzten Woche	+ 0,97 „		

### c) Elektrischer Gewichtaufzug

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  $60^\circ$  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 Kulisccka 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 chronométrique“, Jahrgang 1900.

#### Elektrische Uhr der Gesellschaft „Normal-Zeit“

Die elektrischen Einzeluhren der Firma Normal-Zeit, G. m. b. H. in Berlin, sind mit dem in Abb. 98 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 bügelförmigen eisernen Anker  $A$  umgeben ist. Zum Gewichtsausgleiche 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  $90^\circ$  gedreht, und dieser nimmt durch ein Sperrrad die Antriebswelle, um die er 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. 98 zeigt die hintere Seite des Werkes ohne den Regulier-Magneten. Die vordere Seite sehen wir in Abb. 99. Sie läßt den rechts oben schräg über dem Werke 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 und außerdem drei Stifte trägt. An dem bügelförmigen

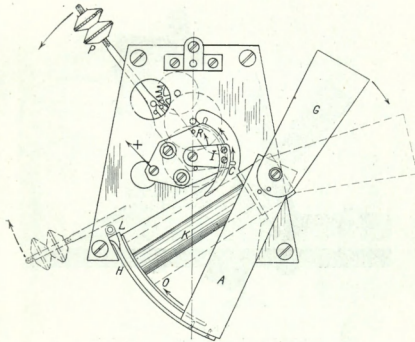


Abb. 98  
Aufzug-Vorrichtung der Gesellschaft „Normal-Zeit“

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. Zuzufolge 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

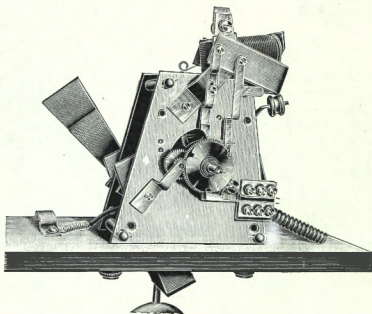


Abb. 99  
Elektrisches Uhrwerk der Gesellschaft „Normal-Zeit“

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 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 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 Gewichtsaufzug auch solche mit elektrischem Aufzuge. Bei letzteren ist der Pendelantrieb wesentlich gleichmäßiger, weil ihr Räderwerk eine weit geringere Übersetzung hat, die Kraftübertragung also weniger schädlich beeinflusst wird. Während ferner bei den Uhren mit gewöhnlichem Gewichtsaufzuge, da sie eine neunhundertfache Kraftübersetzung haben, ein Zuggewicht von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 kg erforderlich ist, genügt

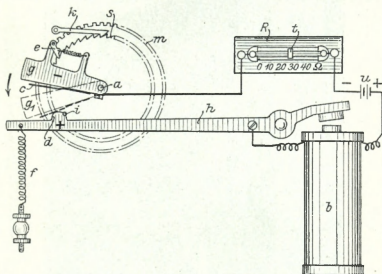


Abb. 100  
Elektrischer Aufzug von Riefler (Schema)

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. 100) 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 Gegengespeerr 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 Stellung *g*<sub>1</sub> gelangt so drückt er die auf

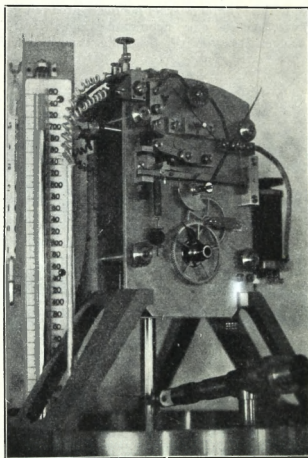


Abb. 101

Präzisions-Pendeluhrwerk mit elektrischem Gewichtaufzug von S. Riefler

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 Augenblicke angehoben und bringt das Gewicht *g* wieder in seine Anfangstellung, 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.<sup>1)</sup> 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

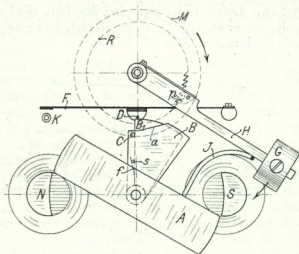


Abb. 102  
Aufziehvorrchtung von Karl Kohler

Kontakt wird alle zwei bis drei Jahre durch ein rauh gemachtes Stückchen Stahlblech (das die Firma in Form einer Feile jeder Uhr beigt) gereinigt. Schmirgelpapier darf hierzu nicht verwendet werden, weil die kleinen Körnchen sich im Metalle festsetzen und isolierend wirken könnten.

Abb. 101 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.

#### Aufziehvorrchtung von Karl Kohler

Die elektrischen Uhren der Firma Karl Kohler in Neustadt (Badischer Schwarzwald) haben die im folgenden be-

schriebene und in den Abbildungen 102 und 103 dargestellte Aufziehvorrichtung.

Der Antrieb wird durch den mit dem Gewichte  $G$  beschwerten Hebel  $H$  geliefert, der frei drehbar auf der Achse des Minutenrades  $M$  sitzt und mittels des Sperrkegels  $p$  in das mit der Minutenwelle fest verbundene Sperrrad  $R$  eingreift, mithin bei seinem Sinken das Minutenrad treibt. Dabei liegt er schließlich auf dem an seinem Ende rechtwinklig umgebogenen Drahtarme  $J$  auf. Dieser sitzt auf dem Anker  $A$ , der sich zwischen den Magnetpolen  $N$  und  $S$  um seine Mitte dreht.

Mit dem Anker  $A$  ist der isolierende Sektor  $B$  fest verbunden. Knapp unter diesem auf derselben Achse sitzt der gleichfalls isolierende Sektor  $B_1$ . Letzterer ist zwar frei drehbar, wird aber durch die Feder  $f$ , die an einem Stifte  $s$  der Gestellplatte angreift, stets gegen den auf  $B$  sitzenden Stift  $C$  gedrängt.

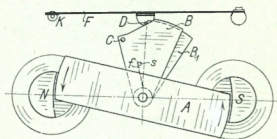


Abb. 103

$F$  ist eine breite, dreiteilige Kontaktfeder. Sie schließt im gegebenen Augenblicke durch Berühren des Kontaktstiftes  $K$  den Stromkreis, sobald nämlich ihr Stift  $D$  von der Ecke des Sektors  $B_1$  abfällt.

Abb. 102 zeigt die gegenseitige Lage der Teile kurz vor dem Kontaktschlusse. Der Antriebhebel  $H$  drückt am Ende seiner Abwärtsbewegung gegen den Bügel  $J$  und dreht infolgedessen den Anker  $A$  mit dem Sektor  $B_1$  rechts herum, so daß schließlich der Stift  $D$  von  $B_1$  abgleitet und die Feder  $F$  freigibt. Hierdurch entsteht Berührung zwischen der Feder  $F$  und dem Stifte  $K$ ; der Stromkreis ist somit an dieser Stelle geschlossen und der Elektromagnet  $NS$  in Wirkung gesetzt. Der Anker  $A$ , der hierdurch mit kräftigem Rucke nach links gedreht wird, schleudert mit Hilfe des Armes  $J$  den Antriebhebel  $H$  hoch, und die Uhr ist wieder für ungefähr zehn Minuten aufgezogen.

Gleichzeitig aber wird der Stromkreis wieder unterbrochen. Dies geschieht dadurch, daß der Sektor  $B$  mit seiner schrägen Fläche  $a$

den Stift  $D$  hebt und schließlich wieder auf den Umfang des Sektors  $B_1$  schiebt, so daß die Feder  $F$  vom Kontaktstifte  $K$  abgehoben wird. Abb. 103 zeigt die Stellung der Teile kurz vor Unterbrechung des Kontaktes.

#### d) Elektrischer Gewicht- oder Federaufzug

##### System August Anders

Während die bisher beschriebenen Systeme entweder durch eine gespannte Feder oder ein gehobenes Gewicht den Antrieb des Uhrwerkes bewirken, ist die Konstruktion von August Anders derart beschaffen, daß die Uhrwerke nach Belieben entweder durch Gewicht- oder durch Federaufzug betrieben werden können. Es ist durch diese Einrichtung besonders möglich gemacht, bereits vorhandene, bisher mechanisch angetriebene Uhrwerke, die von Hand aufgezogen wurden, für elektrischen Betrieb umzuändern.

Während man bisher der Meinung war, daß sich für elektrischen Betrieb nur allerbeste Uhrwerke eignen, weil billige Uhrwerke mehr Kraft erfordern würden, hat Herr Anders an einer Reihe verschiedenartiger Uhrwerke, an denen er seine Aufziehvorrichtung angebracht hatte, den Beweis geliefert, daß auch billige Uhren sich für elektrischen Betrieb umändern lassen, ohne zu viel Energie zu verbrauchen.

Verfasser hat Gelegenheit gehabt, drei verschiedene Uhrwerke zu beobachten, von denen das eine ein billiges sogenanntes Amerikaner-Werk war. Da die elektrische bzw. magnetische Kraft nicht direkt zum Treiben des Uhrwerkes dient, sondern nur zum Anspannen einer Spiralfeder oder zum Emporheben eines kleinen Gewichtes von 15 g in Zeitabschnitten von fünf bis zehn Minuten gebraucht wird, so ist klar, daß der Verbrauch an elektrischer Energie nicht groß sein kann. Die umgeänderten Uhrwerke enthalten nur drei bis vier Räder außer dem Zeigerwerke, und da die bisher zum Betriebe gebrauchte Zugfeder, welche die Kraft für vierundzwanzig Stunden liefern mußte, mit dem Federhause entfernt worden ist, so kann keine große kraftverbrauchende Reibung vorhanden sein. Die Konstruktion gestattet sogar, Taschenuhren elektrisch zu betreiben, wobei eine kleine Batterie in der zweiten Westentasche mitgeführt wird. Die Eigenart dieser Erfindung wollen wir im nachstehenden an einem umgebauten Uhrwerke mit Zylindergang und Schlagwerk kennen lernen.

Um die wesentlichen Teile der Einrichtung besser darstellen zu können, ist in Abb. 104 die hintere Platte des Uhrwerkes fortgelassen bzw. die Zeichnung so dargestellt, als ob man durch die hintere Platte hindurchsehen könnte. Das Uhrwerk hat ein rundes Zifferblatt mit einem Holzrahmen, hinter dem die beiden zum Betriebe dienenden Elemente  $E_1$  und  $E_2$  befestigt sind. Der Hebel  $H_1$  mit

dem Gewichte 21 dient zum Betriebe des Zeigerwerkes, der Hebel  $H_2$  mit dem Gewichte 22 zum Betriebe des Schlagwerkes. Sobald diese Hebel in die durch Pfeile angedeutete tiefste Lage gelangen, drücken sie auf den Hebel 11 mit der Feder 12. Die mit einem Einschnitte versehene Scheibe 13 wird gedreht, und der Isolierkeil 14 an dem um die Schraube 15 drehbaren Hebel 24 gleitet in den Einschnitt der Scheibe 13. Infolgedessen wird der mit dem Hebel 24 fest verbundene Hebel 23, der an seinem Ende den Isolierkeil 16 trägt, durch eine Feder in Richtung des Pfeiles bewegt, wodurch die beiden Federn 17 und 18 miteinander in Berührung kommen und den Strom für den Elektromagneten  $NS$  schließen. Der Anker  $A$  des Elektromagneten wird in die wagrechte Lage gedreht und hebt dabei durch den Hebel 10 die Hebel  $H_1$  und  $H_2$  wieder in die Höhe. Für den Betrieb des Zeigerwerkes wiederholt sich dieses Spiel etwa alle fünf bis zehn Minuten, für das Schlagwerk bei jedem Hube des Hammers.

Beim Emporgehen des Hebels  $H_2$  bewegt die Stange 3 mit der Kulisse 1 den Sperrhebel 19 und spannt hierbei eine Spiralfeder zwischen 4 und 5 als Gegengeserr, so daß die Uhr auch während des etwa 0,1 Sekunde dauernden Aufziehens weitergeht. Die beiden Sperrkegel 5 und 19 sind an voneinander unabhängigen Hebeln befestigt. Ein besonderes Sperrad ist nicht zur Anwendung gebracht, die Sperrkegel sind vielmehr so gestaltet, daß sie unmittelbar in die Zähne des Treibrades eingreifen.

Sobald das Zeigerwerk das Schlagwerk auslöst, kommt Hebel  $H_2$  mit dem Gewichte 22 in Tätigkeit und dreht das Hebstenrad 20 in Richtung des Pfeiles. Nach erfolgtem Anschlagen des Hammers ist Hebel  $H_2$  so weit gesunken, daß er in der vorhin beschriebenen Weise durch Herabdrücken des Hebels 11 den Elektromagneten in Tätigkeit setzt. Hebel  $H_2$  wird wieder emporgehoben, wobei die Kulisse 1 durch die Stange 6 den Hebel 7 in Richtung des Pfeiles dreht und damit den Sperrkegel 8 auf den nächsten Stift des Hebstenrades 20 bringt. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, als die Schlußscheibe Schläge gestattet. Um geräuschlosen Gang zu erzielen, sind die Kulissen 1 und 2 der Hebel  $H_1$  und  $H_2$  an straff gespannten Darmsaiten befestigt, so daß beim Auftreffen des Hebels 10 bezw. beim Emporheben der Hebel kein Geräusch entsteht. —

Da die gesamte elektrische Einrichtung unten auf dem Elektromagneten an zwei die Polstücke verbindenden Wangen befestigt ist, so kann jeder Uhrmacher durch Herausnehmen des Federhauses mit der Zugfeder (oder des Walzenrades bei Gewichtszuguhren), Verbinden des Elektromagneten  $NS$  mit der Werkplatte  $P$  vermittels der beiden Stützen  $G_1$  und  $G_2$  und Befestigen der beiden Schubhebel 3 und 6 mit den Sperrkegeln 19 und 8 jede gewöhnliche mechanische Uhr in eine elektrische Uhr umwandeln. Durch Verschieben der Gewichte 21 und 22 wird die erforderliche Kraft abgepaßt.

Soll für das Zeigerwerk statt des Gewichtaufzuges ein Feder-  
aufzug angewendet werden, so fällt das Gewicht 22 fort, und auf den  
Zapfen 9 wird eine Schraubenfeder gesteckt, die den Hebel  $H_2$  ständig  
nach unten drückt. Da die Bewegung des Hebels  $H_2$  nur etwa  $10^\circ$   
beträgt, so wirkt die Schraubenfeder auf der Welle 9 äußerst  
gleichmäßig.

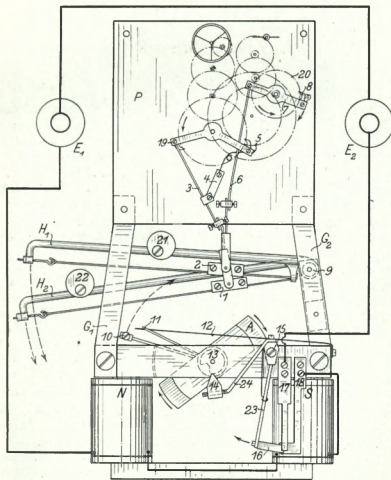


Abb. 104  
Elektrische Aufziehvorrchtung von August Anders

Bei Automobil-Uhren bewegt sich Hebel 10 mit einer am Ende  
angebrachten kleinen Rolle in einem Schlitz des Hebels  $H_2$  und  
macht dessen Bewegungen mit.

dem Gewichte 21 dient zum Betriebe des Zeigerwerkes, der Hebel  $H_2$  mit dem Gewichte 22 zum Betriebe des Schlagwerkes. Sobald diese Hebel in die durch Pfeile angedeutete tiefste Lage gelangen, drücken sie auf den Hebel 11 mit der Feder 12. Die mit einem Einschnitte versehene Scheibe 13 wird gedreht, und der Isolierkeil 14 an dem um die Schraube 15 drehbaren Hebel 24 gleitet in den Einschnitt der Scheibe 13. Infolgedessen wird der mit dem Hebel 24 fest verbundene Hebel 23, der an seinem Ende den Isolierkeil 16 trägt, durch eine Feder in Richtung des Pfeiles bewegt, wodurch die beiden Federn 17 und 18 miteinander in Berührung kommen und den Strom für den Elektromagneten  $NS$  schließen. Der Anker  $A$  des Elektromagneten wird in die wagrechte Lage gedreht und hebt dabei durch den Hebel 10 die Hebel  $H_1$  und  $H_2$  wieder in die Höhe. Für den Betrieb des Zeigerwerkes wiederholt sich dieses Spiel etwa alle fünf bis zehn Minuten, für das Schlagwerk bei jedem Hube des Hammers.

Beim Emporgehen des Hebels  $H_2$  bewegt die Stange 3 mit der Kulisse 1 den Sperrhebel 19 und spannt hierbei eine Spiralfeder zwischen 4 und 5 als Gegengeserr, so daß die Uhr auch während des etwa 0,1 Sekunde dauernden Aufziehens weitergeht. Die beiden Sperrkegel 5 und 19 sind an voneinander unabhängigen Hebeln befestigt. Ein besonderes Sperrrad ist nicht zur Anwendung gebracht, die Sperrkegel sind vielmehr so gestaltet, daß sie unmittelbar in die Zähne des Treibrades eingreifen.

Sobald das Zeigerwerk das Schlagwerk auslöst, kommt Hebel  $H_2$  mit dem Gewichte 22 in Tätigkeit und dreht das Hebstenrad 20 in Richtung des Pfeiles. Nach erfolgtem Anschlagen des Hammers ist Hebel  $H_2$  so weit gesunken, daß er in der vorhin beschriebenen Weise durch Herabdrücken des Hebels 11 den Elektromagneten in Tätigkeit setzt. Hebel  $H_2$  wird wieder emporgehoben, wobei die Kulisse 1 durch die Stange 6 den Hebel 7 in Richtung des Pfeiles dreht und damit den Sperrkegel 8 auf den nächsten Stift des Hebstenrades 20 bringt. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, als die Schlußscheibe Schläge gestattet. Um geräuschlosen Gang zu erzielen, sind die Kulissen 1 und 2 der Hebel  $H_1$  und  $H_2$  an straff gespannten Darmsaiten befestigt, so daß beim Auftreffen des Hebels 10 bezw. beim Emporheben der Hebel kein Geräusch entsteht. —

Da die gesamte elektrische Einrichtung unten auf dem Elektromagneten an zwei die Polstücke verbindenden Wangen befestigt ist, so kann jeder Uhrmacher durch Herausnehmen des Federhauses mit der Zugfeder (oder des Walzenrades bei Gewichtszuguhren), Verbinden des Elektromagneten  $NS$  mit der Werkplatte  $P$  vermittle der beiden Stützen  $G_1$  und  $G_2$  und Befestigen der beiden Schubhebel 3 und 6 mit den Sperrkegeln 19 und 8 jede gewöhnliche mechanische Uhr in eine elektrische Uhr umwandeln. Durch Verschieben der Gewichte 21 und 22 wird die erforderliche Kraft abgepaßt.



Soll für das Zeigerwerk statt des Gewichtaufzuges ein Feder-  
aufzug angewendet werden, so fällt das Gewicht 22 fort, und auf den  
Zapfen 9 wird eine Schraubenfeder gesteckt, die den Hebel  $H_2$  ständig  
nach unten drückt. Da die Bewegung des Hebels  $H_2$  nur etwa  $10^\circ$   
beträgt, so wirkt die Schraubenfeder auf der Welle 9 äußerst  
gleichmäßig.

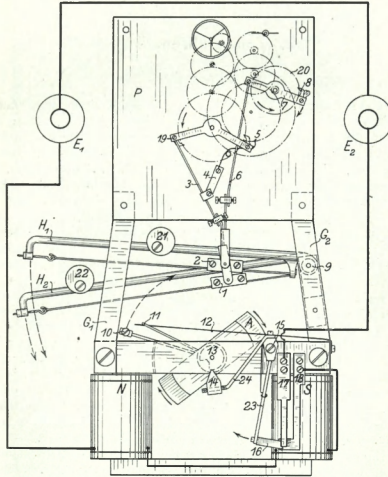


Abb. 104  
Elektrische Aufziehvorrithung von August Anders

Bei Automobil-Uhren bewegt sich Hebel 10 mit einer am Ende  
angebrachten kleinen Rolle in einem Schlitz des Hebels  $H_2$  und  
macht dessen Bewegungen mit.

dem Gewichte 21 dient zum Betriebe des Zeigerwerkes, der Hebel  $H_2$  mit dem Gewichte 22 zum Betriebe des Schlagwerkes. Sobald diese Hebel in die durch Pfeile angedeutete tiefste Lage gelangen, drücken sie auf den Hebel 11 mit der Feder 12. Die mit einem Einschnitte versehene Scheibe 13 wird gedreht, und der Isolierkeil 14 an dem um die Schraube 15 drehbaren Hebel 24 gleitet in den Einschnitt der Scheibe 13. Infolgedessen wird der mit dem Hebel 24 fest verbundene Hebel 23, der an seinem Ende den Isolierkeil 16 trägt, durch eine Feder in Richtung des Pfeiles bewegt, wodurch die beiden Federn 17 und 18 miteinander in Berührung kommen und den Strom für den Elektromagneten  $NS$  schließen. Der Anker  $A$  des Elektromagneten wird in die wagrechte Lage gedreht und hebt dabei durch den Hebel 10 die Hebel  $H_1$  und  $H_2$  wieder in die Höhe. Für den Betrieb des Zeigerwerkes wiederholt sich dieses Spiel etwa alle fünf bis zehn Minuten, für das Schlagwerk bei jedem Hube des Hammers.

Beim Emporgehen des Hebels  $H_2$  bewegt die Stange 3 mit der Kulissee 1 den Sperrhebel 19 und spannt hierbei eine Spiralfeder zwischen 4 und 5 als Gegengeserr, so daß die Uhr auch während des etwa 0,1 Sekunde dauernden Aufziehens weitergeht. Die beiden Sperrkegel 5 und 19 sind an voneinander unabhängigen Hebeln befestigt. Ein besonderes Sperrad ist nicht zur Anwendung gebracht, die Sperrkegel sind vielmehr so gestaltet, daß sie unmittelbar in die Zähne des Treibrades eingreifen.

Sobald das Zeigerwerk das Schlagwerk auslöst, kommt Hebel  $H_2$  mit dem Gewichte 22 in Tätigkeit und dreht das Hebstenrad 20 in Richtung des Pfeiles. Nach erfolgtem Anschlagen des Hammers ist Hebel  $H_2$  so weit gesunken, daß er in der vorhin beschriebenen Weise durch Herabdrücken des Hebels 11 den Elektromagneten in Tätigkeit setzt. Hebel  $H_2$  wird wieder emporgehoben, wobei die Kulissee 1 durch die Stange 6 den Hebel 7 in Richtung des Pfeiles dreht und damit den Sperrkegel 8 auf den nächsten Stift des Hebstenrades 20 bringt. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, als die Schlußscheibe Schläge gestattet. Um geräuschlosen Gang zu erzielen, sind die Kulissen 1 und 2 der Hebel  $H_1$  und  $H_2$  an straff gespannten Darmsaiten befestigt, so daß beim Auftreffen des Hebels 10 bezw. beim Emporheben der Hebel kein Geräusch entsteht. —

Da die gesamte elektrische Einrichtung unten auf dem Elektromagneten an zwei die Polstücke verbindenden Wangen befestigt ist, so kann jeder Uhrmacher durch Herausnehmen des Federhauses mit der Zugfeder (oder des Walzenrades bei Gewichtszuguhren), Verbinden des Elektromagneten  $NS$  mit der Werkplatte  $P$  vermittle der beiden Stützen  $G_1$  und  $G_2$  und Befestigen der beiden Schubhebel 3 und 6 mit den Sperrkegeln 19 und 8 jede gewöhnliche mechanische Uhr in eine elektrische Uhr umwandeln. Durch Verschieben der Gewichte 21 und 22 wird die erforderliche Kraft abgepaßt.

Soll für das Zeigerwerk statt des Gewichtaufzuges ein Feder-  
aufzug angewendet werden, so fällt das Gewicht 22 fort, und auf den  
Zapfen 9 wird eine Schraubenfeder gesteckt, die den Hebel  $H_2$  ständig  
nach unten drückt. Da die Bewegung des Hebels  $H_2$  nur etwa  $10^\circ$   
beträgt, so wirkt die Schraubenfeder auf der Welle 9 äußerst  
gleichmäßig.

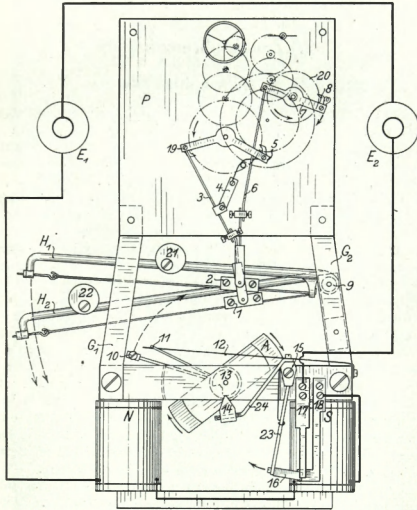


Abb. 104  
Elektrische Aufziehvorrchtung von August Anders

Bei Automobil-Uhren bewegt sich Hebel 10 mit einer am Ende  
angebrachten kleinen Rolle in einem Schlitz des Hebels  $H_2$  und  
macht dessen Bewegungen mit.

Die beschriebenen Einzeluhren verwendet man vielfach auch gleichzeitig 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. Zentraluhrenanlagen

### 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 mit polarisierten Elektromagneten auszurüsten und sie durch Gleichstrom wechselnder Richtung zu betreiben. Auf diese Weise hat man sehr große Betriebssicherheit erreicht und ausgedehnte Anlagen geschaffen, die allen Anforderungen genügen.

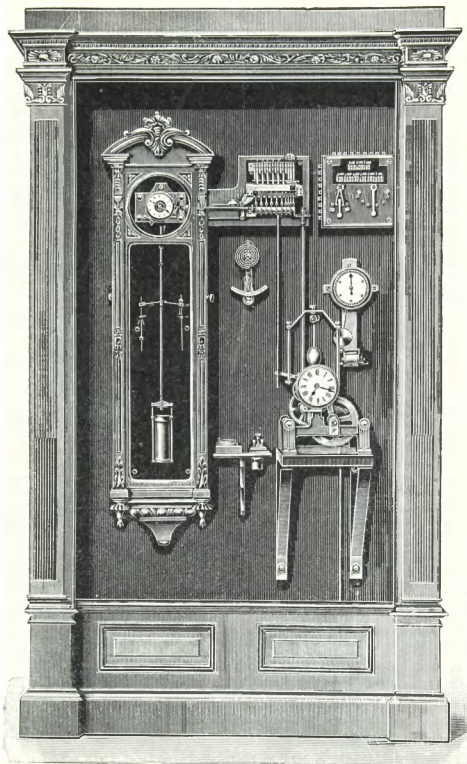


Abb. 105  
[Hauptuhr-Anlage von Hipp]

## Die Hauptuhren

Der erste, welcher auf diesem Gebiete bahnbrechend gewirkt hat, war, wie schon erwähnt, M. Hipp, dessen Uhren heute von der Firma Peyer, Favarger & Cie. in Neuchâtel hergestellt werden.

### Zeitverteilungssystem von M. Hipp

Die Zentraluhrenanlage nach System Hipp enthält gewöhnlich wie in der Abb. 105 eine elektrisch betriebene Hauptuhr und eine elektrisch betriebene Hilfsuhr, welche sich selbsttätig einschaltet,

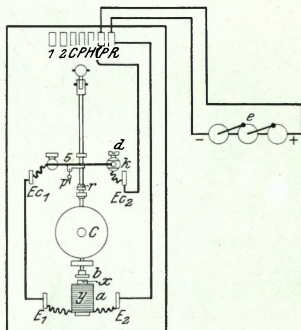


Abb. 106  
Schaltung des Hippischen Pendels

falls die Hauptuhr stehen bleibt. Zu jeder Minute wird das in der Abbildung rechts unten sichtbare Laufwerk ausgelöst, welches durch ein Gewicht betrieben wird und eine Kontaktwalze in Bewegung setzt, die den Stromschluß für die verschiedenen Linien 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

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

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. 106 und 107), welcher das Pendel antreibt, der Anker *b*, der sich unten 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. 106 und 108). Sobald zufolge geringerer Pendelausschläge sich das Zünglein *p* durch Hängenbleiben in der Rille auf den Bock *r* stützt, wird die Kontaktfeder *l* gehoben. Sie

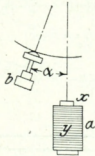


Abb. 107  
Pendel-Regulierung von Hipp

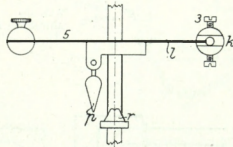


Abb. 108  
Kontakt am Pendel von Hipp

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. 109) auf den Stift *r* des um *t* sich drehenden Hebels *s*, der durch das Gegengewicht *u* ausbalanciert ist. Es wird infolgedessen der Seitenarm von *s*, der den Stift *z* trägt, mitgenommen, und beim Rückgange von *s* schiebt der Stift *z* das Sperrad *x* um einen Zahn weiter. Der Sperrhaken *y* verhindert die Rückwärtsdrehung des Sperrades *x*. Damit *x* immer nur um einen Zahn weitergeschoben werden kann, ist die Bewegung des Hebels *s* durch den Stift *z*<sub>1</sub> begrenzt.

Für den Betrieb der Nebenuhren ist ein Stromwechsler *d* (Abb. 110) vorhanden, der abwechselnd zwischen den Punkten *1* und *4* oder *2* und *3* eine Verbindung herstellt, während der Kontakt *c* im richtigen Augenblicke 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. 110 nur schematisch erläutert



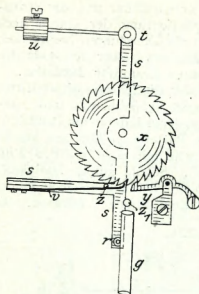


Abb. 109  
Antrieb des Räderwerkes, von Hipp

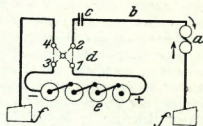


Abb. 110  
Stromrichtungswechsler von Hipp

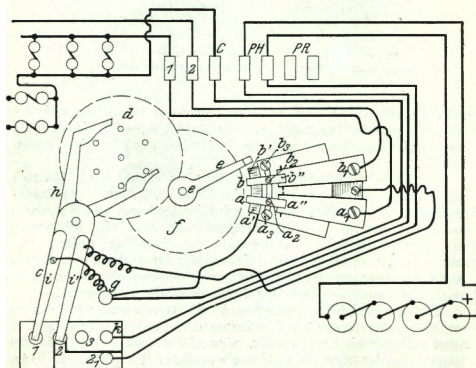


Abb. 111  
Stromsender von Hipp

ist, zeigt die Abb. 111 in seinen einzelnen Teilen. Das Rad  $d$  mit sechs Stiften bewegt den Hebel  $h$  und 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 der Hebel  $e$ , welcher Stromschluß bei  $b$  und  $a$  mit  $b_2$  und  $a_2$  herbeiführt, wodurch Strom in die betreffenden Leitungen der Nebenuhren gelangt.

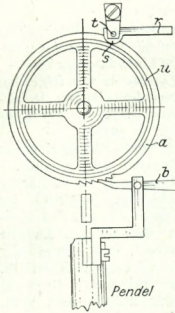


Abb. 112

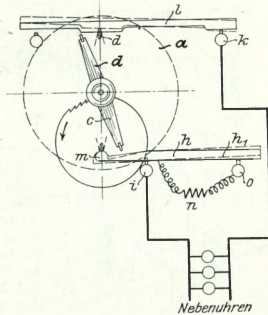


Abb. 113

Siemens & Halske A.-G.

## Zeitverteilungs-System von Siemens & Halske A.-G.

### 1. Normale Primäruhr

Das Gehwerk, welches von einem elektrisch betriebenen Pendel angetrieben wird, ist mit dem Kontaktwerke in höchst einfacher Weise ohne besondere Räderwerke vereinigt, wie aus den Abb. 112 bis 114 ersichtlich ist.

Das Gangrad  $a$  (Abb. 112), welches auf der Sekundenzeigerachse sitzt, wird bei jeder zweiten Pendelschwingung durch den Sperrkegel  $b$  um einen Zahn vorwärts geschoben und macht (wenn es 60 Zähne hat und das Pendel Sekunden schwingt) in einer Minute eine halbe Umdrehung. Auf derselben Achse sitzen zwei voneinander isolierte Arme  $c$  und  $d$  (Abb. 113) mit Platinstiften, welche durch die Federn  $e$  und  $f$  (Abb. 114) und die Achse  $g$  mit je einem Pole der Batterie verbunden sind. Nach Verlauf einer Minute

kommen beide Arme ( $c$  und  $d$ , Abb. 113 und 114) jeweils mit den oberen Rückleitungs- bzw. den unteren Linienlamellen in Berührung. Der Strom fließt das eine Mal durch den Arm  $c$  in die nebeneinander liegenden Lamellen  $h$  und  $h_1$ , von da über den Drehpunkt  $i$  in die Leitung und durch den Drehpunkt  $k$ , die Lamellen  $l$  und den Arm  $d$  zur Batterie zurück; das nächste Mal fließt er durch den Arm  $c$  über die Rückleitungslamellen  $l$  in umgekehrter Richtung.

Der Schlußkontakt erfolgt dabei auf den unteren Lamellen, und zwar in drei Stufen:

1. Auflaufen des Platinstiftes auf die Nasen  $m$  der unteren Linienlamellen  $h$  und  $h_1$ ;
2. während der nun folgenden Pendelschwingung (Rückschwingung) ist der Kontakt in Ruhe;
3. nächste Pendelschwingung: Verlassen der Lamellen.

Die Lamelle  $h_1$  ist vollständig isoliert eingelegt, während ihr Kontaktbogen  $m$  gegen den Kontaktbogen der anderen Lamelle etwas vorsteht, so daß, wenn der Platinstift die Lamelle  $h$  verläßt, der Strom zwischen  $c$  (bzw.  $d$ ) und  $h$  zwar unterbrochen wird, eine Berührung aber noch einen Augenblick lang zwischen dem Arm  $c$  (bzw.  $d$ ) und der Nase  $m$  der isolierten Lamelle  $h_1$  besteht. Letztere ist durch den Widerstand  $n$  mit der Auflage  $o$  verbunden, von wo der Strom durch die bereits aufliegende isolierte Lamelle  $h_1$  über  $i$  in die Leitung und von da über  $k$ ,  $l$  und  $d$  (bzw.  $c$ )

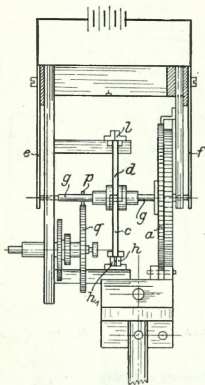


Abb. 114  
Siemens & Halske A.-G.

zur Batterie zurück fließt. Dieser Strom wird durch den Widerstand  $n$  so geschwächt, daß eine Funkenbildung kaum noch auftritt, die Kontaktstellen also vor dem Verbrennen geschützt werden. Ebenso wird der durch die Elektromagnete (der in die Leitung eingeschalteten Apparate) erzeugte Extrastrom kurz vor der Unterbrechung über  $c$  (bzw.  $d$ ) und  $m$ ,  $h$  über  $h_1$ ,  $m$  in den Widerstand  $n$  geleitet, wodurch auch der Unterbrechungsfunkte zwischen  $c$  bzw.  $d$  und  $m$  auf ein Mindestmaß beschränkt wird. Die Kontaktarme  $c$  und  $d$  dienen mithin als Kontaktschließer und gleichzeitig als Stromwender.

Der Kontaktdruck selbst ist durch das Übergewicht der Lamellen bestimmt, bleibt somit immer konstant. Die Länge des Kontaktes ist von der Pendellänge (Schwingungsdauer) abhängig und beträgt bei der normalen Ausführung des Pendels von 100 Schwingungen in der Minute 1,2 Sekunden. Durch den Stift  $p$  auf der Sekundenzeigerachse wird nach jeder Minute das Rad  $q$  auf der Zeigerachse

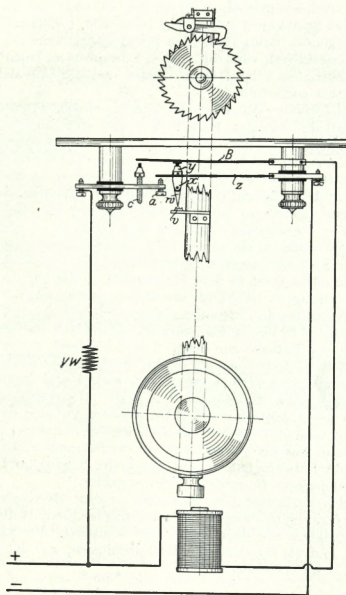


Abb. 113

Schema des elektrischen Pendelantriebes von Siemens & Halske A.-G.  
Zacharias, Elektrotechnik.

um einen Zahn weiterschoben und der große Zeiger um eine Minute vorgerückt. Auf derselben Achse ist die Übersetzung des Stundenzeigers in der gewöhnlichen Anordnung angebracht.

Gegen Rückgang ist das Gangrad  $a$  durch eine leichte Exzenterbremse in jeder Stellung gesperrt (Abb. 112). Diese besteht aus einem Hebel  $r$  mit exzentrisch ausgebildeter Nase  $s$ , welcher um den Punkt  $t$  drehbar ist. Die exzentrische Nase  $s$  drückt gegen den ringförmigen Ansatz  $u$  des Sperrades  $a$ , wodurch ein Rückgang unmöglich wird. Durch diese Anordnung ist nicht nur das lästige Geräusch des Sperrkegels vollständig vermieden, sondern überhaupt ein nahezu geräuschloser Gang der Primärhühen erzielt.

Das Kontaktwerk wird durch zwei Schrauben an einen oben im Gehäuse befestigten Winkel festgeklemmt und die Uhrenleitung an zwei Klemmen angeschaltet. —

Der elektrische Antrieb des Pendels (Abb. 115) geschieht folgendermaßen: An der Pendelstange ist eine kleine gezahnte Nase  $v$  angebracht. Diese streift bei jeder Pendelschwingung an dem Zünglein  $w$ , das um  $x$  drehbar ist. Solange die Pendelschwingung groß genug ist, gleitet die Nase  $v$  an dem Zünglein  $w$  vorbei, ohne daß dieses in der Riffelung von  $v$  sich verfängt. Werden die Pendelschwingungen kürzer, so kehrt das Pendel um, ehe die geriffelte Nase  $v$  an  $w$  vorbeigleiten konnte; das Zünglein  $w$  wird in der Riffelung von  $v$  hängen bleiben, sich bei der Rückschwingung des Pendels in einer der Vertiefungen aufstützen und dadurch gehoben werden.

Das Zünglein  $w$  ist in dem Messingteile  $y$ , der auf der Feder  $z$  befestigt ist, gelagert. Wird nun  $w$  gehoben, so wird auch die Feder  $z$  von dem Beinstift der Schraube  $a$  abgehoben und durch den Teil  $y$  mit der Feder  $B$  in Berührung gebracht. Hierdurch wird ein Stromschluß von der Batterie zur Feder  $z$ , von da durch  $y$  zur Feder  $B$  und durch die Elektromagnete  $E$  zur Batterie zurück hergestellt. Die Elektromagnete werden erregt und wirken auf das unter der Pendellinse befestigte Ankerstück  $A$  ein. Hierdurch wird dem Pendel ein neuer Antrieb erteilt. Im weiteren Verlaufe der Pendelschwingung wird die Nase  $v$  das Zünglein  $w$  auslassen; hierdurch fällt die Feder  $z$  wieder auf den Beinstift der Schraube  $a$ , der Kontakt zwischen dem Messingteile  $y$  und der Feder  $B$  wird geöffnet, und die Elektromagnete  $E$  werden wieder stromlos.

Um das Verbrennen der Kontakte an dem Messingteile  $y$  und der Feder  $B$  durch den Rückstrom zu vermeiden, berührt die Feder  $B$  einen Augenblick vor dem Öffnen des Kontaktes die Schraube  $c$ ; hierdurch sind die Magnetspulen kurzgeschlossen, und der Öffnungsfunkte bei  $y$  ist vermieden.

## 2. Relais-Hauptuhr mit Kontaktwerk

Die Relais-Hauptuhr wird wie eine gewöhnliche Nebenuhr an eine vorhandene Uhrenlinie angeschlossen und jede Minute auf

elektromagnetischem Wege genau eingestellt, wodurch die ihrerseits mit einer besonderen Stromquelle betriebenen Nebenuhren genau gleiche Zeit mit der Hauptuhrenlinie zeigen. Die Verwendung der Relais-Hauptuhren gewährt auch noch den Vorteil, daß bei Störungen nicht die gesamte Uhrenanlage stehen bleibt, sondern die Nebenuhren durch die Relais-Hauptuhren noch weiter betrieben werden, wenn

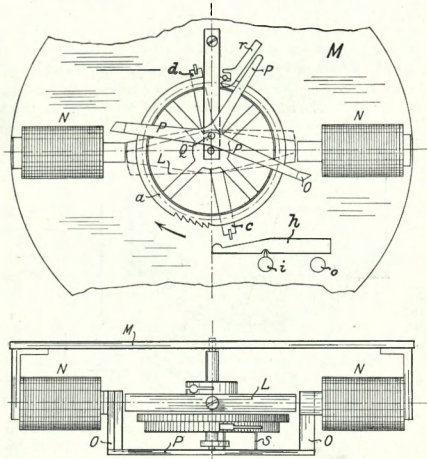


Abb. 116  
Kontaktwerk der Relais-Hauptuhr von Siemens & Halske A.-G.

auch die Minutenregulierung ausbleibt; denn die Relais-Hauptuhren sind als selbständige Primärnuren mit eigenem elektrischen Antriebe gebaut.

Wie aus Abb. 116 ersichtlich, sitzt auf der Achse des Sekundenzeigers das vom Pendel betätigte Gangrad *a* (wie bei der vorhin beschriebenen normalen Primärnure), welches wieder in zwei Minuten einmal gedreht wird. Auf der Achse des Gangrades sitzt der aus weichem Eisen hergestellte Anker *L*, dem beiderseits je ein auf der

Eisenplatte  $M$  befestigter Elektromagnet  $N$  gegenübersteht. Der aus zwei Teilen bestehende Nebenanker  $O$  ist auf einem dreiarmigen Hebel  $P$  angebracht, der sich um den Punkt  $Q$  dreht und bei der Drehung der Anker  $O$  die bereits bei der Primäruhr beschriebene Exzenterbremse  $r$  mit Hilfe des Stiftes  $S$  auslöst, die das Gangrad gegen Rückgang sperrt.

Ist während einer Minute die Relais-Hauptuhr einige Sekunden zurückgeblieben und nimmt der Anker  $L$  dabei ungefähr die in Abb. 116 punktiert gezeichnete Stellung ein, dann wird er beim Kontakte der astronomischen Primäruhr durch die Elektromagnete  $N$  in deren Mittellinie gestellt; ist dagegen die Relais-Hauptuhr vor-

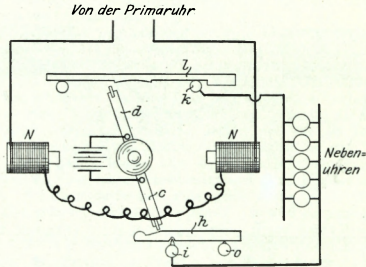


Abb. 117

Siemens & Halske A.-G.

gelaufen, so wird durch den Nebenanker  $O$  die Sperrung  $r$  ausgelöst und der Anker mit dem Gangrade zurückgestellt.

Der Kontakt für die angeschlossenen Nebenuhren erfolgt durch die Arme  $c$  und  $d$  mit den Lamellen  $h$  und  $h_1$ , wie bei der Primäruhr bereits beschrieben (vgl. übrigens Abb. 117). Die Kontaktgebung findet gewöhnlich fünf Sekunden später statt als bei der Primäruhr; doch kann dies beliebig eingestellt werden.

Durch die Konstruktion dieser Relais-Hauptuhr ist es möglich geworden, eine unbegrenzte Zahl von elektrischen Uhren mit genau gleicher Zeitangabe durch eine astronomische Primäruhr zu betreiben.

Abb. 118 (Tafel II) zeigt die Schaltanlage des Zeitverteilungssystems von Siemens & Halske A.-G.



### 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 Übereinstimmung 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 vermittle 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 Kaiserliche 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 Königlichen Sternwarte zu Berlin in dauernder elektrischer Verbindung steht und von ihr bis auf Bruchteile einer Sekunde stets richtiggehalten 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 Regulierungsstrom zu empfangen (vgl. das Schema Abb. 119). Alle  $3\frac{3}{4}$  Minuten sendet diese Hauptuhr einen zwei Minuten andauernden elektrischen Strom in sämtliche von ihr ausgehenden Leitungen, um ihn dann wieder für  $1\frac{1}{4}$  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 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  $3\frac{3}{4}$  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 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 irgendwelche 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 Zentraluhr 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 Ledermembran mit Hilfe eines Bleiröhrchens aussaugt. Während die Luft in der Kapsel verdünnt wird, preßt die atmosphärische Luft gegen die Ledermembran 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 Kupplung 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 Läutewerke 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 Läutewerk angebracht; zu den angegebenen Zeiten läßt

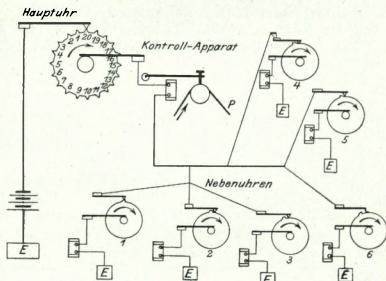


Abb. 119

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 Läutezeit 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 bzw. 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 worden sind, usw. Beide Einrichtungen

sind in einer großen Anzahl von Fabriken und Geschäften in Berlin vorhanden.

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

Die Zentrale der Gesellschaft Normal-Zeit (vgl. Abb. 120) besteht aus einer Registrier-Uhr, einem Schaltbrette, einer Akkumulatorenbatterie und den nötigen Schaltapparaten. Die Registrier-Uhr steht in Verbindung mit einer Uhr der Königlichen Sternwarte, welche stets richtiggehalten wird. Die Hauptuhr der Königlichen 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 Übereinstimmung mit der Uhr der Sternwarte zu bleiben, und damit ist eine richtige Zeit gewährleistet.

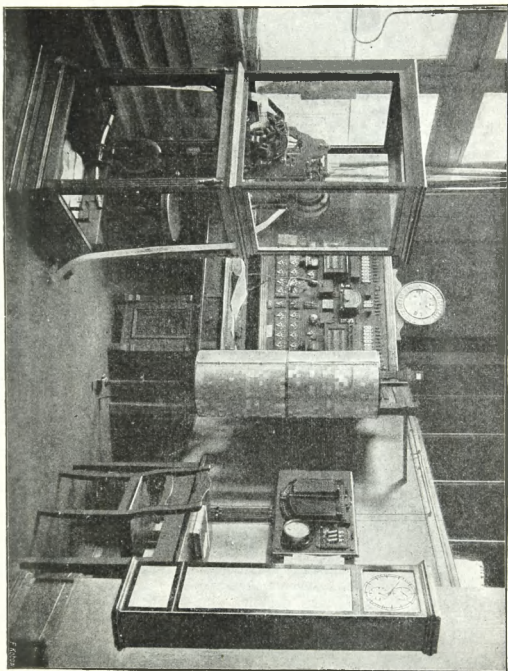
Die Registrier-Uhr schließt alle  $3\frac{1}{4}$  Minuten für die Zeitdauer von zwei Minuten einen Strom, der durch besondere Leitungen zu sämtlichen, in allen Teilen der Stadt verteilten Nebenuhren gelangen kann, um diese aufzuziehen und zu regulieren.

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.

Eine Regulierperiode umfaßt vier Stunden. Da die Registrier-Uhr nur alle  $3\frac{1}{4}$  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  $20 \times 64$  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 irgend eine 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 *Zwe 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 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. 120 zeigt die frühere Anordnung in der Zentralstation der Gesellschaft Normal-Zeit in der Wilhelmstraße zu Berlin; zurzeit ist die Anlage in der Verlegung nach der Charlottenstraße begriffen, so daß wir die künftigen Einrichtungen hier nicht berücksichtigen konnten. Es sind drei Normaluhren und eine Kontrolluhr im Betriebe.

Die eine Uhr hat ein Riefflersches Nickelstahlpendingel (vgl. S. 65); sie ist in einem großen, evakuierten Glaszylinder (ähnlich wie Abb. 79 dies zeigt) eingeschlossen. Der Grad der Luftverdünnung wird an einem Quecksilber-Barometer abgelesen.

Eine andere Uhr enthält die Regulier-Einrichtung von *Foucault*. Sie hat ein Holzpendingel mit schwerer Linse und

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



einen röhrenförmigen eisernen Anker am unteren Ende, der über einen Elektromagneten hinwegstreicht, wie bei den Hippischen Uhren (vgl. Abb. 106 und 107). 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. 120 links unten sichtbar ist: Ein schweres Pendel mit Holzstab trägt unten eine ziemlich große, wagrechte Drahtspule (siehe auch Abb. 121, B), 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 Übertragung eines Zeitsignales im ganzen Lande besondere Leitungen anzulegen, und man ging daher dazu über, vorhandene Morsetelegraphenleitungen zu benutzen, worüber wir schon im vorigen Abschnitte kurz berichtet haben. Hier wollen wir noch die besonderen Einrichtungen kennen lernen, welche für den Zeitdienst getroffen sind.

Essind drei verschiedene Uhren erforderlich, wie Abb. 121 (Tafel III) 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. 122 zeigt das für diese Anlage von Siemens & Halske gelieferte Schaltbrett. — Eine genauere Beschreibung des Werkes der Kontaktuhr folgt später (siehe Seite 126 und Abb. 123); hier wollen wir zunächst den allgemeinen Gang der Übermittlung 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.

Zur Übertragung des Signales auf die Telegraphenleitungen dient das Laufwerk *E* und ein Relais *s* für zahlreiche Stromkreise, die in Abb. 121 nur angedeutet sind (Uhren-Regulierleitungen der N.-Z.-G.). Die Telegraphenleitungen sind über die Unterbrechungskontakte Nr. 1 bis 20 der Relais *F*, 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. 175 (s. Seite 177) dargestellt ist. Zwei Minuten vor 8 Uhr vormittags wird in der Uhr *C* (Abb. 121) durch den Kontakt *r*<sub>1</sub> das Relais *r*<sub>3</sub> derselben Uhr eingeschaltet, der Vorbereitungskontakt *r*<sub>2</sub> geschlossen und das Laufwerk *E* ausgelöst. Es setzt sich ein Typenrad (vgl. Abb. 176, Seite 178) in Bewegung, das auf seinem Umfange die Morsezeichen „m e z“ trägt, welche durch den Kontakt *t* und die Relais *F*<sub>1</sub> nach den Telegraphenleitungen übertragen werden. Durch den Kontakt *r*<sub>3</sub> wird 50 Sekunden vor 8 Uhr der Relaiskontakt *o* in der Uhr *C* und der Kontakt *u* der Relais *F*<sub>1</sub> geschlossen. Die Ortsbatterie der Relais *F*<sub>1</sub> bewegt den Anker *x* durch den Elektromagneten *w* und unterbricht den Strom der angeschlossenen Telegraphenleitungen. Es entsteht hierdurch auf den 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*<sub>2</sub> der Uhr *C*. Dieser wird unterbrochen und dadurch die Ortsbatterie der Relais *F*<sub>1</sub> ausgeschaltet; der Anker *x* fällt ab, die Kontakte Nr. 1 bis 20 an den Relais *F*<sub>1</sub> werden wieder geschlossen

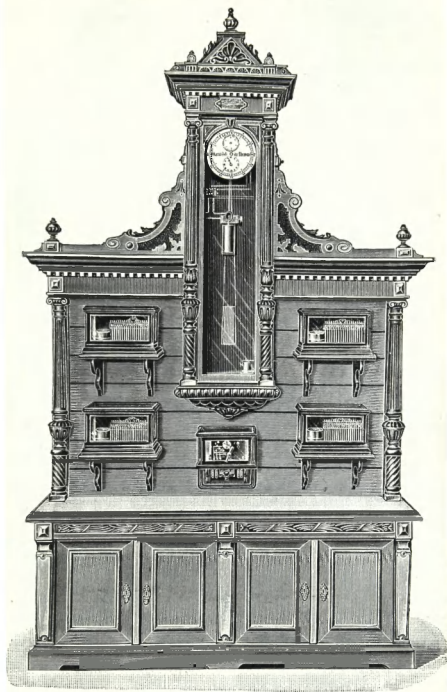


Abb. 122

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

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, 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. 121 unten mit dem 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. 123 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. Zeitsignalgabe dienen, besser erkennen zu können.

Beim Schlusse des Kontaktes  $e$  der Uhr  $B$  (siehe Abb. 121) 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. 123, 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 Anlaufrad 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

\*) Das Schema Abb. 121 zeigt, wie gesagt, nur ein Relais ( $F_1$ ).

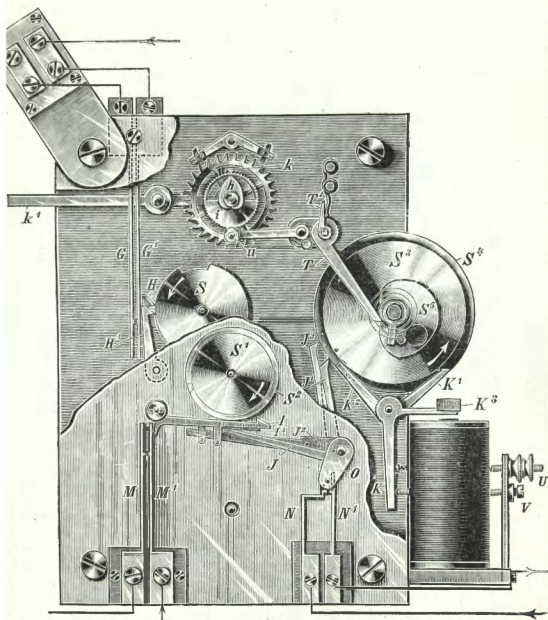


Abb. 123

Kontaktuhr auf dem Schlesischen Bahnhof in Berlin für das Amtliche Zeitsignal  
(Entwurf von Prof. L. Strasser)

die leicht bewegliche Scheibe  $S^3$ , mit einem Exzenter  $S^5$  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. auch Abb. 121). 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 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  $h^1$  die Kupplung gleichfalls freimachen.

Das Einstellen des Sekundenzeigers geschieht in folgender Weise: Zwischen der Herzscheibe  $h$  und dem Exzenter  $S^5$  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 Exzenters  $S^5$  durch den Elektromagneten, so werden die Scheiben durch die gespannte Spiralfeder in Richtung des weißen Pfeiles schnell herumdreht. Der auf einem Viereck sitzende Hebel  $T$  wird durch den Exzenter  $S^5$  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 Öffnung durch das Uhrwerk zu bestimmter Zeit bewirkt wird. Der Kontakt zwischen  $N$  und  $N^1$  (Abb. 123) dient zur Betätigung des Elektromagneten. Er wird um 7 Uhr für den Regulierstrom von der Zentrale der Normal-Zeit geschlossen. Der Kontakt zwischen  $M$  und  $M^1$  betätigt ein Relais, dessen Ortsstrom das Laufwerk mit dem Typenrade auflöst. 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. 123 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 Einfallschnallen  $I$  und  $I^1$ , welche an ihren anderen Enden vermittels zweier Stifte gegen die Kontaktfedern  $M$  und  $M^1$  drücken. Die

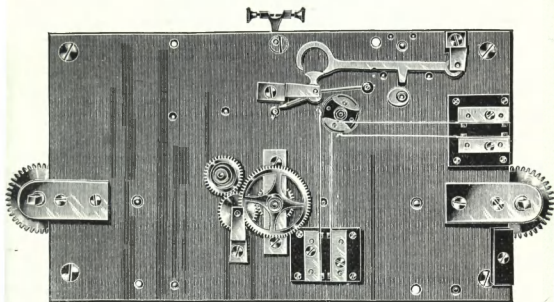


Abb. 124

Kontaktvorrichtung an der Kontaktuhr auf dem Schlesischen Bahnhofe in Berlin

Anordnung ist so getroffen, daß in der Ruhestellung die beiden Kontaktfedern einander nicht berühren. Sobald die Einfallschnalle  $I$  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 Vierundzwanzigstunden-Scheibe  $S^4$ ;



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.

Die Scheibe  $S$  dreht sich in  $7\frac{1}{2}$  Minuten einmal herum und wirkt zufolge eines am Rande vorhandenen Einschnittes auf die beiden Hebel  $H$  und  $H^1$ , welche ihrerseits die Kontaktfedern  $G$  und  $G^1$  betätigen. Sobald der 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 in der Weise, daß durch Kontakt  $M$   $M^1$  das Laufwerk ausgelöst wird und durch Kontakt  $G$   $G^1$  der Fünfzigsekunden-Strich abgebrochen wird und hiermit das Signal „8 Uhr“ erfolgt. \*)

Zum Betriebe von Nebenuhren ist an der Kontaktuhr auf der vorderen Werkplatte die in Abb. 124 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 vermittelte 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 unter dem Stützen sichtbare ovale Scheibe nach einem Umlauf wieder hochgehoben wird und damit das Laufwerk anhält.

### Zeitverteilungs-System der Gesellschaft Magneta

Abweichend von den bisher beschriebenen Stromverteilungssystemen für den Betrieb von Nebenuhren verwendet die Firma Magneta, Fabrik elektrischer Uhren, A.-G. in Zürich keine Batterieströme, sondern ausschließlich Induktions-

\*) Die Abb. 121 und 123 sind der Deutschen Uhrmacher-Zeitung (Jahrgang 1903, Seite 368 und 384) entnommen.



ströme, 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

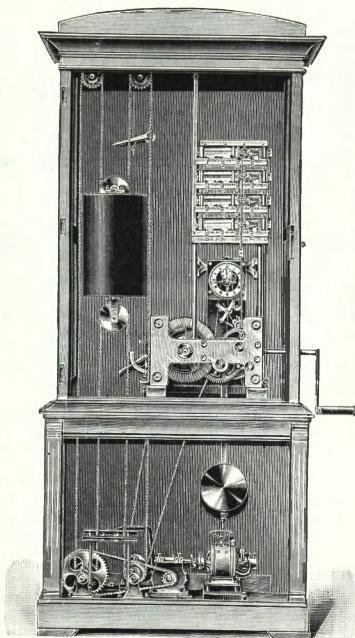


Abb. 126  
Hauptuhr der Gesellschaft Magneta

zugeführt. Infolge dieser Einrichtung sind irgendwelche Kontaktvorrichtungen, Batterien u. dgl. für den Schluß der Stromkreise nicht erforderlich.

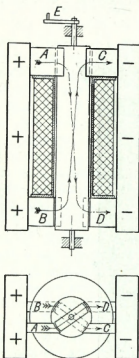


Abb. 127  
Induktor der Gesellschaft Magneta  
(Strombildung)

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. 125 (Tafel IV) schematisch dargestellt. Das Treibgewicht hängt an einer Gallschen Kette und wiegt 200 kg. Es sind drei Induktoren zu je drei Stromkreisen mit gemeinsamer Rückleitung eingerichtet. Der Aufzug erfolgt alle 48 Stunden durch einen Elektromotor von  $\frac{1}{2}$  Pferdestärke. Verschiedene Einzel-

heiten können deutlicher aus Abb. 126 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 lassen. 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. 127 zeigt einen solchen Induktor im Schnitt und Abb. 128 in Ansicht. Er steht mit einem Laufwerke in Verbindung,

dessen letzte Welle bei jeder Auslösung eine Drehung von  $180^\circ$  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. 129 zeigt diesen Induktor in Verbindung

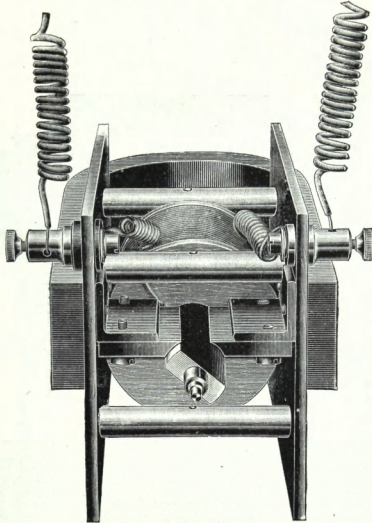


Abb. 128

Ansicht des Magnet-Induktors Abb. 127 (Gesellschaft Magneta)

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 befestigt 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. 127) bewirkt. Die

Kurbel  $k$  wirkt mittels der Kurbelstange auf den Anker  $c$ . In Abb. 130 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,

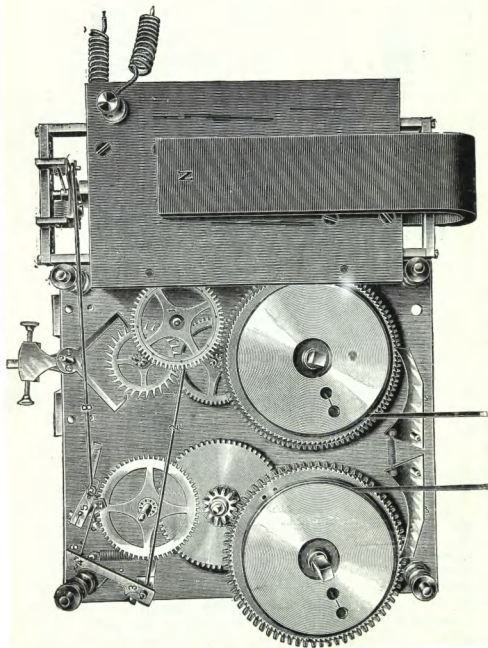


Abb. 129  
Induktor in Verbindung mit dem Laufwerke der Hauptuhr (Magneta)

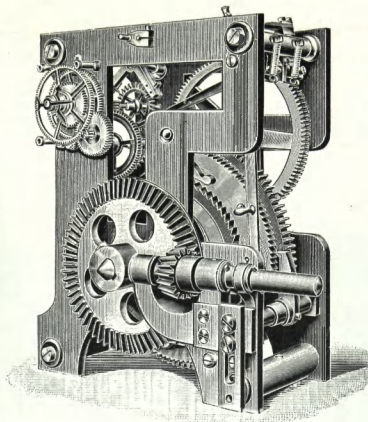


Abb. 130  
Hauptuhr ohne Induktor (Magneta)

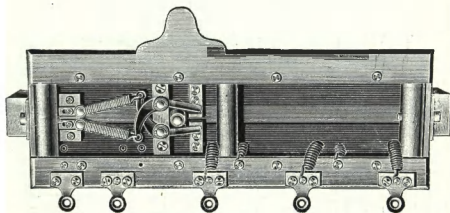


Abb. 131  
Hauptuhr-Induktor der Gesellschaft Magneta

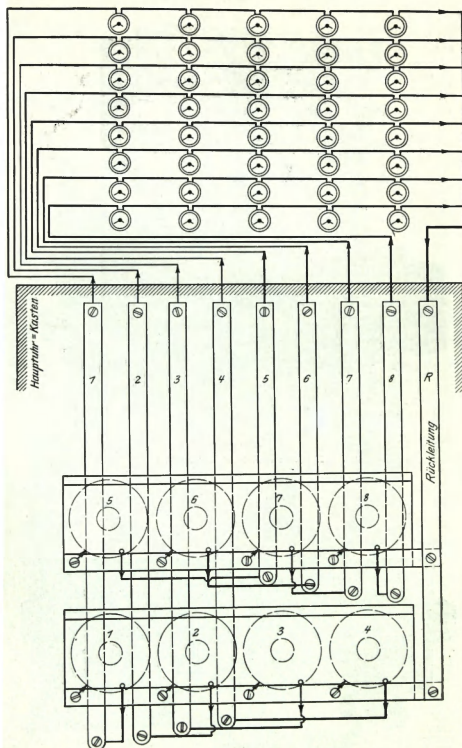


Abb. 137  
Schaltungsschema einer Zentraluhrenanlage mit gemeinschaftlicher Rückleitung  
(Gesellschaft Magneta)

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 Ampere und 25 Volt erzeugt werden. Ein solcher Induktor ist in Abb. 131 dargestellt. In einer kräftigen Hauptuhr werden zwei bis fünf derartige Induktoren übereinander angeordnet, deren Anker durch eine gemeinsame Schubstange verbunden sind. Die Hauptuhr Abb. 125 besitzt drei, die in Abb. 126 dargestellte vier solche Induktoren, die, wie angegeben, vermittels einer gemeinsamen Schubstange von einem Laufwerke betätigt werden, das alle Minuten von der Hauptuhr ausgelöst wird.

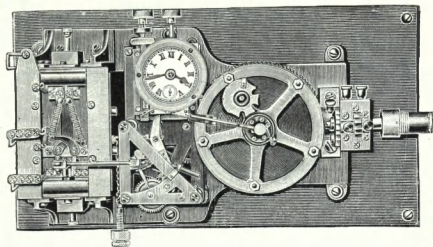


Abb. 133  
Schiffs-Hauptuhr der Gesellschaft Magneta

Ein Schaltungsschema für zahlreiche Stromkreise zeigt Abb. 132. 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 Unruhuhr, da Pendeluhrn hier nicht verwendbar sind. Abb. 133 zeigt eine solche Hauptuhr. Auf möglichst kleinem Raume ist in einem 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 Anker-



uhr, als auch zur Bewegung des Magnetankers, welcher durch eine umlaufende Welle mit Kurbel um seine Längsachse um einen Winkel von etwa  $10^0$  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 bezw. 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 Übereinstimmung.

### 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. Riefler 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 regelten 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  
Sekundenklopper: 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-Uhr 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 Glasverschluß

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 Glaszylinder eingeschlossen sind, weil die Schwingungsdauer des Pendels von den Änderungen 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 Glaszylinder 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 Ölen 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 erfolgtem Abdichten und Abspumpen 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 gröbere 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.

Für die feine Regulierung ihrer Uhren mit Nickelstahl-Kompensationspendel hat die Firma Riefler die nachstehende Tabelle aufgestellt. Der in Spalte 1 der Tabelle angegebenen Luftdruckänderung entspricht die in Spalte 2 angegebene tägliche Gangänderung der Uhr. Die Änderung der Pendelschwingungen (Luftdruck-Konstante) beträgt 0,018 Sekunden für ein Millimeter Luftdruckänderung, wonach die Tabelle aufgestellt ist.

### Gangänderung durch Änderung des Luftdruckes

I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
mm	Sekund.	mm	Sekund.	mm	Sekund.	mm	Sekund.	mm	Sekund.
1	0,018	21	0,378	41	0,738	61	1,098	81	1,458
2	0,036	22	0,396	42	0,756	62	1,116	82	1,476
3	0,054	23	0,414	43	0,774	63	1,134	83	1,494
4	0,072	24	0,432	44	0,792	64	1,152	84	1,512
5	0,090	25	0,450	45	0,810	65	1,170	85	1,530
6	0,108	26	0,468	46	0,828	66	1,188	86	1,548
7	0,126	27	0,486	47	0,846	67	1,206	87	1,566
8	0,144	28	0,504	48	0,864	68	1,224	88	1,584
9	0,162	29	0,522	49	0,882	69	1,242	89	1,602
10	0,180	30	0,540	50	0,900	70	1,260	90	1,620
11	0,198	31	0,558	51	0,918	71	1,278	91	1,638
12	0,216	32	0,576	52	0,936	72	1,296	92	1,656
13	0,234	33	0,594	53	0,954	73	1,314	93	1,674
14	0,252	34	0,612	54	0,972	74	1,332	94	1,692
15	0,270	35	0,630	55	0,990	75	1,350	95	1,710
16	0,288	36	0,648	56	1,008	76	1,368	96	1,728
17	0,306	37	0,666	57	1,026	77	1,386	97	1,746
18	0,324	38	0,684	58	1,044	78	1,404	98	1,764
19	0,342	39	0,702	59	1,062	79	1,422	99	1,782
20	0,360	40	0,720	60	1,080	80	1,440	100	1,800

### 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 Kontaktauflaufwerk 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 Übereinstimmung 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. 134 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 Werkplatte ist durch einen Elfenbeinstreifen 10 ein flacher Kloben 10a 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 Zahnücken 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 Zahnücke 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 Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft

Hauptuhren und Nebenuhren werden hierbei durch Gleichstrom betrieben, welcher aus dem Leitungsnetze elektrischer Anlagen entnommen wird. Der Aufzug erfolgt jede Minute und erfordert etwa 0,0001 Ampère. 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-Ankergang 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 Ankergang so lange sperrt, bis die Zeigerstellung mit der Hauptuhr genau übereinstimmt. In diesem Augenblicke erfolgt





Stundenrohre fällt. Bei der Hauptuhr ist auf dem Stundenrohre für die Betätigung des Kontaktes eine Scheibe mit einer hervorspringenden Nase angebracht. Sobald nun der große Zeiger auf 12 steht, gleitet der Kontakthebel von der Nase ab und öffnet den Stromkreis.

Den Stromlauf für die Regulierung zeigt Abb. 135. Die Nebenuhr zeigt 10 Uhr, und der Kontakt für den Reguliermagneten *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 angeordnete Elektromagnet *a* dient zum Betriebe der Aufziehvorrichtung.

### 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 Haupt- als 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 *Gleichstrom wechselnder 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, Elektra, Grau-Wagner, Peyer, Favarger & Cie., Ungerer, Weule.

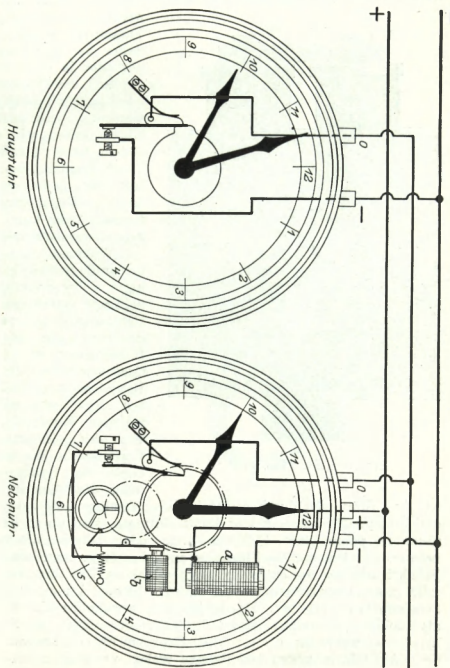


Abb. 135  
System der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin

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 Gewichtuhr 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 Zentraluhrensyste men.

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.

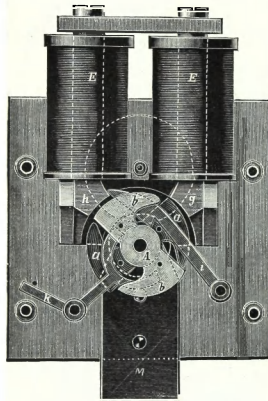


Abb. 136  
Nebenuhr von C. Theod. Wagner

hängig. 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 Induktionströme, 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, wie z. B. bei der Bauart der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“.

#### System C. Theod. Wagner

Das elektrische Triebwerk der von der Firma C. Theod. Wagner in Wiesbaden nach dem Patent Grau konstruierten Nebenuhr (Abbildung 136 und 137) 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 Eisen gefertigten Ankerteile sind auf einer Achse *c* (Abb. 137), welche durch die Schenkel des permanenten Magneten hindurchgeht und in den beiden Gestellplatten des Werkes gelagert ist, befestigt und um 90° gegeneinander versetzt.

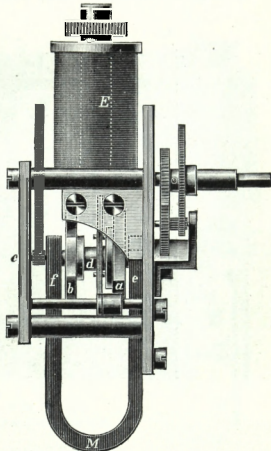


Abb. 137  
Nebenuhr von C. Theod. Wagner  
(Seitenansicht)

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. 137), 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. 136 hervorgeht, beide Teile des rotierenden Ankers überdeckt. Nach der in Abb. 136 veranschaulichten Stellung muß zum Fortbewegen des Ankers der Polschuh *h* ein Südpol und der Polschuh *g* ein Nordpol werden, wodurch der süd magnetische Teil *b* des rotierenden Ankers von *h* abgetrieben, der nord magnetische Teil *a* aber angetrieben

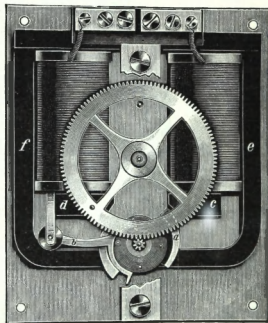


Abb. 138

Nebenuhr von C. Bohmeyer

wird. Gleichzeitig wird nach dem Nordpole *g* der Ankerteil *b* angetrieben und der Teil *a* abgestoßen. Infolge dieses doppelten Antriebes und Abtriebes beschreibt der Anker einen Weg von  $90^\circ$  und kommt dadurch in seine zweite Stellung. Wird ein dem vorhergehenden Strome 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 stattfindende 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.

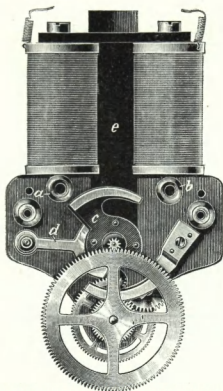


Abb. 139

Nebenuhr von C. Bohmeyer

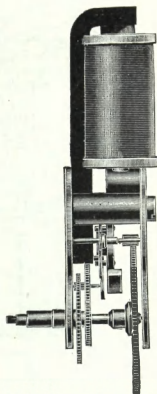


Abb. 140

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 Kontakt-schlusse 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.

### System C. Bohmeyer

Die Nebenuhren der Firma C. Bohmeyer in Halle a. S. sind mit dem in Abb. 138 dargestellten Triebwerke ausgerüstet. Die Schenkel des Elektromagneten mit den Polschuhen *c d* und

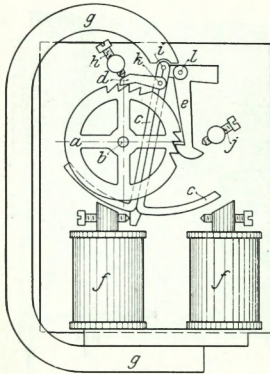


Abb. 141

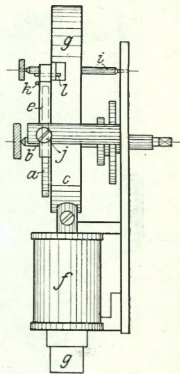


Abb. 142

Nebenuhr von Siemens & Halske A.-G.

der zweischenkelige rotierende Anker sind durch zwei kräftige Dauermagnete *f e* so polarisiert, daß der Anker *a* die entgegengesetzte Polarität des ihm gegenüberstehenden Polschuhs hat. Durch Stromstöße wechselnder Richtung wirkt der eine Polschuh auf den Anker antreibend, der andere aber abtreibend. Der rotierende Anker macht infolgedessen bei jedem Stromschlusse eine Bewegung von  $90^\circ$ , also einer Viertelumdrehung. Um die Größe der Drehung sicher zu begrenzen, ist der Fanghebel *b* angeordnet. Derartige elektrische Zeigerwerke werden für Zifferblatt-Durch-

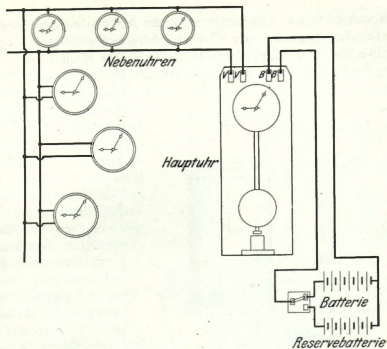


Abb. 143

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

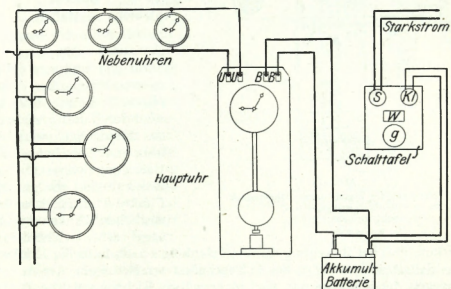


Abb. 144

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





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 Kliniken *d* und *e* beim Ausschwingen des Ankers anschlagen.

Die Schaltung einer elektrischen Uhrenanlage mit den eben beschriebenen Nebenuhren ist für Batterie-Betrieb in Abb. 143 und für Akkumulatoren - Betrieb in Abb. 144 dargestellt. Die Schaltungen sind wohl ohne weitere Erklärungen verständlich.

#### System der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“

Die elektrischen Triebwerke der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“ in Elberfeld sind ebenfalls nach den Grundsätzen der Konstruktion von Grau gebaut, zeigen jedoch interessante Abweichungen. Die Abb. 145 zeigt die Vorderansicht, Abb. 146 die Seitenansicht eines solchen Triebwerkes. Um jene Teile besser darstellen zu können, auf die es hier ankommt, ist in Abb. 145 die vordere Gestellplatte weggelassen und das Räderwerk strichpunkttiert angedeutet. In der Seitenansicht (Abb. 146) sind die vorderen Gestellpfeiler und die Welle des Arretierungshebels *F* fortgelassen worden. Abb. 147 gibt die perspektivische Ansicht eines solchen Werkes für eine Nebenuhr mit nur einem Zifferblatte wieder. Die genannte Firma liefert auch Straßenuhren mit mehreren Zifferblättern.

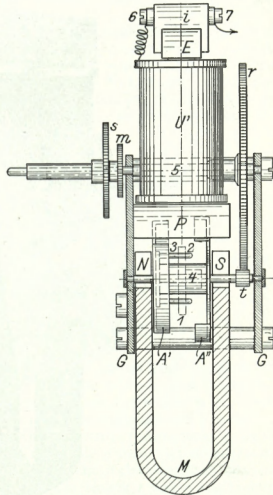


Abb. 146  
Nebenuhr der Westdeutschen  
Uhrenfabrik „Elektra“  
(Seitenansicht)

Wir wollen an Hand der Abb. 145 und 146 die Einrichtung des Triebwerkes kennen lernen.

Die beiden Anker  $A'$  und  $A''$  drehen sich in der Richtung der Zeiger, sind aber stets unter dem Einflusse der Schenkel (Pole)  $N$  und  $S$  (Abb. 146) des Stahlmagneten  $M$ .

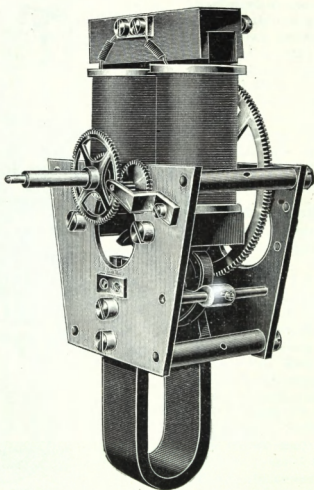


Abb. 147

Nebenuhr der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“

Die beiden Ankerscheiben, welche auf der Welle 4 befestigt sind, haben eine eigenartige Form, die in Abb. 148 besonders dargestellt ist. Sie sind aus weichem Eisenblech von etwa  $1\frac{1}{2}$  mm Stärke gestanzt und an ihrem Umfange im rechten Winkel aufgebogen (gekröpft). Der Grundriß des Ankers ist etwa wie ein Z gestaltet. Das eine Ende des gebogenen Teiles bildet einen dünnen

Schnabel, während das andere als volle Platte ausgebildet ist. Die Krümmungen der beiden Umfangsteile liegen nicht im Kreise, sondern sie sind *exzentrisch*, und zwar so, daß die beiden Schnäbel dem Mittelpunkt näher liegen. Dadurch wird von den Polschuhen *P* des Elektromagneten *U* einerseits ein sehr kräftiger und andererseits ein anfangs schwächerer Einfluß ausgeübt, so daß nicht eine stoßweise, sondern eine allmählich wirkende Kraft die Anker bezw. die Zeiger der Uhr bewegt.

Durch Einleiten von Gleichstrom wechselnder Richtung wird in der schon bei anderen Systemen beschriebenen Weise die Drehung der Anker in nur einer Richtung erreicht, weil der Anker *A'* stets ein Nordpol und der Anker *A''* stets ein Südpol ist. Wenn also die Polarität (der Triftsinn) der Polschuhe des Elektromagneten zufolge der Stromrichtungswechsel wechselt, so findet zwischen *P''*

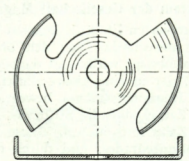


Abb. 148

Anker in den Nebenuhren der Uhrenfabrik „Elektra“

und *A''* Abtritt („Abstoßung“) und das gleiche auch zwischen *P'* und *A'* statt. Sobald sich jedoch die Welle *4* bewegt, nähert sich das obere Ende von *A''* dem Eisenkerne *P'* und das rechte untere Ende von *A'* dem Eisenkerne *P''*. Es findet also zwischen den Polschuhen und zwischen den Ankerschnäbeln Antritt („Anziehung“) statt, die sich so lange verstärkt, bis die Welle *4* eine Viertelumdrehung gemacht hat. Damit die Anker sich nicht rückwärtsdrehen können, ist ein Hebel *F* mit zwei gabelförmigen Zinken *1* und *2* angebracht, dessen oberes Ende *2* sich, wie aus den Abbildungen zu erkennen ist, gegen den Stift *3* legt. Entsprechend der jedesmaligen Drehung von  $90^\circ$  sind um die Welle *4* vier solcher Sperrstifte angeordnet.

Wie die Fabrik mitteilt, ist durch diese eigenartige Ankerkonstruktion eine derart starke Wirkung erzielt worden, daß verhältnismäßig kleine Triebwerke auch für große, lange und schwere Zeiger genügen. Die Triebkraft soll etwa 40% höher sein als bei Anwendung von massiven Ankern. Auch das geringe Gewicht der aus dünnem Eisen gestanzten Anker trägt mit dazu bei, daß die Zeigerwelle sich sehr leicht bewegen kann.

Die soeben beschriebene Wirkungsweise auf die Welle 4 wird durch ein Trieb auf das Rad  $r$  übertragen, welches mit der Minutenwelle 5 fest verbunden ist. Gleichfalls festgeschraubt ist auf der Welle 5 das Minutenrad  $m$ , welches durch das Wechselrad  $w$  (Abb. 145) das Stundenrad  $s$  bewegt. Zuzufolge der hier beschriebenen Einrichtung macht bei Stromschlüssen wechselnder Richtung (die von der Hauptuhr in jeder Minute einmal erfolgen) der große Zeiger einen Weg von einer Minute. Auf dem eisernen Joche  $E$ , welches die Eisenkerne  $U'$   $U''$  verbindet, sitzt das hölzerne Isolierstück  $i$ , an dem beiderseits Klemmschrauben 6 und 7 befestigt sind. Die Klemmschraube 6 schaltet die Drahtspulen hintereinander, während auf der anderen Seite des Isolierstückes  $i$  zwei Klemmschrauben, für jede Drahtspule eine, vorhanden sind. In der Seitenansicht (Abb. 146) ist nur die eine Polklemme (7) sichtbar.

### System der Gesellschaft Magneta

Über einem polarisierten Elektromagneten schwingt eine eiserne Ankerplatte, welche abwechselnd von den beiden Elektromagnetschenkeln 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 Gangrad 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 Zwischenrad mit Trieb wird das Stundenrohr bewegt.

Der Elektromagnet ist in der Weise polarisiert, daß das Verbindungsjoche der beiden Eisenkerne auf einem rechtwinklig gebogenen Stahlmagneten sitzt und der Anker einen umgebogenen (in Abb. 150 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 Zweiggesellschaften gegründet, u. a. auch eine deutsche Gesellschaft. Diese vermietet sowohl Nebenuhren, deren Zentrale sie selbst betreibt, als auch Hauptuhren.

In den Abb. 149 und 150 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 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 Gestalt der Gangradzähne, die durch die Stifte

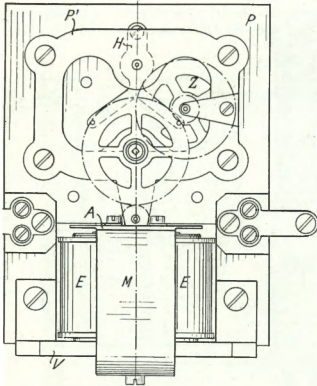


Abb. 149

Nebenrühr der Gesellschaft Magneta

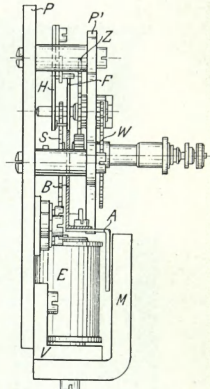


Abb. 150

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  $1/2$  mm über den Eisenkern des Elektromagneten.

### System Peyer, Favarger & Cie.

Die Abb. 151 und 152 zeigen zwei Triebvorrichtungen der Firma Peyer, Favarger & Cie. in Neuchâtel mit rotierendem Anker, der durch einen Stahlmagneten *NS* polarisiert ist. Der Anker in Abb. 151 hat 30 Zähne, der in Abb. 152 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. 151 dargestellt. Das Schaltrad *a* aus weichem Eisen trägt vorn das Minutenrad und springt bei jedem Stromstoß, 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

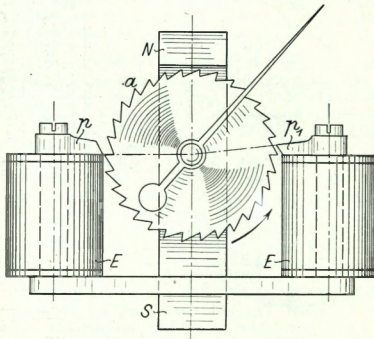


Abb. 151  
Triebvorrichtung für Nebenuhren von A. Favarger

des Rades nach den Spitzen der Polschuhe einerseits auf eine Zahnspitze von *a* und andererseits in die Mitte zwischen zwei Zähne fallen. Der hufeisenförmige Stahlmagnet *N S* 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  $6^\circ$ . Infolgedessen ist die lebendige Kraft des in Bewegung versetzten Schaltrades so gering, daß immer dem einen oder anderen Polschuhe eine Spitze des Rades *a* genau gegenübersteht. Der Betrieb eines solchen Zeiger-



werkes ist geräuschlos, weil klappende Sperrklinken oder Kontakte nicht vorhanden sind.

Die andere Konstruktion (Abb. 152) ist nach der gleichen Grundlage ausgeführt. Ein Unterschied liegt lediglich darin, daß das Schaltrad *a* nur 5 Zähne besitzt. Es muß daher zwischen Schaltradachse und Minutenwelle eine Übersetzung von 1:6 eingefügt werden. Die Konstruktion ist besonders für Schaufenster- und Straßenuhren mit

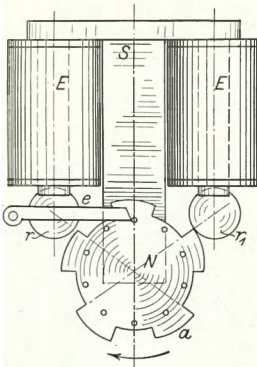


Abb. 152  
Triebvorrichtung für Nebenuhren  
von A. Favarger

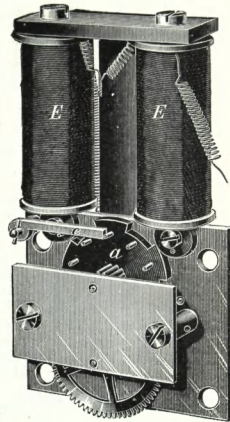


Abb. 153  
Nebenuhr von Peyer,  
Favarger & Cie.

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  $36^\circ$ , 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 Übertragung der Bewegung des Magnetankers auf das Zeigerwerk ist aus Abb. 153 ersichtlich.

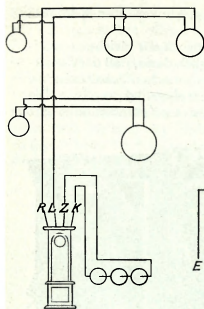


Abb. 154

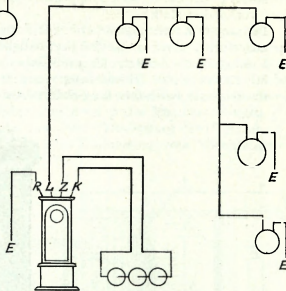


Abb. 155

Schaltungsschemata von Zentraluhrenanlagen

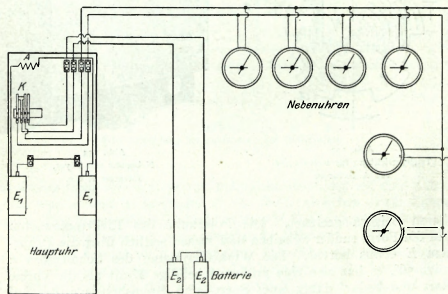


Abb. 156

Schaltungsschema einer Zentraluhrenanlage der Firma H. J. von

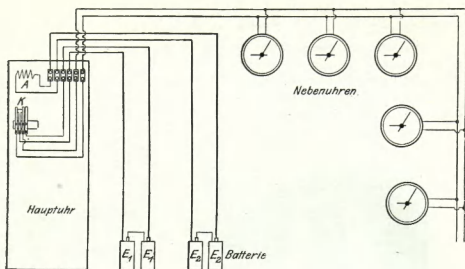


Abb. 157

Schaltungsschema einer Zentraluhrenanlage der Firma H. Aron

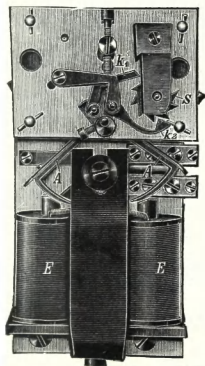


Abb. 158

Nebenuhr von H. Aron

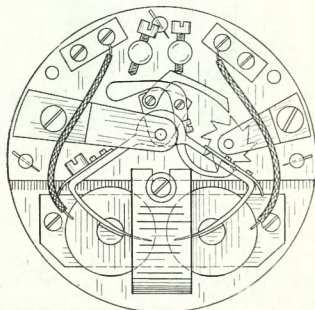


Abb. 159

Nebenuhr von H. Aron

### System H. Aron

Die Leitungsanlage zum Betriebe von Nebenuhren wird im allgemeinen sehr verschieden ausgeführt, je nachdem Gleichstrom oder Stromwechsel angewendet ist. Für kleinere Anlagen mit Gleichstrom kann man die Schaltung Abb. 154 mit Doppelleitung oder die in Abb. 155 dargestellte mit Erdrückleitung gebrauchen.

Die Abb. 156 und 157 zeigen Schaltungseinrichtungen der Firma H. Aron G. m. b. H. in Charlottenburg. Bei der Anlage Abb. 155 befindet sich die Betriebsbatterie für die Hauptuhr in deren Gehäuse; bei der Anlage Abb. 157 ist sowohl die Betriebsbatterie für die Hauptuhr als auch diejenige für die Nebenuhren außerhalb des Gehäuses der Hauptuhr aufgestellt.

Für den Betrieb von Nebenuhren verwendet die Gesellschaft H. Aron einen polarisierten Elektromagneten *EE* (Abb. 158) mit schwingendem Anker *A*, dessen Bewegungen vermittelt zweier Klauen *k*<sub>1</sub> und *k*<sub>2</sub> ein Schaltrad *S* fortschalten. Für Uhren mit beleuchtetem Zifferblatte, die im Freien hängen sollen, wird

dieses Triebwerk in runder Form gebaut (Abb. 159) und in einem wasserdichten Gehäuse fest verschlossen.

### Nebenuhr von O. Denner

Die Konstruktion nach der Erfindung des Herrn Professor O. Denner in Nürnberg wird von den Deutschen Telephonwerken G. m. b. H. in Berlin fabriziert. Sie ist, wie Abb. 160

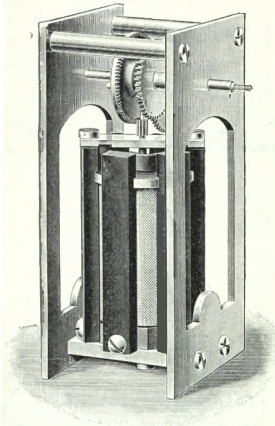


Abb. 160

Nebenuhr von Prof. O. Denner

zeigt, sehr einfach, klein und abweichend von bisher bekannt gewordenen Anordnungen. Zwischen sechs kleinen Stahlmagneten, die mit abwechselnden Polen auf einer Grundplatte verschraubt sind, sitzt eine Drahtrolle mit durchbohrtem Eisenkern, durch dessen Höhlung eine senkrechte Welle geht. Auf dieser Welle ist oben zwischen den Enden der Stahlmagnete ein eiserner, dreizackiger Anker befestigt, über dem oben die Welle ein Trieb trägt. Beim Einleiten von wechselndem Gleichstrome werden immer abwechselnd drei Stahlmagnete in ihrer Wirkung geschwächt und gleichzeitig die drei anderen in ihrer Wirkung verstärkt, so daß der

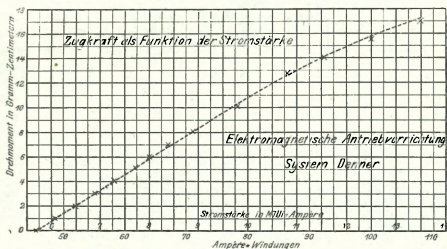


Abb. 161

Kurve der magnetischen Wirkung der Nebenuhr von Prof. O. Derner

Anker bei jedem wechselnden Stromschlusse eine Sechstelumdrehung macht. Diese Bewegung wird von dem Triebe der Ankerwelle durch einen Kronradeingriff auf das Zeigerwerk übertragen. Die Welle des Kronrades ist gleichzeitig die Minutenwelle, während das Trieb am Kronrade durch Räderübersetzung das Stundenrohr bewegt.

Die eigenartige magnetische Disposition der Triebvorrichtung ist so günstig gewählt, daß die Kurve der magnetischen Wirkung (Abb. 161) für steigende Stromstärke beinahe eine gerade Linie bildet. Da keinerlei Sperrvorrichtungen an der Triebwelle vorhanden sind, so eignet sich dieses Werk besonders für geräuschlose Nebenuhren.

#### Der Stromverteiler von Heinrich Cohen jun.

Um von einer Hauptuhr aus eine große Anzahl Nebenuhren betreiben zu können, ist an die Hauptuhr das in Abb. 162 schematisch dargestellte Relais angeschlossen, welches für die Stromverteilung

von 60 Linien zu je 20 Nebenuhren, also zum Betriebe von 1200 Nebenuhren dienen kann. Die Stromquelle ist an die beiden unten in der Mitte gelegenen Klemmen angeschlossen. Eine Linie wird an die beiden Klemmen rechts oben gelegt. Die Hauptuhr sendet

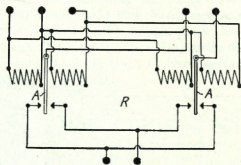


Abb. 162  
Relais für Nebenuhren von H. Cohen jun.

Strom wechselnder Richtung durch die mittlere Klemme links oben und durch eine der beiden seitlich von jener gelegenen Klemmen. Auf diese Weise werden die beiden Anker *A A* abwechselnd nach links oder nach rechts bewegt und dadurch die gewünschte Schaltung herbeigeführt.

### System Riefler

Zur Regulierung (Synchronisation) von Nebenuhren, zur Aufzeichnung der Pendelschwingungen der Hauptuhr durch den Chronographen oder zum Betriebe von Sekundenklopfen 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 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 Betriebssicherheit 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 Zehntelsekunden 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 Sekunden-signale 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 an.

Die Abb. 163 und 164 zeigen ein solches Turmuhrwerk aus der Fabrik von J. F. Weule in Bockenem mit dem elektrischen Auslöse-Apparate, der ähnlich wie die Nebenuhr von Grau-Wagner konstruiert ist. Zwischen den Schenkeln des Elektromagneten  $E$   $E$

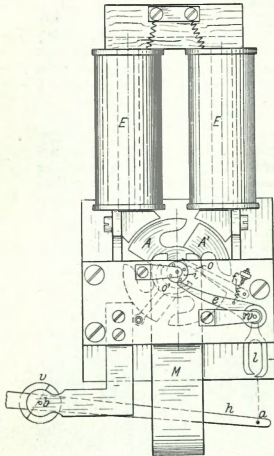


Abb. 163

Nebenuhr von J. F. Weule

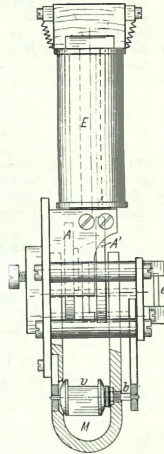


Abb. 164

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 sitzt (vgl. auch Abb. 165) vorn ein Trieb  $i$  mit vier Stiften, welche bei jedesmaliger Drehung des Ankers einen Hebel  $e$  herabdrücken, der durch eine Schraubenfeder  $f$  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 und gelangt schließlich beim Rückwärtsgange der Gabel in diese hinein, da das Gewicht *g* (Abb. 165) am anderen Ende des Hebels *h* den Stift *a* nach oben drückt. Die Welle *b* hat in der Mitte eine Verstärkung *v*, welche bis zur Hälfte ausgeschnitten ist. Gegen diese Verstärkung legt sich der Tipper *t* an, welcher auf der Welle des Gangrades der Uhr befestigt ist. Fällt der Stift *a* in die Gabel ein und dreht sich die Verstärkung *v* um

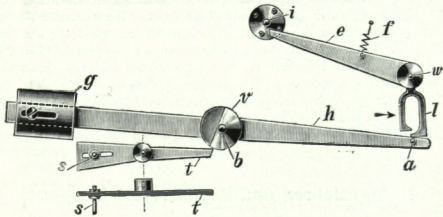


Abb. 165

Auslösung für elektrische Turmuhr von J. F. Weule

die Welle *b*, so wird *t* frei und macht einen 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 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 Übermittlung 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 Glocken, und für Feueralarm benützt man in kleineren Städten 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 Überwachung des Aufziehens und des Ganges überflüssig gemacht und dadurch der Erwerb des Uhrmachers vorübergehend 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 leichter Kontrolle durch An-

schlußuhren erhoben werden, können nur dazu beitragen, den Verdienst des Uhrmachers durch Verkauf besserer Uhren und also bessere Bezahlung zu erhöhen. Die bessere Übereinstimmung 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 erringen kann.

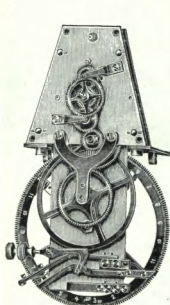


Abb. 166  
Signaluhr von H. Aron

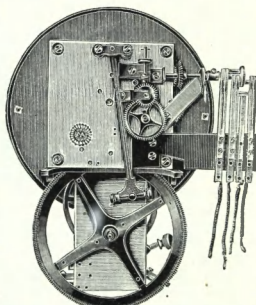


Abb. 167  
Signaluhr von H. Aron,  
auch zum Betriebe von Nebenuhren dienend

### Signaluhren von H. Aron

Die Firma H. Aron G. m. b. H. in Charlottenburg baut Signaluhren verschiedener Einrichtung. Abb. 166 zeigt die vordere Ansicht (nach Abnahme des Zifferblattes) einer Signaluhr, welche nach Belieben in Abständen von je fünf Minuten Glockenzeichen geben kann. Abb. 167 zeigt die hintere Ansicht einer Signaluhr, welche gleichzeitig auch zum Betriebe von Nebenuhren dient. Die entsprechenden Schaltungen für diese Uhren sind in den Abb. 168 und 169 wiedergegeben. Die äußere Ansicht einer Aronschen Signaluhr mit unter dem Zifferblatte sichtbarer Signalscheibe und Kontaktvorrichtung zeigt Abb. 170.

Die Stromläufe für den Zeitsignal-Kontakt (Abb. 171) und für den Nebenuhr-Kontakt (Abb. 172) lassen die Wirkungsweise der Einrichtungen am besten erkennen. Für die Zeitsignale müssen zwei Kontakte zusammenwirken, damit überhaupt ein Signal erfolgen kann. So wird in Abb. 171 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.

Der Nebenuhrkontakt Abb. 172 wirkt in folgender Weise: Die Welle *W* der Signaluhr wird jede Minute einmal ausgelöst und

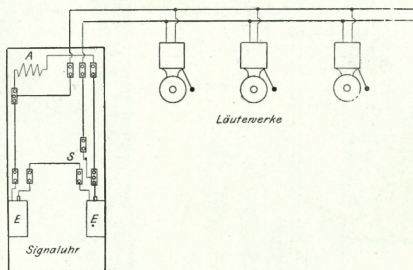


Abb. 168  
Schaltungschema einer Signalluhr (H. Aron)

macht hierbei eine halbe Umdrehung. Dabei wird der Strom der Batterie *B* zum Betriebe der Nebenuhren *N* geschlossen, so daß Ströme wechselnder Richtung entstehen. In der Ruhe stehen die beiden Zapfen 5 und 6, welche auf einer runden Scheibe der Welle *W* befestigt sind, frei, ohne die Federn 3 und 4, die auf dem Querarme der Feder 2 aufliegen, zu berühren. Bei jeder Auslösung der Welle berührt auf kurze Zeit entweder Stift 5 die Feder 4 oder Stift 6 die Feder 3. In beiden Fällen erfolgt Stromschluß. In dem einen Falle geht der Strom von der Batterie über 2 nach dem Querarme der aufliegenden Feder 3 durch die Nebenuhren *N* über 4 und 5 nach 1 zur Batterie zurück; im anderen Falle geht er von 2 über 4 durch *N* nach 3 und 6 über 1 nach der Batterie zurück.

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

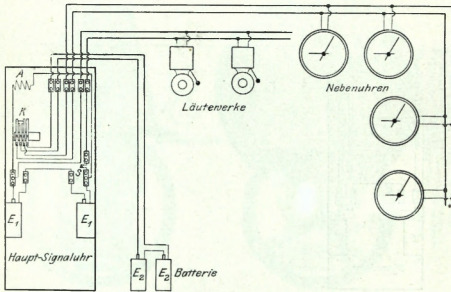


Abb. 169  
Schaltungsschema einer Signal-Uhrenanlage (H. Aron)

sind 4 Volt, bei größeren Anlagen je nach der Leitungslänge bis zu 12 Volt erforderlich, welche galvanischen Elementen oder Akkumulatoren entnommen werden können. Bei den nach Schaltungsschema Abb. 169 ausgeführten Anlagen betreiben die beiden im Uhrgehäuse montierten Elemente  $E_1$  den elektrischen Aufzug  $A$ , während die Elemente  $E_2$  zum Betriebe der Nebenuhren dienen.

Die Anordnung kann auch derart getroffen werden, daß die beiden im Gehäuse der Signaluhr befindlichen Elemente gleichzeitig den elektrischen Aufzug und die Läutewerke betätigen. Soll eine größere Anzahl von elektrischen Läutewerken (mehr als fünf) angeschlossen werden, so ist ein Relais vorzusehen, welches von der



Signaluhr eingeschaltet wird und den Stromkreis für die Läutewerke schließt.

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.

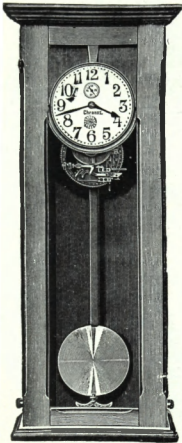


Abb. 170  
Signaluhr von H. Aron

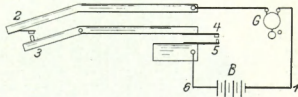


Abb. 171  
Zeitsignal-Kontakt von H. Aron

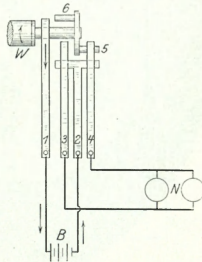


Abb. 172  
Nebenuhr-Kontakt von H. Aron

### Signaluhr von Max Möller

Sehr einfach ist die Signaleinrichtung der Firma Max Möller 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. 173), 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

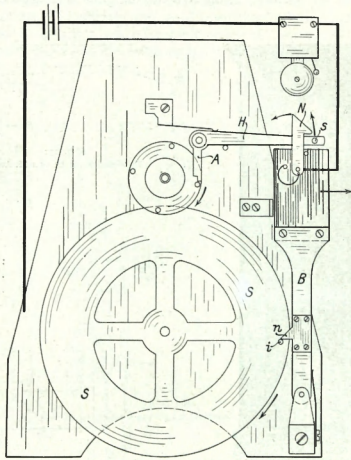


Abb. 173  
Schema der Signaluhr von Max Möller

einem Absatze. Sobald der Hebestift vom ersten Absatze abfällt, erfolgt der Kontaktschluß, der so lange dauert, bis der Hebestift 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 fünfminütliche Signalgebung erzielen.

### Signaluhr von Karl Kohler

Die Signaluhr der Firma Karl Kohler in Neustadt (Baden) ist in Abb. 174 dargestellt. Die Signalscheibe *S*, die nach Abnahme des Zifferblattes sichtbar ist, hat 21 cm Durchmesser

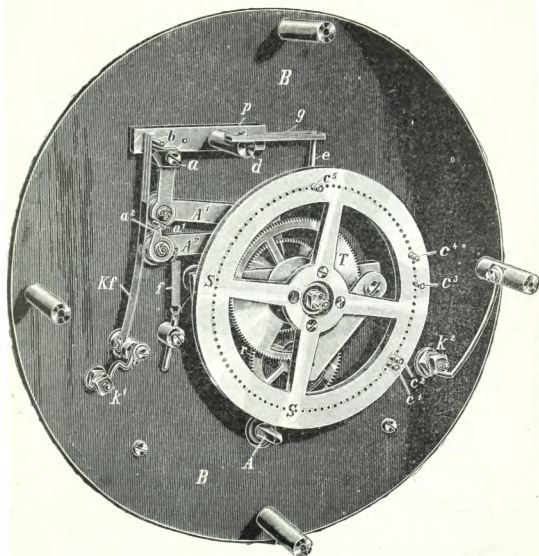


Abb. 174  
Signaluhr von Karl Kohler

und 96 bzw. 288 Bohrungen, in welche die konischen Signalstifte eingesteckt werden. Die Stifte  $c^1$  bis  $c^5$  der Signalscheibe *S* wirken auf den Kontaktarm *e*, der in eine Blattfeder *g* eingienietet ist. Zu- folge keilförmiger Gestalt des Endes von *e* heben die Stifte *c* den

Kontakt nur momentan an. Die Dauer des Signales hängt von dem Längenunterschiede zwischen den beiden Abfallhebeln  $A^1$  und  $A^2$  ab. Mit dem Minutenrohr ist einvierarmiger Exzenter verbunden, dessen Arme die beiden Hebel  $A^1$  und  $A^2$  hochheben, wobei  $A^1$  nach jeder Viertelstunde herunterfällt. Hierdurch gibt das Isolierstück  $a$  die Kontaktfeder  $Kf$  frei, welche sich nun gegen den Kontaktstift  $b$  legt. Es erfolgt jedoch nur dann ein Signal, wenn zu dieser Zeit auch der Arm  $e$  in Berührung mit einem Signalstifte  $c$  steht.

Der Arm  $A^2$  ist um eine Kleinigkeit länger als Arm  $A^1$  und fällt dementsprechend später ab. Hierdurch wird der Kontakt zwischen  $Kf$  und  $b$  aufgehoben und die Läutedauer beschränkt. Der Arm  $A^2$  ist mit einer kleinen Nase  $a^2$  versehen, die auf einen Stift  $a^1$  im Arme  $A^1$  einwirkt. Da der Arm  $A^2$  durch die Schraubenfeder  $f$  nach unten gezogen wird, so gibt die Nase  $a^2$  dem Arme  $A^1$  eine kräftige Bewegung, wobei die Kontaktfeder  $Kf$  vom Stifte  $b$  wieder abgehoben wird. Die beschriebenen Teile sind auf der Grundplatte  $B$  befestigt, die auch das Zeigerwerk trägt. Das Minutenrohr steht außer mit dem Wechselrade mit dem Übersetzungsrade im Eingriff, dessen Trieb das Vierundzwanzigstundenrad  $T$  bewegt. Auf dem letzteren ist mittels eines Rohres die Signalscheibe  $S$  befestigt.

Die Abbildung zeigt eine solche Signaluhr mit Federaufzug; doch werden diese Uhren natürlich auch mit elektrischem Aufzuge gebaut. —

Die Firma Karl Kohler fertigt auch Signaluhren für Minutenkontakte. Das Zifferblatt enthält für jede Minute ein Bohrloch zum Einsetzen von Kontaktstiften. Auf das Minutenrohr ist ein Sperrad aufgenietet, mit dem ein Hebel fest verbunden ist. (Das Sperrad verhindert das Rückwärtsdrehen der Uhr.) Der Hebel trägt an dem einen Ende eine Kontaktfeder mit Isolierplättchen, das so befestigt ist, daß die Feder noch ein wenig über das Plättchen hervorsteht. Der Kontakthebel bewegt sich mit dem Minutenzeiger gemeinsam vorwärts. Er berührt hierbei die eingesetzten Kontaktstifte so, daß zunächst das Isolierplättchen aufliegt, welches beim Weitergehen der Uhr plötzlich vom Kontaktstifte abfällt und dadurch den Stromschluß herbeiführt. —

Soll eine Signaluhr mehrere Stromkreise schließen, und zwar entweder gleichzeitig oder zu verschiedenen Zeiten, so werden zwei Reihen von Bohrungen im Abstände von je fünf Minuten auf dem Zifferblatte angebracht. Die innere Reihe wird zu den gewünschten Läutezeiten mit kürzeren Kontaktstiften besetzt als die äußere Reihe. Ein besonderes Kontaktrad, daß sich in vierundzwanzig Stunden einmal herumdreht, trägt je nach der Anzahl der Stromkreise zwei oder mehrere isolierte Schleifringe, für jeden Stromkreis einen. Mit den Schleifringen fest verbunden sind entsprechende Hebel mit Kontaktfedern und Kontaktnasen, die beim Weitergehen der Uhr auf den Kontaktstiften kurze Zeit

schleifen und die Stromkreise schließen. Alle Stromkreise haben eine gemeinsame Rückleitung, während die Zuleitung jedes Stromkreises mit Schleiffedern verbunden ist, die auf den Kontakttringen aufliegen. Das Zifferblatt muß bei mehr als zwei Stromkreisen auch eine entsprechend größere Anzahl von Bohrlöcherkreisen für die Kontaktstifte erhalten.

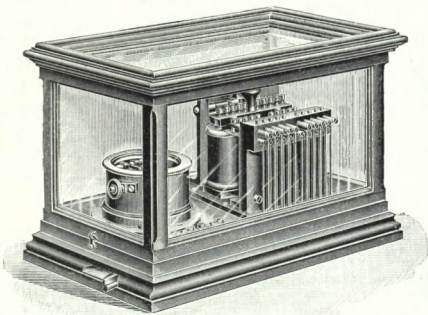


Abb. 175

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

### Zeitsignalgeber von Siemens & Halske A.-G.

Die Einführung der mitteleuropäischen Zeit als Normalzeit für den gesamten Eisenbahnbetrieb in Deutschland gab Veranlassung zur Einführung besonderer Apparate, der Zeitsignalgeber, 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 übermittelt.

Das Chronometer, ein Präzisionsuhrwerk mit Rieflerschem Quecksilbersekundenpendel, besitzt eine Kontakteinrichtung, welche alle vierundzwanzig Stunden, und zwar zwei Minuten vor 8 Uhr morgens den Stromkreis des Rufzeichengebers (Abb. 175), in welchem ein Elektromagnet liegt, auf die Dauer von  $2\frac{1}{4}$  Minute schließt. Dieser Elektromagnet löst dabei den Sperrhebel einer 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 Generaltasters eingeschaltet ist (Abb. 176). Dieser Taster, der im Notfalle 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

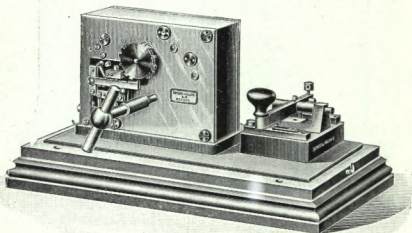


Abb. 176

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

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 „m e z“, worauf der ganze Apparat durch Unterbrechung des ersterwähnten Uhrkontaktes außer Tätigkeit gesetzt wird. Parallel zu dem Stromkreise der Zeichenscheibe ist auf dem Rufzeichengeber ein gewöhnlicher Morsetaster angebracht, der bei Störungen des Werkes auch eine Zeichengabe von Hand ermöglicht (vgl. Abb. 176).

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

Zur Übertragung des in einer beliebigen Telegraphenlinie gegebenen Zeitsignals auf eine beliebige Anzahl anderer Telegraphenlinien dient ebenfalls die in Abb. 175 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. 122 auf Seite 125 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.

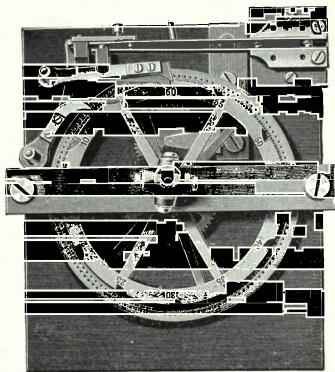


Abb. 177  
Zeitsignal - Vorrichtung von J. F. Weule

#### Signalscheibe von J. F. Weule

Abb. 177 zeigt den Signalapparat der Turmuhrfabrik J. F. Weule in Bockenem, wie er für Großuhren gebaut wird. Die in der Mitte sichtbare Kupplung ist 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 Zwischen-



raum, 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.

Zu den Zeiten, wenn eine Glocke ertönen soll, werden in die äußere Reihe kurze Stifte, in die innere Reihe längere Stifte gesteckt. An dem seitlichen Hebel sind links in der Mitte zwei Nasen angebracht (von denen in Abb. 177 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 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 Kontakstiften 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. Für die Sonntage kann eine selbsttätige Abstellung angewendet werden. — Die Firma liefert diese Signalapparate auch für kräftige Hausuhrwerke.

#### 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 Läutewerk wie auf den Eisenbahnen erzeugt werden. Die Zeitkontakte sind in einer für diesen Zweck geeigneten elektrischen Uhr *A* angebracht (Abb. 178), welche den Strom der Batterie *B* für das Läutewerk *C* schließt. Die Glocke steht im Freien, z. B. auf einem Schulhofe, und gibt sechs kräftige, langsam aufeinander folgende 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. 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 Uhrennetze einfügen, indem mit der nächstgelegenen Nebenuhr die erforderliche Signalscheibe verbunden wird, deren Einrichtung wir schon mehrfach kennen gelernt haben.

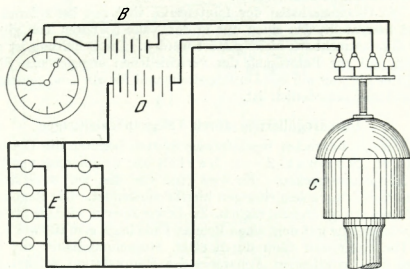


Abb. 178  
Signalanlage von Peyer, Favarger & Cie.

### Hotelweckuhr mit Kontroll-Einrichtung von Karl Kohler

Die von der Uhrenfabrik Karl Kohler in Neustadt (Baden) ausgeführte Einrichtung dient dazu, in sämtlichen Zimmern eines Hotels von einer Zentralstelle (z. B. vom Zimmer des Hauswirts) aus zu beliebigen Zeiten wecken zu können und eine Kontrolle darüber zu haben, daß der Gast das Signal vernommen und abgestellt hat. Die Anlage besteht aus einer Uhr mit Kontaktwerk (das alle Viertelstunde Stromschlüsse erzeugt), einem Klappenschranke mit den Nummern der Zimmer für die Kontrolle und einem Zeitschiensystem für die erforderlichen Verbindungen. Der viertelstündigen Einteilung entsprechend sind 48 Zeitschienen vorhanden, welche der Reihe nach von 12 h 15 m, 12 h 30 m usw. nachts bis 12 Uhr mittags montiert sind.

Soll z. B. ein Gast im Zimmer Nr. 40 um 5 h 30 m geweckt werden, so wird durch eine Leitungsschnur mit zwei Stöpseln (ähnlich wie bei

Fernsprechapparaten) die Zeitschiene 5<sup>30</sup> mit der Zimmerklappe Nr. 40 verbunden. Um die angegebene Zeit wird dann durch die Uhr der Stromschluß für die betreffende Zeitschiene vermittelt und das Läutewerk des eingeschalteten Zimmers in Tätigkeit gesetzt. Im Kontrollapparate fällt mit dem Beginne des Signals die Zimmerklappe Nr. 40 zur Hälfte sichtbar vor und zeigt dadurch an, daß der Wecker in Tätigkeit gesetzt wurde. Das Läuten dauert so lange fort, bis der Gast erwacht ist und auf einen Knopf drückt. Der Wecker wird damit außer Tätigkeit gesetzt, und die Kontrollklappe fällt vollkommen herab, wodurch dem Hauswart angezeigt ist, daß der Gast wirklich geweckt wurde.

Die Glockenschalen der Läutewerke sind aus besonderem Material hergestellt, das einen nur in der Nähe hörbaren Ton gibt, so daß Zimmernachbarn nicht gestört werden. Die Schaltung ist so gewählt, daß zur Betätigung der verschiedenen angegebenen Signale für jedes Zimmer nur ein Leitungsdraht und für alle eine gemeinsame Rückleitung erforderlich ist.

#### 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 acht Stunden einmal herumdrehen. Der Stromlauf ist in Abb. 179 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 welche 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 vierundsechzigmal, 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.

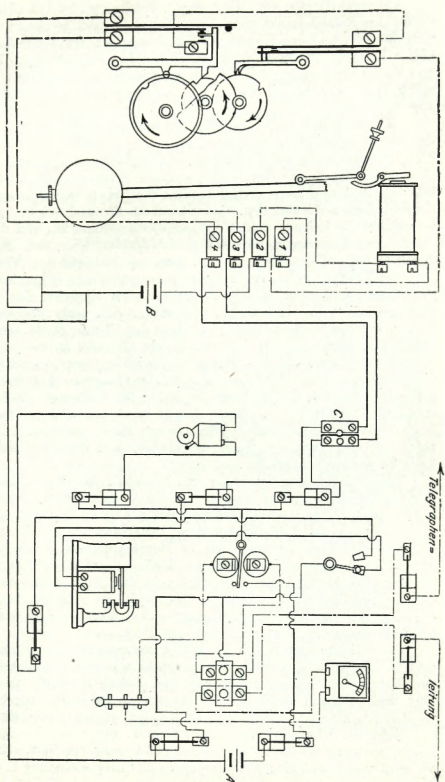


Abb. 179  
Schaltung für die Uhrenregulierung durch eine Telegraphenkraftung  
(Normal-Zeit G. m. b. H.)

Auf jeder Station wird die Leitung, welche von der Lokalbatterie durch den Relaiskontakt zum Morse-Apparate 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 eine isoliert sitzendes Kontaktstück eines Hebels zur Feder und von da zum Morse-Apparate 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. 179), 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 fortbewegendem 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 Unedlichkeiten 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 Temperaturnelder, Wasserstandsmelder und dergl. 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 Reithofer 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 ge-



legene 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. 180 getroffen werden. Im primären Kreise des Hochspannungsapparates ist ein Induktor mit

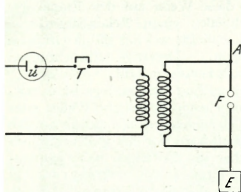


Abb. 180  
Einfacher Sender für elektrische Wellen

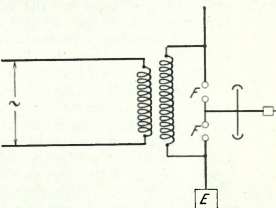


Abb. 181  
Sender mit doppelter Funkenstrecke

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 Äther fortpflanzen. Man kann auch den primären Stromkreis des Induktors dauernd im Betrieb erhalten und das Überspringen 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

\*) 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.

Funkenstrecke  $F$  auf eine der betreffenden Spannung entsprechende Spannweite verkürzt. In Abb. 180 wird die Verkürzung der Funkenstrecke durch Nähern der unteren Kugel erreicht, während in Abb. 181 eine Hilfselektrode zwischen die 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 Elektrolut-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 elektrische Störungen können also die Nebenuhren entweder überhaupt nicht beeinflussen, oder sie erzeugen nur in dem Augenblicke einen Antrieb, wenn vom Zentralamte gleichfalls eine Antriebswelle ausgeht. Die Einrichtung für diesen Zweck und die Schaltung der Unterstation ist in Abb. 182 dargestellt. In den Luftdraht  $A$  bzw. dessen Verbindung nach den Apparaten ist der Quecksilber-Unterbrecher  $B$  geschaltet, welcher bei wagrechter 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 Sperrad  $N$  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 Kontakträger  $V$  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

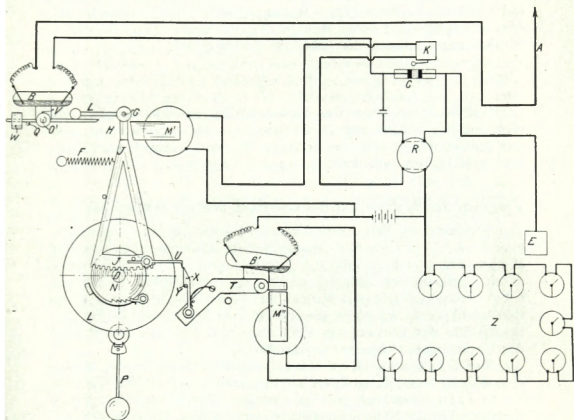


Abb. 182

Uhrenregulierung durch elektrische Wellen von Reithofer und Morawetz

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 Übersetzungsverhältnisse 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. —

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 Batterieströme 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 Stromwechselnder Richtung, die bei Batteriebetrieb durch einen Stromwechsler (Stromwender) erzeugt werden. Die Nebenuhren sind in diesem Falle mit durch Stahlmagnete „polarisierten“ Elektromagneten bezw. 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) Magnetis-

mus 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 Zehntel-Watt und weniger.

Die Dauer der Stromstöße beträgt bei kleinen Werken mit Batteriebetrieb etwa eine Zehntel-Sekunde, 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 Zifferblatt von 20 bis 30 cm Durchmesser mit der oben angegebenen Energiemenge betrieben werden können, braucht man für Nebenuhren, deren Zifferblatt 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 Ampère 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

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

$$\frac{511}{8} = 64 \text{ Nebenuhren von 60 cm Z.-D. mit einem Zifferblatte oder}$$

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

Batteriebetrieb mit wechselnder Stromrichtung. Sehen wir wie zuvor von dem Widerstande der



Leitungen ab, so brauchen wir eine Akkumulatorenbatterie 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 ( $1 \times 1440$ ) = 1 440 Coulomb  
 für zehn Stromkreise und einen Tag ( $1440 \times 10$ ) = 14 400 Coulomb

oder (in letzterem Falle)  $\frac{14\,400}{3\,600} = 4$  Ampèrestunden.

Verwendet man für diese Leistung eine Akkumulatorenbatterie von 32 Ampèrestunden Kapazität, so müßte alle acht Tage eine Neuladung oder Auswechselung 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

$14\,400 \times 4 = 57\,600$  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

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



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

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 bezw. 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 80fache 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 rechnungsmäßigen Vergleich als maßgebend betrachten. Auch die beim Batteriesystem erforderlichen Elemente bezw. Akkumulatoren, Stromschlüssel, Stromwender usw. können dieses Urteil nicht beeinflussen, da deren Überwachung 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 Überwachung 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.

\* \* \*

Man gebraucht die Signaluhren nicht allein dazu, hörbare Glockenzeichen zu bewirken, sondern man verwendet die vom Kontaktwerke erzeugten Stromschlüsse auch noch für manche andere Zwecke.

### Zeitweise Klosettspülung

Handelt es sich um Spülung zahlreicher nebeneinander gelegener Klosetts, wie z. B. in Schulen, Bahnhöfen usw., dann kann man mit Vorteil eine Einrichtung, ähnlich den elektrischen Signaluhren, treffen, welche zu bestimmten Zeiten das Zuflußventil eines Wasserkastens öffnet, aus dem das Wasser nach dem Klosett zur Spülung verteilt wird. Auf diese Weise wird unnützes Spülen vermieden, die Spülung zeitlich genau bestimmt und dadurch der Wasserverbrauch im voraus genau eingestellt. Die Fäkalien werden sofort abgeschwemmt, bleiben nach den Pausen nicht in den Becken liegen. Die Klosetts sind daher stets sauber und geruchlos.

Eine derartige Einrichtung ist der Uhrenfabrik Karl Kohler in Neustadt (Baden) patentiert. Die Kontaktuhr wird im Dienstzimmer oder der Wohnung des Schuldieners, des Hauswarts usw. aufgehängt und hat eine Teilscheibe, welche, wie bei den Zeitsignalen nach festgesetztem Plane, dem Bedürfnis entsprechend, für die ganze Woche im voraus eingestellt wird. Ein besonderer Kontaktknopf, der unter Verschluss ist, dient zu Spülung auch außer der festgesetzten Zeit. Soll die Spülanlage außer Tätigkeit treten, so wird der Stromkreis durch einen Schalter unterbrochen. Die Wassersparnisse sind so bedeutend, daß die Kosten der Anlage im ersten Jahre eingebracht sind. Die Firma gibt folgende Vergleichsrechnung für eine Schule: In einem Jahre sind 247 Schultage, an 4 Tagen in der Woche findet die Spülung von 7 bis 5 Uhr statt, an zwei Tagen bis 1 Uhr. Damit die Fäkalien nicht länger als 15 Minuten liegen,

müssen alle zwanzig Minuten Spülungen erfolgen. Hieraus ergeben sich für eine Doppelschule mit sieben Behältern zu je 350 Liter:  $6422 \times 350 \times 37 = 15\,733,9$  cbm zu je 15 Pfennige = 2360,10 Mark im Jahre. Wird die Spülung dagegen selbsttätig durch eine Kontaktuhr nach jeder Pause bewirkt, und zwar viermal in der Woche nach fünf Pausen und zweimal in der Woche nach drei Pausen, so ergibt dies  $1070 \times 350 \times 7 = 2625$  cbm zu je 15 Pfennige = 393,75 Mark im Jahre. Dies entspricht also einer Ersparnis von 1966,35 Mark im Jahre. Die Einrichtung hat noch den Vorzug, daß sie sich bei jeder bestehenden Anlage leicht anbringen läßt. —

In ganz ähnlicher Weise kann man durch elektromagnetische Vorrichtungen die verschiedensten Apparate in Tätigkeit setzen. So baut z. B. die Westdeutsche Uhrenfabrik „Elektra“ in Elberfeld eine Signalpfeife mit Dampftrieb. Sie wird bei Beginn der Arbeit sowie der Pausen und bei Arbeitsschluß durch ein Uhrwerk ausgelöst, ähnlich wie wir dies bei den Signaluhren kennen gelernt haben.

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 oft 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 Vorrichtung zum Schlagen der Stunden, 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 oft lieber mechanische Triebwerke anwenden; sind zahlreiche Nebenuhren zu betreiben, die teilweise dagegen weit abliegen, so ist der elektrische Betrieb gewöhnlich vorzuziehen.

Damit die Zifferblätter möglichst weit sichtbar seien 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 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 und das Laufwerk der Uhr durch eine elektrische Nebenuhr oder sonst eine geeignete elektromagnetische Vorrichtung alle Minuten in der Art ausgelöst, wie wir dies bereits besprochen haben. Das Laufwerk muß, je nach seiner Einrichtung, täglich oder wöchentlich aufgezo-gen werden. Die Turmuhr selbst als Normaluhr für die elektrische Zeitverteilung zu verwenden dürfte sich nur ausnahmsweise empfehlen, weil sich hierzu eine Präzisionsuhr viel besser eignet. Nur dann wird man allenfalls die Turmuhr auch als Normal- und Signalaruhr benützen, wenn eine Präzisionsuhr nicht aufgestellt werden 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 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 Bockenheim hat daher eine elektrische Aufziehvorrchtung

konstruiert, bei welcher ein Elektromotor (von 1 Pferdestärke bei Vierteluhren) in  $1\frac{1}{2}$  Minuten auch Turmuhrwerke mit mehreren Gewichten alle vierundzwanzig Stunden aufzieht. Abb. 183 zeigt die Gesamtanordnung einer derartigen großen Turmuhr mit selbst-

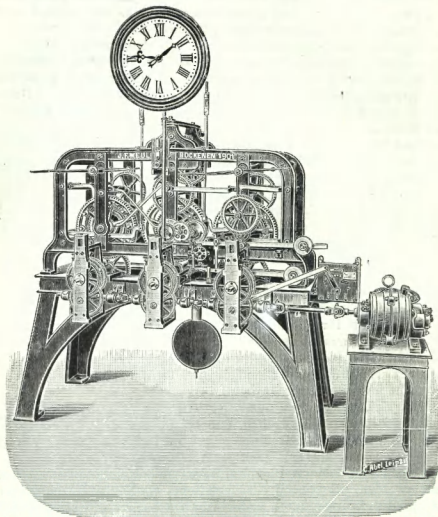


Abb. 183

Turmuhr mit elektrischem Aufzuge von Weule

tätigem elektrischen Aufzuge, während in den beiden Abb. 184 und 185 die Aufziehvorrichtung besonders dargestellt ist.

An dem Gehwerke ist vorn eine Übersetzung 1:24 angeordnet. In den Abbildungen ist noch ein Schalter benutzt, während jetzt ein Quecksilberkontakt verwendet wird, in welchen ein Hebel hineinfällt, der durch Berührung mit dem Quecksilber den Strom schließt.

Nach Beendigung des Aufziehens der Gewichte wird der Hebel durch das Aufzugvorgelege aus dem Quecksilber herausgeworfen.

Sobald der Kontakt geschlossen wird, beginnt der Elektromotor sich zu drehen und treibt durch Schneckenwelle und Schneckenräder die Wellen der aufziehenden Gewichte an. Jedes aufziehende Werk wird so lange durch die Vorgelegeräder bewegt, bis die Walzen die erforderliche Umdrehungszahl gemacht haben. Jede Walze kuppelt sich unabhängig von den anderen Apparaten selbst aus. Der Motor treibt die Schneckenwelle und die Schneckenräder so lange an, bis alle Gewichte aufgezogen sind und der Elektromotor durch eine spiralförmige Scheibe wieder ausgeschaltet wird.

Das Zusammenwirken der Teile dieser selbsttätigen Aufziehvorrichtung ist folgendes. Die mit Schneckentrieb versehene Welle *a*

(Abb. 184) treibt das Schneckenrad *b*, das auf der Welle *e* lose sitzt. Mit dem Schneckenrade *b* fest verbunden ist das Trieb *f*, welches durch ein Vorgelege das Rad *g* antreibt. An diesem ist ein Vorsprung *h* vorhanden, dessen Länge sich nach der Anzahl der aufziehenden Windungszahlen jedes Werkes richtet. Der Schieber *i* gleitet mit einer Nase so

lange auf dem Vorsprunge, bis das Aufziehen beginnt. Die Feder *k* drückt den Schieber nach unten, wodurch ein Zwischenstück *l* frei wird, das gegen die schräge Fläche des Schiebers *i* liegt. Auf der Welle *e* sitzt ein Klinkengehäuse *m*, in welchem die Mitnehmerklinke *n* angebracht ist. Durch einen Stift am Schneckenrade *b* wird der Schieber *o* zurückgezogen und die Klinke *n* freigegeben, welche jetzt vor dem Schneckenrade liegt. An diesem befindet sich eine Knappe *p*, welche gegen die Klinke *n* stößt. Diese wird dadurch mitgenommen, und das Klinkengehäuse und die Welle *m* drehen sich, so daß der Aufzug beginnt. Beim Umgange der letzten Walzenwindung wird der Schieber *i* durch den Vorsprung *h* des Rades *g* gehoben und das Zwischenstück *l* vorgeschoben. Drückt die Klinke *n* auf den Kopf des Schiebers *i*, so wird sie zurückgeschoben, und ein Sicherungsstift *o* springt durch die Kraft einer Feder vor die Klinke.

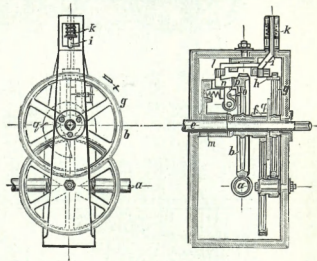


Abb. 184

Elektrische Aufzieh-Vorrichtung für Turmuhren von Weule



Das Klingengehäuse *m* bleibt stehen, und das zum Aufziehen dienende Schneckenrad dreht sich frei auf der Welle *e*. Der Aufzug ist damit beendet.

Abb. 185 zeigt die Schaltvorrichtung für das Ein- und Ausschalten des Elektromotors. Welle 1 dreht sich stündlich einmal um und mit ihr das Trieb 2, das durch eine Übersetzung 1 : 24 das Rad 3 antreibt, mit welchem die Scheibe 4 fest verbunden ist, während Scheibe 5 beweglich ist und durch die Feder 6 gespannt gehalten wird. Nach Ablauf der Gewichte kommt Rad 3 mit den Scheiben 4 und 5

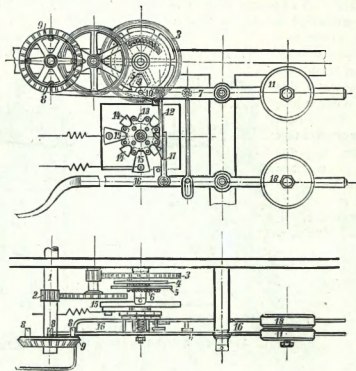


Abb. 185

Schaltvorrichtung für das Ein- und Ausschalten des Elektromotors bei der Turmuhr von Weule

in die in Abb. 185 dargestellte Lage. Die in den Scheiben vorhandenen Öffnungen stehen nach unten, Hebel 7 gleitet von einem der Stifte 8 (auf dem Rade 9) ab, und Stift 10 am Hebel 7, der zuvor auf dem Umfange der Scheibe 5 lag, gelangt vor die Öffnungen in den Scheiben 4 und 5. Hebel 7 wird durch das Gewicht 11 nach oben geworfen und gibt der Kontaktscheibe 13 durch den Arm 12 eine Achtelumdrehung. Die Kontakte 14 gelangen hierdurch auf die Klemmen 15 und schließen den Strom.

Die staffelförmige Scheibe *q* (Abb. 184) ist mit dem Rade *g* fest verbunden. Sie drückt den Hebel 16 (Abb. 185) während des Auf-



ziehens langsam herunter. Da die beiden Hebel 7 und 16 fest miteinander verbunden sind, so wird Stift 10 aus den Öffnungen der Scheiben 4 und 5 gehoben und schnell durch die sie anspannende Feder 6 vor, so daß Stift 10 wieder auf den Umfang der Scheibe 5 zu liegen kommt. Gleichzeitig wird Arm 17 unter den nächsten Stift der Scheibe 13 gestellt. Sobald Hebel 16 von der spiralförmigen Scheibe 9 abfällt, schnell er durch die Last von Gewicht 18 nach

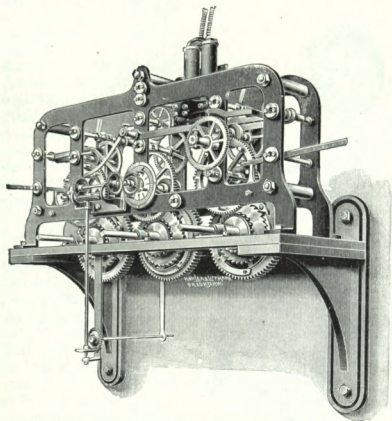


Abb. 186

Turmuhr von J. F. Weule mit elektrischer Auslösung

oben und wirft die Kontaktscheibe 13 mit einer Achtelumdrehung herum. Die Kontakte 14 verlassen infolgedessen die Klemmen 15, der Widerstand *d* wird eingeschaltet, der Strom unterbrochen und der Elektromotor hört auf zu laufen.

Ölen und Regulieren solcher Uhren erfordern wenig Mühe, und die Betriebskosten sind gering, wenn man den Strom aus einem Leitungsnetze entnehmen kann. Bei Störungen der elektrischen Aufziehvorrichtung können die Uhren auch von Hand für einen dreißigstündigen Betrieb aufgezogen werden. Die Fabrik liefert jährlich

etwa 300 Uhren aller Arten. Die Abb. 186 zeigt ein Großuhrenwerk mit Viertel- und Vollschat auf Konsole montiert mit elektrischer Auslösung und Gallschem Gelenkkettenaufzuge für beschränkte Räumlichkeiten.

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. 187), mit selbsttätigem Lichtschalter für Nachtbeleuchtung, mit Signalvorrichtung, mit verschiedenen Schlagwerken, Betglockenwerken usw. Der elektrische Aufzug kann auch zum Betriebe von Nebelsignalapparaten, von Feuermeldern und dergl. benutzt werden. Die Nebelsignalapparate werden an Seeküsten, Flüssen und Hafeneinfahrten aufgestellt. Sie geben den ein- und aus fahrenden 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.

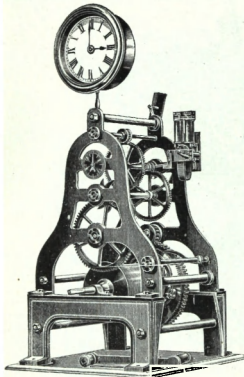


Abb. 187

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

### System J. & A. Ungerer

Die von der Firma J. & A. Ungerer vorm.

J. B. Schwilgué in Straßburg a. 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. 188) an der Kette ohne Ende 3. Die elektrische Auslösung erfolgt durch Bewegung der Gabel 1, 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 Um-

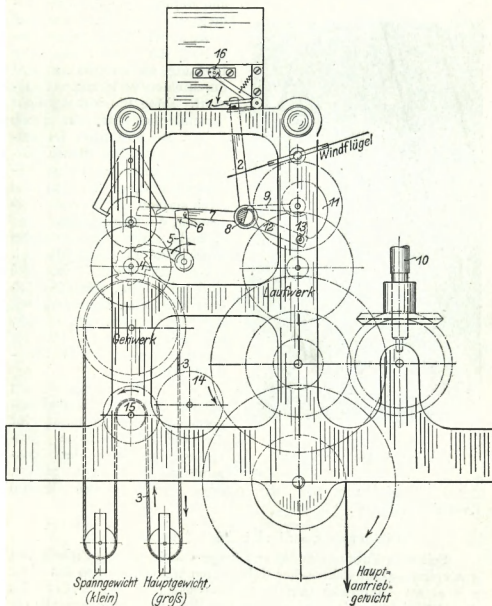


Abb. 188

Elektrische Auslösung für Turmuhr von J. & A. Ungerer

laufen auf die an 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. 189 wiedergegeben. Der Apparat für die elektromagnetische Auslösung ist nach der Konstruktion von Grau gebaut,

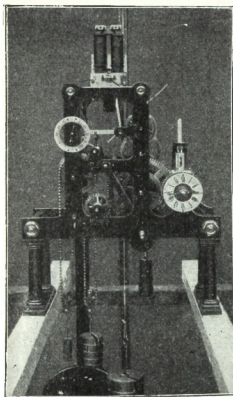


Abb. 189  
Turmuhr von J. & A. Ungerer

deren Einrichtung wir an anderer Stelle dieses Buches beschrieben haben.

### 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 dürfte

z. B. in kleineren Ortschaften der Fall sein, welche die Kosten einer teuren Hauptuhr ersparen wollen.

Abb. 190 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 mittels des Wechslrades 1 die Welle 2, auf der vorne das Kontaktstück 3 sitzt, das nach jeder Minute eine

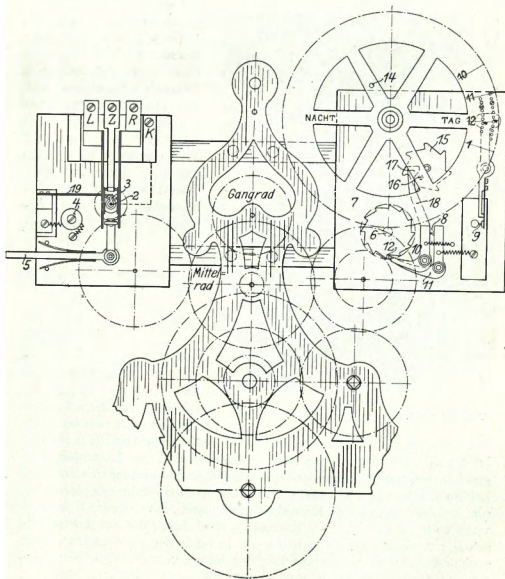


Abb. 190

Signaleinrichtung und Stromsender an Turmuhren von J. & A. Ungerer,

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. 191 zeigt eine derartige Turmuhr mit Minutenkontakt.

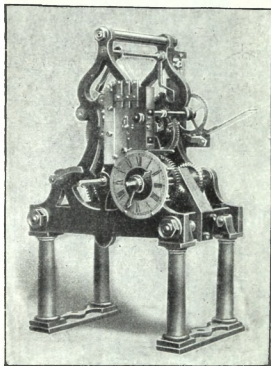


Abb. 191

Turmuhr von J. & A. Ungerer mit Minutenkontakt

#### Der Zeitsignal- apparat

Die Welle 6 (Abb. 190) wird durch besondere Zwischenräder derart angetrieben, daß sie in einer Stunde eine Umdrehung macht. Das Übersetzungsverhältnis 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 eingeschaubten 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 Unter-

brechungs - Kontakt eingefügt werden, um eine beliebige Läutedauer zu erzielen. Zu diesem Zwecke wird auf der Gangradwelle des Uhrwerkes 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. 192 dargestellt.

Die Klinke 10 (Abb. 190) erhält durch den Hebel 18 eine Verlängerung, deren Ende 17 sich auf die Umschaltscheibe während der Nachtzeit auflagt. Auf diese Weise wird ein sicheres Signalisieren gewährleistet.

#### Selbsttätige Beleuchtung für Turmuhren

Der Antrieb des selbsttätigen Lichtschalters geschieht mittels der durchgehenden Zeigerleitung 1 (Abb. 193), welche die Vierundzwanzigstundenscheibe 2 antreibt, auf der in Abständen

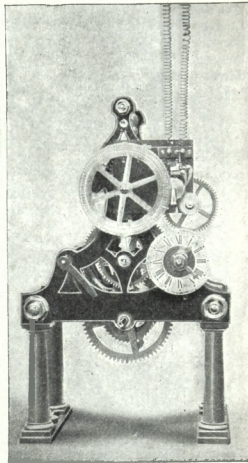


Abb. 192

Turmuhr von J. & A. Ungerer mit Zeitsignal-Apparat



von je einer halben Stunde Schaltstifte 3 in achtundvierzig Gewindebohrungen eingesetzt werden können. Der Stern 4 springt durch 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 Umlaufe des Sternes 4 der Stromlauf für die elektrische Beleuchtung der Turmuhr in diesem

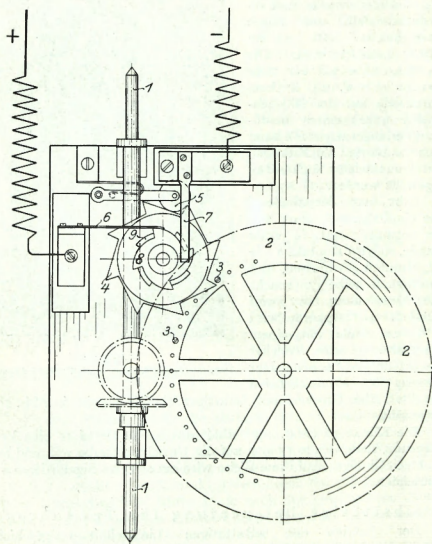


Abb. 193

Zeitkontakt für die Beleuchtung von Turmuhren, von J. & A. Ungerer

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, hier alle Konstruktionen der seit 1828 bestehenden Firma beschreiben zu wollen, deren Begründer, Jean Baptist Schwilgué, bekanntlich die berühmte astronomische Uhr des Straßburger Münsters entworfen und ausgeführt hat. Wir geben in Abb. 194 nur noch die Ansicht einer Turmuhr mit Zeitsignal-Apparat, Minutenkontakt und Lichtumschalter.

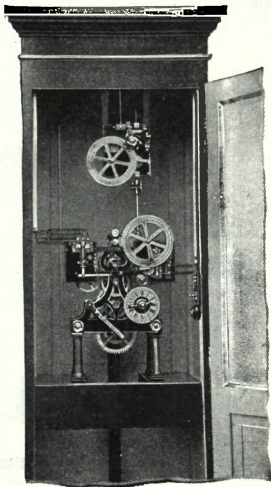


Abb. 194

Turmuhr von J. & A. Ungerer 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 durch ein jede halbe Minute ausgelöstes Laufwerk bewegt. Zur Verlangsamung des Umlaufes des Gangrades dient ein aufrecht stehender Windfang. Links (Abb. 195) befindet sich das Stunden-schlagwerk, rechts das Viertelstundenwerk. Ohne elektrischen Aufzug würde die Uhr bei 12 m Fallhöhe mit einmaligem Aufzuge von Hand einen Tag getrieben werden.

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

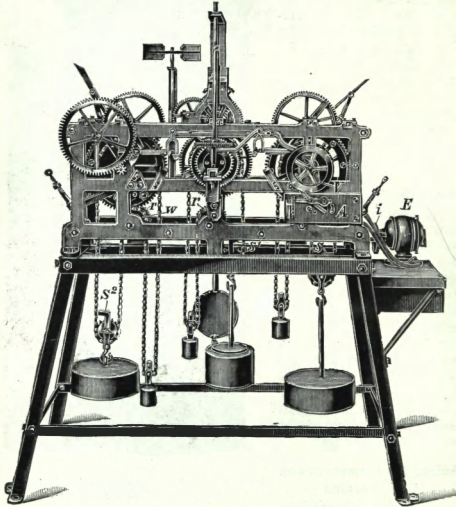


Abb. 195

Turmuhr von C. F. Roëhlitz mit selbsttätigem elektrischen Aufzuge

Gewicht um 33 cm gehoben. Die drei Gewichte hängen an endloser Gelenkkette (Gallsche Kette).

Vom Flaschenzuge des Gewichtes geht die Kette über eine Walze, von hier zu dem Flaschenzuge eines Gegengewichts und von da über eine Aufzugwalze *w* zu dem Flaschenzuge des Hauptgewichtes. Die Aufzugwalze *w* sitzt auf einer gemeinsamen Welle mit einem

Schneckenrade  $r$ . Ein solches Räderpaar ist bei jedem der drei Werke vorhanden. Über die ganze Länge des Gestells läuft eine wagerechte 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.

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

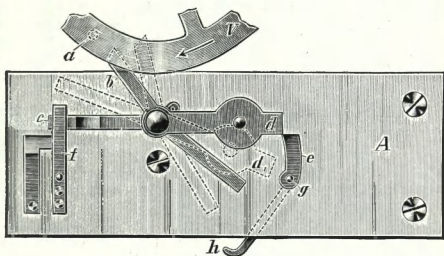


Abb. 196

Ausschalter an der Turmuhr von C. F. Rochlitz mit selbsttätigem elektrischen Aufzuge

geschlossen wird, treibt er die Aufzugswelle und besorgt in 19 Sekunden den Aufzug der Gewichte. An jedem Flaschenzuge 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  $S^2$  auf einen Winkelhebel, der den Mitnehmer zur Seite schiebt, so daß die betreffende Schnecke stehen bleibt, während die Aufzugswelle sich weiter dreht. Beim Viertelwerke schaltet der Schuh  $S$  den Elektromotor aus und bringt damit die Aufzugswelle zum Stillstande. Die Auslösung des Elektromotors besorgt das Viertelwerk.

Abb. 196 zeigt den Ausschalter  $A$  der Abb. 195 (auf der rechten Seite des Gestells) in größerem Maßstabe.  $V$  ist ein Stück der

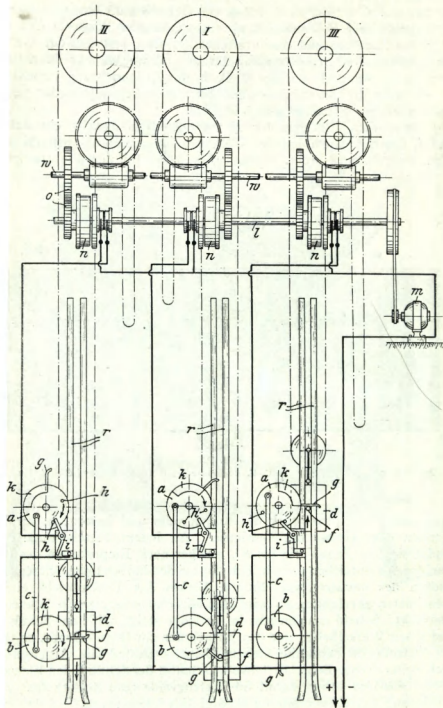


Abb. 197

Selbsttätiger elektrischer Aufzug für Turmuhren von Georg Hartmann

Viertelstunden - Schlußscheibe, welche sich in Richtung des Pfeilers 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.  
Mannhardtschen  
Königlich - Bayer-  
ischen Hof-

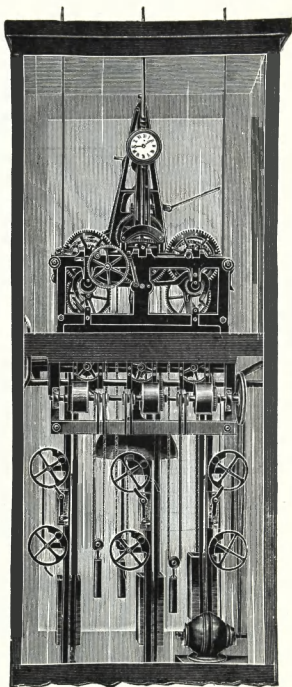


Abb. 198  
Turmuhr des Justizpalastes in München  
(Joh. Mannhardtsche Hof-Turmuhrenfabrik)

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. 197) 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 Scheibe *a* getroffen. Auf diese Weise werden die Kupplungen nach Bedarf aus- und eingeschaltet.

Zwei auf der Scheibe *a* befindliche Stifte *k* betätigen den Schalter *i*, welcher den zugehörigen Stromkreis öffnet und schließt. Um eine kurze und schnelle Bewegung der Schaltscheiben 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 überunden ist.

Abb. 197 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 weitersinkt, 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 Übergewicht 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. 198 veranschaulicht ist.

### Turmuhren von C. Weiß

Die Turmuhr mit selbsttätigem elektrischen Aufzuge der Turmuhrenfabrik C. Weiß in Glogau (Abb. 199) ist ein größeres Werk für Stunden- und Viertelstundenschlag mit Glocken bis zum Gewichte von 1500 kg für jede Glocke. Es können damit vier Zifferblätter bis zu 2 m Durchmesser betrieben werden. Die elektrische Aufziehvorrichtung liegt völlig frei außerhalb des Werkes und ist am Bockgestelle befestigt.



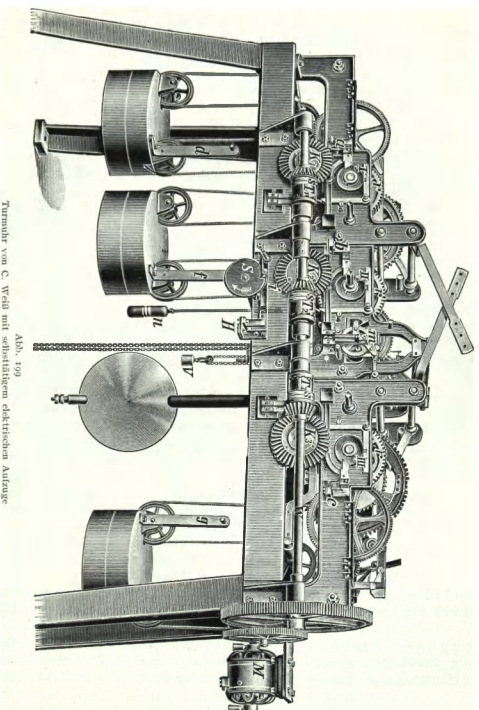


Abb. 199

Turnuhr von C. Weid mit selbsttätigem elektrischem Anzuge

Am Uhrwerke sind drei Schalthebel mit Zubehöerteilen angebracht, deren Konstruktion so eingerichtet ist, daß sie auch an anderen Uhrwerken angebracht werden kann, welche ursprünglich nicht für elektrischen Aufzug hergestellt wurden. Die Übertragung der Kraft des Elektromotors  $M$  auf die Uhrgewichte erfolgt durch Stirnräder-Übersetzung mittels der Verteilungswelle  $W$  und von dieser durch drei Paar Kegelräder  $K_1$  bis  $K_3$  auf die Aufzugsvorgelege, deren Haupträder  $r$  teilweise über den Werkplatten sichtbar sind.

Die auf der Verteilungswelle sitzenden kleinen Kegelräder sind auf dieser lose drehbar angeordnet und werden zu der Zeit, wenn der Motor eingeschaltet wird, durch elektromagnetische Kupplungen  $T_1$  bis  $T_3$ , die aus Topf-Elektromagneten\*) bestehen, mit der Welle verbunden. Sie übertragen die vom Elektromotor entwickelte Kraft auf die Aufzugsräder des Uhrwerkes.

Die Stromzuführung erfolgt durch die Schleifringe  $s$ . Jeder Elektromagnet braucht nur 0,05 Ampère. Das Aufziehen erfolgt stündlich, sodaß das Bockgestell unter dem Uhrwerke genügenden Fallraum für die Gewichte gewährt und auch noch eine dreistündige Reserve bietet, falls der Aufzug einmal versagen sollte. Ist unter dem Boden, auf welchem das Uhrwerk steht, genügender Raum vorhanden, so läßt sich die Reserve noch vergrößern. Die Ausschaltung des Elektromotors erfolgt, nachdem alle drei Gewichte vollständig aufgezogen sind. Die durch etwaige Unterbrechung der Stromlieferung verlorengegangene Reserve wird also beim nächsten Aufzuge wieder selbsttätig ergänzt.

Da es nicht möglich ist, einen völlig gleichmäßigen Ablauf der Zuggewichte infolge des ungleichmäßigen Verbrauches des Stundenschlagwerkes zu erreichen, so ist durch die Ausschalter  $a$   $b$   $c$  dafür gesorgt, daß die Stoßhebel  $d$   $f$   $g$  die Topfmagnete rechtzeitig stromlos machen und dadurch die Kupplung des kleinen Kegelrades gelöst wird, so daß der Aufzug nicht weiter stattfinden kann. Die Verteilungswelle  $W$  dreht sich so lange, bis alle Gewichte vollständig aufgezogen sind. Der Elektromotor wird erst dann ausgeschaltet, wenn das am weitesten abgelaufene Gewicht aufgezogen ist.

Die Einschaltung des Elektromotors erfolgt durch den Schalter  $H$ , welcher durch die von dem Gehwerke bewegte Schneckenscheibe  $S$  betätigt wird. Alle Schalter sind als Momentschalter ausgebildet und mit reichlichen Kontaktflächen versehen, so daß Betriebsstörungen durch Funkenbildung oder schlechten Kontakt vermieden werden.

Der Arbeitsvorgang des elektrischen Aufzuges ist folgender: Nach vollendetem Aufzuge werden durch die Stoßhebel der Gewichte die Schalter  $a$   $b$   $c$  geöffnet und beim Ablaufen durch die auf den vorstehenden Zapfen der Seiltrommel-

\*) Die Topf-Elektromagnete sind im letzten Abschnitte dieses Buche beschrieben.

wellen angebrachten Scheiben mit den Stiften *I*, *II* und *III* geschlossen. Schließung der Kupplungen  $T_1$  bis  $T_3$  oder Einschalten des Elektromotors findet hierbei noch nicht statt, da die Schnecken-scheibe *S* den Hauptschalter *H* etwa zehn Minuten nach dem Aufzuge ebenfalls geöffnet hat und den Stromschluß erst gestattet, nachdem die volle Stunde vorüber ist und beide Schlagwerke wieder zur Ruhe gekommen sind. Etwa eine Minute nach diesem Zeitpunkte fällt die Nase *i*, welche den Hauptschalter *H* bisher offengehalten hat, in die Vertiefung der Schneckenscheibe *S*. Hierdurch wird der Stromkreis geschlossen, und der Aufzug beginnt.

Die Ausschaltung der einzelnen Kupplungen und damit die Beendigung des Aufzuges erfolgt in der bereits beschriebenen Weise durch die Stoßhebel *d*, *f* und *g*. Die Dauer des Aufzuges beträgt etwa 18 Sekunden. Aus diesen Angaben geht hervor, daß der Schluß der Schalter *a b c* erst stattfindet, wenn der Hauptschalter *H* geöffnet ist; die Bewegung der Schalter geschieht also in stromlosem Zustande. Da die Öffnung des Schalters *H* bereits zwei Minuten nach jedem Aufzuge beginnt und acht Minuten später beendet ist, so ergibt sich, daß auch diese Bewegung in stromlosem Zustande erfolgt, weil die Ausschalter *a b c* seit dem letzten Aufzuge noch geöffnet sind und deren Schließung erst kurz vor der vollen Stunde stattfindet.

Durch diese Einrichtung wird erreicht, daß alle langsamen Bewegungen der stromführenden Teile, welche zur Beschädigung durch Funkenbildung führen könnten, stets zu einer Zeit erfolgen, wenn das System stromlos ist.

Das Gehwerk der Uhr ist für den Antrieb des Pendels mit konstanter Triebkraft versehen. Es dient hierzu das Gewicht *n*, welches nur 750 g wiegt. Das Hauptgewicht des Gehwerkes dient lediglich zum Betriebe der Zeigerwerke und hat keinen Einfluß auf den Gang des Pendels. Durch diese Anordnung wird eine hinreichende Ganggenauigkeit erreicht.

Zum Betriebe von Nebenuhren dient das Minutenkontaktrad *m*, welches durch das kleine Gewicht *v* bewegt und durch eine endlose Kette vom Hauptgewichte des Gehwerkes selbsttätig aufgezogen wird. Bei etwaigen Störungen des elektrischen Betriebes können die Gewichte auch von der Hand aufgezogen werden. Bei hinreichendem Raume für den Fall der Gewichte kann eine dreißigstündige Reserve erreicht werden.

### 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, verschleißbaren 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 Leitungstangen 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 Treibgewichte; für wöchentlichen Aufzug sind bis 18 m erforderlich. Für elektrischen Aufzug kann der Raum unter Umständen viel kürzer werden. Alle Böden der Stockwerke des Turmes, durch welche die Gewichte ablaufen müssen, erhalten in einer Ecke übereinander eine entsprechende Öffnung von etwa 100 x 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 durch Winkeleisen verschraubt und eine Klappe zum Stellen und Ölen der Zeiger angebracht, die so beschaffen ist, daß man auch den Anstrich des Zifferblattes erneuern kann. Die für mehrere Zifferblätter erforderlichen Leitungstangen 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 in gleicher Höhe mit den Mitten der Zifferblätter. Diese Anordnung erleichtert nicht allein die Anbringung der Zeigerleitungen, sondern auch die Reinigung und das Ölen während des Betriebes. Schwere, lange Leitungstangen 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.

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 Durchgange 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 verwenden. 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. Man kann also als Batterien für diesen Zweck nur Akkumulatoren brauchen, die allerdings auch wieder geladen werden müssen. Ist es nicht möglich, die Starkstromleitung bis an die Batterie heranzuführen, so muß man zwei Batterien aufstellen, die abwechselnd geladen und benützt werden.

---

\*) Wir haben im vorstehenden teilweise Angaben der Firma J. & A. Ungerer in Straßburg i. E. benützt, die besonders für Errichtung von Neubauten maßgebend sind. Für die praktische Ausführung einer Turmuhranlage hat die Firma J. F. Weule in Bockenheim a. H. dem Verfasser wertvolle Angaben gesandt, von denen wir im nachstehenden die wichtigsten Punkte noch wiedergeben wollen.

Eine Schaltung zum Laden ist nach den Ausführungen der Firma J. F. Weule in Abb. 200 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

Die allgemeinen Gesichtspunkte für die Auswahl der Batterien und das Anlegen der Leitungen haben wir bereits in den Abschnitten I bis IV besprochen. Hier wollen wir 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 Zentraluhrenanlage reguliert werden. Die Zentraluhr muß auch stets eine Reserve-Uhr 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 Signaleinrichtungen oder dgl. zu versehen sind. — Besondere 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.

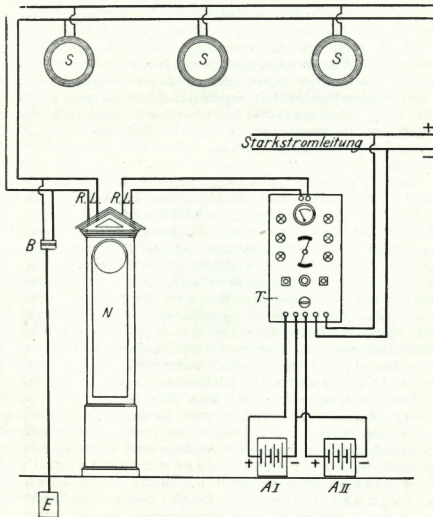


Abb. 200

Schaltung zum Laden der Batterien für den Uhrenbetrieb (J. F. Weule)

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 Änderungen, 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, Nebenteilen 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 Amperestunden. 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 Vorschaltungswiderstände 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. Äußere 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-	"	2 $\frac{1}{2}$	" 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 Turmuhr 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. Neb en a p p a r a t e

An einzelnen Uhren oder ganzen Stromkreisen sind Stromwender bzw. Fortstellapparate erforderlich. Bei Reserve-Uhren 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 Signalehren ist die erforderliche Anzahl elektrischer Läutewerke, deren Größe, Klang und Ausstattung festzustellen.

### 4. B a t t e r i e n

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 Füll-Elemente 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. Bespinnung 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 Stahlschutz 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 Stahlschutz 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.\*)

### 6. Turmuhren

1. Wieviele Glocken sind vorhanden bzw. sollen zum Schlagen der Uhr benutzt werden?

2. Was soll die Uhr schlagen?

Die Stunden und Halbstunden auf eine oder zwei Glocken oder die Viertelstunden mit einfachem, doppeltem oder dreifachem Schlag.

\*) Die vorstehende Übersicht 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 Rücksichten erforderlich, die wir im folgenden nach den Angaben der Firma J. & A. Ungerer in Straßburg i. E. aufführen.

auf eine, zwei oder drei Glocken? Die Stunden einfach oder mit Repetition?

3. Welches ist das Gewicht der vorhandenen Glocken, wenigstens der größten?

Sollte das Gewicht nicht bekannt sein, so genügt die Angabe des Glockendurchmessers, unten an der Basis gemessen (vgl. die nachstehende Tabelle).

Größe und Gewicht der Glocken

Gewicht	Durchmesser	Gewicht	Durchmesser	Gewicht	Durchmesser
kg	am unteren Rande cm	kg	am unteren Rande cm	kg	am unteren Ende cm
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

4. Sind etwa steinerne Zifferblätter mit erhabenen Ziffern oder andere Zifferblätter schon vorhanden, und wie groß ist deren Durchmesser?

5. Wieviele Zifferblätter sollen geliefert werden? Von welchem Durchmesser und in welcher Farbe? Mit weißem Grund und mit schwarzen Zahlen und Zeigern, oder mit schwarzem Grunde und vergoldeten Zahlen und Zeigern?

6. Werden die Zifferblätter in gewöhnlicher Ausführungsart (mit römischen Ziffern) gewünscht, oder ist eine besondere Stilart und dekorative Anordnung vorzusehen?

7. Soll der Antrieb durch elektrische Einrichtung oder durch tägliches oder wöchentliches Aufziehen eines Gewichtes erfolgen? Welche größte Fallhöhe ist für den Gewichtantrieb möglich?

8. Können die Leitungstangen zu den Zifferblättern quer durch den Turm geleitet werden, oder muß bei deren Führung auf das Gebälk und die Glocken Rücksicht genommen werden?

9. Eine einfache maßstäbliche Skizze (Grundriß und Aufriß) vom Innern des Turmstockwerkes, in welchem die Uhr aufgestellt wird, ist erforderlich. Sie muß enthalten: die innere Weite und Höhe der Turmgoschosse; die Höhe der Zifferblattmitte; die Dicke der Mauer



bei den Zifferblättern; die Weite der Öffnung bei den Zifferblättern; Ort und Höhe des Glockenstuhles.

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 (Seite 227) zur Ermittlung von deren Gewicht benutzen.

#### **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 Überblick 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 Übermittlung 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 Erfolgsinteressierte 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 . . . . .	5000 „
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 Überwachung (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

\*) Dies ist der Preis in Neuchâtel.

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 kleinere 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 Anlage und 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 zu, und sie kann außerdem noch beinahe kostenlos die öffentlichen Uhren betreiben.

## VI. 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 herumgesehen, 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 genügende 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 garnicht; 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 Widerstande 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 Nebenschluß 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 74).

### 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 fortgestellt werden, so stellt man eine besondere Batterie nebst Stromwender und Stöpselschaltern auf, mit deren Hilfe man Ströme wechselnder 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 Strom-

kreise kann man durch geeignete Schaltung auch die Betriebsbatterie verwenden, oder man muß eine transportable Batterie gleicher Spannung gebrauchen. 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 Registrierapparat 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 die zu kontrollierende einzelne Uhr oder die Uhrenlinie. 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.

## VII. Beleuchtung

### Allgemeines

Der Uhrmacher wird in den seltensten Fällen Gelegenheit haben, Starkstromanlagen für Beleuchtung oder Kraftlieferung auszuführen. Dagegen dürfte es oft, besonders an kleineren Orten vorkommen, daß Nachtbeleuchtung (z. B. für die Ermittlung der Zeit), Notbeleuchtung oder Treppenbeleuchtung anzulegen oder zu reparieren sind. Ein kurzer Abriss über diese Sondertechnik dürfte daher wohl vielen willkommen sein.

Die Anlage der Leitungen für Kleinbeleuchtung unterscheidet sich im allgemeinen nicht von derjenigen der Schwachstromtechnik. Der Unterschied liegt hauptsächlich in der Stromstärke, vielfach auch in der elektrischen Spannung. Während man Einzeluhren, Haustelegraphen, Telephonanlagen und dgl. mit einigen wenigen Trockenelementen lange Zeit hindurch betreiben kann, ist die Verwendung von Trockenelementen für Kleinbeleuchtung nicht immer genügend, meist auch zu kostspielig. Für eine Nachtlampe von einigen Kerzen, die unter Umständen auch eine Stunde und länger brennen soll, kann man Trockenelemente mit Vorteil nicht mehr verwenden. Hier gebraucht man besser Akkumulatoren oder Alkali-Elemente (z. B. das Wedekind-Element).

Für die sogenannte „Momentbeleuchtung“ sind jetzt auch sehr brauchbare Trockenelemente am Markte, und man erhält für größere Handlampen heute bereits gute Batterien, die bei Bedarf eine Viertelstunde und auch länger ohne Unterbrechung Strom liefern können, ohne daß die Leuchtkraft wesentlich nachläßt (z. B. die Wedekindschen „Ferabin-Batterien“).

Elektrische Handlampen sind heute kein Luxusartikel mehr, sondern sie sind im praktischen Leben ein sehr bequemes Hilfsmittel, für feuergefährliche Plätze eine Notwendigkeit und bei ausbrechendem Schadenfeuer unter Umständen ein Lebensretter. Wer an seinem Bette ständig eine elektrische Handlampe hat, ist bei Feuersgefahr jederzeit in der Lage, nachts schnell Licht zu machen,



alles notwendige zu finden und bei Gefahr rascher und sicherer die Treppen hinunter zu gelangen. In zahlreichen Wohnungen ist der Korridor dunkel, und es macht oft Schwierigkeiten, bei eintretendem Besuche schnell Licht zu machen. Eine elektrische Handlampe leistet für solche Zwecke sehr gute Dienste. Wie viel Unglück ist schon durch Explosion von ausgedrehtem Leuchtgas beim Anbrennen eines Streichholzes geschehen. Bei Anwendung einer guten Handlampe ist diese Gefahr ausgeschlossen. Keine Wohnung ohne eine elektrische Handlampe! Das müßte in Zukunft die Regel sein, und in dem Vertriebe solcher Apparate liegt für jeden Uhrmacher ein nicht zu unterschätzender Gewinn. Bedingung freilich ist es, daß die Uhrmacher ohne Ausnahme die Konstruktion, Behandlung und Wiederherstellung solcher Lampen gründlich verstehen und stets in der Lage sind, die Kundschaft in jeder Weise zufrieden zu stellen.

Bei Anwendung von Trockenelementen ist kaum Gefahr vorhanden, daß starke Funkenbildung eintreten könnte oder Leitungsdrähte glühend werden. Bei Anwendung von Akkumulatoren dagegen sollte man stets Schmelzsicherungen zwischen Batterie und Lampe anwenden. Der Akkumulator gibt zufolge seines sehr geringen inneren Widerstandes bei Kurzschluß hohe Stromstärken ab. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß größere Akkumulatorenbatterien bei unweckmäßiger Anlage oder falschem Gebrauche zu Feuersgefahr Veranlassung geben. Absolute Feuersicherheit elektrischer Anlagen besteht nicht. Elektrische Beleuchtungsanlagen sind nur dann **feuersicher**, wenn sie richtig angelegt, sachgemäß behandelt und ständig überwacht werden.

### **Taschenlampen**

Sehr bequem und beliebt sind elektrische Taschenlampen, die in der Größe einer Zündholzschachtel bis zur Größe eines Zigarrenetuis geliefert werden. In einem Gehäuse aus Pappe oder Metall sind gut isoliert zwei bis drei kleine Trockenelemente enthalten, die durch zwei Federn mit den Kontakten einer kleinen Glühlampe in Verbindung stehen. Batterien für diese Zwecke werden entweder nach Art der gewöhnlichen Trockenelemente oder als sogenannte Füllelemente hergestellt. Die **Trockenelemente** sind sofort fertig zum Gebrauch. Sie enthalten den Elektrolyten in Form einer feuchten, klebrigen Masse. Die **Füllelemente** jedoch enthalten vor ihrer Ingebrauchnahme keine Feuchtigkeit. Die erforderlichen Salze sind mitunter schon in den Elementen enthalten, so daß man nur Wasser aufzugießen braucht; besser jedenfalls ist es, eine Salzlösung für den Gebrauch einzufüllen. Für diesen Zweck hat jedes Element am Boden eine kleine Öffnung, die durch einen Pfropfen verschlossen ist.

Die Gebrauchsdauer solcher kleinen Elemente richtet sich naturgemäß nach deren Benutzung, Größe und Güte. Man kann sie tat-

sächlich nur für kurze Augenblicke gebrauchen. Bei dauernder Beanspruchung sind sie oft schon in einer halben Stunde erschöpft und unbrauchbar.

### Uhren mit Kleinbeleuchtung

Man hat zahlreiche Konstruktionen auf den Markt gebracht, welche die Möglichkeit bieten, jederzeit des Nachts das Zifferblatt einer Uhr beleuchten zu können, um so die richtige Zeit abzulesen. In einem Sockel mäßiger Größe ist gewöhnlich eine Batterie von drei Trockenelementen untergebracht, die beim Einschieben in den Sockel Kontaktfedern berühren, welche die Einschaltung der Batterie selbsttätig bewirken. Solche Nachtlampen halten entweder die Glühlampe über die Uhr oder vor das Zifferblatt.

Um den Stromschluß zu bewirken, die Lampe also einzuschalten, ist ein Druckknopf (wie bei Haustelegraphenanlagen) oder ein kleiner Kurbelschalter vorhanden. Der letztere empfiehlt sich nur dann, wenn man sehr gute Elemente hat und wenn er Kindern nicht zugänglich ist, die ja so gern damit spielen, wobei durch das häufige oder lange Einschalten der Batterie deren frühzeitiger Verbrauch herbeigeführt wird.

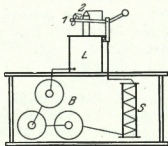


Abb. 201

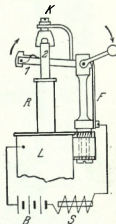


Abb. 202

Elektrischer Zigarrenanzünder

### Elektrische Zündvorrichtungen

Für das Entzünden einer Benzinlampe, z. B. als Zigarrenanzünder, wendet man oft elektrische Funkenzündung an, die im allgemeinen in folgender Weise eingerichtet ist. In dem Fuße der Lampe (Abb. 201) befindet sich eine Batterie B von drei bis vier Elementen und daneben eine Drahtspule S (Extrastromspule mit Selbstinduktion). Oben am Dochte der Lampe (vgl. Abb. 202) ist ein federnder Kontakt K angebracht, der, von Hand geschlossen, plötzlich unterbrochen wird. Die Batterie, die Drahtspule und der Unterbrecher sind hintereinandergeschaltet. Schließt man den Strom und unterbricht ihn dann plötzlich, so entsteht ein lebhafter Funke, welcher die oben am Dochte entstehenden Benzindämpfe entzündet. Die Drahtspule S ist 10 bis 12 cm lang und enthält einen Eisenkern,

der aus einzelnen, 0,5 mm starken Drähten aus weichem Eisen gebildet ist. Der Eisendraht darf nicht blank sein, sondern die Drähte müssen eine starke Oxydschicht haben und womöglich etwas lackiert sein. Die Wicklung der Spule S (Abb. 203) besteht aus etwa vier Lagen ungefähr 0,6 mm starken Kupferdrahtes, der doppelt mit Seide besponnen und womöglich gut paraffiniert ist. An den beiden Enden der Spule sitzen kräftige Holzscheiben, welche auf einem aus gutem Schreibpapier hergestellten Papierrohre gut verleimt sind. Die fertige Spule schützt man gegen Beschädigung am besten mit Isolierband, Wachstuch oder Isolierstoff.

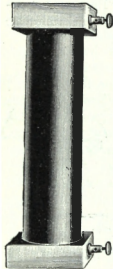


Abb. 203

### Elektrische Handlampen

Es gibt wohl keine bequemere Einrichtung unter den beweglichen Lampen als die elektrischen Handlampen, die daher auch für viele Zwecke zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden sind. Zum Abfüllen von Benzin und Spiritus in Drogenhandlungen ist eine Lampe mit offener Flamme höchst gefährlich. Auch die Feuerwehr kann in raucherfüllten Räumen nur elektrische Handlampen verwenden, und die Wach- und Schließgesellschaften machen gleichfalls von ihnen vorteilhaften Gebrauch. Nicht minder nützlich sind sie für die Armee und für Reisende. Zufolge der vielseitigen Anwendung solcher Lampen ist deren Durchbildung und Ausführung je nach dem Bedürfnis sehr verschieden. Der Kavallerist kann nur eine ganz leichte Lampe gebrauchen, der Feuerwehrmann will stundenlang gutes Licht haben, und im Haushalte soll die Lampe auch nicht allzu schwer sein. Der eine sieht auf ein schönes Äußeres, der andere auf praktische Einrichtung.

Als Stromquelle kommen nur Trockenelemente oder Akkumulatoren in Frage. Die letzteren sind in vieler Hinsicht ungeeignet, worüber wir bereits ausführlich gesprochen haben.

Eine Firma, welche zahlreiche Modelle für derartige Zwecke ausgebildet hat, ist z. B. die Fabrik von Adolph Wedekind in Hamburg, von der wir hier zwei charakteristische Ausführungen abgebildet haben. Für Fußgänger dient eine möglichst kleine und leichte Lampe, welche auch von der Kavallerie benutzt wird, mit zwei Ösen zum Anknöpfen und einer Lasche zum Durchziehen eines Leibgurtcs. Reisende gebrauchen gerne die Lampe Abb. 204, welche man an einem Riemen um die Schulter hängen kann. Zur Befestigung an einem Fahrrad dient eine ähnliche, kleinere Lampe. Für den Hausgebrauch, im Geschäfte oder in der Familie dient ebenfalls ein besonderes Modell.



Abb. 204  
Reiselampe

Die Brennzeit der größeren Handlampen beträgt je nach der Batterie 17 bis 57 Stunden. Zum Einschalten dient entweder eine kleine Kurbel oder ein drehbarer Knopf. Das große Modell mit zwei Glühlampen, Abb. 205, ist hauptsächlich für Feuerwehren bestimmt. Man kann hier entweder die Lampe auf dem Deckel einschalten, so daß man oben Licht hat, oder das Seitenlicht mit Zerstreuungslinse verwenden. Es ist auch möglich, beide Lampen zugleich zu gebrauchen, natürlich aber auf Kosten der Gebrauchsdauer der Batterie.

Die zwei bis vier Elemente der Lampe bilden ein Ganzes. Kontaktfedern schließen die Batterie beim Einschieben der letzteren selbsttätig an.

### Starkstrombeleuchtung

Für die Zwecke des Uhrmachers im allgemeinen kann es sich in diesem Buche nicht darum handeln, auch das ganze Gebiet der Starkstrombeleuchtung zu besprechen, da nur wenige in die Lage kommen dürften, derartige Anlagen auszuführen. Aus vielfachen Zuschriften an die Fachzeitschriften geht jedoch hervor daß für die Beantwortung gewisser hierher gehöriger Fragen ein Bedürfnis vorhanden ist. Wir wollen daher im nachstehenden einen kurzen Abschnitt über Glühlampen-Beleuchtung bieten.

### Berechnung der Leitungen

Bei allen elektrischen Anlagen, insbesondere bei der Stromverteilung für elektrische Uhren und für Beleuchtung, kommt es vor allen Dingen darauf an, die Querschnitte der Kupferleitungen so zu bemessen, daß die einzelnen Apparate oder Lampen die zum Betriebe erforderliche Stromstärke erhalten. Da die Stromstärke aber von der Spannung und dem Querschnitte bzw. Widerstande der Leitungen abhängig ist, so wird der Rechnung ein gewisser Spannungsverlust zugrunde gelegt. Für die Hausleitungen von Wohngebäuden nimmt

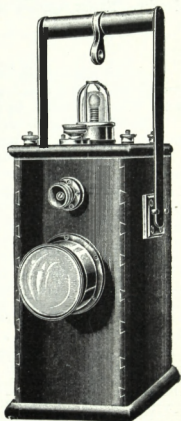


Abb. 205  
Feuerwehrlampe

man 1 bis 1,5 Volt, für Fabrikräume etwa 2,5 Volt Spannungsverlust an. Damit bei längeren Leitungen der Querschnitt nicht zu groß bzw. der Anschaffungspreis nicht zu hoch wird, läßt man 2,5 bis 5,0 Volt Spannungsverlust zu. Für sehr lange Freileitungen ist jedoch noch ein höherer Spannungsverlust (von 10 bis 15 Volt) erforderlich. Für die Berechnung sind folgende Größen vorher festzustellen: Die ganze Länge ( $L$ ) der Hin- und Rückleitung zusammen in Metern, die Stromstärke ( $J$ ) in Ampère, der zugelassene Spannungsverlust ( $E_1$ ) in Volt und die Leitfähigkeit ( $c$ ) des Kupfermaterials, welche man gewöhnlich für gutes Leitungskupfer zu 0,0175 bis 0,018 annimmt. Der Kupferquerschnitt in qmm ergibt sich durch die Formel:

$$Q = \frac{L \cdot J \cdot c}{E_1}.$$

Die hieraus ermittelten Querschnitte werden nach oben hin abgerundet und aus den üblichen vorhandenen Fabrikquerschnitten die passende Leitung ausgesucht. Andererseits kann man auch den Spannungsverlust berechnen, welcher bei einem gegebenen Querschnitte, vorhandener Stromstärke und bestimmter Entfernung eintritt. Es ist nämlich der Spannungsverlust

$$E_1 = \frac{L \cdot J \cdot c}{Q}.$$

Diese Rechnung gilt jedoch nur für Zweileitersysteme mit Gleichstrombetrieb. Für eine Dreileiteranlage wird der Mittelleiter für die halbe Stromstärke der beiden Außenleiter berechnet.

Für Wechselstrom und Drehstrom ist die Berechnung nicht so einfacher Art, und wir wollen hierauf nicht weiter eingehen.

In jedem Falle muß der Querschnitt der Leitungen so bemessen sein, daß schädliche Erwärmungen durchaus vermieden werden. Überall wo eine Querschnittsverminderung beim Abzweigen von Leitungen eintritt, muß eine Abschmelzsicherung (Bleisicherung) eingeschaltet werden. Die Elektrizitätswerke haben zur Vermeidung von Feuers- und Lebensgefahr über die Anlage elektrischer Starkstromleitungen sehr strenge Vorschriften erlassen und pflegen keine Anlage abzunehmen oder an das Netz anzuschließen, die nicht genau nach Vorschrift angelegt ist. Die gebräuchlichen Drahtquerschnitte sind aus der Tabelle auf Seite 31 zu entnehmen.

### Die Glühlampen

Die elektrischen Glühlampen mit Kohlenfäden oder Metallfäden haben einen luftleer gemachten Glasbehälter. Die Länge des Fadens richtet sich nach der Spannung, der Querschnitt nach der verlangten Helligkeit (nach Hefnerkerzen gemessen). Die Haltbarkeit der Fäden (Lebensdauer) ist vom Hitzgrade abhängig, in den der Faden beim Leuchten versetzt wird. Je höher

er ist, um so kürzer ist die Lebensdauer, um so höher aber die Ökonomie der Lampen, d. h. der Energieverbrauch auf die Kerze ist dann um so geringer. Lampen von geringerer Ökonomie haben eine größere Haltbarkeit. Es ist jedoch nicht zweckmäßig, falls der elektrische Strom teuer ist, die Lampen allzu lange zu benützen, da ihre Leuchtkraft mit der Zeit nachläßt und damit die Ökonomie geringer wird. Die heutigen Glühlampen gebrauchen auf die Hefnerkerze Leuchtkraft 1 bis 3,3 Watt. Hieraus ergibt sich für bestimmte Spannungen die Stromstärke, welche wir für die Berechnung der Leitungen wissen müssen.

Kleine Glühlampen brauchen jedoch noch eine größere Energiemenge. Dies gilt besonders für die Lampen der Kleinbeleuchtung. In der nachstehenden Tabelle findet man Angaben über Leuchtkraft, Energieverbrauch und Spannung der verschiedenen Lampenarten.

Energieverbrauch der Glühlampen

Art oder Faden der Lampen	Hefner-Kerzen	Watt für 1 Kerze	Spannung Volt
Kohlenfadenlampe . . . .	4—100	3,2 bis 4	3 bis 220
Osmiumlampe . . . .	25—50	1,5	35 „ 150
Osramlampe . . . .	2—100	1,11 bis 1,18	2 „ 120
Tantallampe . . . .	12—50	1,5 „ 1,7	50 „ 160
Nernstlampe . . . . .	25—65	2,1 „ 2,3	100 „ 260
		1,5 „ 1,77	

Die Nernstlampe hat kein Vakuum. Als Leuchtkörper dient ein Stäbchen (aus sogenannten Halbleitern), welches erst nach Erwärmung leuchtend wird. Die Lampen leuchten daher nicht sofort, sondern gebrauchen eine gewisse Zeit zur Erwärmung. Bei Bedarf kombiniert man sie mit den zuvor besprochenen Lampen, die selbsttätig ausgeschaltet werden, sobald der Nernstkörper leuchtend wird. Die Haltbarkeit der Leuchtstäbchen beträgt etwa 400 bis 500 Brennstunden, diejenige der Fadenlampen je nach ihrer Ökonomie 400 bis 1000 Brennstunden.

Bei hohem Strompreise verwendet man Lampen geringen Energieverbrauches (pro Kerze) und wechselt sie zeitig aus, wenn die Leuchtkraft nachläßt. Welche Schaltung vorteilhaft ist, zeigt nachstehende Tabelle. Die heutigen Metallfadenlampen ermöglichen es, die Beleuchtungskosten bis um die Hälfte (gegen Kohlenfadenlampen) zu ermäßigen.



### Schaltung von Glühlampen

Bei 220 Volt	Stromstärke Ampère	Energie- Verbrauch Volt	Leuchtkraft Hefen- Kerzen	Lampen- Spannung Volt	Lampen- verbrauch a. d. Stunde Pfg.	Preis der Lampen Mk.
eine . . . . .	0,25	55	1 × 16	220	0,1	0,50
2 in Reihe ..	0,50	110	2 × 16	110	0,2	1,00
4 in Reihe ..	0,25	55	4 × 8	55	0,4	2,00

Die vorstehende Tabelle gibt Auskunft über Stromstärke, Energieverbrauch und Preis des Lampenersatzes bei 500 Stunden Benutzungsdauer für drei verschiedene Schaltungen. Es sind Lampen von 8 bzw. 16 Kerzen angenommen, mit einem Anschaffungspreise von 50 Pf. für die Lampe. Der Preis des verbrauchten Stromes läßt sich aus dem Wattverbrauche und der Stundenzahl berechnen, während welcher die Lampen gebrannt haben. Für Beleuchtungszwecke kostet die Kilowattstunde (1000 Watt für eine Stunde) 50 bis 70 Pfg. Falls die Stromstärke bei Hintereinanderschaltung zweier Lampen gleich derjenigen bei einer Lampe sein soll, müssen zwei achtkerzige Lampen an Stelle einer sechzehnkerzigen verwendet werden. Zum Lesen benützt man mindestens sechzehnkerzige Lampen und für feinere Arbeiten solche von 25 oder 32 Kerzen. Bei vielen Personen erregt die Glühlampenbeleuchtung mit Wechselstrom, falls die Lampen sehr tief hängen, Kopfschmerzen. —

Die in der nebenstehenden Tabelle (Seite 243) aufgeführten Lampen eignen sich besonders für Kleinbeleuchtung.

Das Quecksilberdampflicht enthält sehr wenig rote Lichtstrahlen und ist daher für die meisten Zwecke wenig geeignet. Besonders die Quarzglaslampen haben einen geringen Energieverbrauch. Sie können auch überall da verwendet werden, wo Kohlenbogenlicht nicht angewendet werden kann.

### Lichtwechselschalter der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“

Für Reklamezwecke zur wechselnden farbigen Beleuchtung von Straßenuhren ist der nachstehend beschriebene selbsttätige Lichtwechselschalter sehr geeignet. Die Wirkungsweise des Apparates ist schematisch in Abb. 206 dargestellt. Die zu beleuchtende Uhr wird mit zwei Gruppen verschiedenfarbiger Lampen versehen, die einerseits durch eine gemeinsame Leitung direkt mit dem Stromnetze verbunden sind, während andererseits die Lampengruppen getrennt durch den Schalter abwechselnd Strom erhalten. Die Umschaltung der negativen Leitung wird durch einen aus zwei Metallen verschiedener Ausdehnung zusammengesetzten gebogenen Streifen bewirkt. Ist



Niedervoltige Osramlampen \*)

Hefnerkerzen etwa	Volt	Ampère etwa	Ungefähre Abmessungen in mm	
			Länge	Glasdurchmesser

Zwerglampe in Kugelform

0,4	1,2	0,55	23	11
0,5	2	0,4	23	11
0,7	2	0,5	27	15
0,8	2	0,6	23	11
0,8	2	0,6	27	15
1	2	0,8	23	11
1	2	0,8	27	15
1	4	0,4	23	11
1	4	0,4	27	15
1,5	4	0,6	27	15

Kugelform

1	2	0,8	43	26
1,5	2	1,0	43	26
3	4	0,75	65	33
4	4	1,0	65	33
4,5	6	0,75	75	39
6	6	1,0	75	39

Birnenform

6	8	0,75	90	40
8	8	1,0	90	40
7,5	10	0,75	100	44
10	10	1,0	100	44
9	12	0,75	100	44
12	12	1,0	100	44
10,5	14	0,75	115	52
14	14	1,0	115	52
12	16	0,75	115	52
16	16	1,0	115	52
10	25	0,4	115	52
16	25	0,64	115	52

\*) Alleinige Fabrikation der Deutschen Gasglühlicht-Gesellschaft (Auer-Gesellschaft).

dieser Metallbügel kalt, so liegt er an dem einen Kontakte und leitet den Strom nach der einen Lampengruppe, wird er erwärmt, so legt er sich infolge der Ausdehnung an den anderenen Kontakt und leitet den Strom nach der anderen Lampengruppe. Dieser Wechsel vollzieht sich in einer Minute etwa drei-bis viermal. Die Erwärmung und Abkühlung des gebogenen Metallstreifens wird durch einige isolierte Drahtwindungen bewirkt, die um den gebogenen Teil gewickelt sind.

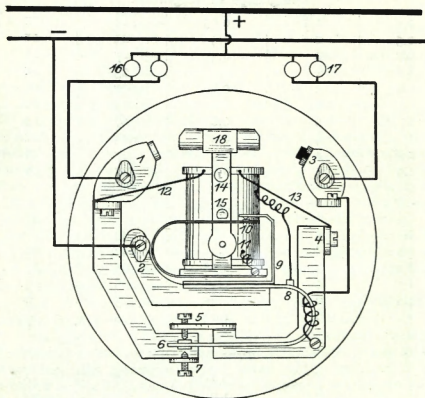


Abb. 206

Lichtwechsel-Schalter der Westdeutschen Uhrenfabrik „Elektra“

Außerdem werden durch einen beweglichen Anker eines Elektromagneten im Nebenschlusse zum Stromkreise die Lampen abwechselnd aus- und eingeschaltet.

Der Stromlauf bei diesen Vorgängen ist folgender: Von der —-Leitung des Lichtnetzes geht der Strom über 2 durch den Bügel nach 6, über den Kontakt nach 5 und von hier über 3 nach den Lampen 17 zur + -Leitung des Netzes. Da die Drahtspirale, welche die Biegung des Bügels umgibt, von Strom durchflossen wird, dehnt sich der Bügel nach einiger Zeit aus, die Zunge 6 verläßt die Kontaktschraube 5 und

legt sich an die Kontaktschraube 7. Es geht nun hier der Strom über 1 nach den Lampen 16, während die Lampen 17 ausgeschaltet werden. Der Bügel kühlt sich jetzt wieder ab, und gleichzeitig findet eine Umschaltung durch den Anker 18 des Elektromagneten statt. Der Anker ist in der Mittelstellung gezeichnet, liegt aber entweder an 1 oder an 3 und berührt in diesen Lagen mit dem Zapfen 14 die Kontaktfedern 12 bzw. 13. Der Strom geht also einmal von 2 über 8 durch die Elektromagnetwindungen nach 11, durch den beweglichen Anker über 14 nach 13 und über 3 nach 17 (in die rechtseitige Lage), das andere Mal über 2 nach Schraube 8 durch den Elektromagneten nach 11, von hier über den Ankerbügel nach Zapfen 14 zur Feder 12 und über 1 nach den Lampen 16 (in die linkseitige Lage). Sobald bei seiner Bewegung der Anker 18 in die Mittelstellung gelangt, läßt Zapfen 15 die zuvor nach unten gedrückte Feder 10 los; es wird hierdurch der Elektromagnet kurz geschlossen, und der Anker fliegt über seine Mittellage nach der anderen Seite. Ohne diese Kurzschlußvorrichtung würde er in der Mittellage stehen bleiben, und es würde keine Umschaltung mehr stattfinden.

Der Apparat braucht für 220 Volt Gleichstrom 1 Ampere Stromstärke. Das Verstellen der Kontakte und Verbiegen der Federn muß natürlich vermieden werden. Der Schalter arbeitet durchaus sicher, wenn die erforderliche Spannung und Stromstärke eingehalten wird.

---

## VIII. Meßinstrumente und Messungen

### Allgemeines

Es ist noch nicht gar so lange her, daß man bei Schwachstromanlagen, insbesondere in der Haustelegraphie und -telephonie, Meßinstrumente überhaupt nicht gebrauchte, sondern lediglich ein Galvanoskop beim Untersuchen der verschiedenen Leitungszweige usw. verwendete. Ja auch ein solches war nicht einmal überall üblich. Es gab eine Menge kleiner Installateure, die sich mit einer Haustelegraphenglocke und einem Element begnügten, um Fehler zu suchen.

Heute ist es damit etwas besser geworden. Die meisten verwenden einen Taschen-Spannungsmesser, vielleicht auch einen Strommesser. Aber bis zu einem Präzisionsinstrument haben sich viele bis auf den heutigen Tag noch nicht emporgeschwungen.

Es ist aber, wenn es die Verhältnisse irgend gestatten, auf jeden Fall ratsam, selbst bei kleinen Anlagen oder zur Prüfung von Apparaten und Elementen Spannungsmesser oder Strommesser zu verwenden, die zuverlässig sind. Es brauchen nicht erstklassige Apparate zu sein, die etwa nur  $\frac{1}{100}\%$  Fehler haben, es genügen Apparate mit 1 bis  $1\frac{1}{2}\%$  Fehlern. Solche Instrumente (Abb. 207 zeigt ein derartiges Voltmeter) sind heute zu mäßigem Preise schon zu haben. Sie enthalten für Gleichstrom, der uns hier lediglich beschäftigt, stets einen Dauermagneten (Stahlmagneten). Es ist also jeder in der Lage, zu beurteilen, ob er ein besseres Instrument vor sich hat. Bei diesen Apparaten stellt sich auch der Zeiger beim Ausschlagen sehr schnell ein, und dies ist ein weiteres äußeres Erkennungszeichen für die gedachten Apparate.

Die billigen Taschen- und Handinstrumente (Abb. 208) sind nämlich meistens mit rein elektromagnetischen Systemen versehen und haben infolgedessen auch eine ungleich geteilte Skala. Die besseren Instrumente mit Dauermagneten haben jedoch in der Regel eine sehr gleichmäßige Skala und sind also schon hierdurch kenntlich.

Gerade bei kleinen zu messenden Größen, um die es sich für den Uhrmacher in der Regel handelt, sind die billigen Instrumente wenig empfehlenswert. Die Stromstärken, mit denen elektrische Uhren

betrieben werden, schwanken zwischen 0,1 bis 0,25 Ampère, und im Einzeluhrbetriebe, bei dem nur ein bis zwei Elemente gebraucht werden, beträgt bei manchen Systemen die Stromstärke nur einige Milliampère. Auch die Spannungen, welche in Frage kommen, sind nicht hoch. Die einzelne selbständig betriebene Uhr braucht sehr oft nur 1,5 bis 3 Volt, und über 12 Volt wird sie auch bei größeren Entfernungen nicht beanspruchen. Es ist also klar, daß bei so geringen Größen ein fehlerhaftes Instrument, das um 5 bis 10 % von der richtigen Angabe abweicht, wenig nützlich sein kann.

Es gibt auch noch einen anderen Umstand, der zur Anwendung guter Meßinstrumente nötigt. In vielen Fällen wird darüber geklagt, daß z. B. die Elemente nichts taugen. Namentlich wenig gewissenhafte Installateure, die aus Unkenntnis oder Nachlässigkeit Fehler bei Anlagen begehen, sind gern geneigt, bei eintretenden Mängeln die Schuld auf die Elemente zu schieben. Hat man aber möglichst genaue Meßapparate, und prüft man die Leitungen, Apparate und Elemente in der richtigen Weise vor ihrer Anwendung, dann wird es nicht schwer werden, in vielen Fällen den Nachweis zu führen, daß Fehler bei der Behandlung der Anlage im Betriebe gemacht worden sind und der Installateur an den Übelständen schuldlos ist.

Sehr oft tritt folgender Fall ein: Eine Anlage ist einige Wochen im Betrieb gewesen, scheinbar auch richtig angelegt und versagt trotzdem nach kurzer Zeit. Man schiebt sofort die Schuld den Elementen zu. Sind die letzteren jedoch vor ihrer Verwendung

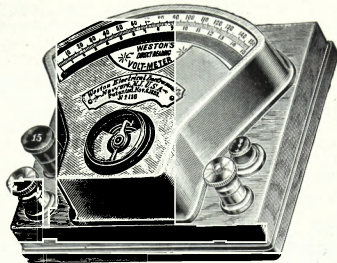


Abb. 207  
Weston-Voltmeter (Spannungsmesser)

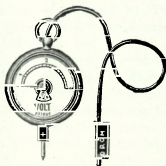


Abb. 208  
Taschen-Spannungsmesser

sorgfältig geprüft worden, und zwar sowohl bezüglich ihrer Klemmenspannung als auch der Stromstärke, und hat man ein als zuverlässig bekanntes Fabrikat verwendet, so wird der gewiegte Fachmann sehr bald nachweisen können, daß nicht die Elemente schuld sind, sondern in der Anlage ein Fehler eingetreten ist, der durch nachlässige Installation oder schlechte Behandlung der Leitungen und Apparate veranlaßt wurde. Ist z. B. ein Leitungsschluß entstanden, welcher die Elemente dauernd entladet, so werden natürlich die Elemente nur geringe Spannung aufweisen. Läßt man sie aber acht bis vierzehn Tage unbenützt stehen, und hat sich dann die Klemmenspannung und Stromstärke bedeutend erholt, so ist in den meisten Fällen hierdurch allein schon der Nachweis zu führen, daß

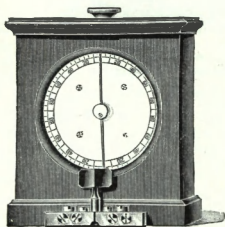


Abb. 209  
Galvanoskop

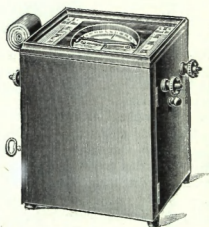


Abb. 210  
Galvanoskop (Isolationsprüfer)

die Elemente nicht fehlerhaft waren. Dieser Nachweis ist aber nur dann möglich, wenn die zur Prüfung benützten Meßinstrumente möglichst genau sind und deren Teilung auf der Skala noch Hundertstel abzulesen gestattet. Ist der Stromverbrauch sehr gering, so muß man auch einzelne Tausendstel noch ablesen können.

Andererseits empfehlen sich für diese Zwecke nur möglichst einfache technische Meßinstrumente mit direkter Ablesung, deren Angaben sich jedoch nicht mit der Zeit verändern dürfen. Sind wesentliche Änderungen auch bei besseren Meßinstrumenten eingetreten, so können diese gewöhnlich drei Ursachen haben. Entweder hat die Kraft des Magneten nachgelassen, oder die Spiralfeder hat ihre Spannung geändert, oder es ist an den beweglichen Teilen Reibung eingetreten.

Das alte, so beliebte Galvanoskop (Abb. 209 und 210) hat auch insofern Übelstände, als es möglichst wagrecht bzw. senkrecht

stehen muß, während unsere heutigen Meßinstrumente meistens in jeder Lage brauchbar sind. Das Galvanoskop zeigt außerdem nichts weiter an, als daß Stromschluß vorhanden oder der Stromkreis unterbrochen ist, es gestattet aber niemals ein Urteil über die Größe eines Fehlers bezw. die Höhe der Spannung oder Stromstärke. Kennt man aber beim Fehlersuchen die Größe der Stromstärke oder findet man, daß die Batterie eine geringe Spannung hat, so wird man in vielen Fällen sofort daraus auf die Art und Lage des Fehlers schließen können. Ein guter Uhrmacher kann ja ebenfalls nur mit besten Werkzeugen Gutes leisten. Mit mangelhaften Werkzeugen etwas zu leisten, ist eine Kunst, die nicht jeder kann. Dem Uhrmacher sollte immer nur das Beste gerade gut genug sein, und dies gilt vor allem auch von den elektrischen Meßinstrumenten.

Die heute noch in physikalischen Laboratorien gebrauchten Meßinstrumente, wie z. B. die Tangentenbussole, die Sinusbussole, das Differentialgalvanometer usw., sind für technische Zwecke wenig brauchbar.

Es handelt sich für unsere Zwecke hauptsächlich um Strom- und Spannungsmesser oder Prüfapparate für geringe Widerstände, wie sie bei Blitzableitern und Erdleitungen vorkommen. Wer sich mit Anfertigung von Drahtspulen oder Apparaten überhaupt befaßt, braucht allerdings noch einen Apparat zum Bestimmen von Widerständen der Drähte. Handelt es sich um sehr genaue Untersuchungen, so sind möglicherweise besondere Apparate erforderlich, um gegebenenfalls die Übergangswiderstände von Kontakten zu bestimmen.

Die Prüfung von Magneten wird wohl nur in größeren Fabriken vorgenommen, so daß wir hierauf nicht näher eingehen wollen. Es mag jedoch erwähnt werden, daß über die richtige Magnetisierung der Stahlmagnete schon sehr oft ein Feilspanbild hinreichende Auskunft geben wird.

Über die Herstellung solcher magnetischer Feilspanbilder (vergl. Abschnitt XI) geben die vom Verfasser herausgegebenen Werke „Elektrische Spektra“ und „Wirkliche Grundlagen der elektrischen Erscheinungen“ ausführliche Auskunft. Zum Messen von Wider-

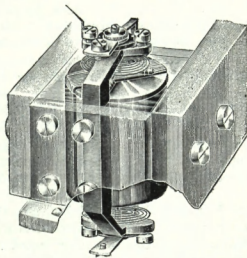


Abb. 211  
Drehspulensystem in Präzisions-Meßinstrumenten



ständen empfiehlt sich für viele Zwecke das Siemenssche Universalgalvanometer. In den allermeisten Fällen wird es sich jedoch nur um das Messen von Stromstärken und Spannungen handeln, und wir wollen hierauf daher näher eingehen.

Unsere heutigen Strom- und Spannungsmesser enthalten als Präzisionsinstrumente in einem starken magnetischen Felde eine möglichst leichte, mit Draht bewickelte, drehbare Spule (Abb. 211), die sich in zwei Lagern um Zapfen dreht und als Gegenkraft von zwei entgegengesetzt gewundenen Spiralfedern in ihrer Null-Lage gehalten wird. Sobald Strom durch die Spule geht, dreht sie sich entsprechend der Stromstärke oder Spannung um einen gewissen Winkel, den man an einem Zeiger mit Skala ablesen kann. Die Apparate sind aber so geeicht, daß man Volt oder Ampère und nicht die Gradzahl des Ausschlagwinkels abliest.

Für viele Zwecke ist es praktisch, ein Millivoltmeter zu nehmen, an dem man durch Vorschalten von Widerständen beliebig hohe Spannungen und andererseits durch Anlegen von Nebenschlüssen die Stromstärken ablesen kann. Diese Apparate zeigen gewöhnlich eine direkte Ablesung bis 150 Millivolt. Ihr Widerstand beträgt entweder 1 Ohm oder 100 Ohm, je nach dem Meßbereiche, für welches sie bestimmt sind. Die dazugehörigen Widerstände für das Messen von Stromstärken und Spannungen werden in besonderen Kästen geliefert. Die einzelnen Teilungen sind so groß, daß man bis zum vierten Teile eines Tausendstels noch ablesen (schätzen) kann.

Für die Prüfung elektrischer Meßwerkzeuge sind die weiter unten folgenden Vorschriften erlassen worden, und es sollte jeder, der damit zu tun hat, sich selbst von der Empfindlichkeit seiner Apparate, wenn möglich auch von deren Genauigkeit überzeugen, entweder durch eigene Versuche oder durch solche, die er an öffentlichen Anstalten (z. B. bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg) ausführen läßt. Die genannte Anstalt prüft und eicht bessere Apparate gegen mäßige Gebühren.

Gerade in bezug auf die viel gebrauchten Spannungsmesser beim Prüfen von Zellen oder Elementen werden viele Mißgriffe gemacht. Eine große Zahl Haustelegraphen-Installateure und Fabrikanten besitzen überhaupt keinen solchen Apparat, oder wenn ein solcher vorhanden, dann ist er von der billigsten Sorte und für derartige Zwecke ganz ungeeignet. So gut wie man nur Metermaße benutzt, die in Millimeter geteilt sind, ebenso sollte man nur Voltmeter gebrauchen, die auch Zehntelvolt angeben, jedoch nicht nur auf der Teilung, sondern auch in Wahrheit. Wieviele von sogenannten Spannungsmessern sind keine Meßapparate, sondern lediglich Anzeigevorrichtungen, welche nur erkennen lassen, ob überhaupt Spannung vorhanden ist, und die gegen die wirklich vorhandene Spannung um ein Viertel oder mehr falsch zeigen! Eine Uhr, die in einer Stunde mehr als eine Viertelstunde falsch geht, weist jeder

Käufer als unbrauchbar zurück; warum macht man es mit elektrischen Meßapparaten nicht ebenso? Man kaufe nur von öffentlichen Anstalten beglaubigte, plombierte und sehr empfindliche Apparate aus ersten Fabriken. Das Beste sollte auch hier gerade gut genug sein.

Die Einrichtung der Meßapparate soll hier nicht näher beschrieben werden, sondern nur deren richtiger Gebrauch. Um in den Grenzen der Genauigkeit des betreffenden Meßwerkzeuges richtig und möglichst genau zu messen, muß man bei den meisten Apparaten zunächst gewisse

### Vorsichtsmaßregeln

anwenden, so daß zufällige, von äußeren Umständen abhängende Fehler vermieden werden:

1. Der Apparat soll fest und wagrecht auf dem Tische stehen.
2. Gegenstände aus Eisen, Nickel oder Stahl sollen auf ein bis drei Meter (auch aus den Taschen des Messenden) entfernt werden, besonders Magnete. (Bei Präzisionsapparaten ist dies nicht wesentlich.)
3. Die Drähte, welche zum Meßinstrumente führen, sollen gut isoliert und möglichst stark sein.
4. Alle Leitungsverbindungen sollen sicher und fest sein.
5. Der Zeiger oder der bewegliche Teil des Meßapparates soll frei und leicht schwingen, wenig Reibung haben, also empfindlich sein.
6. Auf alle Nebenumstände oder irgendwie schädliche Einflüsse ist sorgfältig zu achten. Gewisse Apparate sind z. B. in der Richtung von Norden nach Süden einzustellen (nach einem Kompass magnetisch zu orientieren, der einige Meter davon entfernt steht).
7. Die Feststellung der Nadel des Zeigers (die Arretierung) ist zu lösen, damit er sich frei bewegen kann.

Lernen wir nun die Messungen selbst kennen.

### Spannungsmessung

Der Spannungsmesser darf nicht in Reihe mit Apparat und Batterie geschaltet werden, sondern er muß stets als Nebenschluß, also neben den Klemmen des Elementes, des Akkumulators oder des Weckers, angelegt werden. Ist ein nicht in Tätigkeit (also ein in offenem Stromkreise) befindliches Element zu messen, so bildet natürlich der Spannungsmesser den einzigen Stromschluß des Elementes. Die Spannung eines offenen Elementes (die elektromotorische Kraft) ist stets höher als die Spannung eines geschlossenen, also tätigen Elementes (Klemmenspannung), und zwar ist der Unterschied um so größer als die letztere, die Klemmenspannung um so niedriger, je mehr Arbeit das Element zu leisten hat, also je mehr Strom es abgibt.

Der Spannungsmesser (Abb. 212 bis 214) ist daher auch sehr geeignet, den Zustand einer Anlage schnell und sicher zu beurteilen. Hat man eine mangelhaft arbeitende Anlage vor sich, so mißt man zunächst die Spannung jedes einzelnen Elementes und ersetzt schadhafte Zellen (Elemente) durch frische. Alsdann schließt man den Stromkreis und mißt die Spannung an den Klemmen des Weckers. Arbeitet dieser gar nicht oder mangelhaft, so löst man die Leitungen und mißt wiederholt die Spannung zwischen beiden Leitungen, wobei natürlich der Taster geschlossen sein muß. Ist gar keine Spannung vorhanden, so ist die Leitung entweder gebrochen oder nahe der Batterie kurzgeschlossen. Ist die Spannung sehr viel geringer als nahe der Batterie, so ist ein Nebenschluß vorhanden; ist volle Spannung

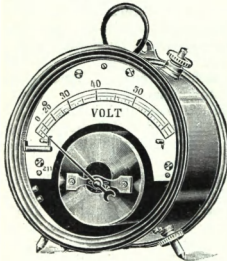


Abb. 212

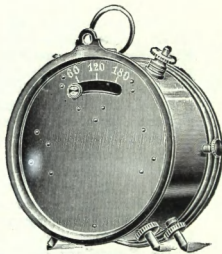


Abb. 213

Spannungsmesser für drei Meßbereiche

nahe am Wecker oder an sonstigen Apparaten, so sind diese schadhafte, Leitungen und Batterie jedoch ohne Fehler.

Die Drähte zum Messen der Spannung können ziemlich schwach sein, weil nur wenig Strom hindurchgeht. Es genügt ein gut besponnener Kupferdraht von 0,8 bis 1,0 mm.

Es empfiehlt sich, bei jeder Anlage nach deren Fertigstellung die Spannung der Batterie offen und geschlossen, die Spannung in den Leitungen ohne Einschaltung des Weckers und die Klemmenspannung am Wecker zu messen und für spätere Untersuchungen aufzuschreiben, womöglich auf das Gehäuse des Weckers, damit diese wichtigen Notizen nicht verloren gehen. Die Klemmenspannung des Weckers oder einer elektrischen Uhr (im Betriebe) ist verschieden; sie richtet sich zunächst nach

dem Widerstande der Drahtspulen des Elektromagneten, aber auch nach der Beschaffenheit des Unterbrechungskontaktes und der Anzahl der Unterbrechungen, also der Schwingungsgeschwindigkeit des Ankers. Es ist daher gut, wenn man die Klemmenspannung der Wecker mit der Batterie und mit der Leitungslänge, die später gebraucht wird, zuvor bestimmt hat.

Diese Bestimmungen können schon nach Fertigstellung jedes Weckers ein für allemal gemacht und am Apparate angeschrieben werden, so daß man später bei etwa vorkommenden Störungen schnell und sicher vorgehen kann.

Bei ausgedehnten, verwickelten Anlagen sollte man einen genauen Leitungsplan zur Hand haben, in welchem die Leitungslängen, Drahtstärken, Stromstärken, Spannungen und gefährliche Stellen deutlich zu vermerken sind. Besonders in Gasthäusern, Verwaltungsgebäuden usw. verlohnt sich diese einmalige Arbeit, die jeder verständige Auftraggeber zu seinem Nutzen gern bezahlen wird. Wer es nicht tut, wird bei in längerer oder kürzerer Zeit sicher einmal vorkommenden Änderungen oder Ausbesserungen eben mehr bezahlen und manche Unannehmlichkeiten ertragen müssen.

### Stromstärkemessung

Der Strommesser ist im Gegensatz zum Spannungsmesser stets mit der Stromquelle und den Apparaten in Reihe zu schalten; er darf niemals einen Nebenschluß zum Stromkreise bilden (abgesehen von indirekter Messung).

Will man bei einem einzelnen Elemente messen, welche Stromstärke es im kurzen Schlusse mit dem Strommesser ergibt, um daraus auf seine Güte zu schließen, so sollte man nur für einen Augenblick den Strom schließen, damit das Element nicht unnötig beschädigt wird, da es die zehn- bis zwanzigfache Stromstärke in diesem Augenblicke abgibt, als es im regelrechten Betriebe zu liefern hat. Die Stromstärke bei Schwachstromanlagen schwankt, wie schon gesagt, in sehr engen Grenzen. Sie ist bei kurzen Leitungen und kleinem Wecker mit nicht sehr vielen Windungen am größten und beträgt hier 0,3 bis 0,5 Ampere, während sie bei langen Leitungen und hohem Widerstande des Weckers sich auf 0,1 bis 0,3 Ampere bezieht.

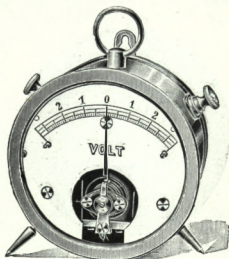


Abb. 214  
Spannungsmesser mit zweiseitigem  
Ausschlage

Das Probieren der Stromstärke eines Elementes bei Kurzschluß ist bei Akkumulatoren nicht zulässig. Eine kurzgeschlossene Akkumulatorzelle, selbst von geringer Kapazität, gibt augenblicklich 8 bis 10 Ampère ab, bei größerer Kapazität aber 100 und mehr Ampère, so daß Drähte und Verbindungen glühend werden oder gar schmelzen. Es empfiehlt sich daher, bei Akkumulatoren stets eine empfindliche, leicht schmelzende Sicherung in unverbrennbarer Büchse in den Stromkreis zu schalten, damit weder Feuer entstehen noch eine Beschädigung der Apparate eintreten kann.

Ein Element oder Akkumulator mit geringem innerem Widerstande ist für die gewöhnlichen Zwecke am geeignetsten. Man erzielt bei Kurzschluß eine weit höhere Stromstärke als bei einem Elemente von großem innerem Widerstande. Man kann also auf den

Zustand eines Elementes schon einigermaßen schließen, wenn man dessen Spannung und Stromstärke bestimmt. Zur genaueren Beurteilung von Elementen gehört noch die Bestimmung seines inneren Widerstandes und eine Dauerprobe auf seine Leistung und sein Verhalten in angestregtem Betriebe.

Für die Schwachstromtechnik sollte man nur Strommesser anwenden, welche äußerst empfindlich sind und wenigstens noch 2 bis 5 Milliampère (Tausendstel-Ampère) abzulesen gestatten. Verfasser benutzt seit langer Zeit nur Weston-Instrumente, bei denen man

leicht noch ein halbes Zehntel eines Milliampères (also 0,05 Milliampère oder 0,00005 Ampère) ablesen kann. Diese Apparate sind zwar nicht billig, aber äußerst genau, empfindlich und von jedem auch ohne große Geschicklichkeit leicht zu handhaben.

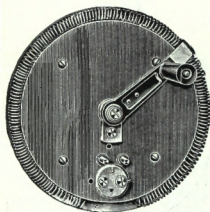


Abb. 215  
Regulirwiderstand

### Widerstandsmessung

Die Bestimmung des Widerstandes von Leitungsdrähten und Drahtspulen (wie z. B. in Abb. 215) geschieht am einfachsten durch Vergleichung mit genau abgeglichenen normalen Widerstandskasten unter Anwendung besonderer Galvanometer (Differential-Galvanometer) oder mit Hilfe der Wheatstoneschen Brückenschaltung und einer Batterie von vier bis sechs Elementen. Es soll hierauf nicht näher eingegangen werden, weil solche Apparate kostspielig sind und seltener gebraucht werden. Die in der Haustelegraphie vorkommenden Widerstände von nur wenigen Ohm und darunter kann man

schnell und sicher indirekt mit Hilfe von Spannung und Stromstärke ermitteln. Dieses Verfahren ist auch sehr geeignet zum Messen des inneren Widerstandes von Elementen oder von Glühlampen (z. B. zur Treppenbeleuchtung).

Diese Meßweise gründet sich auf das Ohmsche Gesetz, nämlich darauf, daß der Widerstand eines Stromkreises gleich ist der Spannung, geteilt durch die Stromstärke, oder in Buchstaben ausgedrückt:

$$W = \frac{E}{J}.$$

Hat man z. B. eine Drahtspule zu messen, so schaltet man sie mit einem Elemente und dem Strommesser hintereinander (in eine Reihe) und liest Stromstärke und Spannung an der Spule zugleich ab. Ist die Spannung z. B. 1,5 Volt, die Stromstärke 0,3 Ampère, so hat man

$$W = \frac{E}{J} = \frac{1,5}{0,3} = 5 \text{ Ohm.}$$

In gleicher Weise mißt man den Widerstand einer Glühlampe, während sie brennt. Hat diese z. B. 6 Volt bei 0,8 Ampère, so ist der Widerstand des glühenden Kohlenfadens

$$W = \frac{6}{0,8} = 7,5 \text{ Ohm.}$$

In ähnlicher Weise bestimmt man den inneren Widerstand eines galvanischen Elementes oder einer Akkumulatorenzelle wie folgt: Man schaltet das Element, den Strommesser und eine Drahtspule als Widerstand hintereinander und liest Stromstärke und Klemmenspannung des Elementes schnell ab, nachdem man zuvor die Spannung des offenen Elementes gemessen hat; ist diese gleich E, die Klemmenspannung gleich V und die Stromstärke gleich J, so ist der innere Widerstand

$$w = \frac{E - V}{J}.$$

Ist z. B. E = 1,53, V = 1,46 und J = 0,12, so ist

$$w = \frac{E - V}{J} = \frac{1,53 - 1,46}{0,12} = \frac{0,07}{0,12} = 0,5 \text{ Ohm;}$$

oder ein anderes Beispiel an einem größeren Elemente: E = 1,53, V = 1,50, J = 0,125:

$$w = \frac{E - V}{J} = \frac{1,53 - 1,50}{0,125} = \frac{0,030}{0,125} = 0,24 \text{ Ohm.}$$



Man wiederholt zur Sicherheit die Messung unter Einschaltung einer Drahtspule von anderem Widerstande und rechnet nach, ob  $J = \frac{E}{W}$  in diesem Falle also

$$J = \frac{E}{W + w},$$

$$\text{und } V = E - J \times w$$

ist, worin  $W$  = dem Widerstande der Spule und  $w$  gleich dem inneren Widerstande des Elements ist. Stimmen diese Rechnungen genügend überein, so war die Messung richtig.

Diese Art zu messen setzt jedoch voraus, daß der Widerstand des Spannungsmessers im Verhältnis zu dem zu messenden Widerstande ziemlich hoch ist, also etwa 100 bis 200 Ohm beträgt, und der Widerstand des Strommessers sehr gering ist. Zieht man die Widerstände im Stromkreise mit in Rechnung, so muß zu  $W + w$  noch der Widerstand des Strommessers hinzugezählt werden, um ganz genaue Ergebnisse zu erhalten. Die Milliampèremesser von Weston haben z. B. zwischen 0,3 und 0,8 Ohm Widerstand.

Sehr bequem ist für ausgedehnte Messungen ein Millivoltmeter bis 150 Millivolt und mit genau abgeglichenem Widerstande seiner Wicklung von 1 (oder 100) Ohm, mit dem man Spannungen mißt, indem man den 9- bis 99-fachen Widerstand vorschaltet, und Stromstärken, indem man ihn als Nebenschluß zu einem geringen Widerstande von  $\frac{1}{9}$  bis  $\frac{1}{99}$  usw. verwendet. Es gehören also hierzu zwei Widerstandskasten.

### Prüfung galvanischer Elemente

Nachdem wir die Mittel und die Meßweise kennen gelernt haben, um die elektrischen Größen: Spannung, Stromstärke und Widerstand zu bestimmen, erübrigt sich noch die Prüfung der Elemente auf ihre Dauer und Leistungsfähigkeit. (Über Akkumulatoren siehe später.)

Die Anforderungen an ein gutes galvanisches Trockenelement sind folgende:

1. Spannung offen 1,5 bis 1,6 Volt (auch noch höher);
2. Stromstärke im Kurzschlusse 5 bis 12 Ampère;
3. innerer Widerstand 0,5 bis 0,1 Ohm am Anfange des Gebrauches;
4. jahrelange Brauchbarkeit bei gewöhnlicher Benutzung mit nicht mehr als 0,3 Ampère in Pausen;
5. Kapazität 20 bis 40 Ampèrestunden bei einer dauernden Entladung von nicht über 0,2 Ampère;
6. kein Verdunsten der Füllung, kein Feuchtwerden der Ränder, kein Austreten von Salzen oder Gasen;



7. möglichst geringe oder keine Wartung, wie bei guten Trockenelementen;
8. mäßige Größe, nicht zu großes Gewicht bei höchster Leistungsfähigkeit.

Dementsprechend müssen die Versuche mit noch unbekannten Elementen fremden Ursprungs auch auf die aufgeführten Punkte ausgedehnt werden, und zwar tut man gut, bekannte Elemente vergleichsweise der gleichen Behandlung zu unterziehen.

Man bestimmt zunächst die Größe der Elemente, ihr Gewicht und die Spannung offen. Als dann werden sie mit einer Neusilberspule von 0,3 mm starkem, doppelt mit Seide besponnenen Drahte geschlossen und die Spannung fortlaufend an den Klemmen des Elementes gemessen. Hat man einen Strommesser von unter  $\frac{1}{2}$  Ohm, so läßt man die Widerstandsspule so abgleichen, daß Strommesser und Spule zusammen 5 Ohm Widerstand haben. Es genügt jedoch die Beobachtung der Spannung, da mit dieser in gleichem Maße gewöhnlich auch die Stromstärke abnimmt und der innere Widerstand zunimmt. Die erste halbe

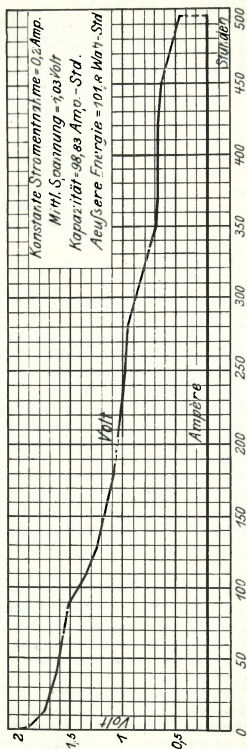


Abb. 216  
Entladung eines Fernbin-Elementes von Adolph Weidkind

Stunde liest man alle fünf Minuten ab, dann alle Stunden bis etwa zu zwölf Stunden und dann nur täglich zweimal, also alle zwölf Stunden. Nach etwa drei Tagen darf bei einem guten Elemente die Spannung nicht unter 1,2 bis 1,1 Volt gesunken sein, während minderwertige Elemente in zwölf bis sechshunddreißig Stunden schon auf 1,0 bis 0,5 Volt sinken. Die gewöhnlichen Elemente geben bei diesen Versuche etwa 250 Milliampere am Anfange, und nach drei Tagen etwa noch 100 Milliampere ab. Hat man sich überzeugt, daß trotz dieser starken Beanspruchung die Klemmenspannung des Elementes nicht zu schnell gesunken ist, so läßt man es einige Tage offen stehen (ohne Stromschluß) und beobachtet anfangs in kurzen, später in längeren Zwischenräumen, wie sich die Spannung wieder allmählich erholt (Regeneration). Bei guten Elementen pflegt in fünfzehn bis vierundzwanzig Stunden die volle Spannung wiederzukehren.

Die Ergebnisse einer Untersuchung von Trockenelementen sind in der in Abb. 216 gegebenen Kurve für ein Fernbin-Element von Adolph Weelekind (Type IV) dargestellt. Die Entladung wurde derartig ausgeführt, daß gleichbleibende Stromstärke von 0,2 Ampere durch einen regulierbaren Widerstand entladen wurde. Während die Klemmenspannung dieser Elemente often 1,9 bis 2,0 Volt beträgt, ergab sich bei der Entladung eine mittlere Spannung von 1,03 Volt und eine Kapazität von 68,98 Amperestunden, und hieraus berechnet sich die äußere geleistete Energie auf 101,8 Wattstunden. Die Elemente zeichnen sich also aus durch hohe Anfangsspannung, gleichmäßige Wirkung und hohe Leistung, so daß sie sich auch besonders für den Betrieb von elektrischen Einzeluhren eignen.

Ein so behandeltes Element ist für weiteren dauernden Gebrauch nicht mehr geeignet; es kann jedoch gelegentlich für kleine Untersuchungen in der Werkstatt immerhin noch Verwendung finden. Alle sogenannten praktischen Untersuchungen mit einem Wecker usw. sind meistens ganz wertlos; sie geben kein Maß für die dauernde Leistung, sondern nur für den augenblicklichen Zustand. Ein Element, das einen Wecker in kurzer Verbindung nicht kräftig zum Anschlagen bringt, ist überhaupt nicht brauchbar. Wollte man Elemente mit Weckern dauernd beanspruchen, so könnte man wochenlang auf das Ergebnis warten, während die zuvor beschriebene Untersuchungsweise bei einiger Übung schon nach zwölf bis vierundzwanzig Stunden ein sicheres Urteil über die Güte eines Elementes zu geben gestattet.

Hat man Zeit und Gelegenheit, so kann man drei bis vier gleiche Elemente untersuchen, und zwar zwei auf inneren Widerstand und zwei auf Leistung (Kapazität). Für ausgeführte Untersuchungen beobachtet man noch das Verhalten in der Wärme bis 30° und in der Kälte bis 20° unter null. Es sind hier nur Trockenelemente berück-

sichtig; nasse Elemente (nach Leclanché) haben höheren inneren Widerstand und leisten nicht so viel wie jene.

Akkumulatoren kann man in ähnlicher Weise untersuchen. Der Erwärmung wegen muß man jedoch auf einen Rahmen gespannte, gut isolierte Neusilberspiralen als Widerstand verwenden. Der Akkumulator wird mit normaler Stromstärke entladen und dabei sowohl Spannung als Stromstärke fortlaufend alle zehn bis fünfzehn Minuten abgelesen. Der Strommesser muß natürlich entsprechend dem Entladungsstrom, gegebenenfalls für 0,5 bis 3 und mehr Ampere, eingerichtet sein, je nach der Größe der Zelle.

### Prüfordnung für elektrische Meßgeräte

Auf Grund des § 10 des Gesetzes betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 (R. G. Bl. S. 905) wird nachstehende Prüfordnung für elektrische Meßgeräte erlassen.

§ 1. Prüfung und Beglaubigung. Die amtliche Prüfung elektrischer Meßgeräte erfolgt durch die Physikalisch-technische Reichsanstalt — Abteilung II — und durch diejenigen Stellen (elektrischen Prüfämter), welchen der Reichskanzler die Befugnis hierzu auf Grund des § 9 des genannten Gesetzes übertragen hat.

Mit der Prüfung kann bei Meßgeräten, für welche die Systemprüfung durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt eine hinlängliche Unveränderlichkeit der Angaben erwiesen hat, eine Beglaubigung verbunden werden, wenn die betreffenden Instrumente den Vorschriften der §§ 11, 14, 15 dieser Prüfordnung entsprechen und die daselbst angegebenen Beglaubigungs-Fehlertoleranzen einhalten.

§ 3. Beantragung von Systemprüfungen. Die Zulassung eines jeden Systems elektrischer Meßgeräte zur Beglaubigung setzt einen Antrag des Erfinders oder des Verfertigers oder eines hierzu bevollmächtigten Vertreters derselben voraus. Mit diesem Antrag sind fünf Meßgeräte der betreffenden Gattung von verschiedenem Meßbereiche, eine Beschreibung und eine zur photographischen Vervielfältigung geeignete Zeichnung (Größe 33 mal 21 cm), welche den Mechanismus der Meßgeräte deutlich erkennen läßt, sowie die in § 19 unter A. angegebenen Gebühren an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt — Abteilung II — einzusenden. Wenn besondere Gründe vorliegen, kann die Anzahl der für die Systemprüfung einzureichenden Meßgeräte beschränkt, andererseits aber auch die Einreichung von Meßgeräten bestimmter Meßbereiche verlangt werden.

In dem Antrage ist anzugeben:

1. von wem und unter welcher Bezeichnung das betreffende System hergestellt und in den Verkehr gebracht wird,
2. welche Größenstufen und besonderen Ausführungsformen des Systems angefertigt werden sollen,
3. ob, seit wann und in welcher Anzahl Apparate dieser Gattung im Deutschen Reiche oder in anderen Ländern im Gebrauche sind,
4. die etwaige Patent- oder Musterschutz-Nummer.

Die Beschreibung soll sich namentlich beziehen auf:

- a) Schaltung, Material, Abmessungen, Windungszahlen und Widerstände der stromführenden Teile, Material und Abmessungen der Magnete und magnetisch wirksamen Eisenteile,
- b) das Übersetzungsverhältnis auf das Zählerwerk von Elektrizitätszählern,
- c) die Einrichtungen und das Verfahren für die Gangregelung,
- d) die Vorschriften für Aufhängung und Wartung der Apparate.

§ 4. Ausführung der Systemprüfungen. Die Systemprüfung, soweit sie nicht nach den bisherigen Erfahrungen der Reichsanstalt teilweise entbehrt werden kann, besteht in einer Untersuchung der eingereichten Apparate in der Reichsanstalt und in einer Erprobung des Systems im praktischen Betriebe. Wenn der erstere Teil der Prüfung, der nach Erledigung etwaiger erforderlicher Vorverhandlungen mit dem Antragsteller innerhalb dreier Monate abgeschlossen sein soll, ein befriedigendes Ergebnis geliefert hat, ohne daß über die Bewährung im Betriebe genügende Erfahrungen vorliegen, so kann auf Antrag des Anmelders eine zeitweilige Zulassung zur Beglaubigung für eine Dauer bis zu drei Jahren bewilligt werden. Spätestens ein Jahr vor Ablauf dieser Zeit wird dem Antragsteller die endgültige Entscheidung übermittelt.

Nach Abschluß des Zulassungsverfahrens werden drei der eingereichten Meßgeräte dem Antragsteller zurückgegeben, die beiden anderen verbleiben als Muster und für etwaige fernere Untersuchungen zur dauernden Verfügung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Wird die Zulassung des Systems zur Beglaubigung versagt, so werden sämtliche fünf eingereichten Meßgeräte dem Antragsteller zurückgegeben.

§ 5. Zulassung von Systemen zur Beglaubigung. Jede endgültige Zulassung eines Systems elektrischer Meßgeräte zur Beglaubigung wird im Zentralblatt für das Deutsche Reich und im Reichs-Anzeiger bekannt gemacht.

Bei der Zulassung wird eine Bezeichnung des Systems festgesetzt, welche auf den Meßgeräten anzubringen ist.

Eine Veröffentlichung einer zeitweiligen Zulassung eines Systems zur Beglaubigung findet nur auf Antrag des Anmelders statt.

§ 6. Änderungen der zur Beglaubigung zugelassenen Systeme. Von allen Änderungen der messenden Teile der zur Beglaubigung zugelassenen Systeme sowie von einem Übergang der Verfertigung der Meßgeräte auf eine andere Firma hat der Verfertiger Anzeige an die Reichsanstalt zu machen. Die letztere entscheidet darüber, ob so wesentliche Änderungen stattgefunden haben, daß eine Ergänzung der früher ausgeführten Systemprüfung erforderlich ist. Mit dem Antrage einer Ergänzungsprüfung sind zwei Meßgeräte der geänderten Form und die im § 19 unter A. 3 angegebenen Gebühren einzusenden.

Nach Abschluß der Ergänzungsprüfung wird das eine der eingereichten Meßgeräte dem Anmelder zurückgegeben.

§ 7. Zurücknahme der Zulassung eines Systems. Die Zulassung eines Systems zur Beglaubigung kann wegen amtlich zur Kenntnis gekommener Mängel desselben von der Reichsanstalt zurückgenommen werden. Die Zurücknahme erfolgt jedoch erst dann, wenn der Verfertiger trotz Aufforderung durch die Reichsanstalt die erwähnten Mängel seiner Erzeugnisse nicht innerhalb eines Jahres nachgewiesenermaßen beseitigt hat.

Die Zurücknahme wird, wie im § 5 Abs. 1 angegeben, bekannt gemacht.

§ 8. Befugnisse der Prüfmäster. Die Tätigkeit der Prüfmäster erstreckt sich auf die Prüfung und Beglaubigung

1. der bei der gewerbmäßigen Abgabe elektrischer Arbeit zur Bestimmung der Vergütung benutzten Meßgeräte (Elektrizitätszähler usw.),
2. der zur Messung von Strom, Spannung und Leistung bestimmten Schalttafel- und Montageinstrumente, sofern sie einem beglaubigungsfähigen System angehören (§ 4 und 5) und mit Gleichstrom geprüft werden können.

§ 9. Meßbereiche der Prüfmäster. Die Prüfmäster zerfallen in solche für Prüfungen mit Gleichstrom und solche für Prüfungen mit Gleich- und Wechselstrom (einschließlich Drehstroms). Jedes Prüfamt muß in seinem Laboratorium Messungen bis zu 500 Volt und 200 Ampère ausführen können.

Trifft ein Prüfamt die für eine Erweiterung seiner Prüfungsbefugnis erforderlichen Einrichtungen und weist deren ordnungsmäßige Beschaffenheit nach, so kann seine Befugnis durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt den Einrichtungen entsprechend erweitert werden.

Meßgeräte für solche Stromstärken und Spannungen, welche den Meßbereich des Prüfamts überschreiten, sind einem anderen Prüfamte von weiterer Prüfungsbefugnis oder der Reichsanstalt zur Prüfung zu überweisen.

§ 10. Ort der Prüfung. Die Prüfungen und Beglaubigungen dürfen nur in den Arbeitsräumen der Prüfamter oder nach Bedarf am Verwendungsorte ausgeführt werden. Ausnahmen hiervon z. B. Prüfungen in Räumen, welche von Elektrizitätswerken oder Fabriken von elektrischen Meßgeräten zur Verfügung gestellt werden, bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

§ 11. Beschaffenheit der zur Prüfung oder Beglaubigung kommenden Meßgeräte. Die Angaben der zur Prüfung oder Beglaubigung eingereichten, im § 2 und 8 genannten elektrischen Meßgeräte müssen unmittelbar in den gesetzlichen Maßeinheiten (Bekanntmachung betr. die Ausführung des Gesetzes über die elektrischen Maßeinheiten vom 6. Mai 1901) erfolgen oder durch Multiplikation mit einer auf dem Apparate angegebenen Zahl (Konstante) auf dieselben zurückgeführt werden. Die Angaben sollen entweder durch Zeiger oder deutlich sichtbare Marken vor einer Skale oder durch springende Ziffern geschehen.

Die Meßgeräte müssen mit einem Schutzgehäuse umgeben sein, welches Vorkehrungen zum Anlegen von Bleisiegeln und ein von innen in das Gehäuse eingesetztes Schauglas vor dem Zifferblatte enthält.

Auf dem Zifferblatte, dem Gehäuse oder einem von außen nicht abnehmbaren Schilde soll die Firma und der Wohnort des Verfertigers oder dessen eingetragenes Fabrikzeichen, die laufende Fabrikationsnummer, die Maßeinheit, nach welcher die Angabe erfolgt (z. B. Ampere, Volt, Watt, Kilowatt, Kilowattstunde) und der Meßbereich (nebst Bezeichnung des Verteilungssystems (z. B.  $2 \times 220$  Volt, bis  $2 \times 100$  Amp.) deutlicher sichtbar angebracht sein.

Außerdem sind daselbst in deutscher Sprache die Apparaten-Gattung und -Stromart (z. B. Drehstromzähler) anzugeben, sowie — falls diese Umstände auf die Richtigkeit der Angaben der Instrumente von Einfluß sind — auch die Einschaltungsdauer (z. B. Leitungsmesser für kurzdauernde Einschaltung) und bei Wechselstrommeßgeräten die Polwechselzahl und Belastungsart (z. B. Zähler für induktionslose Belastung, Drehstromzähler für gleich belastete Zweige).

§ 12. Ausnahme-Bestimmungen. Bis zum 1. Januar 1905 wird von den Vorschriften des § 11 Absatz 3 und 4 abgesehen.

Meßgeräte, welche für die Ausfuhr bestimmt sind, dürfen Aufschriften in fremder Sprache tragen, wenn mit dem Prüfungsantrage eine deutsche Übersetzung eingereicht wird.

§ 13. Verkehrs-Fehlergrenzen für Zähler. Die im Verkehr zulässigen Fehlergrenzen der Elektrizitätszähler\*) sind durch die Ausführungsbestimmungen zum Gesetz betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom Bundesrat wie folgt festgesetzt worden:

1. Gleichstromzähler.

- a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige nach oben oder nach unten von dem wirklichen Verbrauche darf bei einer Belastung zwischen dem Höchstverbrauche, für welchen der Zähler bestimmte ist, bis zu dem zehnten Teile desselben nirgends mehr betragen als sechs

\*) R. G. Bl. 1901, Nr. 16, Seite 129 unter II.

Für die übrigen elektrischen Meßgeräte (Strom-, Spannungs-Leistungsmesser) sind seitens des Bundesrates keine Verkehrsfehlergrenzen festgesetzt.

Tausendstel dieses Höchstverbrauches, vermehrt um sechs Hundertel des jeweiligen Verbrauchs, und ferner bei einer Belastung von ein Fünftundzwanzigstel des obigen Höchstverbrauches nicht mehr als zwei Hundertel des letzteren.

Auf Zähler, die in Lichtanlagen verwendet werden, finden diese Bestimmungen nur insoweit Anwendung, als die anzuzeigende Leistung nicht unter 30 Watt sinkt.

- b) Während einer Zeit, in welcher kein Verbrauch stattfindet, darf der Vorlauf oder Rücklauf des Zählers nicht mehr betragen, als einem halben Hundertel seines oben bezeichneten Höchstverbrauches entspricht.

## 2. Wechselstrom- und Mehrphasenzähler.

Für diese gelten dieselben Bestimmungen wie unter 1, jedoch mit der Maßgabe, daß wenn in der Verbrauchsleitung zwischen Spannung und Stromstärke eine Verschiebung besteht, der nach 1 a ermittelte Fehler in Hundertel des jeweiligen Verbrauches umgerechnet und der entstehenden Zahl der Hundertel die doppelte trigonometrische Tangente des Verschiebungswinkels hinzugefügt wird. Dabei bedeutet der Verschiebungswinkel den Winkel, dessen Kosinus gleich dem Leistungsfaktor ist. Alle zur Berechnung der Fehler dienenden Größen sind mit dem gleichen Vorzeichen zu nehmen.

§ 14. Beglaubigungs-Fehlergrenzen für Zähler. Die Beglaubigung von Meßgeräten, welche zur Bestimmung der Vergütung bei der gewerbsmäßigen Abgabe elektrischer Arbeit dienen sollen, findet statt, wenn ihr System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist (§ 4 und 5), und wenn sie die Hälfte der im § 13 genannten Verkehrs-Fehlergrenzen einhalten. Jedoch soll bei Wechselstromzählern der Zusatzfehler, welcher im § 13 unter 2 für eine Verschiebung zwischen Spannung und Stromstärke festgesetzt ist, mit seinem ganzen Betrage ( $2 \text{ tg } \epsilon$ ) in Rechnung gestellt werden.

§ 15. Beglaubigungs-Fehlergrenzen für Strom-, Spannungs- und Leitungsmesser. Strom-, Spannungs- und Leitungsmesser werden zur Prüfung durch die Prüfämter nur dann zugelassen, wenn sie einem von der Reichsanstalt als beglaubigungsfähig erklärten Systeme angehören und mit Gleichstrom geprüft werden können. Ihre Beglaubigung erfolgt, wenn die gefundenen Fehler entweder nicht über  $\pm 0,2$  des betreffenden Skalen-Intervalles, oder nicht über  $\pm 0,01$  des Sollwertes hinausgehen. Es kommt hierbei stets diejenige der beiden Bestimmungen zur Anwendung, welche für die Zulassung des Meßgeräts zur Beglaubigung die mildere ist. Bei Meßgeräten mit verkürzter Skale soll der Fehler  $\pm 0,01$  des Sollwertes nicht übersteigen. Dasselbe gilt von solchen Meßgeräten, deren Anwendung durch eine entsprechende Aufschrift (z. B. „Strommesser richtig von . . . bis . . . Ampere) auf einen bestimmten Teil der vorhandenen Skale eingeschränkt worden ist.

§ 16. Verfahren bei der Prüfung (Vorprüfung und Hauptprüfung). Die Prüfung der elektrischen Meßgeräte durch die Prüfämter erstreckt sich auf die äußere Beschaffenheit, die Erfüllung der im § 11 enthaltenen Vorschriften (Vorprüfung), und auf das Einhalten der im § 13 bis 15 angegebenen Fehlergrenzen (Hauptprüfung).

Nach vollzogener Hauptprüfung erhält jedes Meßgerät einen Schein über den Ausfall der Prüfung, sowie gegebenenfalls das im § 18 festgesetzte Stempelzeichen. Der zahlenmäßige Betrag der gefundenen Abweichungen von der Richtigkeit wird in den Scheinen nicht angegeben. Auf besonderen Antrag werden Elektrizitätswerken und Fabrikanten von elektrischen Meßgeräten Verzeichnisse der an ihren Meßgeräten ermittelten Abweichungen von der Richtigkeit gegen besondere Gebühr ausfertigt.

Meßgeräte, welche die Verkehrs-Fehlergrenzen überschreiten oder sonstige



Mängel zeigen werden, werden durch Anbinden eines Zettels mit entsprechender Aufschrift gekennzeichnet.

§ 17. **Berichtigung und Reinigung der zu prüfenden Meßgeräte.** Bei Gelegenheit von Prüfungen dürfen auf Antrag der Beteiligten von den Prüfmännern Berichtigungen an den Meßgeräten, falls hierzu geeignete Stellvorrichtungen vorhanden sind, sowie Reinigungen des Werkes und kleine Ausbesserungen ausgeführt werden.

Bei Streitfällen und Revisionen ist jeder Eingriff in die Apparate untersagt, und ein von neuem notwendig werdender Bleiverschluß ist tunlichst ohne Verletzung bereits vorhandener Plomben anzulegen.

§ 18. **Stempel- und Verschlußzeichen.**

- a) Als Zeichen, daß ein Meßgerät bei der Prüfung die für den Verkehr zugelassenen Fehlergrenzen (§ 13) eingehalten hat, dient ein an dem Meßgerät anzubringender Verkehrsstempel, welcher das amtliche Stempelzeichen des betreffenden amtlichen Prüfamts (bestehend aus den Buchstaben EPA und der Nummer des Prüfamts) sowie die Angabe des Kalenderjahres und des Vierteljahres der Prüfung trägt.
- b) Als Zeichen, daß ein Meßgerät einem beglaubigungsfähigen Systeme angehört, den Vorschriften des § 11 entspricht und bei der Prüfung die Beglaubigungsfehlergrenzen (§ 14 und 15) eingehalten hat, dient ein Beglaubigungsstempel, welcher den Reichsadler, das amtliche Zeichen des Prüfamts, sowie die Jahres- und Quartalszahl der Prüfung trägt.
- c) Bei Nachprüfungen tritt der neue Verkehrs- oder Beglaubigungsstempel zu dem auf dem Meßgeräte bereits vorhandenen hinzu.
- d) In den unter a) bis c) angegebenen Fällen werden die geprüften oder beglaubigten Meßgeräte durch Bleisiegel verschlossen, welche auf der einen Seite den Reichsadler und auf der Rückseite das amtliche Zeichen des Prüfamts tragen.

Dieser Verschluß kann zum Zwecke von Nachregulierungen von dem mit der Wartung der Zähler beauftragten Beamten des Elektrizitätswerkes im Falle des Einverständnisses des Abnehmers entfernt und nach Erledigung der Regulierung durch eine Plombe des Elektrizitätswerkes ersetzt werden. Von jeder solchen Nachregulierung hat das Elektrizitätswerk demjenigen Prüfamt, dessen Stempel sich auf dem Zähler vorfindet, Anzeige unter Angabe der vor und nach der Regulierung ermittelten Abweichungen zu machen.

- e) Als Zeichen eines zeitweiligen Verschlusses und in den im § 16 Abs. 4 erwähnten Fällen wird in die Plombenschrauben des Meßgeräts ein Zettel mit aufgeklebter Siegelmarke des betreffenden Prüfamts eingebunden.
- f) Bei Prüfungen und Beglaubigungen, welche von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt — Abt. II — erledigt werden, tritt an Stelle des amtlichen Stempelzeichens der Prüfmänner dasjenige der Reichsanstalt (PTR II).

### **Prüfung von Akkumulatoren**

Feststehende Vorschriften oder allgemein gültige Regeln für die Prüfung und Untersuchung der elektrischen Akkumulatoren sind bisher nicht aufgestellt worden.

In vielen Fällen begnügt man sich damit, die Kapazität einer Batterie bzw. von Zellen bei einer bestimmten Stromstärke festzustellen. Will man sich jedoch eingehender über den Wert eines bestimmten Fabrikates informieren, so sind eine ganze Reihe von



Angaben und Entladungen unter den verschiedensten Versuchsbedingungen erforderlich.

Als allgemein gültig für die Ermittlung der Kapazität läßt man einen Spannungsabfall um 10% der anfänglichen Entladungsspannung zu, d. h. bis zu 1,8 bis 1,85 Volt Klemmenspannung pro Zelle. Man sollte jedoch den Spannungsabfall je nach der angewendeten Entladestromstärke ändern, und zwar auf den niedrigsten zulässigen Wert der Klemmenspannung beim Entladen:

1,80 Volt bei	6 stündiger	Entladung
1,82 „ „	8 „	„
1,83 „ „	10 „	„
1,85 „ „	12 „	„
1,86 „ „	15 „	„
1,87 „ „	20 „	„
1,89 „ „	30 „	„

In welcher Weise sich die Kapazität einer Zelle bei verschiedenem Entladestrome, aber gleichbleibendem Ladestrome von 1,2 Ampère ändert, zeigt folgende Tabelle:

Ladung	Entladung	
Ampere-Stunden	Ampère	Amp.-Stunden
—	4	93,5
95	—	—
—	4	86,1
95	—	—
—	4	85,8
93,2	—	—
—	12	71,0
70,2	—	—
—	12	65
67,0	—	—

bei einer Ladung bis 2,5 und Entladung bis 1,8 Volt Klemmenspannung der Zelle.

Es ist auch durchaus nicht gleichgültig in bezug auf die Kapazität, mit welcher Stromstärke geladen wird. Eine Zelle z. B., die normal in zehn bis zwölf Stunden mit etwa 14 Ampère geladen bei 6 Ampère Entladung etwa 180 Ampèrestunden ausgibt, hat mit 30 Ampère geladen nur rund 135 Ampèrestunden Kapazität bei gleicher Entladestromstärke.

Es geht hieraus hervor, daß eine Zelle, welche mit mäßiger Strombelastung geladen wird, mehr Strom aufnimmt als beim Laden mit höherer Stromstärke. Auch ist es notwendig, im letzteren Falle bis zu 2,6 oder 2,7 Volt Spannung pro Zelle zu laden, während um-

gekehrt beim Laden mit verhältnismäßig geringer Stromstärke ein Ansteigen auf 2,5 Volt pro Zelle in entsprechender Zeit nicht stattfindet.

Man pflegt daher bei Angabe der Kapazität bei verschiedenem Entladestrome immer zu verstehen, daß die zuvorgegangene Ladung auch mit der gleich hohen Stromstärke erfolgt ist. Es ist also die Kapazität abhängig außer von anderen Faktoren, die in der Konstruktion und Herstellung der Platten (im Säuregehalte) begründet sind, vor allem von der Höhe des Lade- und Entladestromes und der Endspannung pro Zelle beim Laden sowie von dem zugelassenen Spannungsabfalle beim Entladen. Abgesehen von diesen Faktoren spielt natürlich die Anzahl und Größe der Platten einer Zelle die Hauptrolle bezüglich der Kapazität.

Die Stärke der Platten hat bei mittlerer oder hoher Stromstärke auf die Kapazität überhaupt keinen Einfluß, sondern nur die Oberfläche der Platten ist hierfür maßgebend. Bei sehr geringem Entladestrome pflegt sich bei stärkeren Platten (gegen solche von gleicher Größe und Beschaffenheit, aber geringerer Dicke) eine etwas größere Kapazität zu ergeben.

Ferner ist es durchaus nicht gleichgültig, ob die Entladung ohne Unterbrechung erfolgt oder ob absatzweise mit längeren Pausen entladen wird. Im letzteren Falle ergibt sich eine um etwa 25% höhere Kapazität. Man versteht daher bei Angabe der Kapazität einer Zelle darunter stets die Ampèrestunden-Entladung ohne Unterbrechung.

Obige Ausführungen zeigen also, daß alle Angaben über die Leistung von Akkumulatoren nur relativ zu verstehen sind, mithin nur für ganz bestimmte Verhältnisse gelten, die jedesmal mit anzugeben sind.

In den meisten Fällen interessiert nicht nur die Kapazität der Zellen, sondern auch das Gewicht oder vielmehr die Kapazität, bezogen auf die Gewichtseinheit. Man pflegt also besonders bei transportablen Akkumulatoren die Ampèrestunden pro Kilogramm Gewicht der Zelle anzugeben.

Will man ein Fabrikat eingehender prüfen, so pflegt man außerdem noch zu ermitteln, wie viele Ampèrestunden auf das Kilogramm positiver Platten und auf das Kilogramm Gesamtgewicht der Elektroden (positive und negative Platten zusammen) entfällt. Bei Platten, bei denen das Gewicht der aktiven Masse das des Metallgerüsts bedeutend überwiegt, also bei sogenannten Masse- oder Rahmenplatten (Hartmasseplatten), gibt man auch wohl die Kapazität pro Kilogramm positiver aktiver Masse an. Diese letztere Angabe ist sehr geeignet, zu ermitteln, wieviel Prozent des theoretischen Wertes der eingetragenen Masse das betreffende Fabrikat ausgibt. Mehr als 50% dieses Wertes hat man bis jetzt praktisch überhaupt noch nicht erreicht, und bei dauerndem Gebrauche von Akkumu-

latoren wird auch dieser Betrag noch um ein Viertel geringer ausfallen.

Die Untersuchung der Akkumulatorenplatten muß sich also nicht allein auf Gewicht, Kapazität und Preis, sondern vor allem auch auf deren Verhalten bei dauerndem Gebrauche erstrecken.

Solche Dauerversuche sind natürlich sehr zeitraubend und kostspielig. Um aber möglichst schnell zu einem Resultate zu kommen, pflegt man hohe Strombelastung pro Flächeneinheit anzuwenden und mit etwa 5 Ampère pro Quadratdezimeter positiver Fläche Tag und Nacht zu laden und zu entladen, so daß man nach zwei bis drei Monaten sich ein ungefähres Bild über das Verhalten der Platten machen kann.

Für vergleichende Versuche ermittelt man außerdem noch die Leistung pro Kilogramm Gewicht und qdcm der positiven Oberfläche bei verschiedener Belastung.

Die erhaltenen Resultate werden als Kurven in Tafeln zusammengestellt, aus denen man dann mit einem Blicke den Wert bezw. die Leistung und das Verhalten der verschiedenen Fabrikate ersehen kann. Je nach dem Zwecke und den gestellten Ansprüchen sind Konstruktion und Beschaffenheit der Platten, des Einbaues und der Kasten ganz verschieden. Man darf also nur Zellen für gleiche oder ähnliche Zwecke miteinander vergleichen. Sind letztere nicht bekannt, so muß man sie aus der Einrichtung und Leistung der Zellen zu ermitteln suchen.

### **Wichtige Punkte für die Untersuchung von Akkumulatoren**

#### **Platten**

Höhe, Breite, Stärke; positive, negative;  
Ansichtsfläche, einerseits, qdm;  
Oberfläche, beiderseits, qdm der Platte;  
Oberfläche, beiderseits, qdm der Masse.  
Oberfläche, beiderseits, qdm aller (positiven) Platten der Zelle;  
Menge der Masse einer Platte bezw. der aktiven Masse;  
Gewicht einer positiven Platte;  
Gewicht einer negativen Platte;  
Gewicht aller Platten der Zelle;  
Beschreibung der Konstruktion der Platten.

#### **Zellen**

Material und Konstruktion;  
Abmessungen außen, innen;  
Gewicht leer. Kubikinhalt bis 1 cm über Oberkante der Platten;  
Gewicht der betriebsfertigen, verlöteten Zelle mit Elektrolyt.

### Elektrolyt

Schwefelsäure, cbm oder Gramm pro Zelle;  
Schwefelsäure, cbm pro qdm +-Platte;  
Schwefelsäure, cbm pro +-Platte.

### Einbaukasten

Material, Beschreibung, Abmessungen, Gewicht.

### Kapazität

bei 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 24 und mehr Stunden Entladung:

- a) beim Laden mit 0,5 bis 1,0 Ampère pro 1 qdm +-Oberfläche der Platten bzw. der Masse;
- b) beim Laden mit der gleichen Stromstärke wie die Entladestromstärke;
- c) beim Laden mit dem Doppelten oder dem Vielfachen der mittleren Ladestromstärke;
- d) beim ständigen Laden und Entladen ohne Unterbrechung mit 5 Ampère pro 1 qdm +-Platte bzw. Masse.

Es mag hier noch erwähnt werden, daß kurz dauernde Untersuchungen von Akkumulatoren, wie sie besonders für den Betrieb elektrischer Uhren mit schwachen Strömen in Frage kommen, keine richtige Vorstellung über die Brauchbarkeit von Akkumulatoren geben können. Im allgemeinen ist der Akkumulator, wie schon erwähnt wurde, für dauernde Entladungen mit schwachen Strömen wenig geeignet. Es findet zwar in der Ruhe schon eine Selbstentladung statt; am meisten jedoch schadet die langsame Entladung dadurch, daß infolge des seltenen Ladens sich auf den Platten Bleisulfat (schwefelsaures Bleioxyd) ansetzt. Das graue Oxyd ist noch nicht so schädlich wie das weiße. Das letztere läßt sich durch längeres Laden nicht entfernen, sondern es muß von den Platten abgekratzt werden. Das graue Sulfat dagegen pflegt sich durch längeres Laden mit schwachen Strömen wieder aufzulösen.

### Schaltungen

Die Verbindung von Zellen zu einer Reihe zeigt Abb. 217, das Laden von Zellen in einer Reihe ist in Abb. 218 dargestellt. Die Verbindung einer Batterie zum Laden mit dem Leitungsnetze zeigt Abb. 219. Sind Zellen in verschiedener Größe (Kapazität) zu laden, so verfährt man wie in Abb. 220, indem man für die verschiedenen Stromstärken je nach Bedarf eine oder mehrere Glühlampen vorschaltet.

Beim Laden aus Primärelementen kann man die Schaltung Abb. 221 anwenden. Die Stromstärke wird durch den Schieber / auf dem Regulierwiderstande geregelt.

# Untersuchung von Apparaten

Ehe man zur eingehenden Untersuchung eines Weckers, eines Mikrophons o. dgl. schreitet, hat man sich klar zu machen, was der Apparat leisten soll, was man mit ihm erreichen will und ob seine mechanische Einrichtung dauerhaft und zweckentsprechend ist. Läuten wird schließlich jeder Wecker. Wenn es sich aber darum handelt, zu beurteilen, welche elektrische Kraft zu seinem Betriebe notwendig ist, so wird eben gewisse Messungen erforderlich. Ähnlich verhält es sich mit einem Mikrophone. Ob dieses laut und deutlich spricht, kann schließlich jeder beurteilen, der ein empfindliches Gebirge besitzt; mit welchem Stromstärke aber die Sprache übermittelt wird, läßt sich nur durch Messen feststellen.



Reihenschaltung

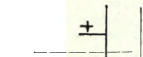


Abb. 218

Schaltung eines Leuchts mit einer Stromquelle

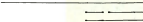


Abb. 219

Schaltung eines Leuchts mit einer Leuchtquelle

## Wecker

Unter Einschaltung verschiedener Widerstände wird ein Wecker mit einem und mit zwei Elementen angetrieben und die Spannung und Stromstärke bei denselben. Es wird also dann derjenige Wecker der beste sein, der bei sonst gleichen Abmessungen und gleichen Bedingungen die geringste Kraft zu kräftigem An-

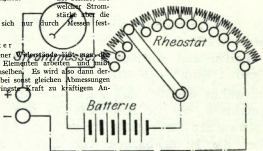
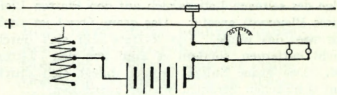


Abb. 217



schlage braucht, der also bei höherem Widerstande noch genügend anspricht, also den stärksten Magnetismus entwickelt.

Die elektromagnetische Wirkung ist abhängig von der Anzahl der Windungen auf den Magnetspulen und von der Stromstärke. Die Wirkung auf den Anker ist jedoch auch in hohem Maße von der Gestalt und Anordnung des eisernen Magnetgestelles, der ganzen elektromagnetischen Einteilung, dem Querschnitte und der Verteilung der Eisenmasse im Elektromagneten und Anker abhängig. Geht viel magnetische Kraft durch mangelhafte Anordnung verloren, so wird der Wecker mehr Amperewindungen und bei gleicher Windungszahl eine höhere Stromstärke beanspruchen als ein vorteilhaft gebauter Wecker.

Ob das Magnetgestell richtig gebaut ist, ob kein schädlicher Verlust an Kraft stattfindet, muß mit einer Magnetonadel und mit feinen Eisenfeilspänen sorgfältig untersucht werden. Nur an den Polen soll der Elektromagnet eine Wirkung haben und, wenn er mit dem Anker geschlossen wird, an keiner Stelle mehr bedeutende magnetische Kraft äußern.

Man kann ohne Übertreibung behaupten, daß ein großer Teil unserer gewöhnlichen elektrischen Wecker falsch gebaute Elektromagnete hat und daß man bei richtiger magnetischer Anordnung mit der Hälfte der Kraft eine viel stärkere Wirkung erzeugen kann, wie Verfasser dies aus der Erfahrung weiß. Nicht viel besser steht es mit den zahlreichen anderen Apparaten.

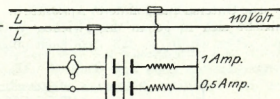


Abb. 220  
Schaltung zum Laden mit dem Leitungsnetze,  
mit Glühlampen-Vorschaltung

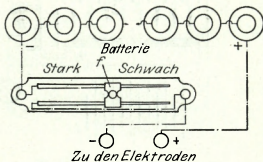


Abb. 221  
Batterieschaltung mit Regulierwiderstand

### Mikrophon

Wie beim Wecker soll auch beim Mikrophone (Transmitter) und der dazugehörigen Induktionsspile mit möglichst geringer

Stromstärke die Sprache laut und deutlich übertragen werden, bei möglichst geringen Abmessungen der Induktionsspule. Es kommt hier nicht allein auf das Verhältnis und die Anzahl der dicken (primären) und der dünnen (sekundären) Windungen auf der Induktionsspule, sondern auch auf die Beschaffenheit und Anordnung der Kontakte und der Schallplatte im Mikrophon an.

### Isolation

Die Untersuchung anderer Apparate oder ähnlicher Einrichtungen vollzieht sich in genau der gleichen Weise, wie im vorstehenden beschrieben wurde, so daß viele nach obiger Anleitung in der Lage

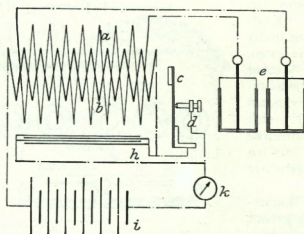


Abb. 222

Schaltung eines Ruhmkorff-Induktors

sein werden, sich gegebenenfalls zu helfen und bei einigem Nachdenken zum Ziele zu kommen.

Nur eine von den Untersuchungen haben wir noch nicht besprochen, die wichtigste in der Elektrotechnik: die Untersuchung der Isolation. Die Metalle, besonders Kupfer, leiten den Strom zwar gut, die Leitungen und Apparate müssen jedoch eine Isolierung erhalten, damit der elektrische Strom auch zur Wirkung kommt. Man hat also bei allen elektrischen Anlagen die gute Beschaffenheit der Isolierungen, die „Isolation“, zu prüfen und zu überwachen. Hierzu bedient man sich eines recht empfindlichen Galvanoskops und einer Batterie von vier bis sechs Elementen, die man hintereinander schaltet und mit längeren isolierten Drähten verbindet. Man isoliert die Enden z. B. von zwei Leitungen und schaltet den Isolationsprüfer dazwischen. Sind beide Leitungen richtig verlegt,



so darf die Nadel des Galvanoskops nicht ausschlagen. In gleicher Weise prüft man jede Leitung einzeln gegen Erde. Auch hier soll kein Ausschlag erfolgen; andernfalls ist der Erdschluß, wie früher beschrieben, aufzusuchen und zu beseitigen. Auch bei den Weckern und sonstigen Apparaten ist die Isolation der stromführenden Teile in gleicher Weise zu untersuchen, besonders die Isolierung der Endklemmen, Magnetwicklungen und Kontakte, damit der Strom keine falschen Wege nehmen und dadurch ein Kurzschluß entstehen kann.

Bei den bekannten Induktionsapparaten für medizinische Zwecke ist das Aufsuchen von Fehlern nicht so einfach. Sehr oft ist schlechter Kontakt zwischen dem Anker *c* und der Kontaktschraube *d* (Abb. 222) vorhanden, oder der Kondensator *h* ist durchschlagen bzw. ohne Kontakt. Vielfach sind auch die sekundären Windungen *a* der Induktionsspule verbrannt, während bei den primären Windungen *b* seltener Fehler eintreten.

## IX. Aufsuchen von Fehlern

### Allgemeines

Bei Störungen im Betriebe elektrischer Anlagen aller Arten, insbesondere auch bei Schwachstromanlagen, mit welchem 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 Dynamosstromes;
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 hin leiten.

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 frei liegenden 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 Überlegung, 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 besponnenen 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, ab-

gebrochenen Poldrähten 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 Polreagenz-papier 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 Voltmeter (Spannungsmesser, Voltmeter) und einen Ampèremesser (Stromstärkemesser, Ampèremeter) benutzen. Der Voltmeter zeigt die Spannung, den Druck des Stromes an, der Ampèremesser 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, Nickel) 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 Übung 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 schadhaft, 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

U n t e r b r e c h u n g 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 Metall-

teile, 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 Poren der Kohlen abgelagerten Salze auflöst. Wärme beschleunigt den Vorgang. Sind die Polklemmen an den Kohlen 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 Paraffin, 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 Örtlichkeit.

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 Fehlerort 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 Guttaperchapapier.

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.

### Leistungsbruch 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 viele 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 streckenweise Teilung der Leitungsstrecke und wiederholtes Prüfen mit dem Galvanoskop findet man schließlich die Stelle, an welcher die störende Berührung stattfindet.

\*) Hierüber gibt ausführliche Anleitung das Buch des Verfassers: „Die elektrischen Leitungen“. (Verlag von A. Hartleben, Wien.)

**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, voneinander-zubiegen.

Bei mangelhaften Wanddurchführungen zieht man die schadhafte Stücke heraus und ersetzt sie durch neue, gut isolierte Drähte. Die Übung 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 Taster 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 Verkehrstelegraphenanlagen 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 Übersicht zu erleichtern. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, jede Anlage nach einer Stromskizze einzurichten und diese für später vorkommende Fälle oder Änderungen sorgfältig aufzubewahren.

Ist ein Strommesser (Milliampèremeter) zur Hand, der von 0 bis 500 Milliampère 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 abgenutzt.

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 Voltmeter 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 bei zwei Elementen, während am Wecker die Spannung beinahe null sein kann, je nach dem 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 dementsprechend 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 Tele-

phonanlage 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 Uhrenanlage 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. Über 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 selbständig 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 Meßinstrumente 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.

---



## X. Werkzeuge

---

Die Werkzeuge des Uhrmachers sind im allgemeinen viel kleiner und zierlicher, als sie für die Einrichtung elektrischer Anlagen gebraucht werden. Besonders für das Verlegen von Leitungen und von Isolierrohren sind teils ganz besonders gebaute Hilfsvorrichtungen und Werkzeuge erforderlich, wie sie sonst kaum Verwendung finden. Zum Abschneiden von Papierrohren und Stahlpanzerrohren sowie zum Abdichten und Biegen von Rohren sind eigenartige Werkzeuge vorhanden, welche sicheres und schnelles Arbeiten gestatten. Zum Bohren von Löchern in Decken und Wände, besonders in Winkeln, hat man wohl auch besondere Bohrmaschinen.

Das Löten geschieht entweder mit einer Gebläselampe oder durch einen mit Benzin geheizten LötKolben. Alle Lötmittel, die etwa zum Zinnlöten gebraucht werden, dürfen keine Säure oder die Metalle angreifende Salze enthalten. Man hat neuerdings ganz vorzügliche Lötmittel, bei deren Anwendung späteres Oxydieren der Lötstellen nicht eintritt. Zur Reinigung von Lötstellen verwendet man mit Alkohol angefeuchtete Lappen. Es würde zu weit führen, alle Werkzeuge hier abzubilden und zu beschreiben. Wir wollen uns daher mit nachstehenden Angaben begnügen. Gegebenenfalls legen die Werkzeughandlungen oder die Lieferanten der Leitungsmaterialien auch geeignete Sonderwerkzeuge vor. Kleinere Werkzeuge bewahrt man in Ledertaschen zum Umhängen, größere in Holzkästen auf, die von einem oder von zwei Mann getragen werden können.

### Verzeichnis von Werkzeugen und Apparaten zur Anbringung von Leitungen

Hämmer	}	in verschiedener Größe und Konstruktion, je nach dem Zwecke und Materiale
Flachzangen		
Rundzangen		
Beißzangen		
Meißel		
Bohrer		
Schraubenzieher	}	in verschiedener Größe und Konstruktion, je nach dem Zwecke und Materiale
Telegraphenmesser mit Werkzeugklingen		



Galvanoskop, 6 Trockenelemente  
Metallsäge  
Fuchsschwanzsäge  
Stichsäge  
Bohrmaschine für Löcher nahe der Wand  
Schere  
LötKolben, verschiedene  
Lötlampe  
Lötofen  
Feilen, verschiedene  
Bandmaß  
Metermaß  
Schraubstock  
Feilkloben  
Gasrohrzange  
Werkzeugkasten  
Flaschenzug  
Leitern  
Steiggurt  
Schraubenschlüssel, verschiedene  
Stemmeisen  
Hobel  
Gewindeschneider  
Voltmeter (Spannungsmesser)  
Ampèremeter (Strommesser).

### Entmagnetisieren von Werkzeugen

Eiserne oder stählerne Werkzeuge werden beim Arbeiten mit Magneten oder Elektromagneten sehr oft magnetisch und geben dann zu mancherlei Übelständen beim Arbeiten Veranlassung. In den meisten Fällen ist es nicht angängig, die betreffenden Werkzeuge oder Teile davon bis zur Rotglut (etwa 800° C) zu erhitzen, und man muß daher andere Mittel anwenden. Es genügt z. B., die Teile in eine Drahtspule zu stecken, durch deren Windungen Wechselstrom geschickt wird. Man kann auch einen der Größe des Werkzeuges entsprechend starken hufeisenförmigen Stahlmagneten um seine Längsachse umlaufen lassen und den zu entmagnetisierenden Teil zunächst nahe an den umlaufenden Magnet halten, um ihn dann langsam zu entfernen.

Dieses Verfahren eignet sich auch zum Entmagnetisieren von magnetisch gewordenen Taschenuhren. Besteht z. B. die Spiralfeder der Unruh aus Stahl, so kommt es leicht vor, daß bei Annäherung an starke Magnete oder dynamoelektrische Maschinen sich im Halbmesser gegenüberliegende magnetische Stellen bilden, welche zu unregelmäßiger Ausdehnung oder Zusammenziehung der Spirale Veranlassung geben. Eine solche Uhr geht dann je nach

Lage zum magnetischen Meridian der Erde sehr leicht falsch und kann nur in der angegebenen Weise repariert werden, falls man es nicht vorzieht, eine neue Spirale aus Paladiummetall einzusetzen, das für Magnetismus nicht empfindlich ist. Bei Kompensationsunruhen, welche in dem Reifen Stahl enthalten, tritt ebenfalls leicht eine schädliche Magnetisierung auf, die gleichfalls in der vorbeschriebenen Weise behoben werden kann. (Siehe auch „L'Horloger“ Nr. 3, Juli 1905, Seite 85: „*De l'action du Magnétisme sur les Chronomètres de poche.*“)

---

Wir sind mit der elektrotechnischen Praxis, soweit sie den Uhrmacher hauptsächlich interessiert, zu Ende, wollen jedoch noch einen mehr theoretischen Abschnitt anfügen, der allerdings aus rein praktischem Bedürfnisse entstanden ist. Wir haben gesehen, daß man die Naturkraft, welche wir Elektrizität nennen, gar vielseitig nutzbar machen kann. Wir sind auch imstande, so genaue elektrische Messungen vorzunehmen, wie dies kaum auf einem anderen Gebiete möglich ist. Aber was Elektrizität ist, haben wir noch nicht erörtert. 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.

---

# XI. Über 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.

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 Äthers, 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

bezw. „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 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 Äther, 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 Überdruck auf den fallenden Körper 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 „Weltäther“ oder auch schlechtweg „Äther“ nennen. Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus usw. beruhen alle auf der Bewegung dieses einen Stoffes, der also die allgemeine Grundlage alles Seins 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,

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

\*\*) 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.

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“-Übertragung zu sprechen; es ist stets Arbeits-Übertragung.

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 uns der Weltäther 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“

\*) Siehe auch: J. G. Vogt, „Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus“ (Leipzig 1891), Seite 314. — Bei vielen Vorgängen, in denen der Äther 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.

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 Gangrades 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 Taktangeber 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 Äther bei der Festigkeit und Elastizität des Stahles spielt, noch nichts Näheres. In jedem Falle aber ist es auch hier der Äther, dessen Tätigkeit wir als „Spannkraft“ bezeichnen. Da eine jede Kraft nur auf Bewegung beruhen kann, so

müssen es auch hier die Schwingungen des Äthers 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 folgerichtigen 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 Übersicht 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 *Ä t h e r*, dessen Bewegungen uns als Licht, Wärme, Elektrizität und mechanische Kraft erscheinen. Der Äther spielt also eine hervorragende und allgemeine Rolle in der Natur.
3. Der *Ä 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 Äthers. Die elastische Gegenwirkung, welche zufolge der Reibung im Äther 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 macht Transversalschwingungen und nicht nur Longitudinalschwingungen (Quer- und Längsbewegungen).



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

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

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

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

10. Eine Zweiheit bzw. Gegensätzlichkeit 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 Äthers kennen lernen.

### Der Äther

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 von einem Teilchen zum anderen fortpflanzt. Diesen Stoff, den wir „Äther“ nennen, können wir mit unseren Sinnen zwar nicht direkt wahrnehmen, wir kennen ihn aber hinreichend genau aus seinen zahlreichen Wirkungen.

Der Äther 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 Äthers, dessen Geschwindigkeit bis zu 300 000 km in der Sekunde beträgt.

Die verschiedenen „Erscheinungsformen des Äthers“, 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.

Der Unterschied der Erscheinungen liegt aber 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 Äther 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 Äther 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.

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 Äther 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 benützt 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 Äther ein innerer Zusammenhang seiner Teilchen bestehen, den wir „innere Reibung“ (seiner Teile unter sich) nennen. Aus der Größe der Geschwindigkeit der Ätherteilchen folgt ein sehr hoher Ätherdruck. Unter allen bekannten Stoffen muß also der Äther 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.

---

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

### 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 Äthers ihre Bewegungsursache sind. Während man beim Lichte nur einen Stoff, den Äther, 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 (Ähnlichkeit) 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 Naturschauung nur den Äther 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 Vorstellungen 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 Einflusse 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 Grenzfalle suchen wir die gesamte Energie im Medium. Die mathematische Behandlung dieses Grenzfalles 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 Änderung des Raumes tatsächlich vorhanden ist und diese den Einfluß vermittelt, welchen die greifbaren Körper aufeinander ausüben. Diese Polarisationen des Raumes sollen jedoch nicht die Folgen von Fernkräften sein, welche überhaupt nicht zugelassen werden, sondern jene Polarisationen 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 den entgegengesetzten Weg einschlagen und uns zunächst aus der Erfahrung ein möglichst klares, physikalisches

Bild zu machen versucht, hieraus eine der Natur möglichst entsprechende Anschauungsweise (Theorie) abgeleitet, welche sich erforderlichenfalls durch mathematische Rechnung als möglich bestätigen läßt. 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

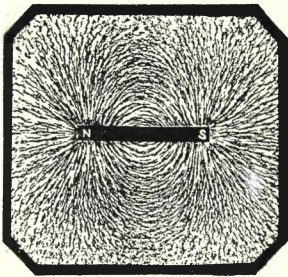


Abb. 223  
Feilspanbild eines Stabmagneten

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 umgeben ist) zeigt bereits „magnetische“ Kraft. Magnetismus beruht also auf Bewegung. Die natürliche Gegen-

wirkung 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.

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 „Kraftlinien“ 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. 223 und 224 dargestellten Gruppierungen. Abb. 223 zeigt das Bild bei wagrechter Lage des Stabmagneten, Abb. 224 bei senkrechter Stellung am Ende.

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

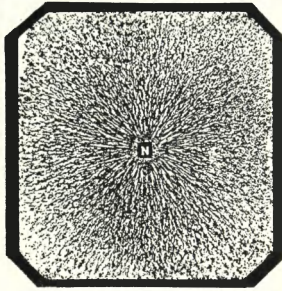


Abb. 224  
Feilspanbild am Ende eines Stabmagneten



Jeder stromdurchflossene Leiter, z. B. ein runder Kupferdraht, der von sehr kräftigem Strome durchflossen wird, zeigt bereits „magnetische“ Erscheinungen. Abb. 225 und 226 zeigen Feilspanbilder an einem solchen Drahte. Abb. 225 zeigt eine wag-

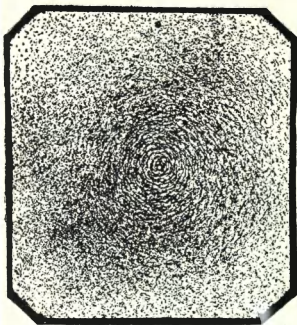


Abb. 225  
Feilspanbild eines stromdurchflossenen Drahtes

rechte Fläche, durch deren Mitte der Draht senkrecht hindurchgeführt ist, Abb. 226 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.

Die magnetische Kraft liegt also außerhalb 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.

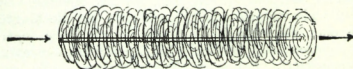


Abb. 226  
Feilspanbild an einem stromdurchflossenen Drahte

Von sich drehenden und ordnenden Molekularmagneten oder Molekularströmen im Eisen, wie man bisher gelehrt hat, kommt



also diese Kraft nicht her, sondern sie ist die natürliche Folge der Reibung des Äthers im Raume, die man bisher als nicht vorhanden betrachtet hat. Es gibt keine reibungslosen Vorgänge in der Natur.

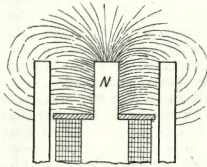


Abb. 227  
Oberer Teil eines Mantel-Elektromagneten

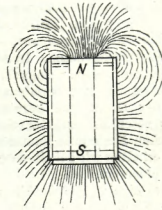


Abb. 228  
Mantel-Elektromagnet

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 (Ampere-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 Feilspanbilde (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

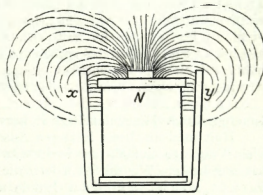


Abb. 229  
Dreischenkelförmiger Elektromagnet

aus, so erhöht sich die Wirkung bedeutend. 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 227, 228 und 229 zeigen einige Feilspanbilder von Elektromagneten. In Abb. 227 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. 228 gibt das Feilspanbild 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  $\alpha$   $\gamma$  (Abb. 229). 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 Inneren durch Molekularitätigkeit hervorgebracht werden.

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.

Welche Form wir auch im allgemeinen einem Stahlmagneten geben: sobald wir ihn in der gewöhnlichen Weise magnetisieren, werden wir immer (abgesehen von gewissen Änderungen, die von der Gestalt abhängig sind) den ähnlichen Vorgang im Feilspanbilde 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 eingeeengt, 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 Zentrifugalgebietes (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 nach der 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 Äthers 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.

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  $785^{\circ}$  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 F a r a d a y war der ganz bestimmten Ansicht, daß auch andere Metalle bei niedriger Temperatur magnetisierbar sein müßten. H o p k i n s o n 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 Ätherbewegungen 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 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. 223 und 227).

Die hier behauptete zentrifugale Expansion des Feldes (nicht des Äthers) 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. —

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 Äther 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 seiner 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 Magnetnadel 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

\*) 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.

Draht, einen Eisenkern oder einen Stahlmagneten stattfinden, wollen wir nunmehr untersuchen, wie sich diese Bewegungen benachbarten Leitern mitteilen. Diesen Mitteilungsvorgang oder Nachbareinfluß nennen wir seit Faraday „Induktion“.\*) 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 Öffnungsstrom. 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 Öffnungsstrom.
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

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



eine Drahtspule bildet, deren Windungen sich gegenseitig beeinflussen.

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, Extraströme 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 untunlich, philosophische Streiflichter hierauf völlig zu vermeiden. Waren es schließlich doch rein philosophische Betrachtungen, die dem Verfasser vor nunmehr einem Vierteljahrhundert zu seinen magnetischen Forschungen Veranlassung

\*) Ihr Wirken hat Verfasser in seinem Buche „Elektrische Spektren“ (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.



gaben und 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 Einzelercheinungen 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 „zweiftrichtigen“ 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 Trifortte 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 Triforten 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 Trifortte am Feldmagneten ein entsprechender Trifort am Anker gegenüber, wenn dieser dicht am Magneten mit seinem Eisenkörper vorbeistreicht 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