

Elektrische Uhren und Uhrenanlagen

von

GUSTAV SCHÖNBERG



Herausgegeben von der
TELEFONBAU UND NORMALZEIT G.M.B.H.
FRANKFURT AM MAIN

Alle Rechte vorbehalten
Herausgeber: Telefonbau und Normalzeit GmbH., Frankfurt am Main
Druck: Georg Stritt & Co., Frankfurt am Main • Mai 1956
Printed in Germany

Vorwort

Die elektrischen Uhren haben in den letzten Jahrzehnten so an Verbreitung gewonnen, daß z. B. Bahnhöfe, Städte, Behörden, Fabriken, größere Geschäftshäuser usw. ohne elektrische Uhren bzw. Uhrenanlagen nicht mehr denkbar sind. Aber auch in die Privatwohnungen sind die elektrischen Uhren längst eingedrungen und fangen auch da an, eine fühlbare Konkurrenz für die mechanischen Uhren zu werden.

In Privatwohnungen kommen in erster Linie Einzeluhren zur Verwendung. Das sind Uhren, die einzeln für sich betrieben werden und keines Anschlusses an eine elektrische Uhrenanlage bedürfen. Die elektrischen Einzeluhren besitzen entweder eine eigene, meist im Gehäuse eingebaute Stromquelle, oder es wird ihnen der Strom durch eine besondere Leitung zugeführt. Im letzteren Falle wird der Strom häufig der Lichtleitung entnommen.

In größeren Wohnungen oder Häuserblocks, in Städten usw. sind dagegen Nebenuhren, die von einer Hauptuhr gesteuert werden, weit besser am Platze, weil alle Nebenuhren die gleiche Zeit anzeigen, keine davon eine eigene Stromquelle benötigt und Nebenuhren ein einfaches und robustes Uhrwerk besitzen, so daß Reparaturen so gut wie ausgeschlossen sind.

Die elektrischen Uhren sind heute so vervollkommenet, daß sie, hauptsächlich in Verbindung mit gewissen Nebenapparaten, allen Ansprüchen des täglichen Lebens gerecht werden. Sie können als Signaluhren in Fabriken und Schulen, als Weckeruhren in Wohnungen, als Zeitmelder in Laboratorien usw. dienen.

Das ureigenste Gebiet der elektrischen Uhren ist jedoch die Verteilung der einheitlichen Zeit auf ausgedehnte Gebiete; denn eine große Anzahl von Uhren so zu betreiben, daß sie alle die gleiche Zeit anzeigen, ist nur durch den elektrischen Strom in Verbindung mit geeigneten Uhrwerken möglich.

Je umfangreicher und vielseitiger jedoch das Gebiet der elektrischen Uhren geworden ist, desto schwieriger ist es für den Außenstehenden, dasselbe zu überblicken und beim Ankauf einer elektrischen Uhr die richtige Wahl zu treffen.

Diese zu erleichtern und jedem Interessenten einige Kenntnisse auf dem Gebiete der elektrischen Uhren zu vermitteln, soll der Zweck dieses Buches sein.

Jeder Uhrmacher, der elektrische Uhren verkaufen will, und jeder Interessent, der etwas mehr in die Materie eindringen will, hauptsächlich aber der Nachwuchs für das Uhrmacher- und Mechanikerhandwerk muß vor allen Dingen mit der Antriebskraft für die elektrischen Uhren, der Elektrizität, ausreichend vertraut sein und die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre und der Elektrotechnik beherrschen. Aus diesem Grunde ist in vorliegendem Buche die Elektrotechnik, soweit sie für die elektrischen Uhren in Frage kommt, an erster Stelle behandelt worden. Unerläßlich war auch eine kurze Erwähnung der Grundbegriffe der Uhrentechnik.

Der Besprechung der elektrischen Uhren selbst sind durchweg die Konstruktionen und Erzeugnisse der „Telefonbau und Normalzeit“, Frankfurt am Main, zugrunde gelegt worden.

Den jungen Uhrmachern und Mechanikern, die mehr als ein Mindestinteresse für die elektrischen Uhren aufbringen, sei aber gleich gesagt, daß sie in den Abbildungen keine säuberlich ausgefeilten Konstruktionszeichnungen finden werden, sondern immer nur schematische Darstellungen. Dadurch soll erreicht werden, daß die jungen Leute nicht zum gedankenlosen Nachbauen, sondern zu eigenem, konstruktivem Nachdenken angeregt werden.

Lorsbach (Ts.), im Mai 1956

Gustav Schönberg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Einführung in die Elektrizitätslehre und Elektrotechnik	3
Leiter und Nichtleiter	3
Galvanische Elemente	3
Die Polarisation	4
Der innere Widerstand	5
Die Depolarisation	5
Galvanische Batterien	6
Trockenelemente	7
Die Pole	7
Wirkungen des elektrischen Stromes	7
Richtung des elektrischen Stromes	8
Wärmewirkungen des elektrischen Stromes	8
Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes	9
Magnetspule mit Eisenkern.	10
Magnetspule mit Eisenkern und Eisenmantel	10
Hufeisen- und ringförmige Magnete	11
Der Magnetanker	11
Das Magnetgestell.	11
Polschuhe	12
Amperewindungen, Permeabilitätskoeffizient	12
Der Selbstunterbrecher	13
Der elektrische Aufzug der Tu.N-Uhren	14
Der Stromlauf in der Aufzugsvorrichtung	16
Der Aufbau des Aufzugswerkes	17
Das Einsetzen des Gehwerkes.	18
Die Kupplungsfeder	19
Zugänglichkeit des Werkes	19

Die Pendelaufhängung	20
Das Antriebsgewicht	21
Die Platinen	21
Die Ganggenauigkeit	22
Der Stromverbrauch	22
Die Zeitmessung	23
Der Sterntag	23
Der Sonnentag	24
Das mathematische Pendel	24
Die Beschleunigung (g)	25
Die Pendellänge	26
Das Pendel als Zeitmesser	26
Das freischwingende Pendel	27
Der Pendelkörper	27
Die Pendelstange	28
Veränderungen des Pendels durch Temperaturschwankungen	28
Das Kompensationspendel	28
Unpraktische Pendelkonstruktionen	29
Die Pendel der Tu.N-Uhren	30
Das Uhrgehäuse	30
Erschütterungsfreie Aufhängung des Pendels	31
Beeinflussung des Ganges durch barometrische Schwankungen	31
Leichte und schwere Pendelkörper	31
Die Aufhängung des Pendels	32
Die Unterhaltung der Pendelschwingungen	33
Der direkte Pendelantrieb	33
Der indirekte Pendelantrieb (Aufzugsuhren)	33
Das Gehwerk	33
Die Hemmung	35
Einstellen des Ganges	36
Vorzüge der Tu.N-Einzeluhren	36
Batterieuhr mit Unruh	37
Die Signaluhren	40
Der Signalapparat	41
Die Sonntagsausschaltung	42
Signaluhr mit zwei Signalstromkreisen	44

Die Tagesumschaltung	46
Signaluhren mit Verstellung der Signalzeiten von $2\frac{1}{2}:2\frac{1}{2}$ Minuten	46
Aufstellung von Signalwerken für Signaluhren	48
Belastbarkeit des Signalkontaktes	48
Der Antrieb des Signalwerkes	48
Die elektrische Hauptuhr	49
Die Minutenkontaktvorrichtung	49
Richtungwechselnder Gleichstrom	51
Das Kontaktlaufwerk	52
Die Fortstellvorrichtung	52
Die Kontaktlaufwerk-Auslösung	53
a) Die Triebauslösung	53
b) Die Präzisionsauslösung	54
Die Signalhauptuhren	55
Die Nebenuhren	56
Nebenuhren mit neutralem Magnetsystem	56
Nebenuhren mit polarisiertem Magnetsystem	57
Verschiedene Ausführungen des Ankers	58
Vorzüge der polarisierten Nebenuhren	59
Fehler durch Fremdströme	60
Fehler durch Extraströme	60
Nebenuhrwerke der Tu.N	61
Die Fangvorrichtung	63
Ausführungsformen der Nebenuhren	63
Die Signalnebenuhr	64
Elektrische Werte der Tu.N-Nebenuhren	64
Der Spannungsverlust durch die Leitung	65
Der Spannungsverlust durch die Batterie	65
Die elektrischen Grundeinheiten	66
Die Einheit der Spannung	66
Die Einheit der Stromstärke	66
Die Einheit des Widerstandes	67
Das Ohm'sche Gesetz	67
Praktische Anwendung des Ohm'schen Gesetzes	68
Die Parallelschaltung	68
Die Hintereinanderschaltung	69
Die Gruppenschaltung	70

Der Stromverbrauch der Nebenuhren	70
a) Die Strommenge	70
b) Stromaufnahme der Nebenuhren	71
Die elektrische Arbeit	71
c) Aufnahme der Nebenuhren	71
Akkumulatoren	72
Aufladung der Akkumulatoren	72
Dauerladung der Akkumulatoren	72
Direkte Speisung der Uhrenanlagen aus dem Starkstromnetz	73
Die Kraftreserve	74
Die Ersatzbatterie	74
Die Ersatzhauptuhr	75
Die Uhrenzentralen	75
Nebenapparate	77
Relais	77
Das Schwachstromrelais	78
Das Starkstromrelais	78
Das Uhrenrelais	79
Die Relais-Hauptuhr	80
Die Fortstellapparate	80
Kleine Nebenuhren mit freigehenden Zeigern	81
Große Nebenuhren mit freigehenden Zeigern	82
Das Zeigertreibwerk mit direktem Motorantrieb	82
Das Schaltwerk mit selbsttätiger Verstellung der Schaltzeiten	83
Personensuchanlagen	84
Neue Anregungen durch die Praxis	85
Arbeitsstrom und Ruhestrom	85
Die Starkstromuhren	86
Die Synchronuhren	87
Synchronuhren ohne Selbstanlauf	88
Selbstanlaufende Synchronmotoren	89
Vor- und Nachteile der Synchronuhren	90
Stromverbrauch der Synchronuhren	90
Zeitverteilung über große Gebiete	91
Das Normalzeitsystem	91
Das Zeigerstellsystem	93

Arbeitszeit-Registrierapparate	93
Der Arbeitszeit-Registrierapparat	
Einschreibsystem	94
Der Arbeitszeit-Registrierapparat	
Kartensystem	95
Der vollautomatische elektrische Arbeitszeit-Registrierapparat	
nach dem Kartensystem	96
Die Zeit- und Datum-Stempeluhr	97
Der Tagesrechner	97
Schlußwort.	98
Erklärungen der gebräuchlichen Fachausdrücke	99
Stichwort-Verzeichnis	109

Einführung in die Elektrizitätslehre und Elektrotechnik

Leiter und Nichtleiter

Jeder Körper setzt dem Durchgang des elektrischen Stromes einen gewissen Widerstand entgegen. Die Leiter lassen den Strom beinahe ungehindert, d. h. fast ungeschwächt hindurch, setzen ihm also nur einen sehr geringen Widerstand entgegen, während die Nichtleiter oder Isolatoren dem Strom einen sehr großen Widerstand entgegensetzen, ihn also nicht leicht hindurchlassen. So wenig es nun absolute Leiter gibt, so wenig gibt es auch absolute Nichtleiter; es gibt nur gute und schlechte Leiter. In der Praxis sieht man Stoffe wie die trockene atmosphärische Luft, Glas, Porzellan, Gummi, Glimmer, Seide, Lack usw. als Nichtleiter oder Isolatoren an, während die Metalle als gute Leiter gelten. Unter den Metallen ist eines der bestleitenden das Kupfer. Aus diesem Grunde werden die Leitungsdrähte fast ausschließlich aus Kupfer hergestellt. Noch besser als Kupfer leitet Silber, das aber natürlich seines Preises wegen nicht für eine allgemeine Verwendung als Leitungsmaterial in Frage kommt.

Die zweckdienliche Verwendung von Leitern und Nichtleitern ist in der Elektrotechnik das Mittel, den Strom dorthin zu leiten, wo man ihn verwenden will. Wenn man am Ende einer langen Leitung zu irgendeinem Zwecke, z. B. um einen Telegraphenapparat in Funktion zu setzen, eine gewisse Stromstärke benötigt, so muß man dafür sorgen, daß unterwegs möglichst wenig Strom verloren geht. Ein spannungsführender Leitungsdraht darf nicht unbeabsichtigterweise mit anderen guten Leitern in Berührung kommen. Aus diesem Grunde umgibt man gewöhnlich den blanken, metallischen Leiter mit einer aus Baumwolle, Seide, Gummi, Papier oder Lack bestehenden isolierenden Umhüllung. Derartig isolierte Drähte können miteinander oder mit anderen Leitern in Berührung kommen, ohne daß eine unbeabsichtigte Ableitung des Stromes zu befürchten ist.

Galvanische Elemente

Der elektrische Strom, mit dem man es bei den elektrischen Uhren zu tun hat, wird meistens einem oder einigen galvanischen Elementen, auch Akkumulatoren, in manchen Fällen auch direkt der elektrischen Starkstromleitung entnommen. Ein galvanisches Element ist ein Apparat, der dazu dient, chemische Energie in elektrische umzuwandeln. Stellt man z. B.

eine Zinkplatte in eine Lösung von verdünnter Schwefelsäure, so wird die Zinkplatte negativ, die Säure positiv elektrisch. Bringt man nun noch eine Kupferplatte in die Säure, in den Elektrolyt, so wird auch die Kupferplatte positiv elektrisch. Eine solche Anordnung, bestehend aus einem Gefäß mit dem Elektrolyten, der Säure, einer Kupfer- und einer Zinkplatte, ist ein galvanisches Element.

Zwischen den beiden Metallplatten, den Elektroden, besteht eine elektrische Spannungsdifferenz, die man mittels eines geeigneten Instruments nachweisen kann. Berühren sich die Platten nicht und besteht auch außer dem flüssigen Elektrolyten keine leitende Verbindung zwischen den Platten, so ist das Element offen. Verbindet man durch einen Leiter die beiden Platten, so entsteht ein elektrischer Strom. Das Element ist geschlossen. Nur in geschlossenem Zustand gibt das Element Strom ab.

Solange ein Stromkreis nicht geschlossen wird, ist die Leitung spannungsführend, und nur, wenn der Stromkreis geschlossen wird, ist die Leitung stromführend.

Die Polarisation

In der Praxis benutzt man nun nicht die oben angeführten primitiven Zink-Kupfer-Elemente. Diese Elemente würden nur sehr kurze Zeit ihren Dienst tun. Die Klemmenspannung sinkt und die Elemente sind sehr schnell erschöpft. Die Ursache der Erschöpfung ist die Polarisation. Unter anderen Eigenschaften hat der elektrische Strom auch die, durchströmte Flüssigkeiten in ihre chemischen Elemente zu zerlegen, z. B. Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff.

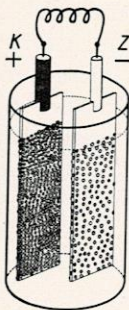


Bild 1
Polarisation
in Elementen

Die in einem galvanischen Element vorhandene Flüssigkeit (der Elektrolyt) wird vom Strom durchflossen und infolgedessen in ihre chemischen Elemente zerlegt. Der Sauerstoff setzt sich in kleinen Bläschen an der Zinkelektrode an und bildet mit dem Zink Zinkoxyd. Zinkoxyd ist in Wasser löslich, es fällt zu Boden und schadet nicht mehr viel. Ungünstiger sieht es beim anderen Pol, an der Kupferelektrode, aus. Der bei der Zersetzung des Wassers freigewordene Wasserstoff wandert nach der Kupferelektrode und bleibt dort in Gestalt kleiner Bläschen haften (Bild 1). Er trennt also gewissermaßen die Kupferplatte von der Erregerflüssigkeit.

Die Kupferplatte kann, da sie durch die Wasserstoffschicht mehr oder weniger vom Elektrolyten isoliert ist, den Strom nur mangelhaft ableiten; sie steht nicht mehr direkt mit der Säure in Verbindung. Die Wasserstoffschicht hat sich dazwischen geschoben und setzt so dem Durchgang des Stromes einen gewissen Widerstand entgegen. Das ist in der Hauptsache der „innere Widerstand“ eines Elementes.

Der innere Widerstand

Wenn der Strom einen Leiter durchfließt, so findet er immer Widerstand. Der Widerstand, den er schon im Innern des Stromerzeugers findet, heißt der innere, der, welcher ihm in den Leitungen und Apparaten außerhalb des Stromerzeugers entgegengesetzt wird, heißt der äußere Widerstand. Beide Widerstände zusammen bilden den Gesamtwiderstand des Stromkreises. Elemente, die dem praktischen Gebrauch dienen, sollen meist eine möglichst konstante Spannung abgeben und müssen deshalb einen geringen inneren Widerstand haben. Je geringer der innere Widerstand ist, desto geringer ist auch der Abfall der Klemmenspannung bei zunehmender Stromstärke.

Man verwendet heute fast allgemein Zink-Kohle-Elemente mit einer Salmiak- oder Chlor-Zink-Lösung als Elektrolyt. Bedingung für ein brauchbares Element ist, daß es möglichst lange einen starken Strom abgeben kann. Das setzt unter anderem voraus, daß der innere Widerstand lange Zeit niedrig bleibt. Dieser ist zum guten Teil auf die Wasserstoffschicht, welche die positive Elektrode während und nach dem Stromdurchgang mehr oder weniger umgibt, zurückzuführen.

Die Depolarisation

Die schädlichen Folgen der Polarisation müssen durch geeignete Mittel beseitigt werden. Da die nachteiligste Folge der Polarisation in der Bildung der Wasserstoffschicht besteht, muß durch die Depolarisation diese Gasschicht entfernt werden. Die heute am meisten verwendeten Elemente besitzen als positive Elektrode ein Gemisch aus Braunstein und Graphit, das – zu einem Zylinder geformt – um einen als Ableitung dienenden Kohlestab gepreßt ist (Bild 2). Der Graphit hat den Zweck, die Leitfähigkeit der Masse zu erhöhen, während der Braunstein, richtiger Mangansuperoxyd, Sauerstoff abgeben soll. Dieser von der Depolarisationsmasse abgegebene Sauerstoff oxydiert den an der positiven Elektrode sitzenden Wasserstoff zu Wasser und hebt so die Polarisation auf. Der innere Widerstand wird dadurch vermindert, und das Element ist wieder zur besseren Stromabgabe befähigt.

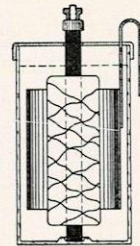


Bild 2
Beutelement

Selbstverständlich kann ein Element nur eine beschränkte Strommenge hergeben, und zwar nur so viel, wie in Gestalt von Chemikalien hineingegeben wurde.

Elemente gleicher Beschaffenheit und Art haben immer auch die gleiche offene Spannung, ohne Rücksicht auf die Größe. Braunstein-Beutelemente haben eine offene Spannung von 1,4 bis 1,5 Volt. Je größer das Element ist, d. h., je mehr chemisch wirksame Stoffe es enthält, desto

größer ist die Strommenge, die es abgeben kann. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß ein größeres Element eine größere Strommenge abgibt, oder mit anderen Worten, daß das größere Element auch die größere „Kapazität“ hat.

Die Bedingungen, die man an gute Elemente stellen muß, sind folgende: 1. geringer innerer Widerstand, 2. große Kapazität und 3. lange Lagerfähigkeit. Das letztere ist besonders bei Uhrenanlagen wichtig; denn elektrische Uhren sollen möglichst lange ohne Batteriestörung laufen. Es nützt nichts, wenn man Uhren baut, die einen äußerst geringen Stromverbrauch haben, wenn die Elemente infolge des Selbstverbrauches zugrunde gehen. Die Strommenge, die ein wirklich gutes Element hergeben kann, würde z. B. genügen, um eine Einzeluhr 10 bis 15 Jahre ununterbrochen in Gang zu halten. Daß in der Praxis derartige Leistungen nicht erreicht werden, liegt in der mangelhaften Lagerfähigkeit der Elemente. Ein Trockenelement ist in einigen Jahren nicht mehr verwendbar, auch wenn diesem überhaupt kein Strom entnommen wurde. Immerhin hat die Praxis gezeigt, daß die Einzeluhren der T u. N mit einer Batterie, bestehend aus zwei Trockenelementen, mitunter bis zu 6 und mehr Jahren betrieben werden können.

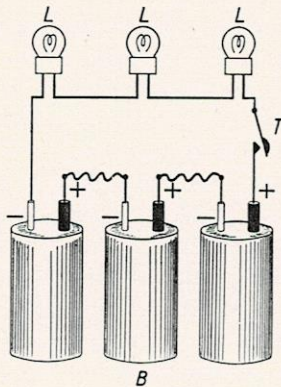


Bild 3
Hintereinanderschaltung
der Elemente

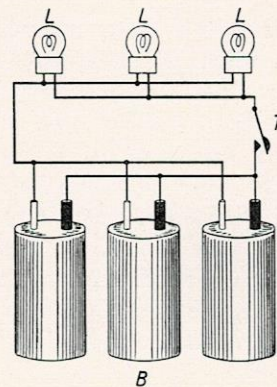


Bild 4
Parallelschaltung
der Elemente

Galvanische Batterien

Benötigt man eine Stromquelle mit einer höheren Spannung, als sie ein Element besitzt, so schaltet man entsprechend viele Elemente hintereinander (Bild 3). Wird eine große Stromstärke verlangt, so werden mehrere Elemente parallel geschaltet (Bild 4); wird hohe Spannung und große

Stromstärke benötigt, so schaltet man die Elemente in Gruppen zusammen (Bild 5) oder verwendet entsprechend große Elemente. Zusammengeschaltete Elemente bilden eine Batterie.

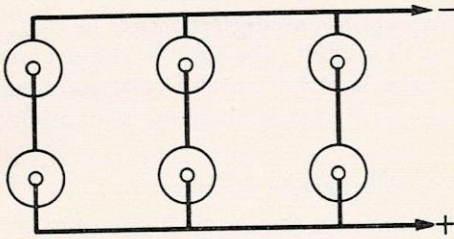


Bild 5
Gruppenschaltung der Elemente

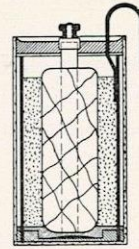


Bild 6
Trockenelement

Trockenelemente

Trockenelemente, die heute fast ausschließlich verwendet werden, sind eigentlich keine trockenen, sondern regelrechte nasse Elemente, bei denen der Elektrolyt eingedickt und das Gefäß durch eine Vergußmasse verschlossen ist. Diese Elemente sind handlich, reinlich, geruchlos und sehr leistungsfähig, sofern es sich um gute Fabrikate handelt (Bild 6).

Die Pole

Die Elektroden eines Elementes sind gewöhnlich bis über das Gefäß oder über die Vergußmasse verlängert und mit Klemmen zum bequemen Anschluß der Leitungsdrähte versehen. Diese beiden Klemmen nennt man auch die Pole des Elementes; und zwar bezeichnet man den Zinkpol als den negativen oder Minuspol, den anderen als den positiven oder Pluspol. In Schaltbildern gibt man dementsprechend dem Zinkpol ein Minuszeichen (—), dem anderen, dem Kohlepol, ein Pluszeichen (+).

Das Schaltzeichen für ein einzelnes Element besteht aus einem langen, dünnen Strich für den Minuspol und einem kurzen, dicken Strich für den Pluspol.

Nach den neueren VDE Vorschriften soll jedoch der lange, dünne Strich als Pluspol, der kurze, dicke als Minuspol bezeichnet werden.

Wirkungen des elektrischen Stromes

Wenn sich eine Kraft von einem Punkte höheren Potentials zu einem solchen niederen Potentials begibt, so leistet sie eine Arbeit. Auch der elektrische Strom leistet auf seinem Wege Arbeit, und diese Arbeit muß sich in irgendwelchen Wirkungen äußern. Eine dieser Wirkungen haben wir schon

kennengelernt, nämlich das Zerlegen chemisch zusammengesetzter Flüssigkeiten in ihre Grundstoffe. Auch das Ausscheiden von Metallen aus ihren Lösungen gehört hierher. Praktischen Gebrauch macht man hiervon in chemischen Fabriken, galvanostegischen und galvanoplastischen Anstalten. Zwischen den Klemmen besteht eine Spannungsdifferenz, die beim Zink-Kohle-Braunstein-Element rund 1,5 Volt beträgt. Verbindet man die beiden Klemmen durch einen Leiter, z. B. ein Stück Draht miteinander, so fließt ein elektrischer Strom von der Stelle des höheren Potentials zu der des niederen.

Richtung des elektrischen Stromes

Hieraus geht hervor, daß der elektrische Strom die Leitung in einer bestimmten Richtung durchfließt; und zwar „fließt“ er vom Pluspol, also dem positiven Pol, das ist der Kohlepol, nach dem Minuspol, dem negativen oder Zinkpol. Wenn man von der Richtung des elektrischen Stromes spricht, so ist immer die Richtung des positiven Stromes gemeint, also vom Kohlepol zum Zinkpol (Bild 7).

Diese Anschauung stammt noch aus den Anfangsjahren der Elektrotechnik. Heute weiß man, daß es sich umgekehrt verhält und der Strom vom Minuspol nach dem Pluspol fließt. In den meisten Fällen ist es einerlei, wie man sich den Richtungssinn des Stromes vorstellt. Man bleibt jedoch aus praktischen Gründen bei der veralteten Annahme, daß der Strom vom positiven zum negativen Pol fließt, d. h. vom Pluspol zum Minuspol.

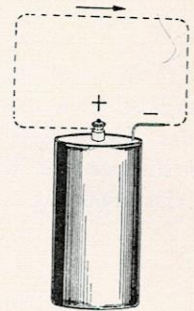


Bild 7
Stromrichtung

Wärmewirkungen des elektrischen Stromes

Die Arbeit, die der Strom aufwenden muß, um überhaupt den Widerstand, den er in den Leitungen findet, zu überwinden, kann natürlich nicht verloren gehen. Sie wird restlos in Wärme umgesetzt.

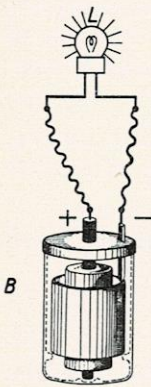


Bild 8
Wärmewirkung

Für gewöhnlich freilich bemerkt man von einer Erwärmung der Leitungsdrähte nichts. Das kommt daher, daß für eine bestimmte Stromstärke die Leitungsdrähte entsprechend dimensioniert sein müssen, so daß eine schädliche oder auch nur ohne weiteres bemerkbare Erwärmung nicht auftreten kann. Je stärker die Drähte sind, mit desto größeren Stromstärken kann man sie belasten; je dünner sie sind, desto heißer werden sie beim Stromdurchgang. Ganz dünne Drähte kann man schon mit verhältnismäßig geringen Stromstärken zum Glühen, zum Schmelzen und sogar zum Verdampfen bringen.

Von den Wärmewirkungen des elektrischen Stromes macht man Gebrauch in elektrischen Heiz- und Kochgeräten, Bügeleisen, Schmelzsicherungen und Glühlampen (Bild 8).

Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes

Die wichtigste Eigenschaft des elektrischen Stromes ist die, daß er magnetische Wirkungen hervorzubringen vermag.

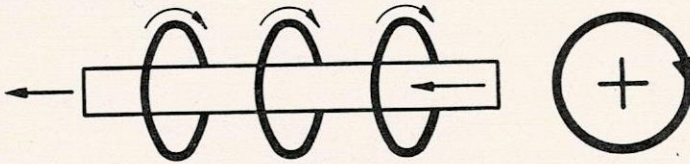


Bild 9
Kraftlinien um einen stromdurchflossenen Leiter

Um einen stromdurchflossenen Leiter kreisen magnetische Kraftlinien, und zwar im Uhrzeigersinn, wenn man in der Richtung des Stromes blickt (Bild 9). Diese magnetischen Kraftlinien sind die Ursache, daß eine Magnetnadel, ein Kompaß, in der Nähe eines stromdurchflossenen Leiters aus der normalen Nord-Süd-Richtung abgelenkt wird. Jede magnetische Wirkung eines stromdurchflossenen Leiters hört sofort auf, wenn der Strom nicht mehr fließt, der Stromkreis also unterbrochen ist. Die Wirkungen des magnetischen Feldes sind nur sehr gering. Sie sind einzig und allein abhängig von der Stromstärke.

Um stärkere magnetische Wirkungen eines stromdurchflossenen Leiters hervorzurufen, legt man viele Leiter nebeneinander oder ordnet den Leiter so an, daß er in mehreren Windungen nebeneinander liegt. Ein solcher in vielen Windungen angeordneter Leiter nimmt die Gestalt einer Spule an (Bild 10). Senkrecht zu den Windungen verlaufen die magnetischen Kraftlinien. Die Anzahl der Kraftlinien ist proportional der Anzahl der Windungen und der Stromstärke. Eine solche stromdurchflossene Spule verhält sich genauso wie ein Stahlstabmagnet. Sie hat wie dieser einen Nord- und einen Südpol und stellt sich auch, frei aufgehängt, in die Nord-Süd-Richtung ein.

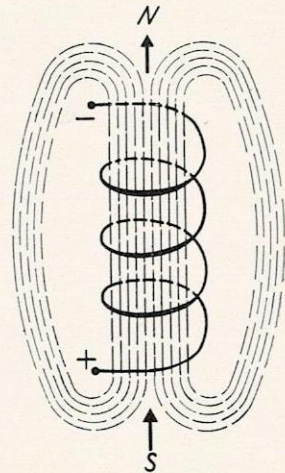


Bild 10
Kraftlinien an einer stromdurchflossenen Spule

Das auffälligste Merkmal eines Magneten ist, daß er Eisenstücke anzieht und festhält, d. h., daß er auf gewisse Stoffe, wie Eisen, Nickel u. a. eine Kraft ausübt. Die anziehende Kraft einer Spule ist

nun trotz der vielen Windungen immer noch recht gering. Die Ursache dafür ist, daß die magnetischen Kraftlinien, die am Nordpol aus- und am Südpol wieder eintreten, einen langen Weg durch die Luft zurücklegen müssen, Luft aber für die Kraftlinien ein sehr schlechter Leiter ist. Wie man nun in einem elektrischen Stromkreis die Stromstärke erhöhen kann, wenn man den Leiter verbessert, indem man ein besser leitendes Material verwendet, so kann man auch den magnetischen Kraftlinienfluß in einem Magnetfeld verbessern, wenn man den Kraftlinien einen Weg durch ein sie besser leitendes Material bietet. Ein solches Material ist das Eisen. Eisen setzt den es durchfließenden Kraftlinien einen viel geringeren Widerstand entgegen als Luft, oder mit anderen Worten, die Leitfähigkeit des Eisens für die magnetischen Kraftlinien ist weit größer als die der Luft.

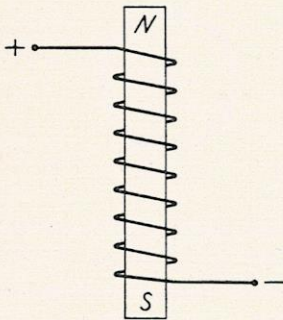


Bild 11
Magnetspule mit Eisenkern

Magnetspule mit Eisenkern

Bringt man in eine Magnetspule einen Eisenkern (Bild 11), so wird dadurch die magnetische Kraft der Spule um ein Vielfaches gesteigert. Diese Steigerung wird also erreicht durch eine qualitative Verbesserung eines Teiles des Kraftlinienweges; denn durch das Einbringen des Magnetkernes wurde nur der Kraftlinienweg im Innern der Spule verbessert. Für den außerhalb der Spule verlaufenden Teil der Kraftlinien ist damit noch keine Verbesserung erzielt worden.

Magnetspule mit Eisenkern und Eisenmantel

Das ist jedoch der Fall, wenn man auch außen, um die Spule herum, einen Mantel aus Eisen anbringt (Bild 12). Ein „Elektromagnet“, wie man die durch den Strom erregten Magnete zum Unterschiede von den Stahlmagneten oder permanenten Magneten nennt, erreicht die größtmögliche magnetische Kraft, wenn man dafür sorgt, daß seine Kraftlinien soviel als möglich in Eisen verlaufen.

Es ist nicht immer möglich, die Spulen der Elektromagnete außen mit einem Mantel zu versehen, daher verwendet man in der Praxis häufig andersgeformte Magnete.

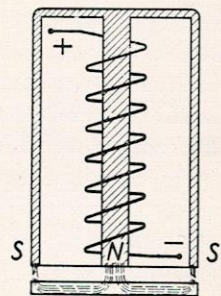


Bild 12
Mantelmagnet

Hufeisen- und ringförmige Magnete

Man würde z. B. den Kraftlinienfluß eines stabförmigen, mit einer Drahtwicklung versehenen Magneten erheblich verbessern, wenn man den aus dem Nordpol austretenden und nach dem Südpol hinstrebenden Kraftlinien die Arbeit erleichtern und den Nordpol nach dem Südpol bringen würde. Das könnte geschehen durch Zusammenbiegen des Magneten zu einer hufeisen- oder kreisförmigen Gestalt (Bild 13). Auf diese Weise nähert man den Nordpol dem Südpol, oder mit anderen Worten, man verkürzt den Luftweg zwischen den beiden Polen. Die kräftigste Magnetisierung des Eisens wird erreicht, wenn man den Eisenring vollständig schließt, weil dann überhaupt keine Kraftlinien nach außen gelangen. Allerdings ist in diesem Falle auch keine Wirkung nach außen bemerkbar (Bild 14).

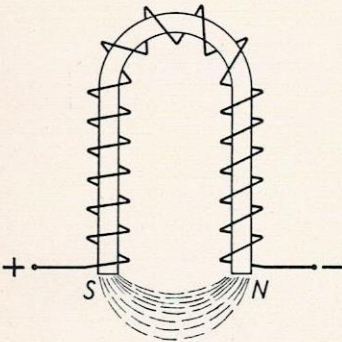


Bild 13
Hufeisenförmiger Magnet

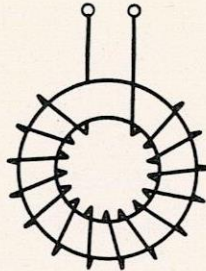


Bild 14
Ringförmiger Magnet

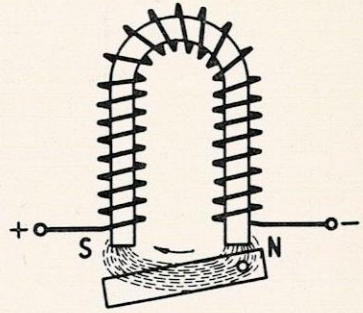


Bild 15
Hufeisenförmiger Magnet mit Anker

Der Magnetanker

Ordnet man im Kraftlinienfeld einen Teil des Eisengestells beweglich an, so stellt sich dieser Teil in die Richtung der Kraftlinien, d. h. er sucht sich wenigstens so zu stellen, daß die ihn durchsetzenden Kraftlinien den geringsten Widerstand finden. Einen solchen beweglichen Teil des Eisengestells nennt man „Anker“. Der magnetische Zug, der auf einen beweglich angeordneten eisernen Anker ausgeübt wird, wirkt stets so, daß sich die Kraftlinien zu verkürzen suchen. Gekrümmte Kraftlinien suchen sich gerade zu richten (Bild 15).

Das Magnetgestell

Ringförmige Magnete, die auf ihrer ganzen Länge bewickelt sind, werden nur selten in der Elektrotechnik angewandt. Man begnügt sich meistens mit einer annähernd ringförmigen Gestalt und verteilt die Wicklung soviel als möglich auf die ganze Länge des Gestells. Aus praktischen Gründen

biegt man auch nicht das Magnetgestell aus einem Stück, sondern setzt es aus mehreren Eisenstücken zusammen. Man versieht zwei Eisenkerne mit Magnetspulen, verbindet die beiden Magnetkerne durch ein Querstück, das sog. „Joch“, und ordnet an den anderen Enden der Magnetkerne den beweglichen Anker dem beabsichtigten Zwecke entsprechend an (Bild 16).

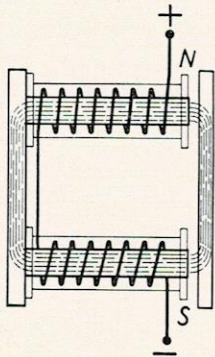


Bild 16
Zusammengesetzter Magnet
mit Anker

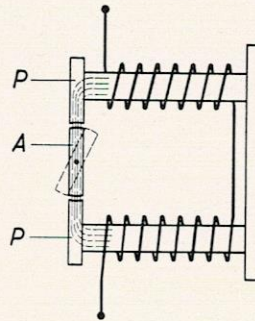


Bild 17
Zusammengesetzter Magnet
mit Polschuhen

Polschuhe

Häufig werden die Magnetkerne an ihren Polen noch mit zweckentsprechend geformten Eisenstücken, den „Polschuhen“, versehen. Der Zweck der Polschuhe ist es, das Kraftlinienfeld beim Austritt aus dem Eisenkern so zu gestalten und so auf den Anker wirken zu lassen, daß der beabsichtigte Zweck möglichst vollkommen erreicht wird (Bild 17).

Amperewindungen, Permeabilitätskoeffizient

Die magnetisierende Kraft einer Spule ist der Stromstärke, multipliziert mit der Anzahl der Windungen, proportional. Die magnetische Induktion im Eisengestell ist jedoch noch abhängig von einem Faktor, der eine Eigenschaft des Eisens darstellt, dem „Permeabilitätskoeffizienten“, der meistens eine sehr große Zahl darstellt. Der gesamte Kraftlinienfluß in einem Elektromagneten ist außerdem aber abhängig von dem Querschnitt des Eisens, von der Länge des Kraftlinienweges und vor allem von der Größe des Luftspaltes zwischen den Polschuhen und dem Anker. Der bewegliche Anker eines Magnetsystems sucht sich immer in die Richtung der Kraftlinien zu stellen.

Die Magnetisierungsstärke einer Spule ist von der Stromstärke abhängig. Daraus folgt, daß die Magnetisierung eines Elektromagneten nur so lange anhält, wie die Spulen vom Strom durchflossen werden. Bei der Strom-

unterbrechung hört die magnetische Kraft eines Elektromagneten auf; ein bis dahin festgehaltenes Eisenstück fällt ab, ein beweglich angebrachter Anker kehrt in seine Ruhelage zurück.

Elektromagnete finden in den verschiedensten Formen vielseitige Anwendung in der Elektrotechnik. Die elektrische Kraftübertragung beruht auf dem Elektromagnetismus, das ganze Gebiet der Telegraphie, zu dem auch die elektrischen Uhren gehören, ist auf dem Elektromagnetismus aufgebaut.

Die gebräuchlichste Anwendungsform eines Elektromagneten ist die, daß er auf einen in bestimmter Position zum Eisengestell angebrachten Anker eine Kraft ausübt, indem er den Anker so in das Kraftlinienfeld zu bringen bestrebt ist, daß der günstigste Kraftlinienfluß erzielt wird. Die Einwirkung auf den Anker hört aber sofort bei Unterbrechung des Stromes auf. Das ist eigentlich ganz selbstverständlich, kann aber doch nicht oft genug wiederholt werden: ein Elektromagnet ist nur so lange magnetisch, wie seine Windungen vom elektrischen Strom durchflossen werden, bei Stromunterbrechung wird der Elektromagnet unmagnetisch und der Anker fällt ab.

Der Selbstunterbrecher

Für manche Zwecke ist ein schnelles und häufiges Anziehen und Abfallen des Ankers Bedingung. Z. B. in den elektrischen Klingeln. Man läßt das Schließen und Öffnen des Stromkreises durch den beweglichen Magnet-

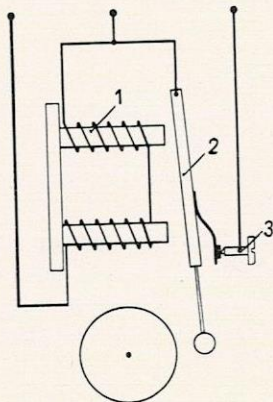


Bild 18
Selbstunterbrecher (Rasselwecker)

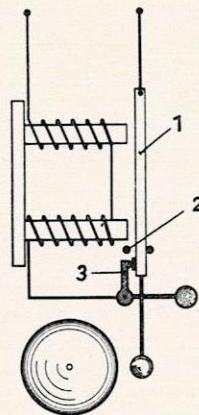


Bild 19
Schleuderunterbrecher
(Langsamschläger)

anker selbst besorgen und zwar in der Weise, daß der Anker in seiner Ruhelage, also wenn die Magnetspulen stromlos sind, den Stromkreis geschlossen hält; in der Arbeitsstellung aber den Stromkreis unterbricht. Sobald ein solcher Apparat (Bild 18) Strom erhält, wird der Magnet 1

erregt und zieht den Anker 2 an. Dabei wird der Stromkreis durch den Anker bei der Kontaktschraube 3 unterbrochen, der Magnet wird unmagnetisch und der Anker sofort wieder losgelassen. In der Ruhestellung schließt er den Stromkreis aufs neue, der Magnet wird wieder erregt, der Anker angezogen, der Stromkreis geöffnet. Dieses Spiel wiederholt sich, solange der Apparat mit Strom beschickt wird. Eine solche Einrichtung wird Selbstunterbrecher, auch Wagnerscher oder Neef'scher Hammer genannt. Praktischen Gebrauch macht man von diesem Apparat, wie bereits erwähnt, in den elektrischen Klingeln. Bei diesen wird der Anker mit einem Klöppel, der gegen eine Glockenschale schlägt, versehen.

Einen etwas anderen Selbstunterbrecher zeigt Bild 19. Bei diesem entfernt sich der Anker 1 nicht von dem Kontaktteil 3, sondern er drückt fest auf diesen und schiebt ihn vor sich her, bis der Anker einen Anschlag 2 findet. Der Kontaktarm 3 hat durch den raschen Ankeranzug so viel Schwung erhalten, daß er noch ein Stückchen seinen Weg fortsetzt und dabei die Verbindung zwischen Anker und Kontaktarm 3 unterbricht. Der Anker fällt bei der Stromunterbrechung sofort zurück, etwas später auch der Kontaktarm 3, wodurch wieder der Stromkreis geschlossen wird.

Der elektrische Aufzug der T u. N-Uhren

Der elektrische Aufzug der T u. N-Uhren arbeitet nach dem Prinzip des Selbstunterbrechers, und zwar nach dem in Bild 19 schematisch dargestellten.

Der Magnet (Bild 20) besteht aus den beiden Magnetkernen K, dem Joch J und den Polschuhen NS. Zwischen den beiden Polschuhen ist der auf der Magnetankerwelle 10 festsitzende Anker 11 angeordnet. In der Ruhestellung steht der Anker 11 schräg, etwas außerhalb der Polschuhe. Sobald der Magnet erregt wird, also Strom durch die Windungen W der Spulen fließt, entsteht ein Magnetfeld mit S-förmig gekrümmten Kraftlinien. Kraftlinien sind immer bestrebt sich zu verkürzen, gekrümmte sich gerade zu richten, bis sie den Weg des geringsten Widerstandes gefunden haben. Das ist der Fall, wenn der Anker die in Bild 20 gezeichnete Stellung zwischen den Polschuhen erreicht hat.

Bild 21 zeigt einen Aufzugsmagneten neuerer Ausführung, bei dem das Magnetgestell nicht aus Rund- und Flacheisen zusammengesetzt ist, sondern aus einigen gestanzten Lamellen besteht. Die fettgedruckten Linien W stellen die Magnetwindungen dar. Die dünnen Linien 12 zeigen einen bifilaren Widerstand, der zur Funkenlöschung dient. Das Schließen des Stromkreises geschieht auf folgende Weise:

Der Anker wird durch die Feder 1 (Bild 20, 21 und 22) in einer bestimmten

Ruhelage gehalten, die so gewählt ist, daß der Anker 11 bei der Erregung des Magneten recht kräftig in das Magnetfeld gezogen wird. An der Ankerwelle 10 ist der Kontakthebel 2 befestigt. Unterhalb des Magneten befindet sich (Bild 22) das Schwungrad 3, das isoliert den Kontaktstift 4 trägt. Außerdem ist am Schwungrad eine Schnurscheibe 5 und eine Schaltklinke 6 angebracht. Die Schaltklinke 6 überträgt durch das einfache Gesperr 6, 7, 8 die hin- und hergehenden Bewegungen des Schwungrades in fortschreitendem Sinne auf die Schwungradwelle 13. In der Rille der Schnurscheibe 5 liegt eine dünne Schnur, an deren Ende das Gewicht 16 angehängt ist. Es sei gleich hier erwähnt, daß dieses Gewicht die Kraft darstellt, durch welche die Uhr angetrieben wird.

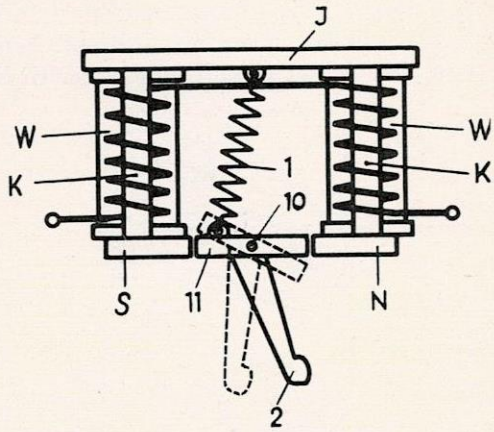


Bild 20
Aufzugsmagnet der Tu.N (alt)

Da die Kraft des Gewichtes unveränderlich ist und immer am gleichen Hebelarm angreift, wird die Uhr mit immer gleichbleibender Kraft angetrieben, worauf zum Teil die guten Gangergebnisse der Tu.N-Uhren zurückzuführen sind.

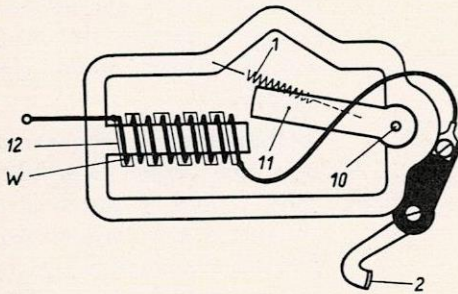


Bild 21
Aufzugsmagnet der Tu.N (neu)

Durch das Gewicht 16 wird das Schwungrad 3 gedreht. Dabei nähert sich der isoliert im Schwungrad sitzende Kontaktstift 4 langsam dem Kontakthebel 2, der an der Ankerwelle 10 befestigt ist. Sobald der Kontaktstift 4 den Kontakthebel 2 berührt, ist der Stromkreis geschlossen, der Magnet wird erregt und der Magnetanker 11

kräftig in das Magnetfeld gezogen. Der Kontakthebel 2 drückt dabei mit der ganzen Kraft des Magneten auf den Kontaktstift 4, schiebt diesen und damit das Schwungrad 3 vor sich her und hebt dabei das Gewicht 16. Der Kontakthebel 2 kann seinen Weg nur soweit fortsetzen, bis der Anker 11 gerade zwischen den Polschuhen steht, er also die günstigste Stellung für

den Durchgang der Kraftlinien erreicht hat. In dieser Stellung bleibt der Anker und mit ihm der Kontakthebel 2 stehen, das Schwungrad 3 setzt jedoch seinen Weg infolge der Trägheit noch ein Stück weiter fort. Beim Fortschreiten des Schwungrades hört die Berührung zwischen dem Kontakthebel 2 und dem Kontaktstift 4 auf, wodurch der Stromkreis unterbrochen wird. Der Anker 11 fällt infolge der Richtkraft der Feder 1 in seine Ruhelage zurück, das Gewicht 16 beginnt zu fallen und nimmt dabei das Schwungrad 3 und durch das Gesperr 6, 7, 8 die Schwungradwelle mit.

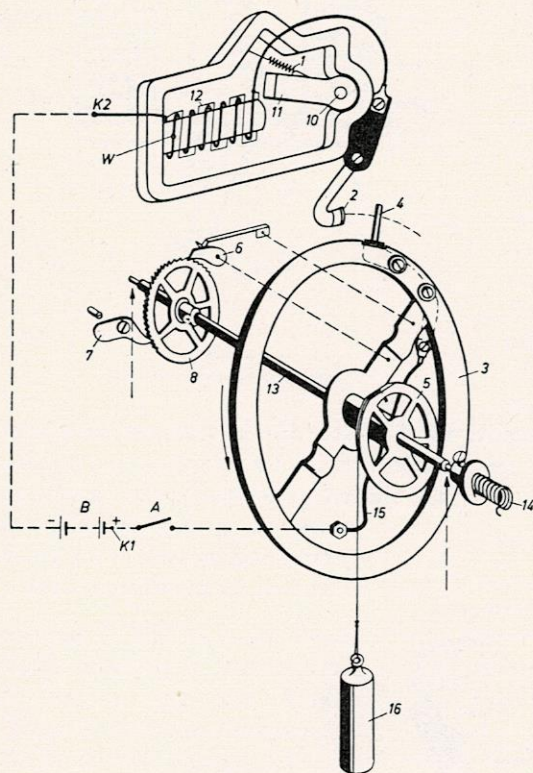


Bild 22
Stromlauf in der Aufzugsvorrichtung

lage zurück, das Gewicht 16 beginnt zu fallen und nimmt dabei das Schwungrad 3 und durch das Gesperr 6, 7, 8 die Schwungradwelle mit.

Da beim Ablauf des Werkes sich das Schwungrad ganz langsam weiterbewegt und infolgedessen der Kontaktstift 4 sich ebenfalls ganz langsam dem Kontakthebel 2 nähert, erfolgt das Schließen des Kontaktes absolut geräuschlos. Da auch der Magnetanker 11 beim Abfallen keinen Anschlag findet und während des normalen Betriebes auch das Schwungrad 3 nirgends anschlägt, arbeitet der Aufzug praktisch ohne Geräusch.

Während des Aufzuges werden die beiden Kontaktpole 2 und 4 durch den Magneten fest zusammengepreßt. Der Kontakt wirkt dadurch absolut sicher.

Der Stromlauf in der Aufzugsvorrichtung

Wie bereits erwähnt wurde, ist, wenn man von der Richtung des elektrischen Stroms spricht, die Richtung vom Pluspol nach dem Minuspol gemeint. Der Strom geht vom Pluspol aus und sucht zum Minuspol zu gelangen. Er nimmt (Bild 22) seinen Weg über die Klemme K 1 nach dem Ausschalter A. Der Ausschalter A ist dazu da, um auf eine bequeme Weise eine Unter-

brechung des Stromkreises herstellen zu können. Wird der Schalter A geschlossen, so ist eine leitende Verbindung bis zu dem Kontaktstift 4 hergestellt. Durch den Zug des Gewichtes 16 wird das Schwungrad 3 in der Richtung des Pfeiles in Bewegung gesetzt, bis der Kontaktstift 4 den Kontakthebel 2 berührt.

Der Strom fließt jetzt vom Pluspol der Batterie B über Klemme K 1, Ausschalter A, über die bewegliche Schnur 15 nach dem isoliert auf dem Schwungrad 3 befestigten Kontaktstift 4, geht nach dem Kontakthebel 2, durch die Windungen der Magnetspule W nach der Anschlußklemme K 2 und zurück nach dem Minuspol der Batterie B, wodurch der Stromkreis geschlossen ist.

Die in der Pfeilrichtung verlaufende Bewegung des Schwungrades wird durch das Gesperr 6, 7, 8 (Bild 22) auf die Schwungradwelle 13 übertragen. Während des Aufzugs steht die Schwungradwelle still. Auf der Schwungradwelle ist eine Feder 14, die Kupplungsfeder, befestigt, welche die Kraft des Gewichtes auf das Gehwerk überträgt.

An die Enden der Magnetwicklung ist ein induktionsloser Widerstand 12 angeschlossen, welcher dem bei der Unterbrechung in den Spulen entstehenden Selbstinduktionsstrom gestattet, sich auszugleichen. Der Extrastrom gelangt nicht bis an den Kontakt 2-4, und es kommt deswegen nicht zu einer Funkenbildung bei der Unterbrechung und zu keinen Störungen beim Rundfunkempfang.

Der Aufbau des Aufzugswerkes

Der Aufzugsmechanismus ist bei den T u. N-Uhren zwischen den beiden Platinen H und V (Bild 23) aufgebaut. Die Platinen bestehen aus hartem Messing. Massive Platinen sind „Platten“, die nicht durchbrochen sind. Die Werke der T u. N besitzen massive Platinen.

Da das Aufzugswerk der T u. N-Uhren nicht mit stromführenden Teilen elektrisch verbunden ist und der Körper nicht zur Stromführung benutzt wird, ist das ganze Werk körperschlußfrei. Es ist überall nur hochwertiges Isoliermaterial verwandt worden, z. B. Hartpapier, Bakelit usw. Holz ist kein gutes Isoliermaterial, es darf höchstens als Konstruktionsmaterial verwandt werden.

Elektrische Uhren, bei denen Holz als Isoliermaterial verwendet wird, z. B. die Klemmen einfach auf Holz geschraubt, die Drähte blank auf Holz befestigt, also stromführende Teile direkt mit Holz in Verbindung stehen, müssen vom elektrotechnischen Standpunkt aus als minderwertig bezeichnet werden.

Bei den T u. N-Uhren ist das Aufzugswerk, obwohl völlig körperschlußfrei, nicht direkt im Uhrenkasten, sondern mit allen stromführenden Leitungen

und Teilen zusammen auf einer aus hochwertigem Isoliermaterial bestehenden Grundplatte 1 montiert (Bild 24). Diese wird auf zwei im Uhrenkasten befindliche Schraubenbolzen 2 aufgesetzt und durch zwei Rändelmuttern gegen Herabfallen gesichert. Diese Einrichtung hat sich außerordentlich bewährt. Bei den T u. N-Uhren ist auf diese Weise jede Installation im Uhrgehäuse vermieden. Es können ohne weiteres Einzeluhren,

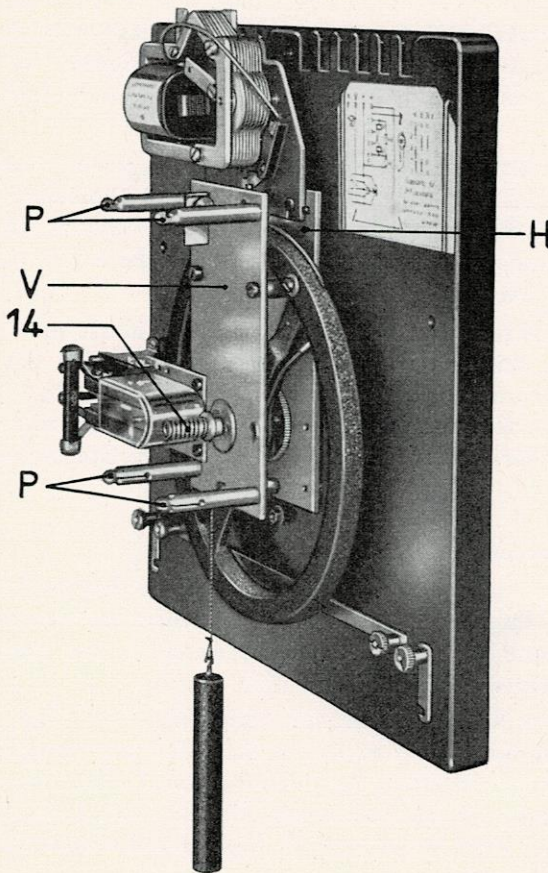


Bild 23
Aufbau des Aufzugswerkes

Hauptuhren oder Signalturmainstrumente in die gleichen Gehäuse eingesetzt werden. Bei etwaigen Störungen, Reinigungen usw. kann in wenigen Sekunden das ganze Werk aus dem Gehäuse herausgenommen und dafür ein anderes eingesetzt werden. Es sind nur die beiden Rändelmuttern zu entfernen und das Werk kann, ohne einen Draht abklemmen zu müssen, aus dem Gehäuse genommen werden. Die Anschlußklemmen für die Leitungsdrähte sind nämlich nicht direkt auf der Grundplatte, sondern auf einer besonderen Klemmenleiste (Bild 25) angebracht, die ebenfalls aus hochwertigem Isoliermaterial besteht. Die Anschlußleiste ist wie die Grundplatte mit zwei Schraubstiften und Rändelmuttern befestigt

(Bild 24), sie trägt die erforderliche Anzahl Klemmen mit den kräftigen Kontaktfedern KF, die auf die Kontaktplatten des Grundbrettes drücken.

Das Einsetzen des Gehwerkes

Das Aufzugswerk (Bild 23) trägt auf der Vorderplatine die vier Pfeiler P, von denen die oberen beiden hakenförmig ausgebildet sind. Das Werk wird

erst in die oberen Pfeiler eingehängt und dann auf die unteren gedrückt. Die oberen Pfeiler schützen das Werk gegen Herabfallen, die unteren halten durch ihre Ansätze das Werk unverrückbar fest; sie sichern es gegen seitliches Verschieben.

Die Kupplungsfeder

Beim Einsetzen des Gehwerkes greift die Kupplungsfeder 14 (Bild 22) in einen Mitnehmer ein. Auf diese Weise wird die Kraft des Gewichtes auf das Gehwerk und in diesem durch Übersetzungsräder auf das Steigrad, den Anker und zuletzt auf das Pendel übertragen. Die Kupplungsfeder hat noch einen anderen Zweck. Durch das Gewicht 16 ist sie ständig etwas gespannt. Wenn das Gewicht emporgehoben wird, bleibt die Uhr nicht sofort stehen, sondern die Vorspannung der Feder bildet eine kleine Kraftreserve, durch die die Uhr kurze Zeit in Gang gehalten werden kann. Da während des Aufziehens das Gewicht nicht auf das Gehwerk zu wirken vermag, besteht die Gefahr, daß die Uhr, wenn plötzlich die treibende Kraft weggenommen wird, stehen bleibt und die Steigradspitzen beschädigt werden. Das verhindert die Vorspannung der Kupplungsfeder. Eine ähnliche Einrichtung besitzt jede Gewichtsuhr, auch die mechanische, man nennt diesen Mechanismus „Gegengesperr“.

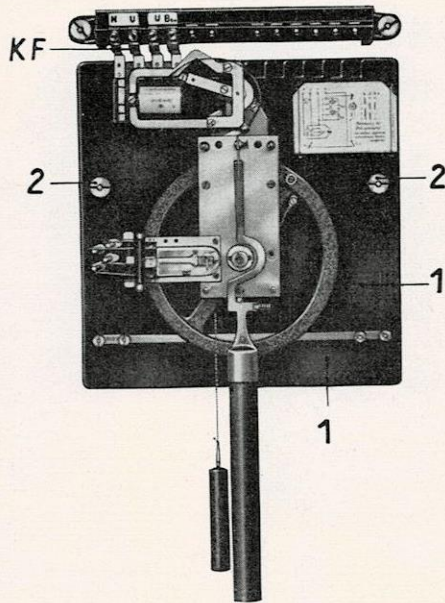


Bild 24
Eingebautes Aufzugswerk

Die Kupplungsfeder hat also in den T u. N-Uhren eine doppelte Funktion, sie dient einerseits als Kraftübertragungselement zwischen Aufzugswerk und Gehwerk und andererseits als Gegengesperr.

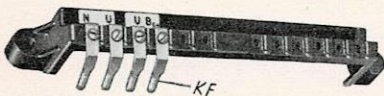


Bild 25
Klemmenleiste

Zugänglichkeit des Werkes

Es ist ein typisches Kennzeichen der T u. N-Uhren, daß das Gehwerk ohne weiteres vom Aufzugswerk abgenommen und ebenso leicht wieder aufgesetzt werden kann (Bild 26). Dadurch ist eine Zugänglichkeit zu allen Teilen

der Uhr geschaffen, wie sie bei keinem anderen Fabrikat der Fall ist. Durch das Abnehmen des Gehwerkes, ohne eine Schraube lösen oder einen Draht abklemmen zu müssen, können Reinigungen und Reparaturen in sehr kurzer Zeit vorgenommen und etwaige Fehler und Störungsursachen fast augenblicklich festgestellt werden.

Es gibt elektrische Uhren, bei denen sieben Drähte abgeklemmt und verschiedene Schrauben gelockert werden müssen, bis man das Werk herausnehmen kann, und andere, bei denen man erst die Zeiger und das Zifferblatt abmontieren muß, wenn man das Werk aus dem Kasten nehmen will.

Die vollständig durchgeführte Trennung des Gehwerkes vom Aufzugswerk hat außerdem noch den großen Vorteil, daß der elektrische Teil der Uhren keine Veränderung, noch nicht einmal eine Unterbrechung erleidet und deshalb dessen Funktion bei abgenommenem Gehwerk genau beobachtet werden kann. Es ist dies von großem Vorteil, da dadurch Reparaturen und Revisionen in sehr kurzer Zeit vorgenommen werden können.

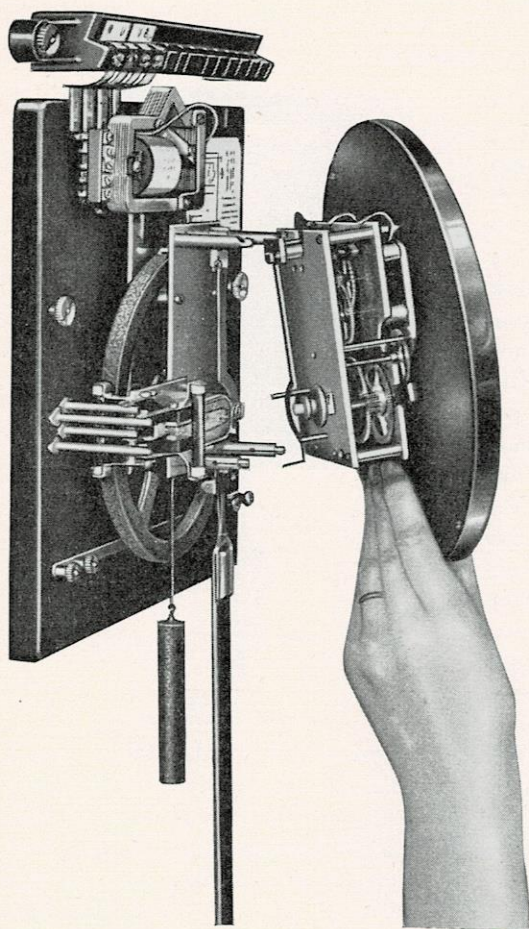


Bild 26
Aufsetzen des Gehwerkes

Die Pendelaufhängung

Das Pendel hängt an der im Pendelträger 1 (Bild 27) eingeklemmten Pendelfeder 2. Der Pendelträger 1 ist am Aufzugswerk befestigt. Wenn er am Gehwerk befestigt wäre, wie dies bei vielen Uhren der Fall ist, dann könnte beim Herausnehmen des Gehwerkes aus dem Gehäuse die empfindliche Pendelfeder 2 beschädigt werden.

Die Pendelgabel 3 liegt seitlich an dem Pendeloberteil 5 an. Der zwecks Einstellung des Ankerabfalls verstellbar angeordnete Hebel 4 bildet an der Berührungsstelle die einzige Verbindung zwischen dem Gehwerk und dem Pendel. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß ein Klemmen und Klirren der Pendelgabel, wie es oft bei der gewöhnlichen Schlitzführung der Fall ist, nicht eintreten kann.

Bei den Uhren mit automatischer Regulierung wird die seitlich anliegende Pendelgabel vom Pendel abgehoben und dadurch das Pendel vom Gehwerk abgekuppelt.

Das Antriebsgewicht

Die Uhr wird von dem Gewicht 16 (Bild 22) angetrieben. Der elektrische Strom dient nur dazu, dieses Gewicht von Zeit zu Zeit wieder hochzuheben. Es wird oft gefragt, wie es möglich ist, daß das kleine Gewicht die Uhr betreibt, während doch sonst in gleich großen, mechanischen Uhren ein viel größeres und schwereres Gewicht vorhanden ist. Die Antwort darauf lautet: In dem aufgewundenen, schweren Gewicht der mechanischen Uhr ist die Kraft für 8 oder 14 Tage aufgespeichert, während in dem leichten Gewicht der elektrischen Uhr nach erfolgtem Aufzug nur die Kraft für 5 bis 10 Minuten aufgespeichert ist.

Gewichte sind Kräfte. Die Arbeit, die von einem fallenden Gewicht geleistet wird, ist gleich der Kraft multipliziert mit dem Weg, den das Gewicht zurücklegt. Die Fallhöhe des bei Einzeluhren 55 g schweren Gewichtes beträgt 3,4 mm in der Minute. In einer Stunde fällt demnach das Gewicht ca. 20 cm, in einer mechanischen Uhr dagegen nur wenige Millimeter in der Stunde. Deswegen muß es bedeutend schwerer sein. In den Haupt- und Signalhauptuhren der T u. N ist das Antriebsgewicht 105 g schwer. Die Fallhöhe beträgt ca. 444 mm in einer Stunde.

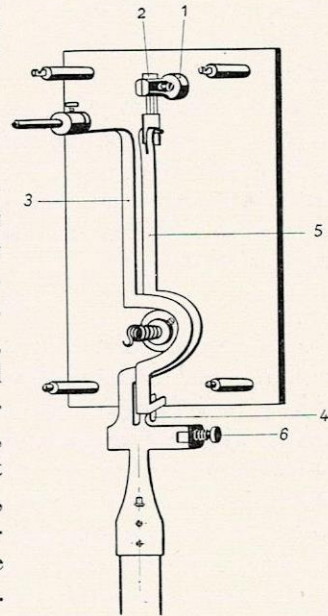


Bild 27
Pendelaufhängung

Die Platinen

Die Platinen in den Gehwerken der elektrischen Uhren sind bei weitem nicht so stark wie etwa in gleichgroßen mechanischen Werken. Der Grund dafür ist, daß in elektrischen Uhren keine großen Kraftreserven notwendig sind. So ist z. B. in einer elektrischen T u. N-Uhr nur Kraft für 5 bis 10

Minuten, in einer mechanischen Uhr bzw. im Antriebsgewicht oder in der gespannten Feder dagegen für 8 oder 14 Tage aufgespeichert. Da derartige Kräfte, die hohe Achsdrücke erzeugen und deshalb stärkere Lager erfordern würden, nicht vorhanden sind, ist es nicht notwendig, daß Platinen und Lager so stark sind wie in mechanischen Uhren. Selbst das kleine Gewicht belastet bei den T u. N-Uhren noch nicht einmal das Gehwerk, sondern nur die Schwungradwelle im Aufzugswerk, und auch auf Räder und Zapfen des Gehwerkes wirken nur sehr geringe Kräfte ein, ein Umstand, dem ebenfalls zum Teil die große Ganggenauigkeit der T u. N-Uhren zuzuschreiben ist.

Es ist kein Widerspruch, wenn gesagt wird, daß in den elektrischen Uhren nur die geringe Kraft für einige Minuten Gangzeit aufgespeichert wird und die Uhr doch jahrelang in Betrieb bleibt. Die für einige Jahre ausreichende Kraft ist nicht wie bei den mechanischen Uhren in der Uhr selbst, sondern außerhalb des Werkes in den Elementen in Form von elektrischer Energie aufgespeichert.

Die Ganggenauigkeit

Die Ganggenauigkeit einer Uhr ist nicht von der Uhr allein abhängig, sondern in viel größerem Maße von der mehr oder weniger sorgfältigen Aufstellung und Pflege, sowie von der Beschaffenheit des Raumes. Ebenso wichtig wie die Ganggenauigkeit ist die Regulierfähigkeit. Diese muß so beschaffen sein, daß die auftretenden Gangdifferenzen 30 Sekunden pro Monat nicht übersteigen. Als zulässige Gangdifferenz kann man 60 Sekunden pro Monat ansehen. Das heißt nun nicht, daß die Uhr in einem halben Jahr 6 Minuten vor- oder nachgehen darf. Eine Uhr kann nach 6 Monaten auf die Sekunde genau gehen und in der Zwischenzeit doch größere Differenzen aufgewiesen haben.

Auf noch einen Umstand ist hier aufmerksam zu machen. Der Laie glaubt fast immer, daß eine elektrische Uhr stets genau gehen müsse, weil es sich um eine „elektrische“ Uhr handle. Das ist natürlich nicht der Fall. Eine elektrische Einzeluhr (gutes Fabrikat vorausgesetzt) wird genauer gehen als eine gleichartige mechanische Uhr. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Werke der elektrischen Einzeluhren gewöhnlich nur aus zwei oder drei Rädern bestehen, die großen Achsdrücke fehlen, dadurch weniger Reibung vorhanden ist und vor allen Dingen bei den T u. N-Uhren das Werk immer mit der gleichen Kraft angetrieben wird.

Der Stromverbrauch

Eine weitere Frage, die verhältnismäßig oft gestellt wird, ist die nach dem Stromverbrauch der Uhren. Es wird häufig behauptet, daß elektrische Uhren so viel Strom verbrauchten, daß der Betrieb durch Elemente un-

möglich oder wenigstens unrentabel sei und der Betrieb vorteilhafter durch Akkumulatoren oder noch besser durch Anschluß an das Starkstromnetz zu erfolgen habe. Diese Ansicht ist irrig. Eine gut durchkonstruierte Uhr, wie es die der T u. N ist, benötigt nur eine sehr geringe Strommenge pro Aufzug. Genaue Messungen haben ergeben, daß die T u. N-Einzeluhr bei einer Klemmenspannung von 2 Volt 77 Millicoulomb und bei 3 Volt 104 Millicoulomb pro Aufzug aufnimmt.

Mit anderen Worten heißt das, daß die T u. N-Einzeluhr pro Jahr bei 2 Volt Klemmenspannung eine Strommenge von 2,8 Amperestunden und bei 3 Volt Klemmenspannung 2,5 Amperestunden aufnimmt.

Verhältnismäßig kleine Elemente (allerdings ein gutes Fabrikat vorausgesetzt) können leicht eine Strommenge von 30 Amperestunden abgeben; sie wären also in der Lage, die T u. N-Einzeluhr 10 Jahre zu betreiben. Daß diese lange Betriebsdauer praktisch nicht erreicht wird, liegt daran, daß die Elemente nicht an der Stromentnahme durch die Uhr, sondern durch den Eigenverbrauch, oder anders ausgedrückt, an mangelnder Lagerfähigkeit zugrunde gehen. Nach 10 Jahren ist ein Element fast immer unbrauchbar geworden, auch wenn ihm kein Strom entnommen wurde.

Der Stromverbrauch der Einzeluhren ist so gering, daß die Stromkosten bei einem Strompreis von 40 Pf pro Kilowattstunde erst in 4 Jahren einen Pfennig betragen würden, wenn man ohne weiteres den Strom dem Starkstromnetz entnehmen könnte. Der in Primärelementen erzeugte Strom ist allerdings teurer.

Die Zeitmessung

Daß eine Uhr ein Zeitmesser ist, wissen wohl die meisten Menschen, daß aber nicht das Uhrwerk, sondern einzig und allein das Pendel der Zeitmesser ist, wissen die wenigsten. Das „Pendel“ ist unser Zeitmesser. Die Zeit kann, wenn auch nicht erschöpfend, so doch für die meisten Zwecke genügend, als eine unendliche Reihe von gleichmäßig aufeinanderfolgenden Ereignissen definiert werden. Zum Zwecke der Zeitmessung kann man diese mit anderen gleichmäßig aufeinanderfolgenden Ereignissen vergleichen. Gleichmäßig durch eine feine Öffnung rieselnder Sand, regelmäßig fallende Wassertropfen usw., selbst der Pulsschlag des Menschen können zur Zeitmessung dienen. Diese wird offenbar um so genauer ausfallen, je gleichmäßiger und regelmäßiger die zum Vergleich dienenden Vorgänge aufeinander folgen.

Der Sterntag

Die gleichmäßigste Bewegung ist die Drehung der Erde um ihre Achse. Wenn man z. B. mit einem nur in der Meridianebene schwenkbaren, sonst auf der Erde fest montiertem Fernrohr einen Punkt einstellt, der in einem

außerhalb unseres Sonnensystems ruhenden System feststeht, also auf einen Fixstern, so muß man 23 Stunden 56 Minuten 4,091 Sekunden nach unserer Zeit warten, bis der Fixstern wieder im Fadenkreuz des Fernrohres sichtbar wird. Während dieser Zeit hat sich die Erde einmal um ihre Achse gedreht. Man nennt diesen Zeitabschnitt den Sterntag. Die Länge des Sterntages kann als unveränderlich angesehen werden, und deswegen bedienen sich die Astronomen desselben; sie rechnen nach Sternzeit.

Der Sonnentag

Normalerweise ist der Durchgang eines Fixsternes durch irgendeinen beliebigen Meridian kein besonderes Ereignis. Die auffälligste Erscheinung ist der Wechsel von Tag und Nacht; beide zusammen nennt man einen Sonnentag. Man bestimmt ihn gewöhnlich nach dem höchsten Stand der Sonne, d. h. wenn die Sonne kulminiert. Folglich ist die Zeit zwischen zwei Kulminationen ein Sonnentag. Leider ist dessen Länge infolge der ungleichförmigen, scheinbaren Bewegung der Sonne am Fixsternhimmel nicht konstant. Man nimmt deswegen einen jährlichen Durchschnittswert des Sonnentages und teilt diesen mittleren Sonnentag, der eine Dauer von 24 Stunden, 3 Minuten und 56,555 Sekunden Sternzeit hat in 24 Stunden zu je 60 Minuten und diese in je 60 Sekunden ein. Diese Zeit ist es, die von unseren Uhren angegeben wird und nach der man lebt.

Nun ist zwar die Länge eines Tages definiert, aber damit für den praktischen Uhrenbau noch nichts getan. Ein brauchbarer Zeitmesser muß gestatten, die Zeit eines Tages in viel kleinere, absolut gleichgroße Abschnitte zu zerlegen.

Das mathematische Pendel

Galilei entdeckte 1585 an einem schwingenden Kronleuchter, daß die Schwingungen eines Pendels innerhalb gewisser Grenzen alle gleich sind, daß sich also ein Pendel zur Zeitmessung eignen müßte.

Die Schwingungsdauer t eines Pendels ist nur abhängig von der Länge l . Das Gewicht des Pendels oder des Pendelkörpers ist ohne Einfluß auf die Schwingungsdauer. Häufig begegnet man der Meinung, daß durch Beschweren eines Pendelkörpers die Schwingungsdauer des Pendels vergrößert würde. Das ist in dieser allgemein gehaltenen Form unrichtig. Solche Irrtümer klären sich von selbst auf, wenn man sich bemüht, den Unterschied zwischen dem mathematischen und dem physischen Pendel zu erkennen. Ein Pendel ist eine Masse, die in gleichbleibender Entfernung um einen festen Punkt schwingt. Annäherungsweise wird ein physisches Pendel dem mathematischen Pendel gleichen, wenn ein Gewicht, z. B. eine Bleikugel, an einem Faden an einen festen Punkt aufgehängt und in Schwingungen versetzt wird. Ein Pendel, dessen Pendel-

körper ein durchmesserloses Gewicht wäre, das an einem reibungslos aufgehängten, gewichtslosen Faden befestigt ist, würde dem mathematischen Pendel völlig entsprechen, ist aber leider praktisch nicht herstellbar.

Das materielle oder physische Pendel besteht aus einem Pendelkörper, in der Uhrmacherei gewöhnlich Linse genannt, und dem Verbindungsstück zwischen Linse und Aufhängepunkt. Dieses Verbindungsstück kann ein Faden sein; in der Uhrmacherei aber muß das Verbindungsstück starr sein, also als Stange ausgeführt werden. Das Uhrenpendel besteht demnach aus der Pendellinse und der Pendelstange.

Da eine Pendelstange nicht gewichtslos hergestellt werden kann, ist der Schwingungsmittelpunkt des Pendels, der im mathematischen Pendel mit dem Schwerpunkt des durchmesserlosen Pendelkörpers zusammenfällt, nach oben verschoben. Um die gleiche Schwingungsdauer mit dem mathematischen Pendel zu erreichen, muß das materielle Pendel verlängert werden. Aus diesem Grunde ist das physische Pendel stets länger als das entsprechende mathematische, das bei der Berechnung eines Uhrwerkes zugrunde gelegt wird. Durch Beschweren der Pendellinse, z. B. wenn man diese mit Blei ausgießt, wird nur dann eine Änderung der Schwingungsdauer hervorgerufen, wenn damit gleichzeitig eine Verlegung des Schwingungsmittelpunktes erfolgt.

Unter der Schwingungsdauer eines Pendels versteht man die Zeit, die das Pendel zu einer oder einer halben Schwingung braucht. Unter einer Schwingung ist der Weg von einem Umkehrpunkte bis zum anderen und wieder zurück zu verstehen. Der Weg von einem Umkehrpunkte bis zum andern heißt eine Halbschwingung.

Wie bereits gesagt, ist für die Schwingungsdauer eines Pendels die Pendellänge und nicht das Gewicht des Pendelkörpers maßgebend. Die Länge des Pendels, das zu einer Halbschwingung eine Sekunde benötigt, also des Sekundenpendels, beträgt 994 mm. Das ist jedoch die Länge des mathematischen Pendels oder die reduzierte Länge des körperlichen Pendels; die effektive Länge des letzteren beträgt ca. 120 cm. Wenn man sagt, daß die Schwingungsdauer eines Pendels nur von der Pendellänge abhängig ist, so stimmt das streng genommen nicht ganz oder doch nur für einen bestimmten Ort. Die Formel für die Berechnung der Dauer t der Halbschwingung eines Pendels von der bestimmten Länge l lautet:

$$t = \pi \sqrt{l : g}$$

g ist die Beschleunigung, die in unseren Breiten 981 cm beträgt.

Die Beschleunigung (g)

Das Gewicht ist in der Formel nicht vorhanden, weil es auf die Schwingungsdauer ohne Einfluß ist. Dagegen ist in ihr g , die Erdbeschleunigung, enthalten, und diese ist an verschiedenen Erdpunkten verschieden. In unserer

Gegend kann sie mit 981 angenommen werden; am Äquator ist sie geringer, an den Polen, infolge der Abplattung der Erde größer, auf den Bergen niedriger als im Tal.

Eine Pendeluhr, die bei uns genau einreguliert ist, wird in der Nähe des Äquators dauernd zurückbleiben. Sie muß dort erst wieder einreguliert werden.

Das Pendel ist nicht ein untergeordneter Teil der Uhr, sondern es ist die Uhr selbst. Das Pendel ist unser Zeitmesser. Zu wissen, daß die Schwingungsdauer von der Länge und von der Erdbeschleunigung abhängig ist, ist sehr wichtig.

Die Pendellänge

Ein Sekundenpendel ist 994 mm lang. Ein Pendel, das zwei Sekunden zu einer Halbschwingung brauchen soll, also ein 2-Sekunden-Pendel, muß 4 m lang sein; denn die Pendellänge ist proportional dem Quadrat der Schwingungsdauer. Ein 3-Sekunden-Pendel ist demnach $3 \times 3 \times 994 \text{ mm} = 8946 \text{ mm}$, also rund 9 m lang. Das materielle 3-Sekunden-Pendel mißt demnach in seiner ganzen Länge ca. 10 m. Dagegen ist ein $\frac{1}{2}$ -Sekunden-Pendel $0,5^2 \times 994 = 248 \text{ mm}$, also ca. 25 cm lang. Die Formel für die Pendellänge l lautet:

$$l = t^2 \times 994$$

In den gebräuchlichsten Uhren, den normalen Einzeluhren, den Haupt- und Signaluhren der T u. N, befindet sich ein $\frac{3}{4}$ -Sekunden-Pendel; die Länge des reduzierten, also des mathematischen $\frac{3}{4}$ -Sekunden-Pendels beträgt $0,75^2 \times 994 = 559 \text{ mm}$.

Das Pendel als Zeitmesser

Das Pendel ist also unser Zeitmesser und zwar, wie gleich hier gesagt werden soll, ein außerordentlich genauer und zuverlässiger. Wenn man z. B. ein Sekundenpendel hat, so braucht man es nur anzustoßen und die Halbschwingungen zu zählen. Ist man damit bei 60 angelangt, so weiß man, daß genau eine Minute vergangen ist. Beim $\frac{3}{4}$ -Sekunden-Pendel müßte man bis 80 zählen und beim $\frac{1}{2}$ -Sekunden-Pendel bis 120. Zählt man beim Sekundenpendel bis 3600, so weiß man, daß eine Stunde vergangen ist. Das Räderwerk einer Uhr, das der Laie gewöhnlich für den wichtigsten Teil der Uhr hält, dient in erster Linie dazu, die Pendelschwingungen zu zählen und sie in bequemer Weise ablesbar zu machen. Das Zifferblatt ist die Skala, auf der wir in Stunden- und Minuteneinteilung die Anzahl der Pendelschwingungen ablesen.

Das Pendel ist an sich ein äußerst zuverlässig arbeitendes Bauelement, denn die Schwingungen sind alle von gleicher Dauer. Sie sind, wie es in der

Fachsprache heißt, isochron, also zeitgleich. In dieser Form ist das Pendel das ideale Instrument zur Zeitmessung für den praktischen Gebrauch.

Das freischwingende Pendel

Leider kommt nun ein recht unangenehmes Moment hinzu. Das ideale Pendel ist nicht herzustellen und auch die Bedingungen können nicht erfüllt werden, unter denen allein ein Pendel in idealer Weise arbeiten kann.

Wenn die Pendelschwingungen wirklich alle ohne Ausnahme einander gleich sein sollen, dann darf das Pendel durch nichts in seinen Schwingungen gestört werden. Außer der Schwerkraft darf nichts weiter auf das Pendel einwirken.

Der Uhrmacher, oder besser der Physiker, redet von einem freischwingenden Pendel, wenn das Pendel durch keinerlei Einflüsse in seinen Schwingungen gestört wird. Leider ist es unmöglich, ein Pendel völlig frei schwingen zu lassen; äußere Einwirkungen, die das Pendel in seinen freien Schwingungen stören, sind immer vorhanden, und es ist Sache des praktischen Uhrenbaues, solche Konstruktionen zu schaffen, bei denen die schädlichen Einflüsse auf das Pendel auf ein Minimum reduziert sind. Das heißt, es muß im praktischen Uhrenbau und im Uhrenbetriebe alles vermieden werden, was das Pendel in seinen freien Schwingungen stören könnte.

Der Pendelkörper

Das materielle Pendel, wie es im Uhrenbau verwendet wird, besteht, wie bereits gesagt wurde, aus einem verhältnismäßig schweren Pendelkörper, gewöhnlich Linse genannt, und der starren Pendelstange. Der Pendelkörper hat häufig, auch heute noch, die Form einer bikonvexen Linse. Diese Formgebung rührt einerseits daher, daß man glaubte, die scharfkantige Linse würde am besten die Luft durchschneiden und andererseits gestattete die flache Linsenform auch eine flache Bauart der Uhren. Theoretisch wäre der beste Pendelkörper der ausdehnungslose. Da es den aber nicht gibt und man sich fast immer nur mit Annäherungsformen begnügen muß, bleibt als Pendellinse nur der Körper mit dem größten Inhalt bei der kleinsten Ausdehnung, die Kugel, übrig. Gegen die allgemeine Verwendung der Kugel als Pendelkörper spricht die teure Anfertigung und der größere Raumbedarf. Bei wirklichen Präzisionsuhren würde das letztere, der Raumbedarf, keine Rolle spielen, aber wegen der teuren und schwierigen Anfertigung der Kugeln begnügt man sich häufig mit einer einfachen zylindrischen Form des Pendelkörpers.

Die Pendelstange

Die Pendelstange soll eigentlich gewichtslos sein. Für den praktischen Uhrenbau kommt hinzu, daß sie starr sein muß. Man macht sie möglichst leicht und gibt ihr einen recht geringen, meist linsenförmigen Querschnitt. Die meisten Pendelstangen sind aus Holz gefertigt, und zwar nicht nur aus dem Grunde, damit sie möglichst leicht und billig sind. Starr muß die Pendelstange sein, weil der Antrieb des Pendels im oberen Teil der Pendelstange erfolgt und die Stange bei zu geringer Starrheit in Vibration geraten würde. Dadurch würden aber die freien Schwingungen des Pendels gestört werden. Bei Präzisionsuhren verwendet man heute einfache runde Nickelstahlstangen von einer Stärke, die dem Pendel genügende Stabilität gibt.

Veränderungen des Pendels durch Temperaturschwankungen

Wenn ein Pendel dauernd exakte Zeitangaben machen soll, ist nicht nur erforderlich, daß es durch nichts in seinen freien Schwingungen gestört wird, sondern es darf auch in seiner Länge nicht verändert werden, denn die Schwingungsdauer ist ja in erster Linie von der Länge des Pendels abhängig.

Nun verändert aber jeder Körper seine Länge mit wechselnder Temperatur. Jeder Schüler weiß, daß sich die Körper in der Wärme ausdehnen, in der Kälte aber zusammenziehen. Auch ein Pendel wird bei zunehmender Temperatur länger, bei abnehmender kürzer. Die Folge ist, daß eine Pendeluhr bei zunehmender Temperatur langsamer geht, also zurückbleibt, bei abnehmender Temperatur aber voreilt. Die festen Körper dehnen sich nicht alle gleichmäßig bei bestimmten Temperaturunterschieden aus. Trockenes Holz z. B. dehnt sich sehr wenig aus, es hat einen sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten. Das ist der Grund, weshalb man bei guten Gebrauchsuhren die Pendelstange aus Holz macht. Metalle haben fast alle einen bedeutend größeren Ausdehnungskoeffizienten, weshalb sie sich nicht ohne weiteres für Pendelstangen eignen.

Das Kompensationspendel

Bei Präzisionsuhren müssen nun die Folgen der Temperaturschwankungen ausgeglichen, kompensiert werden. Man nennt ein Pendel, das so eingerichtet ist, daß Temperaturschwankungen ohne Einfluß auf seine Schwingungsdauer bleiben, ein Kompensationspendel. Es wirkt derart, daß zwei Metalle von verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten so gegeneinander wirkend angeordnet sind, daß eine Veränderung der Schwerpunktlage des Pendels nicht eintritt. Verschiebt sich z. B. durch die Ausdehnung der Pendelstange infolge Temperaturzunahme der Schwerpunkt des Pendels nach

unten, so schiebt der kompensierende Teil des Pendels die Linse wieder nach oben, so daß keine Veränderung in der Schwingungsdauer des Pendels eintritt.

Die älteren Kompensationspendel bestanden aus einer Anzahl nebeneinander angeordneter Stäbe aus verschiedenen Metallen. Man bezeichnete diese Pendel, weil die Stäbe rostähnlich nebeneinander angeordnet waren, als Rostpendel.

Bei den Röhrenpendeln bestand die Pendelstange aus mehreren ineinandergeschobenen Röhren aus verschiedenen Metallen.

Die Quecksilber-Kompensationspendel hatten ein als Pendelkörper ausgebildetes, bis zu einer bestimmten Höhe mit Quecksilber gefülltes Gefäß. Die Pendelstange dehnte sich nach unten, die Quecksilbersäule nach oben aus.

Alle diese Kompensationspendel haben heute nur noch historischen Wert. Seit der Erfindung des Nickelstahls, einer Legierung von 64,3% Stahl und 35,7% Nickel, die einen ganz außerordentlich geringen Ausdehnungskoeffizienten hat, wird bei Präzisionsuhren fast nur noch Nickelstahl für die Pendelstange verwandt. Da der Ausdehnungskoeffizient sehr klein ist, genügt als Kompensationskörper ein kurzes Kompensationsrohr aus Kupfer oder Aluminium.

Bei dem heute fast ausschließlich angewandten Nickelstahlpendel von Riefler ist das Kompensationsrohr aus Kupfer und Aluminium zusammengesetzt und nur 10 cm lang.

Durch ein Kompensationspendel werden natürlich nur die Gangdifferenzen ausgeglichen, die ihre Ursache in Temperaturschwankungen haben. Es ist keineswegs so, daß eine schlechte Uhr durch den Einbau eines Kompensationspendels wesentlich verbessert würde.

Unpraktische Pendelkonstruktionen

Mitunter wird mit dem Pendel etwas Unfug getrieben. Man findet Uhren, bei denen das Pendel mit den merkwürdigsten Gebilden als Pendelkörper ausgestattet ist. Auf jeder Seite der Pendelstange einen Metallzylinder anzubringen, diese beiden mit kunstvoll ausgestatteten Brücken und Rohren zu verbinden, das Pendel mit pompösen Regulierschrauben und Muttern zu versehen, das sind Konstruktionen, die dazu bestimmt sind, den Laien zu täuschen. Praktischen Wert haben derartige Ausführungen nicht.

Das Pendel an sich ist ein sehr einfacher, aus einer glatten Stange und einem möglichst einfach und glatt geformten Pendelkörper bestehender Apparat. Das Uhrenpendel, das sich möglichst nahe an diese einfache

Grundform des Pendels anlehnt, ist das beste. Das wirklich erstklassige Rieflersche Kompensationspendel weist ganz einfache Formen auf, es verzichtet auf alle unnötigen Zusätze.

Die Pendel der T u. N-Uhren

Die T u. N verwendet in ihren Uhren das einfache Holzstabpendel mit glatter Linse (Bild 28), in den besseren Uhren, die man schon beinahe als Präzisionsuhren bezeichnen kann, Nickelstahlpendel mit glatter, runder Nickelstahlstange und einfachem, walzenförmigem Pendelkörper (Bild 29) und in wirklichen Präzisionsuhren, das sind Uhren für sehr genaue Zeitangaben, das Rieflersche Nickelstahlpendel mit linsenförmigem oder zylindrischem Pendelkörper.

Man darf nun nicht glauben, daß ein Kompensationspendel allen möglichen Temperaturextremen ausgesetzt werden darf; im Grunde genommen ist ein Kompensationspendel nur dazu da, den Einfluß der unvermeidlichen Temperaturschwankungen zu korrigieren. Gute Gebrauchsuhren, wie die der T u. N, mit $\frac{3}{4}$ -Sekunden-Pendel, versieht man für gewöhnlich nicht mit Kompensationspendel. Man verwendet Pendelstangen aus trockenem Holz, sorgt aber dafür, daß die Uhr in einem Raume mit möglichst gleichbleibender Temperatur aufgestellt wird.

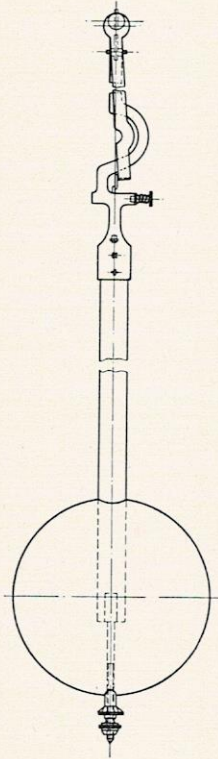


Bild 28
Holzstabpendel

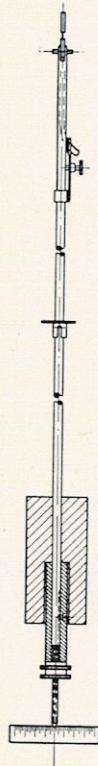


Bild 29
Nickelstahlpendel

Das Uhrgehäuse

Da man von einem Pendel, von dem man möglichst genaue Zeitangaben erwartet, alles fernhalten muß, was die freien Schwingungen beeinträchtigen könnte, umgibt man es mit einem Schutzgehäuse. Das Pendel muß nicht nur unzulässigen Eingriffen durch Menschenhände, sondern möglichst überhaupt jeder Einwirkung von außen entzogen sein. Würde man bei einer Uhr das Pendel frei im Zimmer ohne ein Schutzgehäuse schwingen lassen, so könnte schon durch die Zugluft das Pendel empfindlich gestört und sogar zum Stillstand gebracht werden. Das Pendel ohne Schutzgehäuse schwingen

zu lassen, ist nur bei Uhren erlaubt, von denen man keine ordentlichen Zeitangaben erwartet. Bild 33 zeigt eine T u. N-Pendeluhr in Metallgehäuse.

Erschütterungsfreie Aufhängung des Pendels

Wenn ein Pendel ordnungsgemäß schwingt, so beschreibt jeder Punkt des Pendels einen Kreisbogen mit dem Aufhängepunkt als Zentrum. Das setzt voraus, daß dieses Zentrum unverrückbar fest steht, und zwar fest in bezug auf ein in der Erde ruhendes Koordinatensystem. Der Pendelträger muß also nicht nur im Uhrwerk und im Uhregehäuse festsitzen, sondern er muß in bezug auf die Erde eine unverrückbar feste Stellung einnehmen. Deswegen die Forderung, daß Uhren – vorausgesetzt es handelt sich um gute und präzise gebaute Gebrauchsuhren – nur an festen, erschütterungsfreien Wänden aufgehängt werden sollen. An wackelige, ständig zitternde Wände hängt man keine Pendeluhr, wenn von ihnen exakte Zeitangaben verlangt werden.

Präzisionspendeluhr, z. B. in Sternwarten, hängt man überhaupt nicht an eine Wand, man installiert sie möglichst im Keller, freistehend auf einem Pfeiler, der nicht mit den Gebäudeteilen in Verbindung steht, sondern direkt in der Erde fundiert ist.

Beeinflussung des Ganges durch barometrische Schwankungen

Einen schädlichen Einfluß auf den Isochronismus der Pendelschwingungen übt auch der wechselnde Luftdruck aus. Allerdings sind diese Einwirkungen bei weitem geringer als die durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen. Bei feinen Präzisionsuhren hilft man sich, indem man die ganze Uhr in ein hermetisch abgedichtetes Gehäuse setzt und innerhalb des Gehäuses den Luftdruck konstant hält. Auch bringt man an der Pendelstange eine Luftdruckkompensation an, die aus einem Aneroidbarometer besteht. Bei wechselndem Luftdruck wird ein Gewicht gehoben oder gesenkt und so eine Verlagerung des Schwerpunktes des Pendels erzielt.

Bei gewöhnlichen Uhren verzichtet man natürlich auf die Luftdruckkompensation, da die durch den wechselnden Luftdruck hervorgerufenen Differenzen so klein sind, daß sie praktisch nicht ins Gewicht fallen.

Leichte und schwere Pendelkörper

Bei der Behandlung des mathematischen Pendels wurde gesagt, und dies geht auch aus der Formel $t = \pi \sqrt{l : g}$ klar hervor, daß das Gewicht des Pendels oder der Pendellinse ohne Einfluß auf die Schwingungsdauer des Pendels ist. Das ist natürlich absolut richtig und hat nichts mit der Tatsache zu tun, daß im praktischen Uhrenbau doch der schweren Pendellinse der Vorzug gegeben wird. Das bedeutet keine Korrektur der Pendelgesetze, sondern einfach eine Anwendung des Trägheitsgesetzes.

Ein Körper verharrt in dem Zustand der Ruhe oder der Bewegung, bis er von einer von außen auf ihn einwirkenden Kraft in seinem gegenwärtigen Bewegungszustand gehindert wird. Da die Trägheit von der Masse des Körpers abhängig ist, muß bei einem schweren Körper schon eine verhältnismäßig große Kraft von außen einwirken, um den Körper aus der Richtung seiner Bewegung zu drängen. Ein schweres Pendel läßt sich also schwerer durch Einwirkungen von außen, z. B. durch Erschütterungen, Luftzug usw., in seinen Schwingungen beeinflussen als ein leichtes. Aus diesem Grunde sind bei Präzisionsuhren die Pendelkörper meistens sehr schwer.

Die Aufhängung des Pendels

Ein in Ruhe befindliches Pendel ist ein Lot. Aus der Ruhe gebracht und losgelassen, ist das Pendel bestrebt, in seine Ruhelage zurückzukehren. Infolge der Trägheit setzt aber das Pendel seinen Weg noch weiter fort, bis es auf der anderen Seite seinen Umkehrpunkt erreicht, einen Augenblick stillsteht und dann wieder zum Ausgangspunkt zurückkehrt. An den Umkehrpunkten, also am Ende des Schwingungsbogens, steht das Pendel, da es ja seine Bewegungsrichtung ändern muß, still, dann nimmt es dauernd an Geschwindigkeit zu, in der lotrechten Stellung ist die Geschwindigkeit am größten, dann nimmt sie wieder ab und ist am andern Umkehrpunkt wieder gleich null. Die größte Geschwindigkeit hat also das Pendel in der Stellung, die es im Ruhezustand einnimmt; hier ist die Kraft, die mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, am größten. In dieser Stellung ist das Pendel am schwersten zu beeinflussen und aus dem Grunde wird dem Uhrenpendel in dieser Stellung ein neuer Antrieb erteilt.

Wenn nun nach dem Trägheitsgesetz ein Körper in seinem Bewegungszustand verharrt, bis er durch eine von außen wirkende Kraft daran gehindert wird, so kann mit Recht gefragt werden, warum ein in Schwingungen versetztes Pendel nicht unaufhörlich weiterschwingt, sondern nach einer Zeit immer kleiner werdender Schwingungen zur Ruhe kommt. Die Ursache dafür ist, daß das Pendel während seiner Schwingungen die Luft durchschneiden muß und dabei natürlich Kraft verbraucht. Aber auch ein Pendel, das man im luftleeren Raum schwingen läßt, kommt allmählich zur Ruhe. Das liegt daran, daß an dem Aufhängepunkt des Pendels Reibung vorhanden ist. Je nach der Aufhängerart ist diese kleiner oder größer. Bei einem Fadenpendel wird Kraft durch das Biegen des Fadens verbraucht, bei der Aufhängung in Zapfen- oder Kugellager ist Reibung vorhanden und bei der Aufhängung in Schneiden und Spitzen ebenfalls. Am meisten gebräuchlich ist in Uhren die Aufhängung in einer schwachen Plattfeder, der sog. Pendelfeder. Diese Aufhängung ist als die beste anzusehen. Durch das Biegen der Pendelfeder wird natürlich auch Kraft verbraucht, und

diese Kraft, die dem Pendel dauernd verloren geht, muß ihm wieder zugeführt werden, und das geschieht durch das Uhrwerk.

Die Unterhaltung der Pendelschwingungen

Das Uhrwerk hat bei einfachen Uhren, deren einziger Zweck in der Zeitangabe besteht, einen doppelten Sinn. Einmal muß das Gehwerk die Schwingungen des Pendels zählen, und zum anderen muß es dem Pendel die verlorengegangene Kraft wieder zuführen, damit es dauernd weiter-schwingt. Gewöhnlich glaubt man, daß das letztere der alleinige oder wenigstens der wichtigere Zweck des Gehwerkes sei. Der Hauptzweck des Gehwerkes ist es jedoch, die Pendelschwingungen zu zählen.

Der direkte Pendelantrieb

Es gibt Uhren, bei denen das Pendel direkt angetrieben wird; das Gehwerk hat dann nur den einzigen Zweck, die Pendelschwingungen zu zählen und ist zum Antrieb des Pendels gar nicht eingerichtet. Solche Uhren nennt man Uhren mit Pendelantrieb.

Wenn man auf das Zählen der Schwingungen durch ein Zeigerwerk und Zeiger verzichtet und das Zählen selbst besorgen will, dann brauchen derartige Uhren überhaupt kein Räderwerk. Mechanische Uhren mit direktem Pendelantrieb sind sehr selten anzutreffen. Dagegen gibt es elektrische Uhren mit direktem Pendelantrieb in den verschiedensten Konstruktionen.

Der indirekte Pendelantrieb (Aufzugsuhren)

Die modernen elektrischen Uhren jedoch arbeiten fast ausschließlich nach dem Aufzugssystem. Bei diesem dient der elektrische Strom nur dazu, das Gehwerk von Zeit zu Zeit aufzuziehen, d. h. eine Feder zu spannen oder ein Gewicht zu heben. Der Strom ersetzt hierbei nur die aufziehende Hand. Im übrigen ist die moderne elektrische Uhr weiter nichts als eine mechanische, die elektrisch aufgezogen wird.

Das Gehwerk

Der elektrische Aufzug der T u. N-Uhren wurde bereits auf Seite 14 behandelt. Im folgenden soll nur noch das Gehwerk beschrieben werden.

Wie ein gewöhnliches mechanisches Uhrwerk besteht das Gehwerk (Bild 30) aus zwei Platinen, der Vorderplatine und der Hinterplatine. Zwischen den Platinen ist das Antriebsrad 1, das Minutenrad 2, das Zwischenrad 3 und das Steigrad 4 gelagert. In dieses greift der Anker 10 mit den Paletten 11 und 13 ein. Die Palette 11 wird als Eingangspalette, die andere als Ausgangspalette bezeichnet. Die Welle des Minutenrades 2 ist nach vorn bis über das Zifferblatt hinaus verlängert, weil sie vor dem Zifferblatt den

Stunden- und Minutenzeiger trägt. Vor der Vorderplatine, hinter dem Zifferblatt ist das Zeigerwerk angeordnet. Dieses besteht bei fast allen Uhren aus dem Stunden- und Minutenrohr 5 und 6 und dem Wechselrad 7.

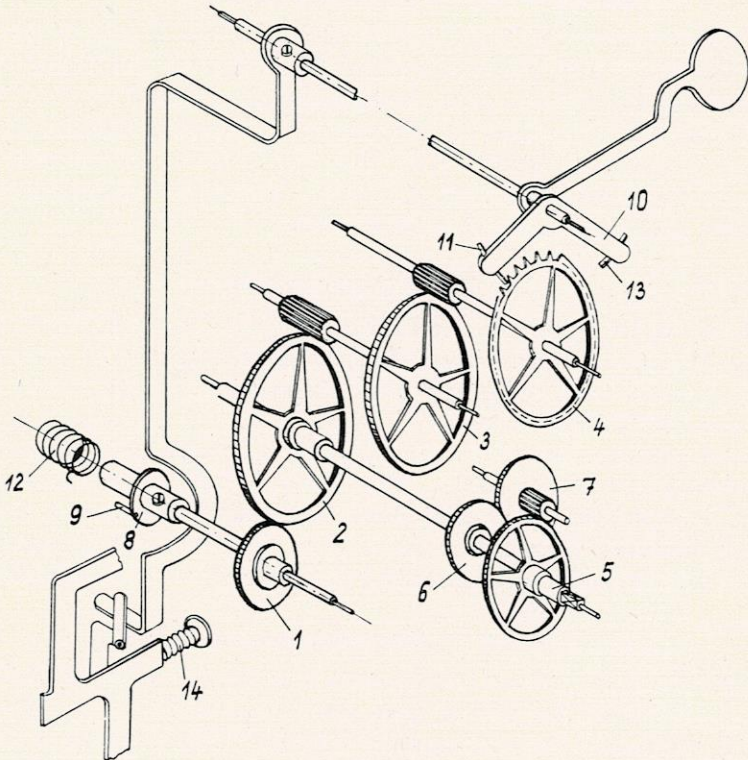


Bild 30
Gehwerk (schematisch)

Es dient dazu, die Übersetzung vom Minuten- zum Stundenzeiger im Verhältnis von 1 : 12 herzustellen. Die Welle des Antriebsrades 1 ist nach hinten verlängert. Sie trägt eine Mitnehmerscheibe 8, die mit einem Mitnehmerstift 9 versehen ist. Beim Aufsetzen des Gehwerkes auf das Aufzugswerk greift die Mitnehmerscheibe in die Kupplungsfeder 14 (Bild 23) des Aufzugswerkes ein. Die Kupplungsfeder, welche die einzige bewegliche Verbindung zwischen Aufzugs- und Gehwerk herstellt, ist, wenn sich die Uhr in Funktion befindet, bestrebt, das Aufzugsrad und damit auch die anderen Räder in Drehung zu versetzen.

Das Übersetzungsverhältnis der Räder ist so gewählt, daß bei einer vollständigen Umdrehung der Zeigerwelle das Steigrad 80 oder 60 Umdrehungen macht. Bild 31 zeigt das Einzeluhrgehwerk in der wirklichen Gestalt.

Die Hemmung

Das Steigrad 6, auch Anker- oder Gangrad genannt (Bild 32), greift mit seinen eigentümlich geformten Zähnen in den Anker 12 der Pendelgabel ein. Der Anker, wegen seiner einem Schiffsanker ähnlichen Form so genannt, steht in Verbindung mit dem Pendel und macht dessen Schwingungen mit. Die in die Zähne des Steigrades eingreifenden Klauen 13, die Paletten, sind so geformt, daß sie die Zähne des Steigrades nur schrittweise durchgehen lassen. Wegen dieses Durchgehens, auch echappieren genannt, heißt diese Einrichtung auch heute noch häufig „Echappement“.

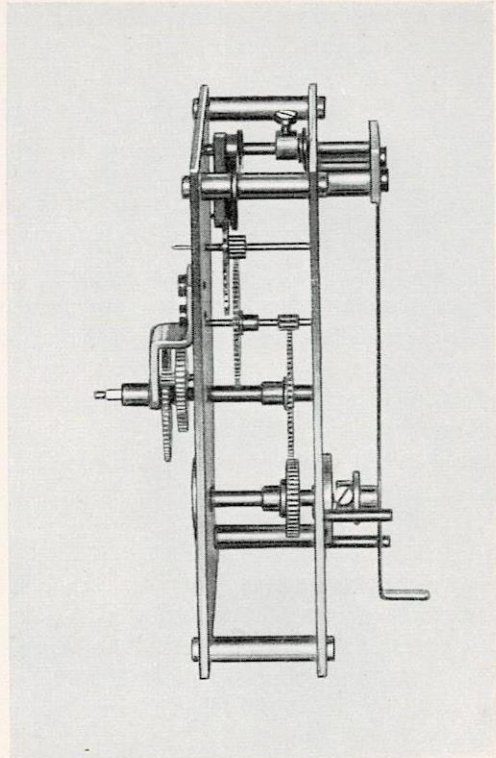


Bild 31
Einzeluhr-Gehwerk

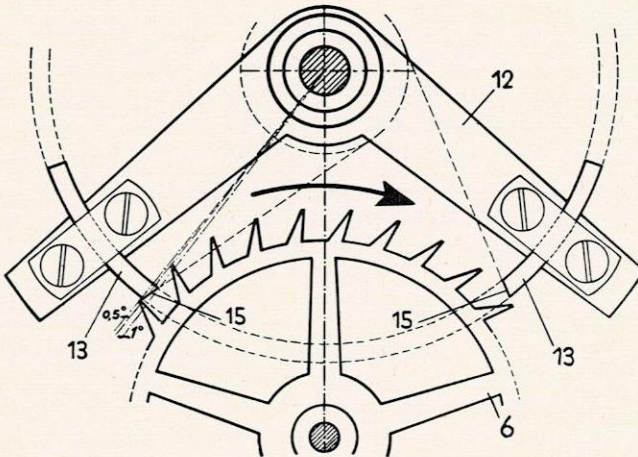


Bild 32
Ankerangang
(Grahamgang)

Die Paletten besitzen eine schräge Fläche 15, die Heblfläche. An diesen Flächen gleiten die Spitzen des Steigrades während eines Teiles des Pendel-

schwingungsbogens entlang, heben die Pendelgabel dabei ein wenig und erteilen dadurch dem Pendel bei jeder Halbschwingung einen kleinen Antrieb. Auf diese Weise werden also einerseits die Steigradzähne nur im Tempo der Pendelschwingungen durchgelassen, und andererseits wird dem Pendel die verlorengegangene Kraft wieder ersetzt. Die Pendelgabel, die während eines Teils des Pendelschwingungsbogens vom Pendel geführt wird, während eines anderen Teils, während der Hebung, jedoch das Pendel führt, ist die einzige Verbindung zwischen Gehwerk und Pendel.

Steigrad und Anker werden zusammen gewöhnlich als Hemmung, auch als Echappement oder kurz als Gang bezeichnet. Es gibt eine große Anzahl derartiger Mechanismen. Die gebräuchlichste Hemmung ist der soeben besprochene Ankergang, nach seinem Erfinder auch Graham-Ankergang genannt. Der Ankergang muß so eingestellt sein, daß das Abfallen des Zahnes von der Palette nach jeder Seite gleich weit von der Nullstellung des Pendels entfernt geschieht, sonst tritt ein ungleichmäßiges Abfallen, das „Hinken“ ein.

Einstellen des Ganges

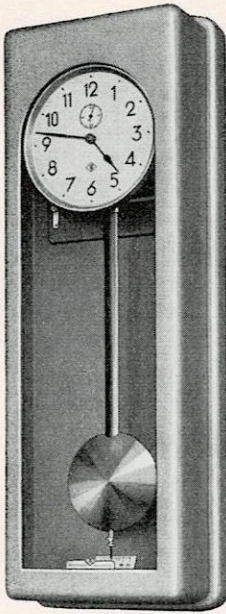
Ungleichmäßiger Abfall ist die Ursache, daß oftmals angenommen wird, man müsse unter Umständen eine Uhr schief aufhängen bis sie richtig ticke. Das ist grundfalsch. Eine Uhr muß genau lotrecht aufgehängt werden. Der gleichmäßige Abfall wird dann mit den Abfalleinstellschrauben, in vorliegendem Falle (Bild 27) mit der Schraube 6, am Pendel eingestellt.

Vorzüge der T u. N-Einzeluhren

Elektrische Einzeluhren sind Uhren, die durch elektrischen Strom betrieben werden. Der Vorteil gegenüber mechanischen Uhren besteht darin, daß sie nicht aufgezogen werden müssen und jahrelang ununterbrochen in Betrieb bleiben. Es gibt zwei Arten elektrischer Einzeluhren: solche, bei denen das Pendel direkt durch den elektrischen Strom angetrieben wird, die sog. Pendelantriebsuhren, und solche, bei denen durch den elektrischen Strom eine Feder gespannt oder ein Gewicht gehoben und durch das Gehwerk das Pendel indirekt angetrieben wird, das sind die elektrischen Aufzugsuhren.

Die T u. N-Uhren sind Aufzugsuhren und haben folgende Vorteile:

- vom Aufzugswerk getrenntes, leicht abnehmbares Gehwerk
- größte Zugänglichkeit aller Teile
- geräuschloser Aufzug
- sehr geringer Stromverbrauch, daher jahrelange Betriebsfähigkeit
- funkenfreies Arbeiten der Aufzugsvorrichtung



große Ganggenauigkeit infolge präziser Ausführung des Gehwerkes

größte Betriebssicherheit

hochwertige Isolation aller stromführenden Teile

absolut sicher wirkender Kontakt

leichtes Herausnehmen des Aufzugswerkes aus dem Gehäuse ohne Abklemmen von Drähten und ohne Schrauben lösen zu müssen

separate Klemmenleiste aus Isoliermaterial

durch Gewichtszug gleichmäßig wirkende Antriebskraft, daher Unempfindlichkeit gegen Spannungsschwankungen

Bild 33 zeigt eine Uhr der T u. N in Metallgehäuse.

Bild 33
Tu.N-Uhr mit Holzstabpendel

Batterieuhr mit Unruh

Außer den Einzeluhren mit Pendel, die verhältnismäßig teuer, allerdings auch außerordentlich zuverlässig sind, stellt die Tu.N eine kleine Batterie-Einzeluhr mit Echappement her (Bild 34). Die kleinen Werke besitzen statt des Pendels eine Unruh mit Ankergang. Das sehr präzise gearbeitete Echappement besitzt 11, das ganze Werk 15 Steine. Auf dieses hochwertige Echappement und das sauber gearbeitete Gehwerk ist nicht zuletzt die ausgezeichnete Regulierfähigkeit dieser Uhren zurückzuführen.

Gegenüber den Einzeluhren mit Pendel haben die kleinen Werke mit Unruh den Vorteil des weit geringeren Raumbedarfs. Sie sind viel kleiner als die Werke für die Pendeluhren, können in jedes beliebige

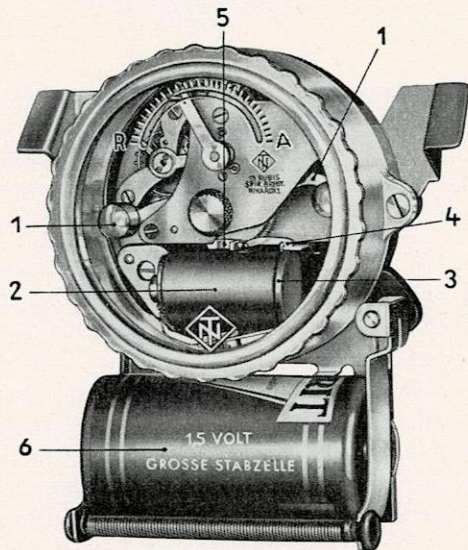
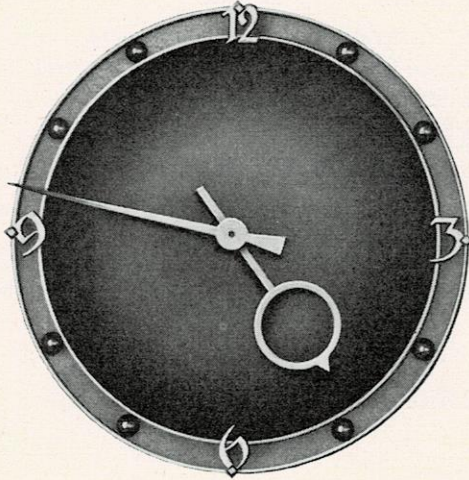


Bild 34

T u. N-Batterieuhwerk: 1 Gewichtshebel, 2 Mantelmagnet, 3 Magnetanker, 4 Kontakthebel am Anker, 5 Kontakthebel am Gewichtshebel, 6 Trockenelement

Gehäuse eingebaut werden und sowohl als Wanduhr als auch als Tischuhr Verwendung finden. Während eine Pendeluhr einen festen Platz an der Wand verlangt, kann die kleine Batterieuhren ihren Aufstellungsort beliebig verändern, sie kann überall hingestellt oder auch als Zimmeruhr an die



Wand gehängt werden. Bild 34a zeigt eine mit dem kleinen Batteriewerk versehene Wanduhr und 34b eine Tischuhr. Die kleine Batterie (Stabzelle) ist unmittelbar an das Werk angebaut (Bild 34). Es ist keine Leitung nach dem Netz oder einer sonstigen Stromquelle erforderlich.

Bild 34 a
T u. N-Batterie-Wanduhr

Der Stromverbrauch ist sehr gering. Das kleine eingebaute Trockenelement betreibt die Uhr 12 bis 18 Monate. Der Austausch der Batterie erfolgt innerhalb weniger Sekunden, da weder eine Schraube zu lösen, noch ein Draht abzuklemmen ist. Die Stromkosten betragen ungefähr 50 Pfennige pro Jahr.

Auch bei diesen kleinen Batterieuhren ist das Prinzip des Aufzuges der Pendeleinzeluhren der Tu.N beibehalten worden, wobei allerdings die Einzelteile den engen Raumverhältnissen angepaßt werden mußten. Das Schwungrad wurde durch den Gewichtshebel 1 und der große Aufzugsmagnet durch den kleinen Mantelmagneten 2 ersetzt. Der Magnetanker 3 besitzt den Kontakthebel 4, gegen den sich beim Ablaufen des Werkes der am Gewichtshebel 1 angebrachte Kontakthebel 5 legt. Der Gewichtshebel 1 wird durch den Anker 3, sobald der Magnet erregt ist, weggeschleudert und dadurch die Uhr aufgezogen. Die Arbeitsweise der kleinen Batterieuhr ist demnach genau die gleiche wie bei den großen T u. N-Pendeluhr.

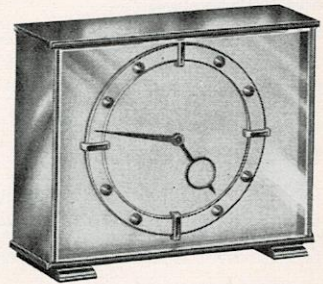


Bild 34 b
T u. N-Batterie-Tischuhr

Ganglinien zweier Batterie - Uhren

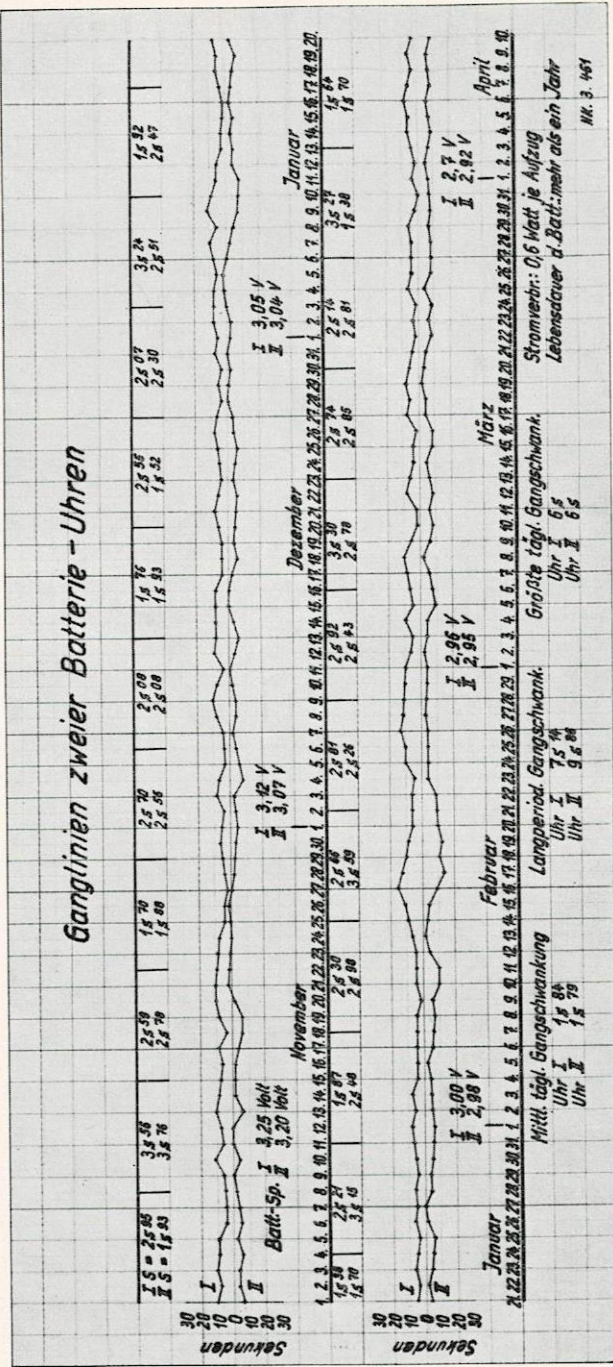


Bild 35
 Ganglinien zweier Batterie-Uhren

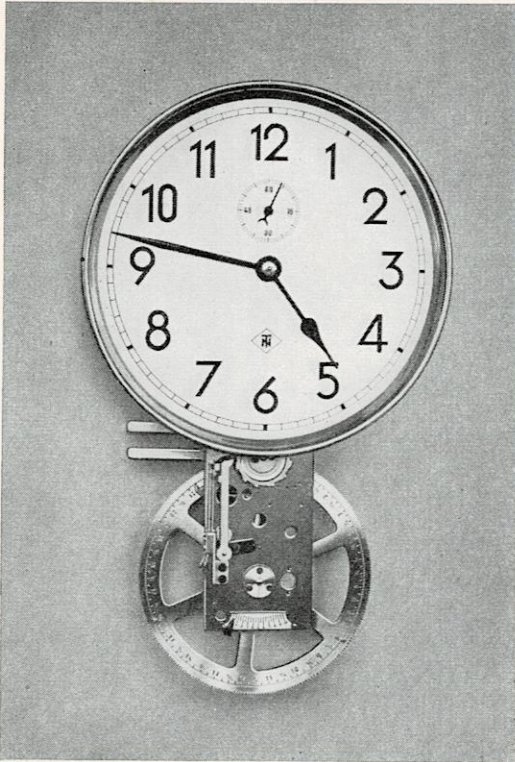


Bild 36
Signaluhr der T u. N

Das Werk ist durch eine durchsichtige Schutzkapsel aus glasklarem Kunststoff völlig abgeschlossen und dadurch vor Verstaubung geschützt.

Die Signaluhren

Obwohl die elektrischen Einzeluhren der T u. N nicht zu leugnende Vorteile den gewöhnlichen mechanischen Uhren und auch anderen elektrischen Einzeluhren gegenüber besitzen, so erlangen sie doch ihren vollen Wert erst durch das Hinzufügen bestimmter Nebenapparate.

So wird z. B. durch den Aufbau einer Kontaktvorrichtung, die zu gewissen Zeiten einen Stromkreis schließt, in den Signalapparate eingeschaltet sind, die Einzeluhr zur Signaluhr (Bild 36).

Die Signaluhren dienen da-

zu, gewisse Zeitpunkte durch optische und akustische Signale auffällig hervorzuheben. Man verwendet Signaluhren, um in Fabriken und Büros Beginn und Ende der Arbeitszeit und der Pausen automatisch anzuzeigen, in Schulen Anfang und Ende der Schulstunden usw. Man kann sich durch die Signaluhr morgens wecken lassen, wobei man das Klingelzeichen noch beliebig oft, etwa in Abständen von 5 Minuten, repetieren lassen kann. Es ist auch möglich, bei diesem elektrischen Wecken die Klingel so lange rasseln zu lassen, bis man sie mit der Hand, durch Drücken auf eine Taste, abstellt. Wem das Wecken durch die Klingel zu laut ist, der kann sich durch die Signaluhr die Beleuchtung, oder wo das nicht zugänglich ist, den Radioapparat einschalten lassen. Mit der Signaluhr kann man automatisch die Treppen- und Schaufensterbeleuchtung ein- und ausschalten, man kann Heizkörper und elektrische Kochtöpfe, unter Umständen auch Maschinen, in und außer Betrieb setzen, man kann die Kirchenglocken läuten lassen und gewisse Vorgänge, z. B. einen chemischen Prozeß, automatisch beginnen und beenden lassen und vieles andere mehr.

Der Signalapparat

Der Signalapparat ist so eingerichtet, daß er als ein in sich abgeschlossener Apparat einfach an das Gehwerk der Einzeluhr angeschraubt werden kann. Das große Beisatzrad 46 (Bild 37) greift in das Minutenrad des Zeigerwerkes ein und überträgt die Bewegung des Minutenrades auf die 5-Minuten-Scheibe 8. Diese mit 12 Einschnitten versehene Scheibe dreht sich wie das Minutenrad in einer Stunde einmal und treibt durch das Trieb 45 die Signalscheibe 9 an. Die Signalscheibe besitzt einen Lochkreis mit 288 kleinen Gewindelöchern und benötigt 24 Stunden zu einer Umdrehung. In diese Gewindelöcher, deren Abstand voneinander einer Zeitdifferenz von je 5 Minuten entspricht, werden Signalfifte 4 eingesetzt, die zu der eingestellten Zeit einen Hebel 2 herabdrücken, der wieder den Kontakthebel 1 freigibt.

Wenn der Kontakthebel 1 in eine Lücke der 5-Minuten-Scheibe

fällt, so schließt sich der Kontakt 11 und der Stromkreis für die Signalapparate ist geschlossen und zwar so lange, bis auch der Unterbrecherhebel 7 in die gleiche Zahnücke einfallen kann. Wenn dies geschieht, wird der Kontakt 11 unterbrochen. Die Läutewerke ertönen vom Einfallen des Kontakthebels 1 bis zum Einfallen des Unterbrecherhebels 7. Um die Signaldauer verändern zu können, ist der Unterbrecherhebel verschiebbar angeordnet. Durch Verstellen des Hebels 6 kann der Hebel 7 so eingestellt werden, daß er früher oder später den Signalstromkreis unterbricht. Die Signaluhren der T u. N sind also für verstellbare Signaldauer eingerichtet, was durchaus nicht bei allen Signaluhren der Fall ist.

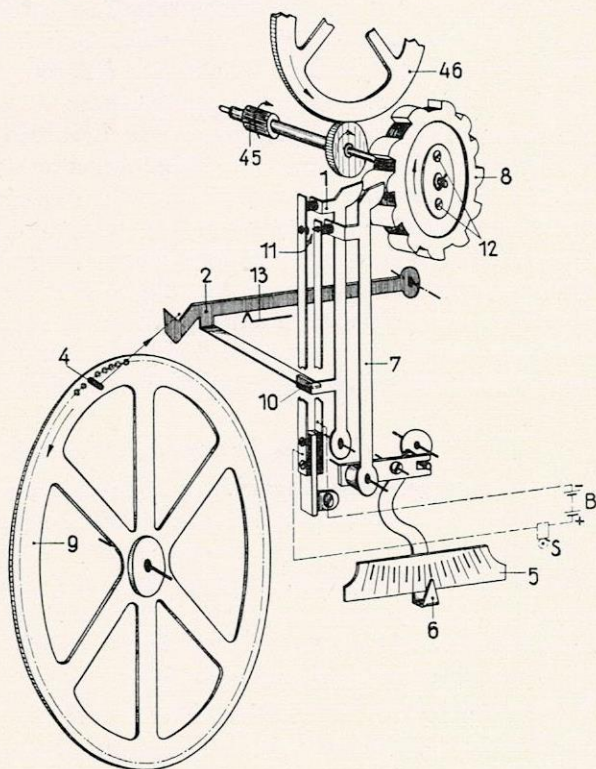


Bild 37
Signalwerk (schematisch)

Gegenüber anderen Signaluhren hat die Signaluhrkonstruktion der T u.N die Eigenheit, daß sie nur einen Kontakt besitzt, während sonst fast alle Signaluhren deren zwei haben, die hintereinander geschaltet sind. Noch wichtiger aber ist die Bauart der Signaleinrichtung. Man könnte natürlich die 5-Minuten-Scheibe direkt auf die Zeigerwelle setzen, wobei man das große Zwischenrad und die langen Platinen sparen könnte. Die T u.N hat lange Platinen und das große Zwischenrad gewählt, um mit der ganzen Signalvorrichtung aus dem Bereich des Zifferblattes herauszukommen und Zugänglichkeit zu allen wichtigen Punkten zu erhalten. Bei den T u.N-Signaluhren (Bild 36) kann man das Einfallen der Kontakthebel, das Schließen des Kontaktes, das richtige Arbeiten des Arretierhebels und die richtige Stellung der Signalscheibe genau beobachten und kontrollieren, ohne durch das Zifferblatt behindert zu werden oder gar das Werk halb abmontieren zu müssen. Vor allen Dingen aber ist durch die freiliegende Signalscheibe das Einsetzen der Signalstifte ungemein erleichtert, was allerdings auch noch dadurch bequem gemacht wird, daß man das ganze Gehwerk einfach vom Aufzugswerk abhängen kann, und zwar ebenfalls ohne Drähte abklemmen oder Schrauben lösen zu müssen.

Die Sonntagsausschaltung

Die bei einer Signaluhr eingestellten Signalzeiten werden Tag für Tag genau eingehalten. Diese an und für sich erfreuliche Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit wirkt unter Umständen störend. So ist z. B. sonntags in Fabriken und Schulen ein Läutesignal überflüssig. Hier wird die Signaluhr mit Sonntagsausschaltung verwandt. Bei diesen Uhren wird sonntags der Signalkontakt nicht betätigt, weil an diesem Tage der Kontakthebel 1 am Einfallen in die Lücken der 5-Minuten-Scheibe durch den Nocken 34 (Bild 38 und 40) der Wochentags-Schalteinrichtung gehindert wird.

Die Wochentags-Schalteinrichtung hat ein Schaltrad, das sich täglich um einen Schritt weiterbewegt und in sieben Tagen eine volle Umdrehung macht. Dieses Wochentags-Schaltrad 32 trägt die Nocke 34, auf der sonntags der Hebelarm 35 des Kontakthebels 1 ruht. Der Kontakt 11 kann also sonntags nicht geschlossen werden, weil der Hebel 1 nicht einfallen kann. Da das Fortschreiten des Wochentags-Schaltrades nicht allmählich vor sich gehen darf, sondern plötzlich ganz kurz nach Mitternacht erfolgen muß, ist in die Einrichtung ein Federhaus 20 eingebaut, dessen Feder allmählich aufgezo-gen und täglich einmal freigegeben wird. Auf der Signalscheibe sitzt ein Rad 18, das mit dem Rad 19 in Eingriff steht. Dieses sitzt drehbar auf der Welle 24 und ist mit der Feder 21 verbunden. Bei der Drehung des Rades 19, in 24 Stunden um 180 Grad, wird die Feder allmählich gespannt, weil das Federhaus, das fest auf der Welle 24 sitzt, durch den Stift 23 am Mitgehen gehindert wird. Täglich einmal wird der Stift 23

durch den Hebel 22 freigegeben, so daß das Federhaus eine halbe Umdrehung und die Wochentagsscheibe 32 einen Sprung um einen Tag weiter machen kann.

Bei der Inbetriebsetzung einer Signaluhr mit Sonntagsausschaltung (Bild 39) muß darauf geachtet werden, daß nicht versehentlich ein falscher Tag eingestellt wird. Das richtige Einstellen ist aber bei den Tu.N-Signaluhren nicht schwierig. Die Wochentagsscheibe wird an dem Stellknopf nach vorn gezogen und auf den richtigen Wochentag eingestellt, sie schnappt dann von selber in die richtige Stellung.

Übrigens ist bei den Tu.N-Signaluhren auch die große Signalscheibe 9 verstellbar, so daß es nicht einmal beim Einstellen der richtigen Zeit notwendig

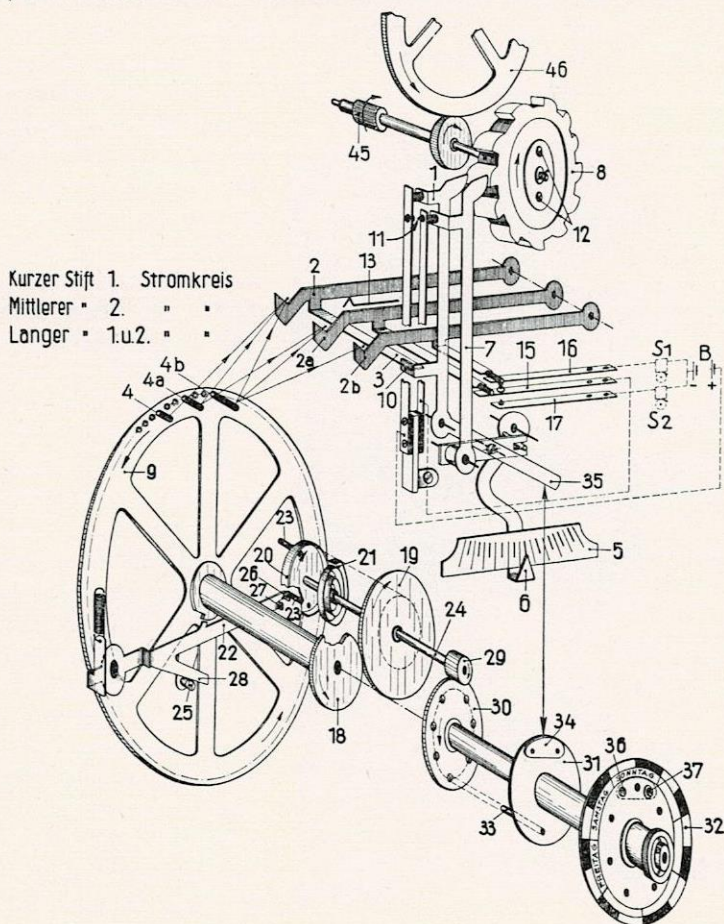


Bild 38

Signalwerk mit Sonntagsausschaltung und 2 Stromkreisen (schematisch)

ist, jemals mehr als eine Umdrehung des Minutenzeigers zu machen. Benötigt man die Signale ausnahmsweise oder auch dauernd an den Sonntagen, so genügt es, die Nocke 34 näher an die Achse zu rücken, was einfach durch Lösen der Schraube 37 geschieht, und die Sonntagsausschaltung ist außer Betrieb gesetzt. Die Signale kommen dann wie an den übrigen Tagen.

Signaluhr mit zwei Signalstromkreisen

Wieviel Signalapparate an eine Signaluhr angeschlossen werden, ist im Grunde genommen gleichgültig; alle Signalapparate werden gleichzeitig betätigt. Mitunter ist es aber notwendig, daß nicht alle Signalapparate auf einmal ertönen, sondern, daß manche davon zu anderen Zeiten läuten. Das ist z. B. der Fall in Fabriken. Die Arbeitszeiten in den Fabrikräumen sind andere als in den Büros. Man benötigt also zwei Signalstromkreise, die durch die gleiche Signaluhr, aber unabhängig voneinander, betätigt werden. In den

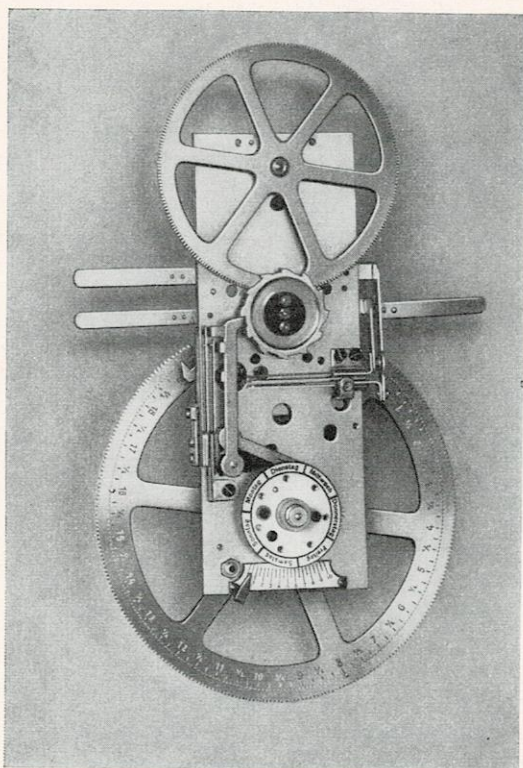


Bild 39

Signalwerk mit Sonntagsausschaltung und 2 Signalstromkreisen

Signaluhren für zwei Signalstromkreise (Bild 38) ist zu diesem Zwecke ein Umschalter eingebaut, der durch mehrere Hebel von der Signalscheibe aus betätigt wird. Statt des einen Arretierhebels 2 sind noch zwei weitere, 2a und 2b, vorhanden. Wird der Arretierhebel 2 durch den Stift 4 niedergedrückt, so wird nur die Weckergruppe S 1 betätigt. Der Strom geht vom Pluspol der Batterie über den Kontakt 11 nach der mittleren Feder 15 des Umschalters, nach der Feder 16 und über den Signalapparat S 1 zurück zum Minuspol der Batterie B. Soll nun zu einer gewissen Zeit der Signalapparat S2 betätigt werden, so wird in das der verlangten Zeit entsprechende Loch der Signalscheibe ein längerer Signalstift eingesetzt, der die beiden Hebel 2 und 2a gleichzeitig nieder-

drückt. Der Hebel 2 a drückt die Kontaktfeder 15 nach unten auf die Feder 17, so daß der Strom nach dem Signalapparat S 2 geleitet wird.

Sollen aber beide Signalstromkreise gleichzeitig betätigt werden, so wird ein noch längerer Signalstift, der alle drei Hebel gleichzeitig herunterdrückt, in die Signalscheibe eingesetzt. Die Federn 15 und 16 werden auf die Feder 17 gedrückt, und der Strom fließt über beide Signalstromkreise.

Die Signaluhren für zwei Signalstromkreise können natürlich auch mit der Einrichtung für die Sonntagsausschaltung versehen werden. Bild 39 zeigt dieses Signalwerk.

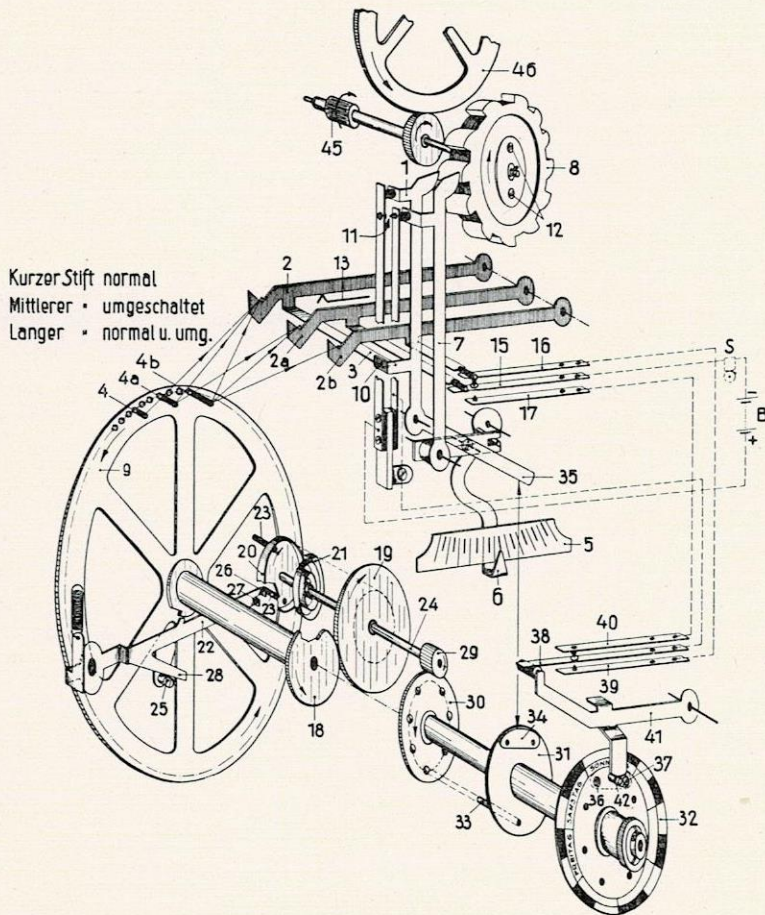


Bild 40
Signalapparat mit Tagesumschaltung und Sonntagsausschaltung (schematisch)

Die Tagesumschaltung

In anderen Fällen ist es erwünscht, daß die Signale zwar gleichzeitig im ganzen Betrieb gegeben werden, daß aber z. B. samstags die Signale zu anderen Zeiten erfolgen. Gewöhnlich werden diese Uhren als Signaluhren mit Samstagumschaltung bezeichnet. Die Konstruktion der Tu.N-Signaluhren ermöglicht aber die Umschaltung auf andere Signalzeiten nicht nur am Samstag, sondern an jedem beliebigen Tag der Woche und auch an beliebig vielen Tagen. Deswegen werden diese Uhren von der Tu.N Signaluhren mit Tagesumschaltung genannt.

Diese Uhren sind die gleichen wie die Uhren für zwei Signalstromkreise, sie besitzen nur noch einen weiteren Umschalter 38, der von der Wochentagscheibe 32 (Bild 40) gesteuert wird.

Für die Signalzeiten an normalen Arbeitstagen wird in das betreffende Gewindeloch in der Signalscheibe 9 (Bild 40) ein kurzer Signalstift 4 eingesetzt. Wird der Hebel 2 durch den Stift 4 herabgedrückt und der Signalkontakt 11 geschlossen, so fließt der Strom vom Pluspol der Batterie B über den Kontakt 11 nach der Kontaktfeder 38, über die Kontaktfedern 39, 16 und 15 nach dem Signalapparat S und zurück zum Minuspol der Batterie B.

Für die Signalzeiten, auf die an anderen Tagen, z. B. am Samstag, umgeschaltet werden soll, werden die längeren Signalstifte 4a, die über zwei Steuerhebel greifen, verwendet. Der Strom fließt dann von der Feder 38 über die Federn 40, 17 und 15 und den Signalapparat S zurück zur Batterie, weil an solchen Tagen der Hebel 41 durch einen in die Löcher der Wochentagscheibe eingesetzten Stift gehoben und die Umschaltfeder 38 mit der Feder 40 in Verbindung gebracht wird.

Bleiben an den Tagen mit umgeschalteten Signalzeiten einige Signalzeiten unverändert, so müssen in die betreffenden Gewindelöcher lange Signalstifte (4b) eingesetzt werden. Dadurch wird auch der dritte Steuerhebel betätigt und die beiden Federn 15 und 16 auf die Feder 17 gedrückt, so daß der Strom nach dem Signalkontakt gelangt, einerlei ob die Feder 38 mit der Feder 39 oder mit 40 Kontakt hat. Die Sonntagsausschaltung bleibt auch bei den Uhren mit Tagesumschaltung unverändert bestehen. Die beiden Signaluhrtypen sind neuerdings zu einer Type vereinigt und können sowohl für 2 Stromkreise und Sonntagsausschaltung als auch für 1 Signalstromkreis mit Tagesumschaltung und Sonntagsausschaltung verwendet werden.

Signaluhren mit Verstellung der Signalzeiten von $2\frac{1}{2}$: $2\frac{1}{2}$ Minuten

Bei den bisher angeführten Signaluhren ist nur eine Verstellung der Signalzeiten von 5 : 5 Minuten möglich.

Für manche Zwecke ist der zeitliche Abstand von 5 Minuten zu groß und es wird eine Einstellbarkeit der Signale von $2\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$ Minuten verlangt.

Da man nicht gut mehr als 288 Löcher in die Signalscheibe bohren kann, ist bei den Tu.N-Signaluhrn für eine Signaleinstellungsmöglichkeit von $2\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$ Minuten eine andere Übersetzung vom Zeigerwerk nach der Signalscheibe gewählt worden, und zwar so, daß die Signalscheibe in 12 Stunden und die 5-Minuten-Scheibe in 30 Minuten einen vollen Umgang macht. Im übrigen entspricht diese Uhr vollständig der Signaluhr mit Tagesumschaltung (Bild 40), bei der nur die Umschaltung auf eine andere Signalzeit täglich zweimal erfolgt.

Für die 12 Stunden von Mittag bis Mitternacht werden kurze Signalstifte eingesetzt, die nur den Steuerhebel 2 betätigen. Für die Signalzeiten von Mitternacht bis Mittag werden längere Signalstifte eingeschraubt, die auch den zweiten Steuerhebel herunterdrücken und dadurch die Feder 15 in Kontakt mit der Feder 17 bringen.

Da nach der Umschaltung auf die Zeit von Mitternacht bis Mittag der Hebel 41 durch einen der 7 Stifte in der Wochentagsscheibe 32 nach oben gedrückt wird, schaltet sich die Feder 38 von 39 ab und legt sich gegen die Kontaktfeder 40. Der Strom geht dann bei geschlossenem Signalkontakt 11 statt über die Federn 39, 16 und 15 über 40, 17 und 15 und den Signalapparat nach der Batterie. Durch die in die Signalscheibe eingesetzten kurzen Signalstifte, die nur den Steuerhebel 2 betätigen, wird der Stromkreis nicht geschlossen, weil in diesem Falle der Kontakt 15 bis 17 geöffnet ist.

Wird dagegen ein langer Signalstift eingesetzt, durch den alle drei Steuerhebel 2, 2a, 2b betätigt werden, so sind die drei Federn 15, 16 und 17 miteinander verbunden und der Signalstrom ist geschlossen, einerlei, ob die Feder 38 nach unten oder oben Kontakt hat. Die langen Signalstifte sind also dann zu verwenden, wenn zur gleichen Tages- und Nachtzeit, z. B. 9 Uhr und 21 Uhr oder 12 Uhr und 24 Uhr ein Signal gegeben werden soll. Die Signaluhrn mit einer Verstellbarkeit der Signale von $2\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$ Minuten können nur für einen Signalstromkreis und nicht mit Tagesumschaltung versehen werden; dagegen ist es möglich, an bestimmten Tagen die Umschaltung auf die Nachmittagssignalzeiten nicht vornehmen zu lassen. Man braucht an den betreffenden Tagen nur den Stift 42 aus der Wochentagsscheibe 32 herauszunehmen.

Wie die Uhren für zwei Signalstromkreise und die mit Tagesumschaltung, sind für gewöhnlich auch die Signaluhrn mit $2\frac{1}{2}$ -minütlicher Signalverstellung mit der Einrichtung zum Ausschalten der Signale an Sonntagen versehen.

Aufstellung von Signalwerken für Signaluhren

Verstellbarkeit Minuten

1. Signalwerk	5 : 5	1 Stromkreis ohne Sonntagsausschaltung
2. Signalwerk	5 : 5	1 Stromkreis mit Sonntagsausschaltung
3. Signalwerk	5 : 5	2 Stromkreise mit Sonntagsausschaltung oder 1 Stromkreis mit Tagesum- und Sonntagsausschaltung
4. Signalwerk	2 ¹ / ₂ : 2 ¹ / ₂	1 Stromkreis mit Sonntagsausschaltung über 12 Stunden
5. Signalwerk	2 ¹ / ₂ : 2 ¹ / ₂	1 Stromkreis mit Sonntagsausschaltung über 24 Stunden
6. Signalwerk	2 ¹ / ₂ : 2 ¹ / ₂	2 Stromkreise mit Sonntagsausschaltung über 12 Stunden
7. Signalwerk	2 ¹ / ₂ : 2 ¹ / ₂	1 Stromkreis mit Tagesum- und Sonntagsausschaltung über 12 Stunden
8. Signalwerk	2–3	1 Stromkreis mit Sonntagsausschaltung über 12 Stunden
9. Signalwerk	2–3	1 Stromkreis mit Sonntagsausschaltung über 24 Stunden
10. Signalwerk	2–3	2 Stromkreise mit Sonntagsausschaltung über 12 Stunden
11. Signalwerk	2–3	1 Stromkreis mit Tagesum- und Sonntagsausschaltung über 12 Stunden

Die Signalwerke werden also für die verschiedensten Zwecke in den verschiedensten Kombinationen gebaut. Für noch weitergehende Ansprüche, z. B. noch mehr Signalstromkreise, andere Signalkombinationen, vielseitigere Umschaltbarkeit auf andere Zeiten usw. werden Zusatzapparate, Relais, Signalverteiler usw. verwandt. Das Werk einer kompletten Signaluhr für 1 Stromkreis mit Tagesum- und Sonntagsausschaltung oder für 2 Stromkreise mit Sonntagsausschaltung zeigt Bild 41.

Belastbarkeit des Signalkontaktes

Der Signalkontakt in den Signalwerken kann naturgemäß nicht mit großen Leistungen belastet werden. Als Grenze der Belastbarkeit kann ungefähr eine Leistung von 3 Watt angesehen werden. Der Signalkontakt kommt für den direkten Betrieb von Starkstromapparaten nicht in Frage. Sollen solche Apparate durch eine Signaluhr betätigt werden, so kann dies nur durch Zwischenschaltung eines Starkstromrelais geschehen.

Der Antrieb des Signalwerkes

Das Signalwerk der Tu.N ist ein in sich abgeschlossener Apparat. Es ist einerlei, von welcher Uhr die 5-Minuten-Scheibe angetrieben wird. Es kann

dies eine mechanische, eine elektrische Schwachstrom-, Starkstrom- oder Nebenuhr sein. Das Werk kann z. B. auch mechanisch von der Zeigerleitung einer Turmuhr angetrieben werden. Die einzige Bedingung ist, daß die 5-Minuten-Scheibe in einer Stunde eine Umdrehung macht.

Die elektrische Hauptuhr

Eine Einzeluhr, die man mit einem Signalwerk versieht, wird zur Signaluhr. Eine Uhr, an die ein Kontaktwerk angebaut wird, das in gleichen Zeitabständen einen Stromkreis schließt, in den elektrische Nebenuhren eingeschaltet sind, wird dadurch zur elektrischen Hauptuhr.

Sie ist vielleicht die wichtigste und interessanteste Uhr in der ganzen Uhrentechnik; denn durch sie erst wurde das Problem, auf einem großen Gebiet einheitliche Zeitangaben machen zu können, oder mit anderen Worten, auf vielen räumlich voneinander entfernten Uhren die gleiche Zeit anzuzeigen, praktisch gelöst.

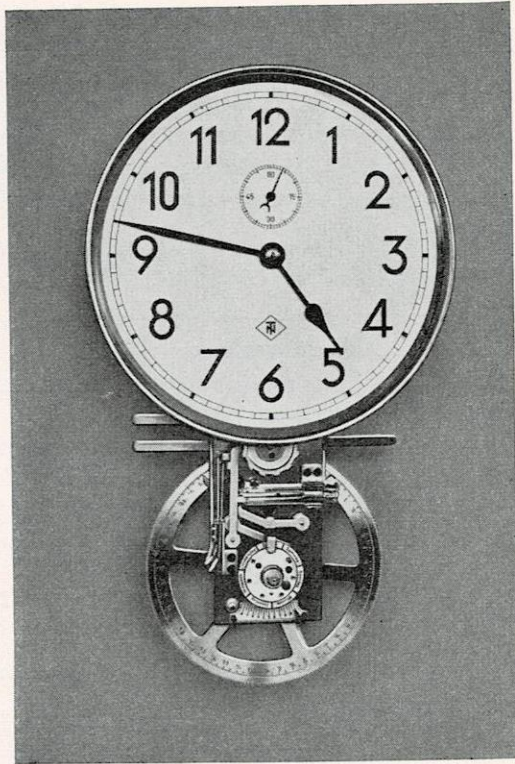


Bild 41
Signaluhr für 1 Stromkreis mit Tagesum- und Sonntags-
ausschaltung oder für 2 Stromkreise mit Sonntagsausschaltung

Die Minuten-Kontaktvorrichtung

Der wichtigste Teil einer elektrischen Hauptuhr ist die Kontaktvorrichtung, denn auf ihrer zuverlässigen Funktion beruht die exakte Arbeitsweise der ganzen Uhrenanlage, zunächst einmal sämtlicher Nebenuhren. Aus diesem Grunde wurde ihr auch bei der Konstruktion der Tu.N-Uhren die größte Aufmerksamkeit zugewandt. Bei keiner anderen Hauptuhr findet man eine so stabil und mit soviel Materialaufwand ausgeführte Kontaktvorrichtung wie in den Tu.N-Hauptuhren.

Wie bei den Signaluhren der Tu.N die Signaleinrichtung, so ist bei den Hauptuhren die Kontaktvorrichtung ein in sich völlig abgeschlossener

Apparat, der nach Lösung zweier Schrauben ohne weiteres, d. h. ohne Drähte abklemmen zu müssen, aus der Uhr herausgenommen werden kann. Die Kontaktvorrichtung ist auch nicht, wie bei fast allen Hauptuhren, unzugänglich am Gehwerk montiert, sondern am Aufzugswerk. Das hat den Vorteil, daß man nach dem Abheben des Gehwerkes die Kontaktvorrichtung unter Strom genau wie im normalen Betrieb beobachten kann. Bei allen anderen Hauptuhren ist mit der Herausnahme des Uhrwerkes aus dem Kasten der Zusammenhang der Kontaktvorrichtung mit der Uhrenleitung zerstört. Man kann die Vorrichtung entweder gar nicht oder nur sehr schwierig mit Hilfe provisorischer Leitungen unter Strom prüfen.

Wie bei den Tu.N-Hauptuhren die Kontaktvorrichtung eingebaut ist, zeigt das Bild 24, das den Hauptuhraufzug darstellt.

Die Kontaktvorrichtung hat nicht nur den Zweck, minutlich einen Stromstoß in die Nebenuhrenleitung zu schicken, sondern sie muß nach erfolgtem Kontakt die Nebenuhrenleitung kurzschließen und jedesmal die Richtung des Stromes wechseln. Außerdem muß sie auch noch verhüten, daß am Anfang und Ende eines Stromstoßes ein Kurzschluß auftritt. Schließlich soll sie noch so eingerichtet sein, daß das Entstehen von Öffnungsfunken verhindert wird. Dazu hat die Kontaktvorrichtung der Tu.N-Uhren außerdem noch den Vorteil, daß sie körperschlußfrei arbeitet, das Gestell also nicht zur Stromführung benutzt wird.

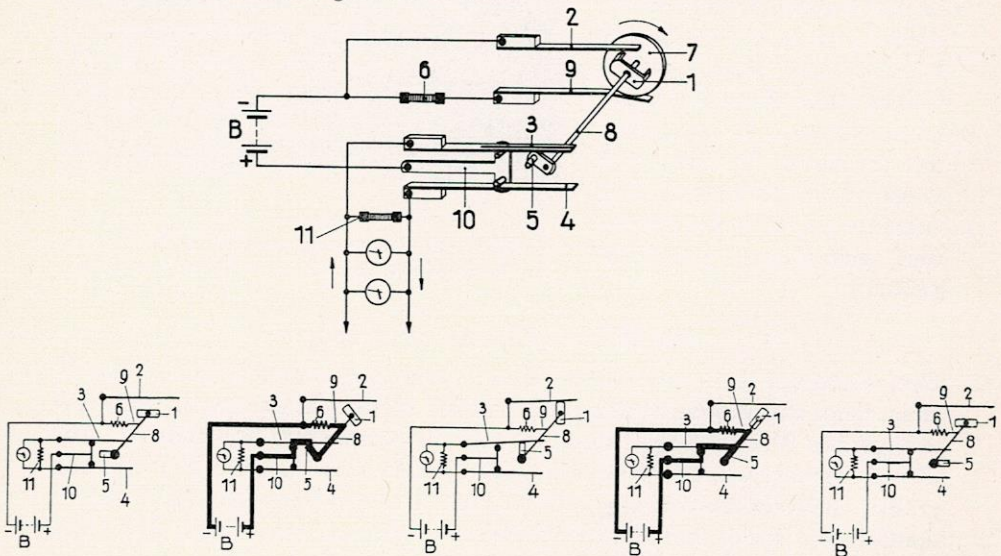


Bild 42
Minutenkontaktvorrichtung (Schema)

Die Kontaktvorrichtung arbeitet in folgender Weise: Auf der Welle 8 (Bild 42) sind die beiden Kontaktfahnen 1 und 5 und der Schleifring 7 isoliert befestigt. Die Welle 8 wird vom Laufwerk der Hauptuhr angetrieben. In jeder Minute wird die Welle einmal freigegeben, so daß sie mit der Kontaktfahne eine halbe Umdrehung machen kann. Wenn sich nach erfolgter Freigabe die Kontaktfahne in Bewegung setzt, so berührt der Stift 5 die Kontaktfeder 3. Es fließt ein Strom vom Minuspol der Batterie B über 6, die Schleiffeder 9, den Kontaktstift 5, die Feder 3, über den Ruhekontakt 10 nach dem Pluspol der Batterie. Das wäre ein Kurzschluß. Um die Stromstärke nicht zu stark anwachsen zu lassen, ist der Widerstand 6 in den Stromkreis eingeschaltet.

Beim Weiterlaufen der Kontaktfahne wird die Feder 3 vom Ruhekontakt abgehoben. Dadurch kann der Strom nun nicht mehr direkt nach der Batterie zurück; er muß vielmehr die Nebenuhren passieren und kann dann erst über die Feder 4 und den Ruhekontakt 10 zur Batterie gelangen. Der Vorschaltwiderstand 6 liegt aber noch in der Leitung und verhindert, daß die Nebenuhren sofort nach dem Abheben der Feder 3 von 10 die volle Spannung bekommen.

Die Nebenuhrenleitung wird zunächst von einem schwachen Strom durchflossen, und erst, wenn die Kontaktfahne 1 die Feder 2 berührt, gelangt die volle Spannung an die Nebenuhren; denn bei der Berührung der Kontaktfahne 1 mit der Feder 2 wird der Widerstand 6 überbrückt, und der Strom geht über die Feder 2 nach der Kontaktfahne. Bei immer weiterem Fortschreiten der Kontaktfahne verläßt zuerst die Fahne 1 die Feder 2; der Widerstand 6 ist damit aufs neue eingeschaltet, die Stromstärke wird wieder verringert und die Kontaktfeder 3 legt sich auf den Ruhekontakt 10 auf, wodurch die Nebenuhrenleitung kurzgeschlossen und infolgedessen stromlos wird. Bevor die Kontaktfahne ihre Ruhestellung einnimmt, hat der Kontaktstift 5 die Feder 3 verlassen und dadurch den Batteriestromkreis unterbrochen.

Der Nebenuhren-Stromkreis, der induktive Widerstände – die Nebenuhren-Magnetspulen – enthält, wird nicht unterbrochen, sondern kurzgeschlossen. Der Batteriestromkreis besitzt keine induktiven Widerstände, so daß infolgedessen auch kein schädlicher Unterbrecherfunke auftreten kann. Bei 11 ist noch ein induktionsfreier Widerstand eingeschaltet, der den in der Nebenuhrenleitung etwa auftretenden Extrastromen Gelegenheit bietet, sich auszugleichen.

Richtungwechselnder Gleichstrom

Wird bei der Betätigung der Kontaktvorrichtung, wie soeben gezeigt, die Feder 3 abgehoben, so durchfließt der Strom die Nebenuhrenleitung in der

durch die Pfeile angezeigten Richtung. Wird bei der nächsten Betätigung die untere Feder 4 abgehoben, so wird die Nebenuhrenleitung in der den Pfeilen entgegengesetzten Richtung vom Strom durchflossen.

Die Nebenuhren werden mit Gleichstrom, der bei jedem Kontakt seine Richtung wechselt, betrieben. Man nennt ihn Gleichstrom wechselnder Richtung oder richtungwechselnden Gleichstrom. Mit Wechselstrom, wie ihn unsere Starkstromleitungen führen, kann man polarisierte Nebenuhren nicht betreiben.

Das Kontaktlaufwerk

Die Umdrehung der Kontaktfahne um 180 Grad nimmt 2 bis 3 Sekunden in Anspruch. Angetrieben wird die Vorrichtung durch das Kontaktlaufwerk, das bei den Hauptuhren mit dem Gehwerk zusammen zwischen die beiden Platinen eingebaut ist. Seine Antriebskraft erhält das Kontaktlaufwerk von dem gleichen Aufzugswerk wie das Gehwerk. Da der Ablauf der beiden Werke, des Gehwerkes und des Laufwerkes, ganz verschieden und unregelmäßig ist, wirkt der Aufzug über die Kupplungsfeder zunächst auf ein Differentialgetriebe, das die Kraft, ganz wie es erforderlich ist, den beiden Werken zuführt.

Die Tu.N verwendet bei ihren Hauptuhren den gleichen Aufzug wie bei den Einzeluhren. Dieser arbeitet vollkommen unabhängig von dem Minutenkontaktwerk. Uhren, deren Aufzugsmagnet von der Minutenkontaktvorrichtung gesteuert wird, verbrauchen unnötig viel Strom, weil der Aufzugsmagnet während der ganzen Dauer des Minutenkontaktes geschlossen bleibt. Bei den Tu.N-Uhren dagegen wird der Aufzugsmagnet nur etwa 0,1 Sekunde lang geschlossen.

Die Fortstellvorrichtung

Bei elektrischen Uhrenanlagen stellt sich gelegentlich einmal, z. B. bei Gangdifferenzen, die Notwendigkeit heraus, alle Nebenuhren gleichzeitig fortstellen zu müssen. Bei manchen Hauptuhren wird das einfach durch einen Hilfskontakt mit einem Kontakthebel, den man auf und ab bewegen muß, gemacht. Diese Art der Nebenuhren-Fortstellung ist zwar einfach und billig, aber dafür auch äußerst mangelhaft. Man kann damit die Nebenuhren durcheinanderbringen. Wenn man nämlich die Bewegungen des Kontakthebels zu schnell ausführt und so die Stromstöße zu kurz werden, dann können manche Uhren nicht mitkommen, andere wieder vorlaufen. Der größte Fehler ist, daß man bei diesen Einrichtungen niemals weiß, in welcher Richtung der Stromstoß die Nebenuhrenleitungen durchlaufen hat und ob der erste, wieder von der Uhr geschickte Stromstoß die passende Richtung hat. Noch schlimmer aber ist, daß man die Nebenuhren überhaupt nicht um eine Minute weiterstellen kann, sondern nur immer um zwei.

Man muß dann die Hauptuhr eine Minute anhalten und den Zeiger um zwei Minuten vorstellen. Das wird von allen, die mit der Bedienung elektrischer Uhren zu tun haben, als sehr unangenehm empfunden, während dagegen die Tu.N-Fortstellvorrichtung, die diese Mängel nicht hat, als praktisch anerkannt wird.

Wenn man bei den Tu.N-Hauptuhren die Nebenuhren fortstellen will, dann ist es nicht notwendig, den Kontakthebel auf und ab zu bewegen. Ein einfacher Druck auf den Auslösehebel genügt, und die Nebenuhren springen so lange bis der Hebel wieder in seine Ruhelage zurückgebracht wird. Hierbei können niemals die Nebenuhren in Unordnung geraten; denn diese bekommen beim Fortstellen genau die gleichen Stromstöße mit derselben Kontaktvorrichtung wie bei normalem Betrieb. Um die Stromrichtung braucht man sich überhaupt nicht zu kümmern, denn der erste von der Hauptuhr ausgehende Stromstoß nach dem Fortstellen hat unter allen Umständen die passende Richtung, ganz einerlei, ob man nur um eine oder mehrere Minuten fortgeschaltet hat.

Die Kontaktlaufwerk-Auslösung

a) Die Triebauslösung

Die Auslösung des Kontaktlaufwerkes erfolgt durch einen zweiarmigen Hebel, der in ein Trieb des Gehwerkes eingreift. Der Hebel 1 (Bild 43) hat das Bestreben, sich zu drehen; das langsam laufende Trieb 2 hindert ihn daran, und erst bei weiterem Fortschreiten des Triebes 2 kann der Hebelarm 3 abgleiten und eine halbe Umdrehung machen. Dann legt sich der Hebelarm 4 in die nächste Zahnlücke 5 des Triebes 2 ein, und das Laufwerk ist solange arretiert, bis sich das Trieb 2 so weit gedreht hat, daß der Hebelarm wieder am Triebstab abgleiten kann.

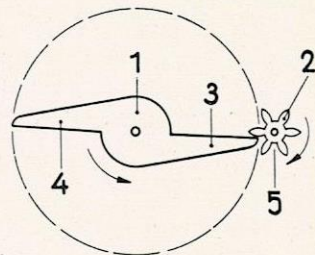


Bild 43
Triebauslösung

Dieser Auslösemechanismus ist recht einfach und betriebssicher. Er hat außerdem noch den Vorteil, daß er dem Gehwerk keine Kraft entzieht. Dem steht aber der Nachteil entgegen, daß die Auslösung des Laufwerkes nicht immer exakt bei der 60. Sekunde erfolgt. Geringes Unrundlaufen des Triebes und kleine Verschiedenheiten in den Triebstäben, sowie Differenzen in der Länge der Hebelarme 3 und 4 bedingen kleine, praktisch allerdings belanglose Verschiedenheiten in den Zeitabschnitten zwischen zwei Minutenkontakten. Die Differenzen in der minutlichen Kontaktgabe können bis zu

3 Sekunden betragen. Aus diesem Grunde ist die Triebauslösung nicht bei Präzisionsuhren anwendbar.

Die Tu.N verwendet neuerdings allgemein eine Präzisionsauslösung, bei der die Freigabe des Laufwerkes durch das Steigrad geschieht und infolgedessen genau in der 60. Sekunde erfolgt.

b) Die Präzisionsauslösung

Damit die Auslösung des Kontaktlaufwerkes immer genau zur 60. Sekunde erfolgt, wird der Auslösemechanismus vom Steigrad oder vom Zwischenrad gesteuert. Bedingung ist dabei, daß der Auslösemechanismus möglichst leicht betätigt werden kann und das Gehwerk so wenig wie möglich belastet wird; denn die Ganggenauigkeit der

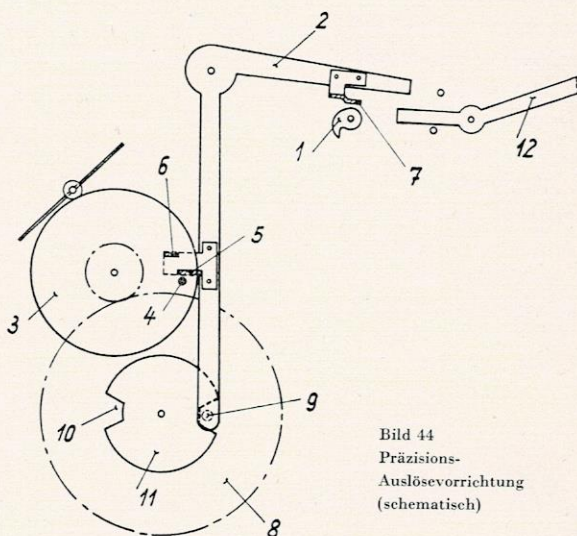


Bild 44
Präzisions-
Auslösevorrichtung
(schematisch)

Uhr darf durch die Auslösevorrichtung nicht oder doch nur äußerst wenig beeinträchtigt werden.

In Bild 44 ist die Präzisions-Auslösevorrichtung der Tu.N schematisch dargestellt. Durch den auf der Steigradwelle sitzenden Exzenter 1 wird einige Sekunden vor dem Ende der jeweils laufenden Minute der Hebel 2 angehoben.

Dadurch kann der im Zwischenrad 3 ange-

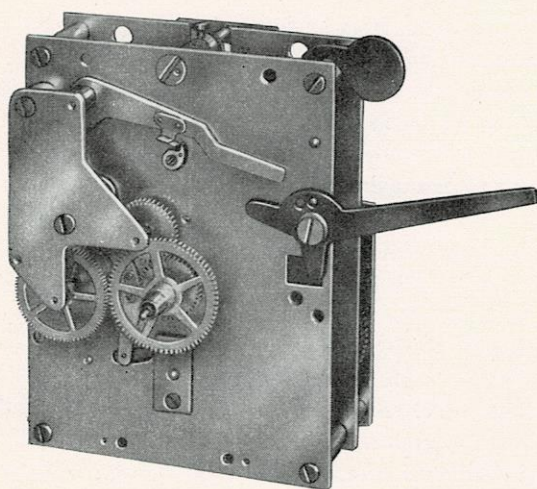


Bild 44 a
Präzisions-Auslösevorrichtung

brachte Stift 4 von der Palette 5 abgleiten und sich an die Palette 6 anlegen. Das Kontaktlaufwerk steht jetzt, wie der Uhrmacher sagt, auf Warnung. Es bleibt in dieser Stellung bis der Exzenter 1 von der Palette 7 abgleitet, was genau zur 60. Sekunde geschieht. Der Stift 4 wird von der Palette 6 freigegeben und das Kontaktlaufwerk kann sich in Bewegung setzen. Das Rad 8 macht eine halbe Umdrehung; dann kann der Hebel 2 mit dem Stift 9 in die Lücke 10 der Scheibe 11 einfallen, wodurch das Kontaktlaufwerk wieder arretiert wird. Soll das Kontaktlaufwerk mehrere Kontakte hintereinander herstellen, was beim Nachstellen der Nebenuhren notwendig ist, so braucht nur der Fortstellhebel 12 heruntergedrückt zu werden. Dadurch wird der Arretierstift 4 freigegeben und das Laufwerk bleibt in Bewegung bis der Fortstellhebel 12 wieder in seine Ruhelage gebracht wird.

Bild 44a zeigt den Einbau der Präzisions-Auslösevorrichtung in das Hauptuhrgehwerk bei abgenommenem Zifferblatt.

Was als Vorzüge der T u.N-Einzeluhren gegenüber anderen Fabrikaten angegeben wurde, das gilt auch für die Hauptuhren.

Außerdem ist bei diesen hervorzuheben:

Stark gebaute, funkenfrei arbeitende, kurzschlußsichere, leicht zugängliche und gegen Verstaubung geschützte Kontaktvorrichtung.

Bequeme und sichere Fortstellung der Nebenuhren, Fortstellbarkeit auch um eine Minute.

Ausschalter für den Nebenuhrenstromkreis und das Aufzugswerk.

Die Signalhauptuhren

Wie eine Einzeluhr durch den Anbau einer Signalvorrichtung zur Signaluhr oder Signaleinzeluhr wird, so wird die Hauptuhr, wenn man ein Signalwerk anbaut, zur Signalhauptuhr.

Es wird bei den T u.N-Signalhauptuhren genau das gleiche Signalwerk verwendet wie bei den Signaleinzeluhren und es sind genau die gleichen Kombinationen möglich wie bei jenen. Die Signalhauptuhren werden ebenfalls mit Sonntagsausschaltung, zwei Stromkreisen, Tagesumschaltung usw. geliefert. Da sowohl das Signalwerk als auch die Hauptuhr schon zur Genüge behandelt wurden, erübrigt es sich, auf die Signalhauptuhr noch einmal besonders einzugehen.

Die Nebenuhren

Es ist ein altes Problem der Uhrentechnik, mehrere oder gar viele räumlich voneinander entfernte Uhren dauernd zu einem übereinstimmenden Gang zu bringen, denn es ist vollkommen unmöglich, zwei oder mehrere Pendel so zu regulieren, daß sie in ihren Schwingungen immer übereinstimmen.

Was aber mit mechanischen Uhren durchaus nicht zu erreichen ist, das gelingt verhältnismäßig leicht mit Hilfe des elektrischen Stromes. Auf einige Eigenschaften des elektrischen Stromes wurde schon hingewiesen. Diejenige Eigenschaft jedoch, die ihn zur Zeitverteilung hervorragend geeignet macht, ist seine schnelle Fortbewegung in Leitungsdrähten. Die Fortbewegung des Stromes in einem stärkeren Kupferdraht beträgt z. B. einige 100 000 km, im eisernen Telegrafendraht 11 700 km, pro Sekunde. Praktisch braucht also der elektrische Strom überhaupt keine Zeit, denn die von einer Zentrale ausgehenden Zeitsignale werden an beliebig vielen Orten von geeigneten Empfängern zur gleichen Zeit aufgenommen.

In kleinen Versorgungsgebieten werden als Empfangseinrichtungen elektromagnetische Schaltapparate verwendet, deren Elektromagnet bei jedesmaligem Stromdurchgang seinen Anker betätigt. Diese Bewegung des Ankers wird dazu benutzt, ein einfaches Räderwerk bei jedem Stromstoß um einen Schritt weiterzubewegen und durch ein Zeigerpaar die Zeit auf dem Zifferblatt einer Nebenuhr anzuzeigen.

Eine Nebenuhr ist also weiter nichts als ein Zählwerk, das die empfangenen Stromstöße zählt. Bekommt ein Nebenuhrwerk in Zeitabständen von je einer Minute 60 Stromstöße, so ist eine Stunde vergangen. Eine Nebenuhr ist demnach keine Uhr im Sinne des Uhrmachers, denn sie besitzt keinen Regulator, kein Pendel und läßt sich also auch nicht regulieren. Sie ist absolut auf die von der Hauptuhr kommenden Stromstöße angewiesen, ohne Hauptuhr ist sie unbrauchbar.

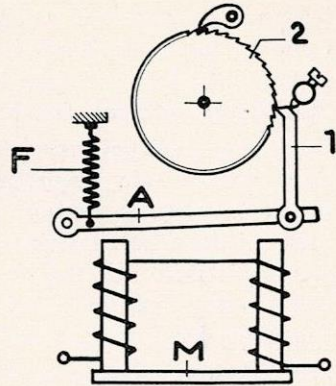
Nebenuhren mit neutralem Magnetsystem

Da eine Nebenuhr einfachster Ausführung mit einem gewöhnlichen Elektromagneten (Bild 45) bei jedem Stromstoß die Zeiger um einen Schritt weiter-schaltet, muß die Kontaktvorrichtung in der Hauptuhr so beschaffen sein, daß Unterbrechungen während eines Stromstoßes nicht auftreten können; denn jede Unterbrechung zerlegt einen längeren Stromstoß in mehrere kleinere, und die Nebenuhr würde statt eines Schrittes mehrere machen und bald beträchtlich vorlaufen.

Es ist nicht erforderlich, daß die Stromstöße nur von der Hauptuhr ausgehen; die Nebenuhr reagiert auf jeden Stromstoß, einerlei wo er herkommt, ob aus einer fremden Stromquelle oder als Induktionsstrom

aus einer anderen Nebenuhr. Sind Freileitungen vorhanden, so können auch atmosphärische elektrische Entladungen die Nebenuhren beeinflussen, d. h. weiterstellen. Eine einheitliche Zeitversorgung ist natürlich mit solchen Nebenuhren, die auf alle möglichen Stromstöße ansprechen, nicht zu erreichen.

Bild 45
Nebenuhrwerk mit neutralem Magnetsystem



Nebenuhren mit polarisiertem Magnetsystem

Ein einwandfreier Betrieb einer Uhrenanlage ist nur mit polarisierten Nebenuhrwerken möglich. Diese sprechen nicht auf jeden beliebigen Stromstoß an, sondern nur auf solche Stromstöße, die außer der erforderlichen Stärke vor allem die passende Richtung haben. Der Anker eines polarisierten Magnetsystems (Bild 46) steht unter dem Einfluß eines permanenten Magnetfeldes oder ist selber ein permanenter Magnet. Der Verlauf der Kraftlinien des permanenten Feldes kann aber durch ein anderes Magnetfeld, z. B. durch das Feld eines Elektromagneten, beeinflusst werden. Das permanente Feld wird bei einem polarisierten Apparat gewöhnlich durch einen Dauermagneten 1 hergestellt und der Elektromagnet 2 wirkt bei Erregung dann entweder verstärkend oder schwächend auf das permanente Feld ein. Ist bei einem polarisierten Magnetsystem der Magnetanker 3 infolge der Magnetisierung durch den Stahlmagneten angezogen, so wird

eine im gleichen Sinne wirkende Magnetisierung der Spulen keine Wirkung auf den Anker hervorbringen. Der Anker wird sich nicht bewegen, er wird nur etwas fester an den Polen haften, aber keinerlei Arbeit ausführen. Daran ändert sich auch bei der Stromunterbrechung nichts, denn das Feld des permanenten Magneten ist kräftig genug, um den Anker festzuhalten. Man kann beliebig viele Stromstöße, starke und schwache, lange oder kurze, durch die Magnet-

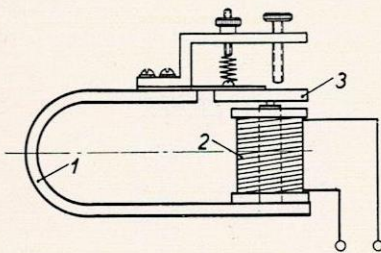


Bild 46
Polarisiertes Magnetsystem

spulen schicken, ohne daß der Anker sich bewegt.

Das wird aber sofort anders, wenn man die Richtung des Stromes so ändert, daß er die Magnetspulen im umgekehrten Sinne durchfließt, also an der bis-

herigen Austrittsstelle ein- und an der Eintrittsstelle austritt. Jetzt erzeugt er in der Spule ein Kraftlinienfeld, das dem permanenten Feld entgegengesetzt gerichtet ist und dieses schwächt oder aber bei entsprechender Stärke ganz aufhebt. Der Magnetanker wird losgelassen.

Bei einem nichtpolarisierten oder neutralen Magnetsystem ist bei stromlosen Spulen kein magnetisches Kraftlinienfeld vorhanden. Es wird erst durch den Strom erzeugt. In bezug auf einen nicht vormagnetisierten Anker jedoch ist es einerlei, welcher Pol des Magnetsystems nord- oder südmagnetisch ist. Bei einem polarisierten Magnetsystem ist dagegen bereits ein Kraftlinienfeld gewöhnlich dauernd vorhanden, das durch Erregung der Spulen beeinflusst, d. h. verstärkt oder geschwächt wird.

Das Arbeiten polarisierter Magnetsysteme ist also nicht nur von der Stromstärke, sondern auch von der Richtung des Stromes abhängig.

Ein nach Bild 46 ausgeführtes Magnetsystem würde in der Praxis nichts taugen, weil der Stahlmagnet das fortwährende Ummagnetisieren auf die Dauer nicht ertrüge. Man muß bei der Konstruktion polarisierter Magnetsysteme darauf achten, daß im permanenten Magneten der Kraftlinienfluß immer in der gleichen Richtung verläuft. Ummagnetisiert darf nur das Elektromagnetsystem werden.

Die neueren Nebenuhren der Tu.N haben keinen Stahlmagneten mehr, sie besitzen einen als Anker ausgebildeten Tromalitmagneten. Die Tromalitmagnete haben eine sehr hohe Koerzitivkraft, so daß die Gefahr der Entmagnetisierung kaum noch besteht und der Anker gleich als permanenter Magnet hergestellt werden kann.

Verschiedene Ausführungen des Ankers

Den Anker kann man in den verschiedensten Anordnungen und Formen verwenden. Am Ende befestigt, führt er eine pendelnde Bewegung aus (Bild 47), in der Mitte gelagert (Bild 47 a) schwingt er um seine Achse, er

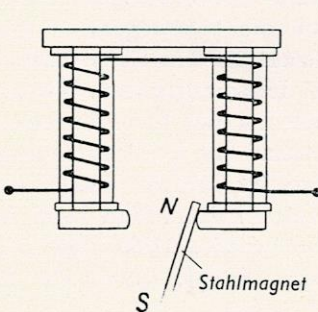


Bild 47
Polarisiertes Magnetsystem
mit pendelndem Anker

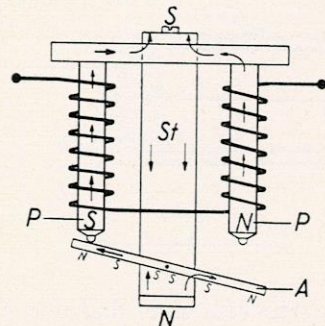


Bild 47 a
Polarisiertes Magnetsystem
mit Schwinganker

kann aber auch so ausgebildet sein, daß er eine im gleichen Sinne fortschreitende Bewegung ausführt (Bild 48). Alle diese Ankerausführungen werden in den polarisierten Nebenuhren verwandt. Man unterscheidet demnach Nebenuhrwerke mit pendelndem, schwingendem und rotierendem Anker.

Es werden auch Nebenuhren mit nichtpolarisierten Systemen verwandt, allerdings nur in sehr beschränktem Maße und hauptsächlich für Sonderzwecke. In Deutschland werden für gewöhnliche Uhrenanlagen und normale Nebenuhren wohl kaum andere als polarisierte Nebenuhren hergestellt, während im Auslande, in England und Frankreich, nichtpolarisierte noch ziemlich zahlreich vorhanden sind.

Um auch nichtpolarisierte Nebenuhren in Uhrenanlagen verwenden zu können, werden mitunter die merkwürdigsten Einrichtungen geschaffen. Es werden z. B. Uhrenanlagen propagiert, bei denen die falschgehenden Nebenuhren stündlich automatisch auf die von der Hauptuhr angezeigte Zeit eingestellt werden. Die Hauptuhr muß demnach mit einer Einrichtung versehen sein, welche schnell aufeinanderfolgende Stromstöße in die Leitung schickt, um die zurückgebliebenen Nebenuhren rasch weberspringen zu lassen. Die Nebenuhren müssen einen Doppelkontakt besitzen, damit sie sich stündlich von der Uhrenleitung abschalten und auf eine besondere Regulierleitung anschalten können. Daß dieses „Uhrensystem“ 3 Leitungen braucht, ist schon bezeichnend genug, daß aber jede Nebenuhr auch noch zwei eingebaute Kontakte besitzen muß, ist bedenklich, wenn man berücksichtigt, daß jeder Kontakt die Ursache einer Störung sein kann.

Vorzüge der polarisierten Nebenuhren

Da polarisierte Nebenuhren nicht nur von der Stromstärke, sondern in erster Linie von der Richtung des Stromes abhängig sind, können sie auch bei mehreren aufeinanderfolgenden Stromstößen gleicher Richtung immer nur einen Schritt machen. Der erste Stromimpuls bringt die Nebenuhr zum Ansprechen, sie macht einen Schritt und alle etwa folgenden Stromstöße bleiben ohne Wirkung, denn jeder Stromstoß könnte nur den Anker umlegen. Da dies aber schon der erste getan hat, bleibt für die folgenden nichts zu tun übrig. Polarisierte Nebenuhrwerke sind demnach gegen Stromunterbrechungen während eines Kontaktes weitgehend unempfindlich, nichtpolarisierte dagegen machen bei Unterbrechungen mehrere Sprünge.

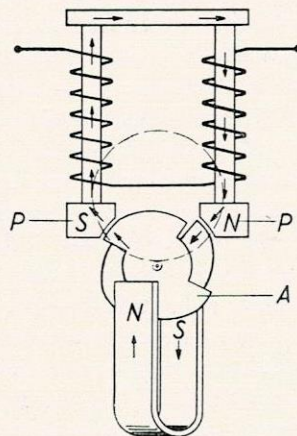


Bild 48
Polarisiertes Magnetsystem
mit rotierendem Anker

Fehler durch Fremdströme

Nebenuhren können auch durch Fremdströme weitergestellt werden, z. B. durch solche atmosphärischer Natur. Nichtpolarisierte Werke behalten ihren Vorsprung, vergrößern denselben noch bei jedem folgenden Fehlstromstoß, während polarisierte Nebenuhren immer nur auf den ersten Stromstoß reagieren und auch nur dann, wenn er die passende Richtung hat. Wenn ein Fremdstrom zufällig in der Richtung stimmt, dann schaltet er auch polarisierte Nebenuhren um einen Schritt weiter, es können also auch polarisierte Systeme einmal einen Schritt gegen die Hauptuhr voraus sein, aber wenn dann nach einigen Sekunden der richtige, von der Hauptuhr ausgehende Stromstoß kommt, dann kann er keine Wirkung mehr ausüben, denn der Anker ist bereits durch den Fremdstrom umgelegt worden. Die polarisierte Uhr geht also nach dem nächsten Kontakt der Hauptuhr wieder richtig, während die nichtpolarisierte ihre Voreilung beibehält bzw. vergrößert.

Fehler durch Extrastrome

Nebenuhren können auch durch Induktionsströme fortgeschaltet werden. Das tritt ein, wenn in der Nebenuhrenleitung Elektromagnete mit hoher Selbstinduktion liegen. Bei induktiven Widerständen, z. B. Magnetspulen, tritt als Fortsetzung des Stromes bei der Unterbrechung der Induktionsstrom, der sog. Extrastrom, auf. Dieser stellt neutrale wie polarisierte Nebenuhrwerke um einen Schritt vor. Die Uhren springen also um zwei Minuten weiter, einmal durch den richtigen Betriebsstrom und bei Aufhören desselben noch einmal durch den Extrastrom, d. h. wenn der letztere stark genug ist. Der Unterschied ist nur der, daß die nichtpolarisierte Nebenuhr das jede Minute macht, während die polarisierte bei passender Stromrichtung zwei Schritte vorwärts springt, in der folgenden Minute aber stehenbleibt. Man wendet, um die Wirkungen der Fremd- und Extrastrome zu verhindern, den Kunstgriff an, daß man den Nebenuhren-Stromkreis überhaupt nicht öffnet, sondern durch die Kontaktvorrichtung kurzschließt. Über die kurzgeschlossenen Kontaktfedern können sich die Fremd- und Extrastrome ausgleichen, ohne die Uhren passieren zu müssen. Aus diesem Grunde ist die Kontaktvorrichtung der Tu.N so gebaut, daß zwischen zwei Kontakten die Nebenuhrenleitungen kurzgeschlossen sind. Zur größeren Sicherheit ist noch bei den Tu.N-Uhren ein induktionsfreier Widerstand 11 (Bild 42) parallel in die Leitung gelegt, über den sich auch Fremdströme ausgleichen können, falls die Kontaktvorrichtung einmal nicht einwandfrei arbeiten sollte.

Nebenuhrwerke der Tu.N

Die Nebenuhrwerke der Tu.N sind alle polarisiert und besitzen einen Anker, der im gleichen Sinne fortschreitet, also nicht eine hin und her gehende, sondern eine rotierende Bewegung ausführt.

Die Tu.N hat für ihre Nebenuhren das System mit rotierendem Anker gewählt, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Es ist technisch richtiger, wenn der Endzweck einer Einrichtung eine rotierende Bewegung ist, gleich eine solche zu erzeugen, wenn es technisch möglich ist, und nicht erst eine hin und her gehende Bewegung hervorzurufen und diese dann in eine rotierende umzusetzen.
2. Der rotierende Anker ist vorzuziehen, weil bei diesem die Übertragung der Ankerbewegung auf die Zeigerwelle in absolut zwangsläufiger Weise einfach durch eine Übersetzung mittels Trieb und Rad geschieht. Bei pendelnden und schwingenden Ankern ist die Übertragung nicht zwangsläufig, da sie durch Schaltklinken und echappementähnliche Einrichtungen erfolgt. Bei solchen Werken ist eine nicht beabsichtigte Differenz zwischen Ankerbewegungen und Zeigerstellung möglich.
3. Bei Nebenuhren mit rotierendem Anker erfolgt das Fortbewegen der Zeiger verhältnismäßig langsam, während bei Pendel- und Schwingankerwerken die Zeiger plötzlich und ruckweise vorwärts geschnellt werden, wodurch unter Umständen ein Verstellen und sogar ein Abbrechen des Minutenzeigers eintreten kann.
4. Richtig ausgeführte Werke mit rotierendem Anker haben einen viel größeren Wirkungsgrad als solche mit pendelndem und schwingendem Anker, d. h., daß bei gleicher zugeführter elektrischer Leistung bei den rotierenden Systemen eine viel größere Arbeit an der Zeigerwelle abgenommen werden kann als bei den anderen Systemen.

Die Leistungsfähigkeit der Nebenuhrwerke beurteilt man nach dem Drehmoment, das an der Minutenzeigerwelle abgenommen werden kann. Man mißt dieses nach cmg, und zwar innerhalb der Spannungsgrenzen, die im normalen Betrieb vorkommen.

Als Anhaltspunkt möge dienen, daß bei der als normal anzusehenden zugeführten Leistung von 0,12 Watt das alte kleine Schwingankerwerk der Tu.N ein Drehmoment von nur 0,25 cmg, ein anderes Fabrikat 0,5 cmg an der Zeigerwelle aufwies. Das Werk der Tu.N mit rotierendem Anker dagegen zeigte bei derselben zugeführten Leistung ca. 65 cmg, neuerdings sogar über 160 cmg, das ältere Werk für Zifferblätter bis zu 2 m Durchmesser ca. 160 cmg. In letzter Zeit sind diese Leistungen durch die Verwendung von Trolamitmagneten noch bedeutend erhöht worden. Bild 49 zeigt das neue Nebenuhrwerk der Tu.N mit rotierendem Trolamitanker. Das an der Zeigerwelle gemessene Drehmoment beträgt ca. 150 cmg.

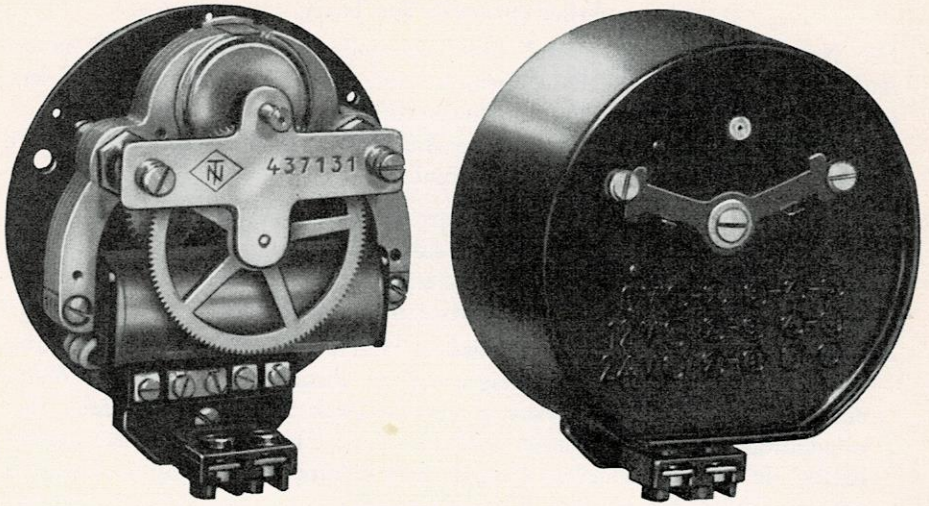


Bild 49
Nebenuhrwerk der Tu.N mit rotierendem Tromlitanke

Unter den rotierenden Nebenuhrwerken gibt es solche mit doppeltem und mit einfachem Anker. Die mit doppeltem Anker sind bei der Verwendung von Hufeisenmagneten vorzuziehen, weil der Wirkungsgrad derselben ein besserer ist, ohne jedoch den Wirkungsgrad der Werke mit Tromlitanke zu erreichen.

Für größere Nebenuhren mit 1 bis 2,5 m Zifferblatt-Durchmesser hat die Tu.N ein größeres Nebenuhrwerk, ebenfalls mit Tromlitanke, heraus-

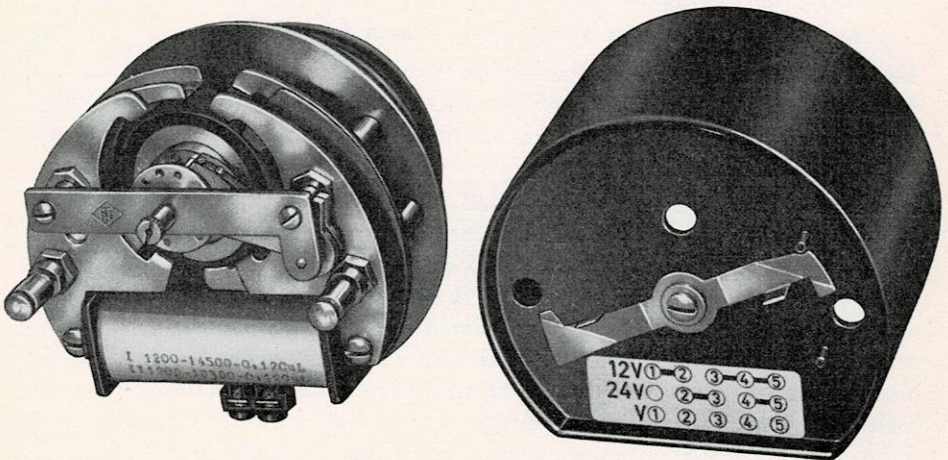


Bild 49 a
Nebenuhrwerk der Tu.N mit Fangvorrichtung

gebracht (Bild 49 a). Dieses Werk ist mit Fangvorrichtung ausgestattet und besitzt ein Drehmoment bis 2000 cmg.

Die Fangvorrichtung

Pendelnde und schwingende Anker müssen zur Begrenzung ihrer Bewegung einen Anschlag finden. Bei rotierenden Ankern findet eine magnetische Einstellung statt, die ein Weiterlaufen des Ankers verhindert. Um auch bei zu kurzen oder zu schwachen Stromstößen den Anker aufzuhalten, besitzen die Uhren mit rotierendem Anker ebenfalls einen Anschlag, den Fanghebel (Bild 50). Dadurch wird zwar eine sichere Begrenzung des Ankerweges

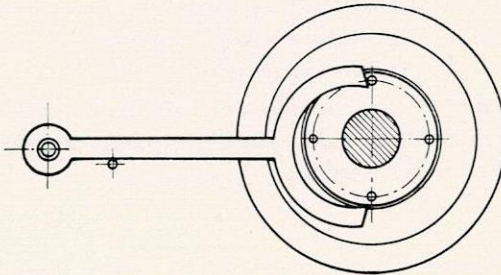


Bild 50
Fanghebel

erzielt, aber auch ein ziemlich starkes Geräusch verursacht. Das ist in Fabrikräumen, im Freien, auch in Büros nicht schlimm, in Schlafzimmern und in manchen Wohnräumen jedoch wirkt das Geräusch, das beim Aufschlagen des Ankers auf den Fanghebel entsteht, störend. Es sind für solche Fälle Uhren ohne Fanghebel zu verwenden.

Die Nebenuhrwerke der Tu.N nach Bild 49 besitzen keinen Fanghebel und arbeiten aus diesem Grunde praktisch geräuschlos. Die größeren Nebenuhrwerke nach Bild 49 a sind mit Fanghebel versehen.

Ausführungsformen der Nebenuhren

Die Nebenuhren sind, da sie kein Uhrwerk sondern nur ein Schaltwerk besitzen, gegen Witterungseinflüsse, unzuverlässige Behandlung usw. unempfindlich. Sie stellen auch an die Beschaffenheit des Raumes nur sehr geringe Ansprüche. Die Wände brauchen nicht erschütterungsfrei zu sein und die Uhr kann auch an schwer zugänglichen Stellen angebracht werden. Dementsprechend werden die Nebenuhren in allen erdenklichen Ausführungen, für Innenräume und fürs Freie, auch mit mehreren Zifferblättern mit und ohne Beleuchtungseinrichtung usw. hergestellt. Es ist unmöglich, alle Ausführungsarten der Nebenuhren hier aufzuzählen. Die Nebenuhren können jedem Zwecke und jedem Wunsche entsprechend hergestellt werden.

Die Signalnebenuhr

Nebenuhren können mit den verschiedensten Nebeneinrichtungen versehen werden, z. B. mit einer Signaleinrichtung.

Die Signaleinrichtung für die Tu.N-Nebenuhren entspricht völlig der für die Pendeluhren, und auch alle die Kombinationen, wie Sonntagsausschaltung, Tagesumschaltung, zwei Stromkreise usw. sind bei den Nebenuhren mit Signaleinrichtung möglich. Die Signalnebenuhren benötigen eine Vorrichtung, welche die Signaldauer abkürzt. Da eine Nebenuhr zwischen zwei Stromimpulsen völlig stillsteht, würde ein Signal auch immer bis zur nächsten Weiterschaltung, also eine volle Minute, bestehen bleiben. Das ist für ein Signal gewöhnlich viel zu lange. Deswegen wird eine Signalnebenuhr mit einem Begrenzungsrelais versehen, das den Signalstrom nach etwa 15 bis 20 Sekunden unterbricht.

Nebenuhrwerke sind es auch, die in Badekontrollanlagen, Redezeit-Kontrollanlagen, in Auslösewerken für Turmuhren, Arbeitszeit-Registrierapparaten usw. verwendet werden.

Elektrische Werte der Tu.N-Nebenuhren

Die Nebenuhren sind, wie bereits ausgeführt wurde, streng genommen keine Uhren, sondern elektrische Schaltapparate oder Empfangsapparate, die die Anzahl der empfangenen elektrischen Stromstöße auf einem Zifferblatt anzeigen.

Die Nebenuhren stehen durch eine aus zwei Drähten bestehende Leitung mit der Hauptuhr in Verbindung. Wie jeder elektromagnetische Apparat, so benötigt auch eine elektrische Nebenuhr zu ihrer Funktion eine gewisse Stromstärke. Die Leitungen für eine elektrische Uhrenanlage müssen so beschaffen sein, daß jeder Nebenuhr die zu ihrer Funktion erforderliche Stromstärke zugeführt wird, oder anders ausgedrückt, daß an den Klemmen der Nebenuhr eine bestimmte Spannung vorhanden ist.

Bei Bestellungen auf Nebenuhren muß immer die Klemmenspannung angegeben werden, wenn die Uhren für Parallelschaltung vorgesehen sind. Bei Uhren für Hintereinanderschaltung muß die Schleifenstromstärke angegeben werden. Die Nebenuhren der Tu.N werden umschaltbar für 6, 12 und 24 Volt, bzw. für 24, 36 und 60 Volt Klemmenspannung gebaut. Die Widerstände der Magnetspulen sind bei 6 Volt = 300 Ohm, bei 12 Volt = 1200 Ohm und bei 24 Volt = 2400 Ohm. Die Stromstärke beträgt demnach bei 6 Volt 20 mA und 10 mA bei 12 und 24 Volt. Neuerdings werden die Nebenuhren normalerweise für 12 und 24 Volt geliefert. Der Widerstand beträgt bei 12 Volt 1000 Ohm und bei 24 Volt 4000 Ohm. Demnach beträgt die Stromstärke bei 12 Volt = 12 mA und bei 24 Volt = 6 mA.

Bei den Uhren, die in Serie geschaltet werden, ist die Stromstärke 340 Milliampere, der Widerstand 1,4 Ohm, die Klemmenspannung 0,476 Volt. Bei hintereinandergeschalteten Uhren liegt gewöhnlich noch ein Widerstand parallel zu den Nebenuhren, über den auch ein Teil des Schleifenstromes fließt, und zwar in einer Stärke von 80 Milliampere, so daß die Schleifenstromstärke 420 Milliampere beträgt, während in der Nebenuhr selbst die Stromstärke 340 Milliampere beträgt.

Der Spannungsverlust durch die Leitung

Kleine Uhrenanlagen werden gewöhnlich mit 6 Volt betrieben, größere mit 12 und noch größere mit 24 Volt. Mit der Klemmenspannung noch höher hinaufzugehen empfiehlt sich nicht, da dann die Wicklung der Magnetspulen in den Nebenuhren mit noch dünnerem Draht ausgeführt werden müßte und die Wicklung dadurch zu empfindlich würde.

Wenn eine Anlage z. B. mit Nebenuhren von 6 Volt Spannung arbeitet, so heißt das nicht, daß die Batterie eine Spannung von 6 Volt hat, sondern daß an den Klemmen der Nebenuhren eine Spannung von 6 Volt vorhanden sein soll. Auf dem Wege vom Stromerzeuger zum Stromverbraucher, also in der Leitung, geht Spannung verloren, da ein Teil derselben gebraucht wird, um den Strom in der benötigten Stärke durch die Leitung zu führen. Die Batteriespannung muß deshalb stets höher sein als die Spannung beim Stromverbraucher. Die Differenz ist der Spannungsverlust. Dieser ist, wie die Spannung, das Produkt aus Stromstärke und Widerstand. Da der Spannungsverlust aus praktischen und ökonomischen Gründen niedrig sein soll, muß man entweder die Stromstärke oder den Leitungswiderstand oder beides möglichst niedrig halten. Aus diesem Grunde arbeitet man bei größeren und ausgedehnten Anlagen mit höherer Spannung, weil man dann mit geringerer Stromstärke auskommt.

Um den Leitungswiderstand niedrig zu halten, bleibt nichts weiter übrig, als verhältnismäßig dicke Drähte zu verwenden. Man nimmt deshalb für die Inneninstallation Kupferdrähte von mindestens 1 mm Durchmesser. Für Freileitungen wird blanker Bronzedraht oder isolierter Hackethalddraht nicht unter 2 mm Durchmesser verarbeitet.

Der Spannungsverlust durch die Batterie

Der Spannungsverlust ist der Unterschied zwischen der Elektromotorischen Kraft EMK (E) des Stromerzeugers und der Klemmenspannung (U) an der Nebenuhr. Er wird hervorgerufen durch den Widerstand des Stromkreises bei Stromdurchgang. Einen Teil des Stromkreises bildet aber auch die Batterie selbst nebst den Verbindungen der einzelnen Elemente unter-

einander. Der innere Widerstand ist bei älteren Elementen mitunter recht bedeutend. So entsteht der größte Spannungsverlust sehr häufig nicht durch die Leitung, sondern durch die Batterie.

Da der Widerstand der Leitungen im allgemeinen unverändert bleibt, der innere Widerstand der Batterie sich aber ständig verändert, und zwar vergrößert, ist eine sorgfältige Wartung und Kontrolle der Stromquelle unerlässlich, wenn eine Uhrenanlage dauernd zuverlässig arbeiten soll.

Die elektrischen Grundeinheiten

Die Einheit der Spannung (Volt), Einheitszeichen V, Formelzeichen E, U

Es sind bisher eine Anzahl technischer Ausdrücke gefallen, die vielleicht dem Elektrouhrmacher oder einem anderen Interessenten nicht immer geläufig sind, auf die er aber bei seiner Tätigkeit immer wieder stoßen wird.

Da ist zunächst die Einheit der Spannung, das „Volt“ zu nennen. Die Spannung, für die man vielleicht verständlicher „Druck“ sagen könnte, ist die Kraft, mit welcher sich die beiden Potentiale einer Stromquelle auszugleichen versuchen. Die Spannung ist die Ursache, daß ein elektrischer Strom in einer Leitung fortbewegt wird, so wie der Druck in einer Wasserleitung die Ursache ist, daß das Wasser in den Röhren weiterfließt. Wie bereits oben ausgeführt, wird die Spannung in „Volt“ gemessen. Es würde zu weit führen, wenn man hier die mathematische Ableitung vom absoluten Maßsystem beschreiben wollte. Als Anhaltspunkt, um einen Begriff von der Spannungseinheit zu geben, sei hier nur gesagt, daß ein gewöhnliches Trockenelement eine Spannung von 1,4 bis 1,5 Volt und ein Bleiakkumulator eine solche von 2 Volt hat. In den gebräuchlichen Lichanlagen beträgt die Spannung 110 und 220 Volt, in Überlandleitungen jedoch mitunter 100 000 Volt und mehr.

Die Einheit der Stromstärke (Ampere), Einheitszeichen A, Formelzeichen I

Die Stromstärke wird in „Ampere“ ausgedrückt. Ein Strom in der Stärke von 1 Ampere (1 A) scheidet in einer Sekunde 1,118 mg Silber aus einer Silberlösung oder 0,328 mg Kupfer aus einer Kupfervitriollösung aus.

Die Einheit des „Ampere“ ist eigentlich nur $\frac{1}{10}$ der wirklichen absoluten Einheit, trotzdem aber immer noch ein sehr großer Wert. In der Schwachstromtechnik, oder, wie man richtiger sagen muß, in der Fernmeldetechnik, rechnet man deswegen gewöhnlich mit dem tausendsten Teil eines Ampere, mit dem Milliampere, geschrieben mA oder A 10^{-3} . Die Stromstärke für eine Nebenuhr beträgt etwa 10 mA.

Die Einheit des Widerstandes (Ohm), Einheitszeichen Ω , Formelzeichen R

Der Widerstand ist das Hindernis, das jeder Leiter dem Durchgang des Stromes entgegensetzt. Er wird in „Ohm“ gemessen. Den Widerstand 1 Ohm hat z. B. ein Kupferdraht von etwa 57 m Länge und 1 qmm (mm^2) Querschnitt.

Das Ohmsche Gesetz

Die drei Größen: Spannung, Stromstärke und Widerstand stehen in sehr einfachen Beziehungen zueinander. Wenn die Spannung z. B. 1 Volt und der Widerstand des Stromkreises 1 Ohm beträgt, so ist die Stromstärke 1 Ampere. Beträgt die Spannung 100 Volt und der Widerstand 1000 Ohm, so ist die Stromstärke $100 : 1000 = 0,1$ Ampere, denn

$$\frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}} = \text{Stromstärke} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}} = \text{Ampere} \quad \text{oder} \quad \frac{U}{R} = I.$$

Ist die Spannung 100 Volt und die Stromstärke 10 Ampere, so ist der Widerstand des Stromkreises 10 Ohm, denn

$$\frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}} = \text{Widerstand}, \quad \frac{U}{I} = R.$$

Um eine bestimmte Stromstärke durch einen bestimmten Widerstand zu leiten, ist eine gewisse Spannung erforderlich, denn

$$\text{Stromstärke} \cdot \text{Widerstand} = \text{Spannung}, \quad I \cdot R = U.$$

Beträgt die Stromstärke 0,1 Ampere, der Widerstand dagegen 1000 Ohm, so ist die erforderliche Spannung

$$0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ Volt.}$$

Sollen durch einen Widerstand von 300 Ohm 2 Ampere geleitet werden, so ist eine Spannung von 600 Volt erforderlich, denn 300 Ohm mal 2 Ampere = 600 Volt. Stehen nur 6 Volt zur Verfügung, also nur der hundertste Teil der Spannung, so bringt diese auch nur den hundertsten Teil der Stromstärke durch den Widerstand hindurch. Die Stromstärke beträgt also im letzteren Falle $6 \text{ Volt} : 300 \text{ Ohm} = 0,02$ Ampere. Man bezeichnet die elektromotorische Kraft mit E , die Klemmenspannung mit U , den Widerstand mit R und die Stromstärke mit I und sagt:

$$\frac{U}{R} = I \quad \text{oder} \quad \frac{U}{I} = R.$$

Diese Formeln stellen das wichtigste Gesetz in der Elektrotechnik, das Ohmsche Gesetz dar.

Praktische Anwendung des Ohmschen Gesetzes

Ein Beispiel möge jetzt noch erläutern, warum man bei ausgedehnten Anlagen die Klemmenspannung der Nebenuhren erhöht. An einer 10 km langen Leitung sollen 20 Nebenuhren betrieben werden. Verwendet man Uhren mit 6 Volt Spannung von je 300 Ohm Widerstand, so haben die Uhren zusammen einen Widerstand von $300 : 20 = 15$ Ohm. Die Stromstärke beträgt für die Nebenuhren zusammen bei einer Klemmenspannung von 6 Volt $6 : 15 = 0,4$ Ampere. Der Leitungswiderstand einer 10 km langen Bronzeleitung beträgt für die Hin- und Rückleitung zusammen etwa 180 Ohm. Um die Stromstärke von 0,4 Ampere durch die Leitung zu bringen, ist eine Spannung von

$$180 \text{ Ohm} \cdot 0,4 \text{ Ampere} = 72 \text{ Volt}$$

erforderlich. Wohlverstanden, 72 Volt werden gebraucht, nur um den Strom durch die Leitung zu schicken. Da aber noch 6 Volt für die Uhren gebraucht werden, muß die Mindestklemmenspannung der Batterie $72 + 6 = 78$ Volt betragen.

Da die Höchstspannung für Fernmeldeanlagen in Deutschland vorläufig noch auf 60 Volt festgelegt ist, dürfte eine solche Uhrenanlage, wie sie in dem Beispiel angenommen wurde, gar nicht ausgeführt werden.

20 Nebenuhren für 24 Volt haben zusammen einen Widerstand von $3000 : 20 = 150$ Ohm. Die Stromstärke beträgt $24 \text{ Volt} : 150 \text{ Ohm} = 0,16$ Ampere. Da der Leitungswiderstand 180 Ohm beträgt, entsteht in der Leitung ein Spannungsverlust von $180 \text{ Ohm} \cdot 0,16 \text{ Ampere} = 28,8$ Volt. Da noch 24 Volt für die Klemmenspannung übrigbleiben müssen, muß die Stromquelle mindestens $28,8 + 24 = 52,8$ Volt Klemmenspannung besitzen. Die Leitung könnte also ausgeführt werden. Man würde dies aber trotzdem nicht tun, sondern versuchen, sich auf andere Weise zu helfen, wahrscheinlich durch ein Relais mit Lokalbatterie.

Die Parallelschaltung

Es dürfte vielleicht auffallen, daß eine 6-Volt-Uhr 300 Ohm Widerstand hat, während 20 Stück davon zusammen nur 15 Ohm haben sollen. Das ist ganz richtig, denn die Uhren sind parallel geschaltet, und bei der Parallelschaltung bildet jeder Stromverbraucher einen zusätzlichen Stromweg. Besteht bei einer Nebenuhr nur ein Stromweg, so sind es bei zwei Nebenuhren 2 und bei 20 Nebenuhren 20 Stromwege. Für jeden dieser Stromwege muß die Stromstärke von 20 Milliampere bereitstehen. Es ist also die Gesamtstromstärke von 0,4 Ampere erforderlich und 0,4 Ampere können bei 6 Volt Klemmenspannung nur auftreten, wenn der Gesamtwiderstand der Stromverbraucher

$$6 \text{ Volt} : 0,4 \text{ Ampere} = 15 \text{ Ohm}$$

beträgt. Bei der Parallelschaltung wird also mit dem Hinzuschalten weiterer Stromverbraucher der Gesamtwiderstand verringert und dadurch die Stromstärke vergrößert.

Die Hintereinanderschaltung

Das Gegenstück hierzu bildet die Hintereinander- oder Serienschaltung. Bei dieser bildet jeder hinzukommende Stromverbraucher nicht einen neuen Stromweg, sondern eine Verlängerung des alten. Liegt in einem Stromkreis eine einzige Nebenuhr von 300 Ohm Widerstand und man schaltet noch eine weitere hinter die erste, man sagt auch in Serie oder in Reihe, so daß der Strom erst die eine, dann die andere passieren muß, so verlängern wir den Leitungsweg und damit den Widerstand auf das doppelte. Die Stromstärke bleibt hierbei die gleiche, denn es ist der gleiche Strom, der beide Uhren durchfließt, aber da der Widerstand doppelt so groß geworden ist, muß auch eine doppelt so hohe Spannung angewandt werden, um die gleiche Stromstärke durch den Stromkreis zu bringen, also 12 Volt. Bei drei hintereinandergeschalteten Uhren muß die dreifache, bei zwanzig die zwanzigfache Spannung angewandt werden. Man würde deshalb schon bei recht wenig Uhren zu unangenehm hohen Spannungen kommen.

Muß man aus irgendwelchen Gründen die Nebenuhren hintereinander schalten, so müssen die Spulen für eine sehr niedrige Spannung eingerichtet sein. Mit anderen Worten: Nebenuhren für Hintereinanderschaltung besitzen einen sehr geringen Widerstand; sie arbeiten aber dafür mit einer verhältnismäßig großen Stromstärke und mit niedriger Klemmenspannung.

Die Nebenuhren der Tu.N für Hintereinanderschaltung haben, wie bereits gesagt, 1,4 Ohm Widerstand und arbeiten mit einer Klemmenspannung von 0,476 Volt, also mit rund 0,5 Volt. Die Hintereinanderschaltung wird häufig bei Stadtuhrenanlagen angewandt, weil dadurch Leitungsmaterial gespart werden kann und außerdem schaltungstechnisch einige Vorteile erzielt werden.

Bei der Parallelschaltung verringert sich bei Hinzuschalten weiterer Stromverbraucher der Widerstand, die Stromstärke erhöht sich und die Spannung bleibt. Bei der Hintereinanderschaltung dagegen vergrößert sich der Widerstand und die Spannung muß erhöht werden, während die Stromstärke bleibt. Das ist der Grund, weshalb man bei Bestellungen auf Uhren für Parallelschaltung die Klemmenspannung und bei solchen für Hintereinanderschaltung die Stromstärke wissen muß.

Es nützt nichts, wenn bei Bestellungen auf Nebenuhren der Widerstand der Uhren angegeben wird, und noch weniger Zweck hat es, wenn bei Uhren für Hintereinanderschaltung die Angabe der Stromstärke nicht

genannt ist, dafür aber als Betriebsspannung 60 Volt angegeben wird. Die Spannung der Batterie ist gänzlich uninteressant, denn nicht diese, sondern nur die Spannung an den Klemmen der Nebenuhren ist maßgebend. Das bezieht sich übrigens nicht nur auf Nebenuhren, sondern auf jeden elektrischen Apparat. Es ist immer nur die Spannung maßgebend, die an den Klemmen des Stromverbrauchers auftritt, und die Spannung des Stromerzeugers muß mindestens gleich sein der Klemmenspannung + dem Spannungsverlust.

Die Gruppenschaltung

In einer elektrischen Uhrenanlage können die Stromverbraucher zum Teil parallel und zum Teil hintereinander geschaltet sein. Daraus entsteht eine Kombination der beiden Schaltungsarten, die Gruppenschaltung. Man kann z. B. in eine Uhrenanlage, in welcher Nebenuhren für 24 Volt parallel geschaltet sind, auch zwei Nebenuhren für 12 Volt hintereinanderschalten oder vier Nebenuhren für 6 Volt. Dagegen kann man nicht zwei für 6 Volt und eine für 12 Volt hintereinanderschalten, denn die Nebenuhren für 6 Volt brauchen eine Stromstärke von 20 Milliampere, während die für 12 Volt 12 Milliampere benötigt und in dem Stromkreis nur 15 Milliampere auftreten würden. Hintereinandergeschaltete Stromverbraucher müssen für die gleiche Stromstärke gebaut sein.

Der Gruppenschaltung wegen sind die Klemmenspannungen so gewählt, daß die nächst höhere Spannung immer doppelt so hoch ist, als die vorhergehende $2 \cdot 6 = 12$ und $2 \cdot 12 = 24$ und $2 \cdot 2 \cdot 6 = 24$.

Der Stromverbrauch der Nebenuhren

a) Die Strommenge

Eine elektrische Stromquelle hat eine gewisse Spannung und kann, dem Widerstand des Gesamtstromkreises umgekehrt proportional, Strom in einer bestimmten Stärke abgeben. Bei der Beurteilung einer Stromquelle, z. B. eines Trockenelementes, kommt es aber nicht nur darauf an, wie stark der Strom ist, den das Element hergeben kann, sondern hauptsächlich darauf, wie lange das Element Strom liefern kann. Gibt ein Element oder ein Akkumulator Strom in der Stärke von 0,5 Ampere eine halbe Stunde lang ab, so beträgt die Stromentnahme 0,5 Ampere. 1800 Sekunden = 900 Amperesekunden. Die Einheit für die Strommenge ist gleich 1 Ampere pro Sekunde, sie wird mit Coulomb oder Amperesekunde bezeichnet. Da eine Stunde 3600 Sekunden hat, stellt ein Strom, der eine Stunde lang in einer Stärke von 1 Ampere der Stromquelle entnommen wird, eine Strommenge von 3600 Coulomb oder 1 Amperestunde dar.

$$\begin{aligned} \text{Stromstärke} \cdot \text{Zeit} &= \text{Strommenge} \\ \text{oder } 1 \text{ Ampere} \cdot 1 \text{ Sekunde} &= 1 \text{ Coulomb} \end{aligned}$$

b) Stromaufnahme der Nebenuhren

Ein Stromverbraucher, z. B. eine 6-Volt-Nebenuhr, nimmt 20 Milliampere auf. Ein Stromstoß dauert ungefähr 1,2 Sekunden. Die Stromstöße erfolgen in Abständen von je einer Minute. Da das Jahr 525 600 Minuten hat, beträgt die Stromaufnahme im Jahr

$$\frac{20 \cdot 1,2 \cdot 525\,600}{1000 \cdot 3600} = 3,5 \text{ Amperestunden. (Ah)}$$

Eine Nebenuhr für 12 Volt nimmt nur 12 Milliampere auf, die Strommenge beträgt deshalb pro Jahr nur 2,1 Amperestunden. Eine Nebenuhr für 24 Volt nimmt 8 Milliampere auf, die Strommenge beträgt deshalb pro Jahr nur 1,4 Amperestunden. Das ist sehr wichtig zu wissen, z. B. für die Berechnung der Ladestromstärke bei Akkumulatoren und bei der Vorausberechnung der Lebensdauer einer Batterie. Man muß sich aber hüten, falsche Schlüsse daraus zu ziehen, denn in der Rechnung ist nicht berücksichtigt, daß im ersten Falle 6 Volt, im letzteren Falle aber 24 Volt erforderlich sind, um die angegebene Stromstärke in den Spulen hervorzurufen.

Die elektrische Arbeit

c) Aufnahme der Nebenuhren

Die Stromstärke ist mit der Spannung zu multiplizieren und das Produkt mit der Zeit, in welcher der Strom fließt. Das Resultat ist die elektrische Arbeit. Die Einheit für die elektrische Arbeit ist die Wattsekunde oder das Joule. 3600 Joule = 1 Wattstunde. Eine 6-Volt-Nebenuhr beansprucht im Jahr 3,5 Amperestunden mal 6 Volt = 21 Wattstunden an elektrischer Arbeit; eine 12-Volt-Nebenuhr 2,1 Amperestunden mal 12 Volt = 25,2 Wattstunden und eine 24-Volt-Nebenuhr 1,4 Amperestunden mal 24 Volt = 33,6 Wattstunden. Die aufgenommene Leistung beträgt bei den Nebenuhren eines bestimmten Fabrikates für 6 Volt 0,12 Watt, bei denen für 12 Volt 0,144 Watt und bei solchen für 24 Volt 0,192 Watt. Für die Nebenuhren der Tu.N gelten folgende Werte:

Spannung 6 Volt Stromstärke 20 Milliampere = Leistung 0,12 Watt

Spannung 12 Volt Stromstärke 10 Milliampere = Leistung 0,12 Watt

Spannung 24 Volt Stromstärke 10 Milliampere = Leistung 0,24 Watt

und neuerdings

Spannung 12 Volt Stromstärke 12 Milliampere = Leistung 0,144 Watt

Spannung 24 Volt Stromstärke 6 Milliampere = Leistung 0,144 Watt

Um auch denen, die nur mit Mark und Pfennigen rechnen, einen Begriff von dem Stromverbrauch der Nebenuhren zu geben, sei auf den Preis des Stromes für Licht verwiesen. Legt man einen Preis von 40 Pf für die Kilowattstunde zugrunde, so würde die elektrische Arbeit pro Jahr für eine

6-Volt-Nebenuhr 0,84 Pf, für eine 12-Volt-Nebenuhr 1 Pf und für eine 24-Volt-Nebenuhr 1,35 Pf, durchschnittlich also rund 1 Pf Stromkosten pro Jahr verursachen. Allerdings ist dabei zu bedenken, daß der durch galvanische Elemente erzeugte Strom sehr teuer ist und die Kilowattstunde etwa 60 DM beträgt.

Akkumulatoren

Größere Uhrenanlagen werden nicht mehr mit Elementen betrieben, da der Betrieb zu unwirtschaftlich werden würde. Man verwendet in diesem Falle Akkumulatorenbatterien, die den elektrischen Strom aufspeichern. Sie bestehen aus zwei präparierten Bleiplatten. Als Elektrolyt dient verdünnte Schwefelsäure. Es findet aber im Akkumulator nicht wirklich eine Aufspeicherung elektrischer Energie statt, ungefähr wie man einen Tank mit Brennstoff füllt, sondern es tritt durch den Ladestrom eine Umformung in den Platten ein, wodurch diese befähigt werden, chemische Energie in elektrische umzusetzen, also Strom abzugeben. Bei der Umwandlung des Stromes in andere Energieformen geht natürlich ein erheblicher Teil, mindestens 25% verloren. Dem Akkumulator kann also immer nur eine geringere Strommenge, als die zugeführte, entnommen werden. Für kleinere Uhrenanlagen können Akkumulatoren verwendet werden, die nach einiger Zeit gegen neu aufgeladene auszutauschen sind. Es sind hierfür Spezialtypen zu verwenden, die sich für langsame Entladung und Wiederaufladung in größeren Zeitabständen eignen. Von dieser Einrichtung wird man nur noch in seltenen Fällen Gebrauch machen, da heute überall Starkstrom zur Verfügung steht und nötigenfalls die Anlage auch mit den heute wieder sehr hochwertigen Trockenelementen betrieben werden kann.

Aufladung der Akkumulatoren

Steht Gleichstrom zur Verfügung, so kann die Wiederaufladung gleich am Platze vorgenommen werden. Ist dagegen Wechselstrom vorhanden, so muß man diesen erst in Gleichstrom umformen. Für stationäre Akkumulatorenbatterien verwendet man Akkumulatoren mit Großoberflächenplatten, weil dann die Zellen in kurzen Zeitabständen aufgeladen werden können.

Dauerladung der Akkumulatoren

Um der Sorge für das Aufladen der Zellen enthoben zu sein, geht man noch einen Schritt weiter und lädt die Zellen nicht in kurzen Zeiträumen, sondern dauernd. Man läßt die Akkumulatorenbatterie über eine geeignete Ladevorrichtung fortwährend mit der Starkstromleitung in Verbindung. Da die Zellen ununterbrochen geladen werden, befinden sie sich immer in betriebsbereitem Zustand. Die Ladung erfolgt mit einer sehr niedrigen Stromstärke,

da ununterbrochen aufgeladen wird und der Strombedarf ohnehin sehr gering ist.

Besteht eine mit 6 Volt betriebene Uhrenanlage z. B. aus einer Hauptuhr und 12 Nebenuhren, so beträgt die Stromstärke für die Nebenuhren rund 240 Milliampere, den minutlichen Stromstoß zu 1,2 Sekunden angenommen, ergibt 12 440 Coulomb im Monat, dazu noch die Strommenge für die Hauptuhr mit 500 Coulomb, macht rund 13 000 Coulomb im Monat. Die Ladestromstärke beträgt demnach einschließlich 25% für Verlust = 6,3 Milliampere. Die Formel zur Errechnung der Ladestromstärke lautet:

$$\frac{I \cdot t \cdot 1,25}{60}$$

t = Zeit in Sekunden, in welcher der Strom I entnommen wird

I = Entladestrom

Akkumulatoren für Dauerladung stellen eine Spezialausführung dar. Sie brauchen nur eine geringe Kapazität zu besitzen, müssen aber viel Elektrolyt, also einen großen Säureraum haben, da die Verdunstung größer ist als bei Akkumulatoren die nur von Zeit zu Zeit aufgeladen werden. Akkumulatoren, die dauernd geladen werden, haben bei richtiger Einstellung der Ladestromstärke immer 2,25 bis 2,3 Volt pro Zelle.

Direkte Speisung der Uhrenanlagen aus dem Starkstromnetz

Uhrenanlagen können auch direkt aus dem Starkstromnetz gespeist werden, vorteilhaft allerdings nur, wenn Wechselstrom vorhanden ist, da nur bei diesem eine völlige elektrische Trennung des Starkstromnetzes vom Schwachstromnetz möglich ist.

Da bei der direkten Speisung aus dem Starkstromnetz beim Ausbleiben des Starkstromes die ganze Uhrenanlage sofort stehen bleibt, hat die Tu.N ein Speisegerät mit einer Ersatzbatterie vorgesehen, die sich automatisch einschaltet, wenn die Lichtleitung stromlos wird. Es gibt also hierbei keine Störung im Uhrenbetrieb; allerdings muß dann auch dafür gesorgt werden, daß sich die Ersatzbatterie dauernd in einsatzbereitem Zustande befindet.

Diese Einrichtung ist der von anderer Seite angebotenen, bei der die Nebenuhren zwar sofort bei einer Stromunterbrechung stehenbleiben und bei Wiedereintritt des Stromes sich wieder auf die richtige Zeit einstellen sollen, entschieden vorzuziehen. Bei diesem System stehen die Nebenuhren beim Ausbleiben des Starkstromes sofort still. Man weiß nicht wie lange schon und wie lange noch. Das Nachspringen der Zeiger auf die richtige Zeit, ist technisch gesehen jedenfalls nur als interessante Spielerei zu bewerten, auf die sich z. B. die Bundesbahn schwerlich einlassen wird.

Die Kraftreserve

Bei diesen Uhrenanlagen muß die Hauptuhr eine Einrichtung besitzen, die sie befähigt, noch eine gewisse Zeit ohne Strom weiterzulaufen. Man bezeichnet eine solche Einrichtung als Gangreserve, obwohl die Bezeichnung Kraftreserve viel richtiger wäre. In elektrischen Uhren mit Gangreserve steht eine Kraft zur Verfügung, die bei Ausbleiben des Stromes die Uhr noch einige Stunden weiter betreiben kann. Der Antrieb der Uhr erfolgt dann entweder durch ein Gewicht oder eine gespannte Feder.

Bei Schwachstromuhren ist eine mechanische Kraftreserve nicht erforderlich. Wenn bei einer Batterie-Einzeluhr die Stromquelle erschöpft ist, so bleibt die Uhr stehen und die Batterie muß gegen eine neue ausgetauscht werden. Starkstrom-Einzeluhren dagegen müssen eine eingebaute Kraftreserve besitzen, besonders dann, wenn mit zeitweiligen Unterbrechungen in der Stromlieferung zu rechnen ist.

In Uhrenanlagen, bei denen sich die Nebenuhren nach einer Stromunterbrechung automatisch auf die richtige Zeit einstellen sollen, ist eine Kraftreserve Bedingung. Da das Nachstellen der Nebenuhren durch die Hauptuhr erfolgen muß, darf diese bei Stromausfall nicht sofort stehen bleiben, sie muß vielmehr durch eine mechanische Kraftreserve noch einige Stunden weiterarbeiten. Wenn während dieser Zeit die Stromunterbrechung behoben wurde, dann wird zunächst die Kraftreserve wieder ergänzt, dann die Hauptuhr aufgezogen und die Nachstellvorrichtung betätigt bis die Nebenuhren die gleiche Zeit wie die Hauptuhr anzeigen.

Durch den Einbau einer Kraftreserve und der Nachlaufeinrichtung wird eine Hauptuhr ein sehr komplizierter Apparat, dessen einziger Vorteil der Wegfall der Batterie ist. Die Kraftreserve überbrückt nur eine verhältnismäßig kurze Zeit die Stromunterbrechung, d. h. daß die Hauptuhr einer Uhrenanlage noch ein paar Stunden weitergeht, alle angeschlossenen Nebenuhren aber sofort stehen bleiben. Beim Stehenbleiben einer Hauptuhr durch einen Werkfehler, durch Verschmutzen, Verharzen des Öles oder einer mechanischen Einwirkung von außen nützt auch eine Kraftreserve nichts.

Die Ersatzbatterie

Nicht allein die Hauptuhr, auch die Batterie kann Störungen im Uhrenbetrieb hervorrufen. Aus diesem Grunde stellt man bei großen Anlagen neben der Betriebsbatterie noch eine gleichgroße Reservebatterie auf, die man einschaltet, wenn die Betriebsbatterie versagt oder aufgeladen werden muß. Das Umschalten der Batterie erfolgt selbsttätig, kann aber auch manuell vorgenommen werden. In der Regel sind die beiden Batterien abwechselnd auf das Netz geschaltet. Während die eine aufgeladen wird, betreibt die andere die Anlage.

Viel vorteilhafter ist der Betrieb einer Uhrenanlage wenn der dazu erforderliche Strom zwar dem Starkstromnetz entnommen, der Uhrenanlage aber nur über eine Batterie indirekt zugeleitet wird. Beim Ausbleiben des Starkstromes tritt keine Unterbrechung im Betrieb ein. Auch die Nebenuhren gehen ungestört weiter. Der Starkstrom kann beliebig lange ausbleiben, denn die Batterie kann den Betrieb der Uhrenanlage wochenlang aufrecht erhalten, während eine Hauptuhr mit mechanischer Gangreserve doch nach einigen Stunden stehen bleibt. Die Batterie stellt eine Kraftreserve dar von einer Dauer wie sie bei einer mechanischen Kraftreserve ganz undenkbar ist.

Die Hauptuhren sind bei diesen Uhrenanlagen viel einfacher, weil die Einrichtung für die Kraftreserve völlig wegfällt; es ist keinerlei Um- und Anbau an der Hauptuhr erforderlich. Trotzdem besteht selbst bei den kleinen Uhrenanlagen der Tu.N durch die vollkommen durchgeführte elektrische Trennung des Nebenuhrenstromkreises vom Aufzugswerk die Möglichkeit, den Aufzug durch eine besondere Stromquelle zu speisen, wodurch man ebenfalls eine, auch vom Nebenuhrenstromkreis unabhängige, beliebig große Kraftreserve erhält.

Die Ersatz-Hauptuhr

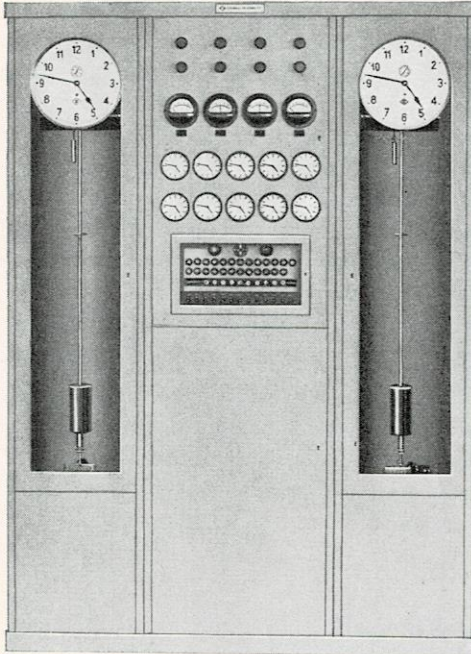
Die Tu.N-Hauptuhren sind Zeitmeßinstrumente die, was die Betriebssicherheit anbelangt, den höchsten Anforderungen entsprechen. Unter normalen Verhältnissen bei fachkundiger Pflege wird eine Tu.N-Hauptuhr niemals zu Störungen Veranlassung geben.

Selbstverständlich unterliegt auch die Tu.N-Hauptuhr dem natürlichen Verschleiß, dem Verschmutzen und Verharzen des Öls, wie jede andere Uhr. Es ist aus diesen Gründen möglich, daß einmal eine Hauptuhr stehenbleibt oder stillgesetzt werden muß. Große Anlagen dürfen aber nicht längere Zeit außer Betrieb gesetzt werden, weshalb man bei wichtigen Uhrenanlagen zwei Hauptuhren aufstellt, von denen die eine als Betriebs-, die andere als Reserve-Uhr dient.

Das Umschalten der Uhrenanlage auf die zweite Hauptuhr erfolgt im Bedarfsfalle völlig automatisch.

Die Uhrenzentralen

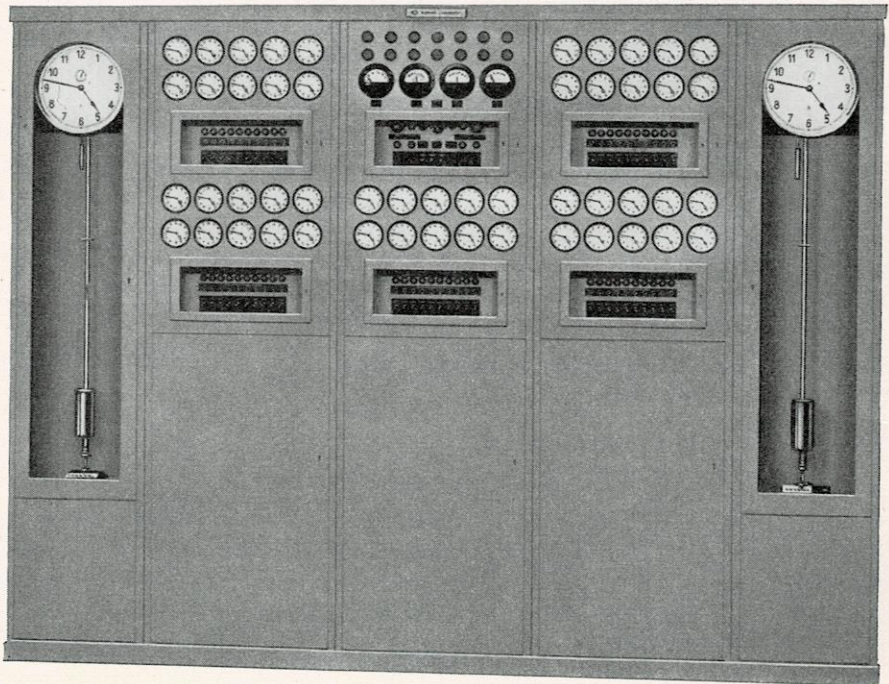
Gewöhnlich baut man die beiden Hauptuhren, die Ladeeinrichtung, die Kontrollinstrumente, Sicherungen, Umschalter, Anzeigelampen und was alles zu einer großen Uhrenanlage gehört, in eine gemeinsame Umrahmung mit Schalttafel ein. Eine solche komplette Hauptuhrenstation bildet eine Uhrenzentrale (Bild 51 a und 51 b). Diese Uhrenzentralen werden in allen Ausführ-



rungen, mit und ohne automatische Umschaltung der Hauptuhren und der Batterien und für beliebig viele Linien hergestellt. Die beiden Hauptuhren müssen dabei so reguliert werden, daß sie möglichst genau übereinstimmen. Da dies Schwierigkeiten bereitet, sind die Uhren mit einer Synchronisierereinrichtung versehen. Durch diese wird das Pendel der Reserveuhr durch die Betriebshauptuhr elektrisch so beeinflußt, daß beide Pendel im gleichen Rhythmus schwin-

Bild 51 a
Uhrenzentrale zum Anschluß von 500
Nebenuhren, aufgeteilt in 10 Linien

Bild 51 b
Uhrenzentrale zum Anschluß von 1000
Nebenuhren, aufgeteilt in 50 Linien



gen. Zu diesem Zweck ist die Betriebshauptuhr mit einem Ein- oder Zweisekundenkontakt, die Ersatzuhr mit einem Synchronisiermagneten, versehen. Die vollkommeneren Uhrenzentralen sind mitunter so eingerichtet, daß auch Störungen in den Leitungen, z. B. Kurzschluß, Unterbrechung, Erdschluß usw. automatisch gemeldet und erfolgte Umschaltungen optisch oder akustisch angezeigt werden. In manchen Fällen wird die Uhrenzentrale direkt mit einer Sternwarte oder einer anderen Zeitdienststelle in Verbindung gebracht.

Uhrenzentralen müssen stets den Anforderungen des Kunden und den bestehenden örtlichen Verhältnissen angepaßt werden. Es ist deshalb dringend zu empfehlen, daß bei größeren Anlagen rechtzeitig ein Techniker der Lieferfirma zu Rate gezogen wird. Zur Aufstellung und Inbetriebsetzung großer Uhrenanlagen mit Uhrenzentralen ist unbedingt ein Spezialist anzufordern.

Nebenapparate

In großen Uhrenanlagen sind fast immer eine Anzahl der verschiedensten Nebenapparate erforderlich. Die Tu.N baut eine große Anzahl solcher den verschiedensten Zwecken dienenden Apparate, sodaß man sagen kann, daß mit einer durch Nebenapparate vervollkommenen Tu.N-Uhrenanlage alles gemacht werden kann, was mit dem Uhrenwesen, dem Zeitdienst und der Zeitlegraphie zusammenhängt.

Relais

Sehr wichtige Nebenapparate sind nicht allein für das elektrische Uhrenwesen, sondern für die gesamte Fernmeldetechnik die Relais. Mit dem Wort Relais wird häufig insofern Unfug getrieben, als einfach alles, was einer Spule ähnlich sieht, als Relais bezeichnet wird.

Das Wort Relais bedeutet eigentlich Vorspann. Es war in der Zeit der Postkutsche für die Vorspann- und Pferdewechselstationen gebräuchlich. Wenn die Pferde der Postkutschen eine gewisse Strecke gelaufen und erschöpft waren, wurden an dazu eingerichteten Stellen neue Pferde ein- oder vorgespannt und es ging dann mit frischen Kräften weiter. Man übernahm den Ausdruck Relais bei der Einführung der elektrischen Telegraphie. Wenn der in einer entfernt liegenden Station ankommende Strom zu schwach war, um den Schreibhebel des Morseapparates zu betätigen, dann schaltete man statt des Morseapparates einen Elektromagneten mit einem leicht beweglichen Anker ein und ließ von diesem einen lokalen Stromkreis mit einer neuen Batterie ein- oder ausschalten.

Ein elektrisches Relais ist also ein durch einen Elektromagneten betätigter Schaltapparat, durch welchen in anderen Stromkreisen Veränderungen des elektrischen Zustandes bewirkt werden.

Es gibt Relais zum Betätigen elektrischer Apparate, für die der ankommende Strom zu schwach ist, die also einfach eine neue Batterie einschalten und andere, die nur dazu dienen, einen empfindlichen Kontakt zu entlasten, einen kurzen Kontakt zu verlängern oder einen langen zu verkürzen. Ferner gibt es Relais, die eine andere Stromart, z. B. Starkstrom einschalten. Es ist unmöglich, alle Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Relaisarten aufzuzählen, zumal es noch eine große Anzahl Spezialrelais und unendlich viele Relaiskombinationen gibt.

Das Schwachstromrelais

Ein einfaches Relais ist z. B. das Schwachstromrelais. Dieses Relais dient dazu, einen anderen Schwachstromkreis zu schließen oder zu unterbrechen. Je nachdem, ob der von dem Relais zu steuernde Stromkreis mit Arbeits- oder Ruhestrom arbeitet, werden die Drähte des sekundären Stromkreises an die eine oder die andere Klemme der Kontaktschrauben angeschlossen. Bild 52 zeigt die Schaltung solcher Relais.

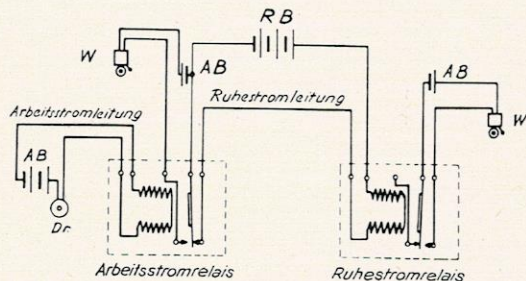


Bild 52
Alarmanlage mit Schwachstromrelais

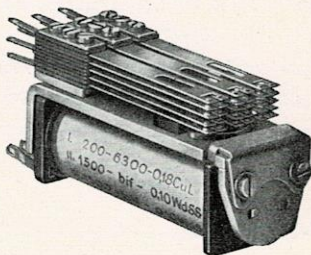


Bild 52 a
Schwachstromrelais

Gewöhnliche Relais wie das Schwachstromrelais werden in Uhrenanlagen nur dazu verwandt, um andere Schwachstromsignalstromkreise ein- oder auszuschalten. Der Grund, daß man solche Relais einschaltet, kann sein, daß die Signalleitung sehr lang ist und infolgedessen wegen des Spannungsverlustes am Empfangsort ein Lokalstromkreis mit Ortsbatterie eingeschaltet werden muß. Es kann auch der Fall eintreten, daß mehrere Stromkreise mit verschiedenen Spannungen oder verschiedenen Stromarten betrieben werden müssen und endlich kann es erforderlich sein, weil durch zu viele Signalapparate der Kontakt der Signaluhr zu stark belastet werden würde.

Das Starkstromrelais

Müssen durch eine Signaluhr große Signalapparate, wie Starkstromhupen, Motorsirenen oder überhaupt Starkstromapparate, z. B. Lampen betätigt werden, so ist immer ohne Rücksicht auf die Leitungslänge ein Starkstrom-

relais (Bild 53) zu verwenden; denn erstens ist der Signalkontakt in der Uhr der Beanspruchung durch Starkstrom nicht gewachsen und zweitens müssen die Starkstrom führenden Leitungen den VDE-Vorschriften entsprechen.

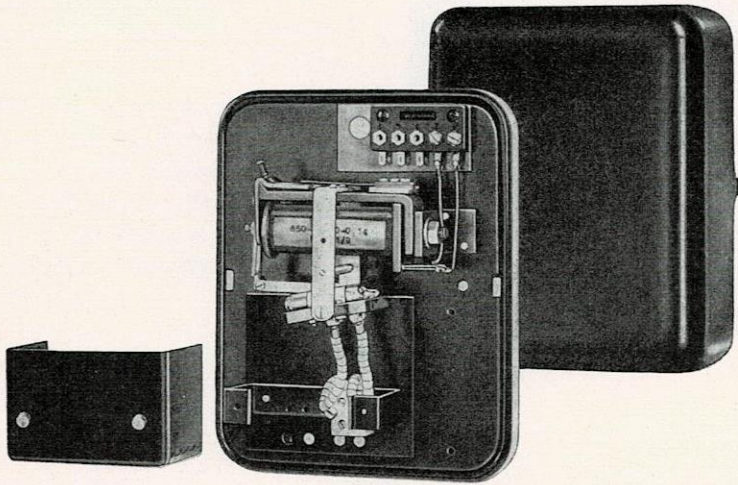
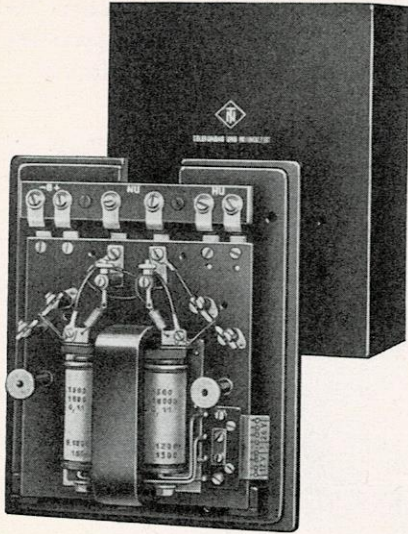


Bild 53
Starkstromrelais

Das Merkmal des Starkstromrelais ist natürlich der Starkstromkontakt. Die Tu.N verwendet immer Quecksilberkontakte. Das sind luftdicht verschlossene, mit zwei oder drei eingeschmolzenen Elektroden versehene und z. T. mit Quecksilber gefüllte Glasröhren, die durch einen Magnetanker so gekippt werden, daß in eingeschaltetem Zustande das Quecksilber eine Brücke zwischen den beiden Kontaktpolen bildet.

Das Uhrenrelais

Ein technisch außerordentlich wertvoller Nebenapparat ist das Uhrenrelais (Bild 54). Dieses Relais dient zur Erweiterung von Nebenuhrenanlagen. Es ist, diesem Sonderzweck entsprechend, polarisiert und mit zwei Ankern versehen, die abwechselnd ansprechen. Das Relais wird in Nebenuhrenanlagen, die mit Gleichstromstößen wechselnder Richtung betrieben werden, angewandt, wenn die Entfernungen so groß sind, daß die Nebenuhren nicht mehr die erforderliche Spannung erhalten. Ferner werden sie verwandt zur Unterteilung großer Uhrenanlagen in mehrere Gruppen, hauptsächlich, wenn diese mit verschiedenen Spannungen



arbeiten und auch wenn es gilt, den Kontakt in der Hauptuhr zu entlasten. In Uhrenzentralen der Tu.N z. B. wird jede Gruppe über ein solches Uhrenrelais betrieben; die Hauptuhr selbst treibt dann überhaupt keine Nebenuhren direkt an.

Bei Verwendung dieser Relais ist keine Umschaltung in der Hauptuhr erforderlich. Das Relais kann vielmehr an jeder Stelle einer Uhrenanlage genau so wie eine Nebenuhr eingeschaltet werden.

Bild 54
Uhrenrelais

Die Relais-Hauptuhr

Damit auch beim Versagen der Hauptuhr in der Uhrenzentrale und bei Leitungsstörungen die Nebenuhren in den etwa vorhandenen Untergruppen in Betrieb bleiben, müssen Unter- oder Relaishauptuhren anstelle der Uhrenrelais oder der Kontaktlaufwerke verwandt werden. Die Untergruppen bilden hiernach ganz selbständige Uhrenanlagen, die nur insofern von der Zentralhauptuhr abhängig sind, als diese die Unterhauptuhren auf irgend eine Weise reguliert oder synchronisiert.

Die Fortstellapparate

Wenn auch die polarisierten elektrischen Nebenuhrwerke mit rotierendem Anker ganz außerordentlich zuverlässig arbeitende Apparate sind, so ist es doch nicht ausgeschlossen, daß aus irgendeinem Grunde eine Nebenuhr die Zeit nicht richtig anzeigt, die Nebenuhr also eine Störung hat. So sagt der Laie. Der Fachmann weiß, daß die Ursache der Störung fast nie in der Nebenuhr liegt, sondern außerhalb derselben zu suchen ist. An der Nebenuhr machen sich die Störungen nur bemerkbar. Fehler in der Stromzuführung und Leitungsfehler wirken sich naturgemäß an der Nebenuhr aus, denn die Nebenuhr kann nicht weiterspringen, wenn aus irgendeinem Grunde der minutliche Stromstoß ausbleibt. Da der nächste Stromstoß die umgekehrte Richtung hat, reagiert die Nebenuhr auch nicht auf diesen und die Folge ist, daß die Nebenuhr nun dauernd zwei Minuten nachgeht. Die Neben-

uhr ist in diesem Falle ganz unschuldig, denn sie kann ja nur auf die Stromstöße reagieren, die sie erhält und die in die Stromrichtung passen. Trotzdem wird aber die Nebenuhr meistens als der Übeltäter angesehen und zur Reparatur in die Fabrik geschickt.

Doch ob nun die Nebenuhr schuld ist oder nicht, auf alle Fälle muß die Ursache der Störung beseitigt und die Nebenuhr wieder richtiggestellt werden. Handelt es sich um eine Innenuhr, so stellt man die Zeiger mit der Hand richtig. Das ist meistens eine Kleinigkeit, umständlich wird die Sache nur, wenn es sich um schwer zugängliche Uhren, z. B. Bahnsteig- oder Turmuhren handelt. Bei solchen Uhren baut man Fortstellapparate in die Leitung ein. Man kann von diesen, natürlich leicht zugänglich angebrachten Apparaten, die zugehörige Nebenuhr bequem richtig einstellen. Die Fortstellapparate (Bild 55 und 55 a) enthalten eine bzw. zwei Fortsteller für eine einseitige oder doppelseitige Uhr.

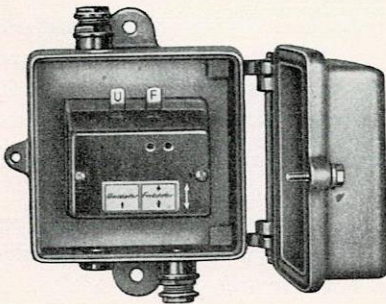


Bild 55
Apparat zum Fortstellen von 1 Nebenuhrwerk

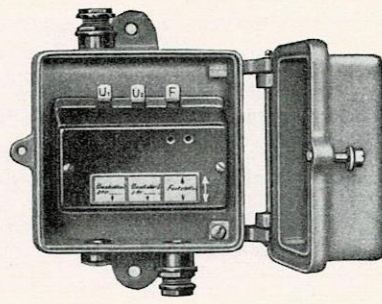


Bild 55 a
Apparat zum Fortstellen von 2 Nebenuhrwerken

Das Mitführen einer kleinen Batterie, es genügt eine Taschenlampenbatterie, ist nur nötig, wenn die Nebenuhren in Serie geschaltet sind. Bei parallel geschalteten Nebenuhren werden die Fortsteller eingebaut. Hier brauchen nur nach Öffnung des Schutzkastens die Schalthebel betätigt zu werden und die zugehörige Nebenuhr springt vorwärts. Erforderlich ist allerdings, daß vorher an der Hauptuhr ein Schalter umgelegt wird.

Kleine Nebenuhren mit freigehenden Zeigern

Früher wurden die Nebenuhren für Innenräume fast ausschließlich mit Deckscheibe geliefert. Durch die fortschreitende Entwicklung der Nebenuhrwerke, wobei man zu einem größeren Drehmoment gekommen ist, hat man diese Bauart fast ganz verlassen. Heute werden für Innenräume zum großen Teil Nebenuhren mit freigehenden Zeigern geliefert.

Große Nebenuhren mit freigehenden Zeigern

Die Nebenuhrwerke der Tu.N sind imstande, Zeiger für Zifferblätter bis zu 2 m Durchmesser und mehr sicher weiterzubewegen. Voraussetzung ist dabei, daß die Zeiger durch eine Glasscheibe abgedeckt sind. Diese Glasscheibe verteuert jedoch die großen Nebenuhren sehr, ganz abgesehen davon, daß die Scheiben, wenn sie zerspringen, leicht Unglücksfälle hervorrufen können. Glasscheiben vor den Zeigern reflektieren mitunter auch das Licht in ungünstiger Weise, so daß zu manchen Zeiten wegen des Blendens die Zeigerstellung nicht erkennbar ist. Man ist aus diesen Gründen gezwungen, die Zeiger bei großen Uhren frei, ohne Schutzglas laufen zu lassen. Freigehende Zeiger müssen aber viel widerstandsfähiger und infolgedessen schwerer sein als solche, die geschützt unter Glas laufen.

Das bedeutende Gewicht der Zeiger erfordert ein viel kräftigeres Zeigerwerk. Auch die Witterungseinflüsse, Wind, Regen und Schnee, setzen oft der Fortbewegung der Zeiger einen erheblichen Widerstand entgegen. Auf alle Fälle können große, freigehende und schwere Zeiger mit einfachen Nebenuhrwerken nicht sicher betrieben werden, die trotz der relativ hohen Leistung doch nur kleine Motoren mit niederm Wirkungsgrad darstellen. Man darf nicht vergessen, daß die Leistungsaufnahme eines Nebenuhrwerkes nur 0,12-0,20 Watt beträgt und der Wirkungsgrad aller kleinen Maschinen außerordentlich gering ist.

Wenn es gilt, große und schwere, den Witterungseinflüssen ausgesetzte Zeiger sicher weiterzubewegen, dann wird das Uhrwerk zur Maschine. Es hört auf, ein kleiner elektrischer Apparat zu sein und entwickelt sich zur regelrechten Antriebsmaschine.

Das Zeigertreibwerk mit direktem Motorantrieb

Man verwendet den Motor zum unmittelbaren Antrieb der Zeiger. Eine solche Anordnung ist einfacher als eine Einrichtung mit Gewichtsantrieb, weil alle Teile für den automatischen Aufzug wegfallen. Bei Antriebswerken dieser Art wird durch die Hauptuhr ein Relais eingeschaltet, das den Stromkreis für den Motor schließt. Die Abschaltung geschieht durch das Antriebswerk selbst, nachdem der Zeiger seinen vorgeschriebenen Weg auf dem Zifferblatt zurückgelegt hat. Nach diesem Prinzip arbeitet das Motorzeigerwerk nach Bild 56.

Da eine mechanische Kraftreserve bei einer solchen Einrichtung nicht möglich ist, können die Zeigertreibwerke der Tu.N durch eine Akkumulatoren-batterie betrieben werden. Dadurch wird eine elektrische Kraftreserve geschaffen, die imstande ist, eine sehr lange andauernde Stromunterbrechung zu überbrücken. Die Akkumulatorenbatterie wird dauernd oder zu bestimmten Zeiten aus dem Netz geladen.

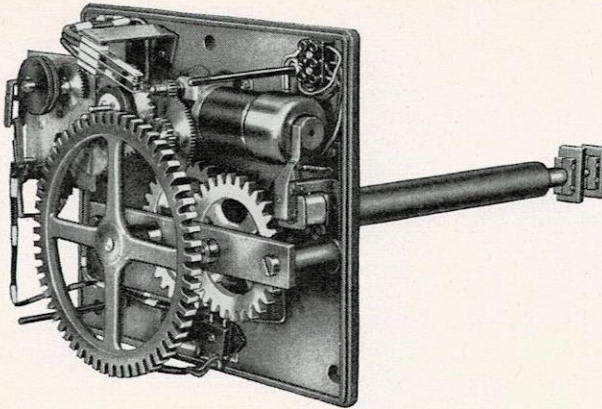
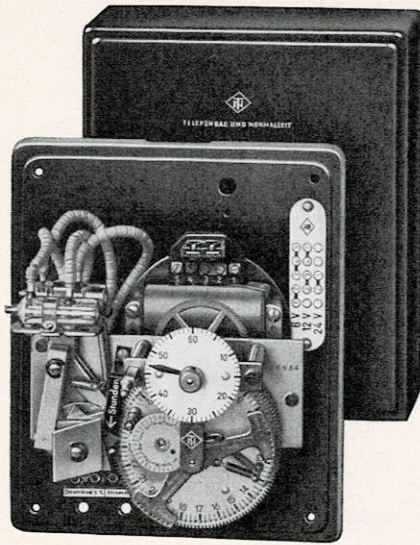


Bild 56
Motorzeigerlaufwerk

Motorzeigertreibwerke mit Nachlaufeinrichtung für den direkten Anschluß an das Starkstromnetz werden ebenfalls hergestellt. Bei diesen Werken bleiben bei Stromunterbrechungen die Zeiger sofort stehen. Nach dem Wiedereintreten des Stromes laufen die Zeiger schnell in die richtige Stellung. Für wichtige Anlagen, deren Nebenuhren dauernd in Betrieb sein müssen, wie z. B. die der Bundesbahn, eignen sich die Motorzeigertreibwerke mit Nachlaufeinrichtung weniger. Für solche Anlagen sind die Motorzeigerlaufwerke für Akkumulatorenbetrieb ohne Nachlaufeinrichtung besser am Platze, weil diese bei Ausfall des Starkstromes ungestört weitergehen.

Das Schaltwerk mit selbsttätiger Verstellung der Schaltzeiten (Astronomische Schaltnebenuhr)

Bei der Besprechung der Signaluhren auf Seite 40 wurde gesagt, daß diese auch zum Ein- und Ausschalten der Schaufensterbeleuchtung benutzt werden können. Die Einschaltzeiten müssen aber häufig verändert werden, denn das Einschalten muß im Sommer später, im Winter früher erfolgen. Das fortwährende Verstellen der Einschaltzeiten ist natürlich sehr lästig und zeitraubend, weil es in der Regel nur vom Fachmann vorgenommen werden kann. Von der Tu.N wurde deshalb schon vor Jahren ein Nebenuhrwerk als Schaltwerk mit selbsttätiger Verstellung der Einschaltzeiten gebaut. Es ist dies die Schaltnebenuhr Bild 57. Dieser Apparat wird wie eine Nebenuhr in die Uhrenleitung eingeschaltet. Er enthält einen Queck-



silber-Starkstromkontakt, der zu den Schaltzeiten umgelegt wird. Das Umlegen erfolgt durch einen Hebel, der sich, durch eine Kurvenscheibe gesteuert, den Jahreszeiten entsprechend verstellt. Gewöhnlich ist nur die Einschaltzeit automatisch verstellbar, während die Ausschaltzeit für die einmal eingestellte Zeit feststeht. Bei der vollautomatischen Schaltnebenuhr verstellt sich jedoch sowohl die Einschaltzeit als auch die Ausschaltzeit selbsttätig.

Bild 57
Schaltnebenuhr

Personensuchanlagen

In größeren Werken, Geschäftshäusern usw. muß häufig z. B. bei einem eintreffenden Ferngespräch die betreffende Person erst gesucht werden. Das Suchen wird durch eine Personensuchanlage sehr erleichtert. Diese besteht aus einem Suchsignalgeber (Bild 58), einer Suchzentrale und einer Anzahl von Suchnebenuhren (Bild 59). Soll jemand gesucht werden, so

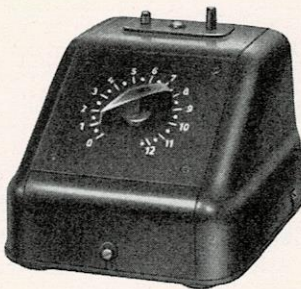


Bild 58
Suchsignalgeber

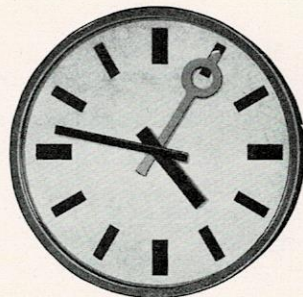


Bild 59
Such-Nebenuhr

wird der Kontaktgeber eingestellt und der 3. Zeiger aller angeschlossenen Suchnebenuhren stellen sich auf die Nummer der verlangten Person ein. Ein akustisches Zeichen macht darauf aufmerksam, daß jemand gesucht wird. Die gesuchte Person begibt sich an den nächsten Telefonapparat und fragt in

der Zentrale, wo sie verlangt worden ist. Die einfachen Zeigerapparate enthalten ein Nebenuhrwerk mit nur einem Zeiger. Mit einer Suchanlage können bis 23 Personen gesucht werden. Die Zeigerapparate werden wie Nebenuhren parallel geschaltet.

Neue Anregungen durch die Praxis

Die besprochenen Apparate sind die am häufigsten verlangten Zusatzeinrichtungen zu elektrischen Uhrenanlagen. Es ist unmöglich, alle Anwendungsmöglichkeiten von Zusatzapparaturen zu elektrischen Uhrenanlagen aufzuzählen und zu besprechen. In der Praxis ist es so, daß täglich neue Anforderungen gestellt werden und neue Probleme auftauchen, die in irgend einer Weise erfüllt oder gelöst werden müssen. Für derartige Anregungen ist die Tu.N immer dankbar.

Arbeitsstrom und Ruhestrom

Bei der Besprechung des Schwachstromrelais Seite 78 wurde gesagt, daß die Drähte für den sekundären Stromkreis an die eine oder die andere Klemme angeschlossen werden, je nachdem ob der vom Relais zu steuernde Stromkreis mit Arbeits- oder mit Ruhestrom arbeitet.

Mit Arbeitsstrom arbeitet der Stromkreis, wenn er nur mit Strom beschickt wird, wenn die in ihn eingeschalteten Apparate arbeiten sollen. Bei Ruhestrom dagegen wird der Stromkreis dauernd vom Strom durchflossen und bei der Stromunterbrechung eine Einwirkung auf die angeschlossenen Apparate erzielt. Ihrer Natur nach sind die meisten elektrischen Anlagen Arbeitsstromanlagen, in der Telegraphie und hauptsächlich im Sicherungsanlagenbau arbeitet man vielfach mit Ruhestrom.

Ein Vorteil der Ruhestromanlagen ist z. B., daß alle in einer Ruhestromschleife liegenden Empfangsapparate von jeder beliebigen Stelle in Betrieb gesetzt werden können. Ferner bietet der Ruhestrom, also der dauernd die Leitung durchfließende Strom, die einfachste und sicherste Kontrolle über den Zustand der Leitungen. Bei Arbeitsstromleitungen ist die Leitung stromlos; wenn eine Unterbrechung eintritt, bemerkt man das gewöhnlich erst, wenn man die Leitung benutzen will, bei Ruhestrom dagegen macht sich eine Leitungsunterbrechung sofort durch das Unterbrechen des Ruhestromes bemerkbar. Es kann dann z. B. ein Magnetanker abfallen, der den Stromkreis für einen Alarmapparat schließt. Wegen der Überwachungsmöglichkeit der Leitungen durch den Ruhestrom werden z. B. wichtige Sicherungsanlagen, Notruf-, Feuer- und Polizeimeldeanlagen immer als Ruhestromanlagen ausgeführt, wobei es natürlich an allen möglichen Kombinationen zwischen Arbeits- und Ruhestrom nicht fehlt.

Uhrenanlagen werden jedoch als Arbeitsstromanlagen ausgeführt, obwohl auch hier Kombinationen mit Ruhestromanlagen nicht ausgeschlossen sind.

Die Starkstromuhren

Die elektrischen Uhren benötigen eine Stromquelle. Die Stromquellen für die elektrischen Uhren wurden bereits ziemlich ausführlich behandelt und dabei gesagt, daß gute Elemente eine brauchbare, richtig konstruierte Einzeluhr jahrelang ohne Störung betreiben können. Der Austausch der verbrauchten Elemente gegen neue ist eine Kleinigkeit. Trotzdem scheuen sich viele Kunden, hauptsächlich Uhrmacher, vor der Verwendung von Elementen.

Diese übertriebene Furcht ist die Ursache, daß vielfach Versuche gemacht wurden, die elektrischen Uhren direkt mit dem Strom aus der Lichtleitung zu betreiben. Das Ergebnis dieser Versuche sind die Einzeluhren mit Starkstromaufzug, kurz Starkstromuhren genannt.

Um dem Verlangen nach Starkstromuhren zu entsprechen, hat die Tu.N vor ca. 30 Jahren eine Starkstromuhr geschaffen. Diese Starkstromuhr fand ihrer Zuverlässigkeit und ihres guten Ganges wegen großen Anklang. Die Fabrikation dieser Uhr wurde aber trotzdem eingestellt, weil sie zu teuer war und die Uhr nur immer an eine Stromart und eine Spannung angeschlossen werden konnte. An ihre Stelle traten die Allstromuhren, die an jede Stromart und normale Spannung angeschlossen werden können und auch preislich günstiger liegen.

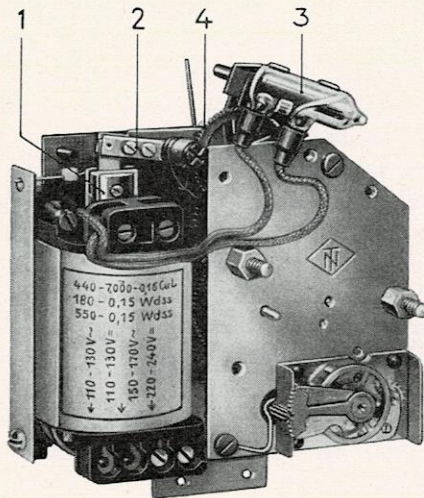


Bild 60
Allstromuhrwerk

Der Aufzug der Allstromuhr (Bild 60) besteht aus einem Solenoiden, der bei Erregung einen gleichzeitig als Antriebsgewicht dienenden Anker 1 hinaufzieht; dabei unterbricht die am Hebel 2 befestigte Quecksilberröhre 3 den Stromkreis. Mittels einer Schaltklinke wird durch das Gewicht des Ankers 1 das Schaltrad 4 angetrieben und die Feder in dem Federhause gespannt. Als Gangregler besitzt die Allstromuhr ein Echappement mit 11 steinigem Ankergang. Die Feder im Federgehäuse ist immer ganz aufgezogen. Wenn der Starkstrom ausbleibt und die Uhr nicht mehr aufgezogen

wird, dann läuft einfach die Feder ab, und die Uhr geht noch ca. 24 Stunden weiter. Die Feder bildet also die fälschlicherweise so genannte Gangreserve. Beim Wiedereintritt des Starkstromes wird die

Feder sofort wieder vollständig aufgezogen. Dann erfolgt der Aufzug, dem Ablauf des Werkes entsprechend, in Abständen von 5-6 Minuten.

Der Kontakt ist ein Quecksilberkontakt. Er besteht aus einer luftdicht zugeschmolzenen Glasröhre, die eine gewisse Menge Quecksilber enthält. Die Glasröhre ist fest, ohne jedes bewegliche Zwischenglied mit dem Magnetanker verbunden. Die stromführenden Teile sind, den VDE-Vorschriften entsprechend, hochwertig isoliert.

Der Stromverbrauch der Allstromuhren ist praktisch gleich Null, denn er beträgt im ungünstigsten Falle nur ca. 2-3 Pf pro Jahr.

Die Ganggenauigkeit ist dank der präzisen Ausführung und infolge der Verwendung eines erstklassigen Schweizer Echappements, sehr gut.

Die Synchronuhren

Zu den Starkstromuhren zählen auch die Synchronuhren, d. h. sofern man an der Bezeichnung „Uhren“ keinen Anstoß nimmt. Synchronuhren sind keine Uhren im uhrentechnischen Sinne, denn sie besitzen keinen Gangregler und sind ohne Anschluß an eine Wechselstromleitung unbrauchbar. Es sind Nebenuhren. Der Generator im Elektrizitätswerk stellt die Hauptuhr dar.

Während aber Nebenuhren mit Gleichstromstößen wechselnder Richtung betrieben werden, wird zum Betrieb der Synchronuhren Wechselstrom aus der Lichtleitung benutzt.

Ein Wechselstrom ist ein elektrischer Strom, der fortgesetzt und in sehr kurzer Zeit gesetzmäßig seine Stromstärke und Richtung ändert. Ein Wechselstrom steigt vom Wert Null auf einen bestimmten Höchstwert und geht zurück auf Null, er steigt dann abermals, jedoch mit negativem Vorzeichen, auf ein Maximum, um wieder auf Null zu fallen (Bild 61). Den ganzen Vorgang, das Ansteigen von Null auf einen Höchstwert, das Abfallen auf Null, das Wiederansteigen auf der anderen Seite und das Wiederabfallen auf Null, nennt man eine Periode, das Ansteigen von Null zu einem Maximum und das Abfallen auf Null ist ein Wechsel. Eine Periode hat demnach zwei Wechsel. Unter Frequenz versteht man die Anzahl der Perioden in einer Sekunde. Eine Periode ist gleich 1 Hertz. Der in Deutschland gebräuchliche Wechselstrom hat 50 Perioden, also 100 Wechsel.

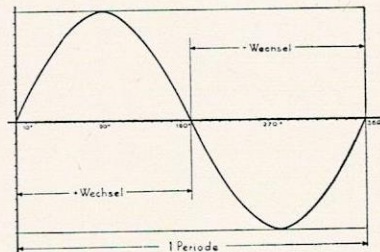


Bild 61
Wechselstromlinie

Wird ein polarisierter Magnetanker in ein durch Wechselstrom erzeugtes Magnetfeld gebracht, so wird er 100 hin- und hergehende Bewegungen oder, wenn er rotieren kann, 100 Drehungen um je 180° ausführen, d. h., daß ein gewöhnlicher, zweipoliger Magnet pro Periode eine Umdrehung macht; das sind in der Minute 3000 Umdrehungen. Diese große Tourenzahl macht die Lagerung der Ankerwelle sehr schwierig und erfordert eine große Untersetzung im Räderwerk.

Vorteilhafter ist es demnach, den Anker mit einer größeren Anzahl von Polen zu versehen, da sich dann die Anzahl der Umdrehungen pro Minute vermindert. Ein Anker mit 30 ausgeprägten Polen macht 200, einer mit 60 Polen nur noch 100 Umdrehungen pro Minute.

$$\frac{\text{Anzahl der Wechsel}}{\text{Anzahl der Pole}} = \text{Umdrehungen des Ankers.}$$

Die Synchronuhr ist also keine Uhr, sondern ein Synchronmotor, der wie jeder Synchronmotor in seiner Tourenzahl absolut abhängig von der Frequenz des Netzes ist. Laufen die Maschinen im Elektrizitätswerk etwas schneller, so erhöht sich die Anzahl der Wechsel und alle angeschlossenen Synchronmotore, also auch alle Synchronuhren laufen entsprechend schneller. Laufen die Maschinen langsamer, so bleiben alle Synchronuhren gegen die richtige Zeit zurück.

Synchronuhren sind folglich nur dort zu verwenden, wo die Frequenz vom Elektrizitätswerk genau eingehalten wird. Wo das nicht der Fall ist, gehen die Synchronuhren vor oder nach. Regulieren läßt sich eine Synchronuhr nicht, denn sie hat keinen eigenen Regulator, sie ist absolut frequenzabhängig.

Synchronuhren ohne Selbstanlauf

Synchronmotore sind frequenzabhängig, sie laufen nur, wenn die Tourenzahl des Ankers, entsprechend der Anzahl der Pole, mit der Frequenz des Netzes übereinstimmt. Ist das aus irgend einem Grunde, z. B. bei Überbelastung, nicht mehr der Fall, dann bleibt ein Synchronmotor stehen. Wird dem stehenden Motor Wechselstrom von der Frequenz 50 Hertz zugeführt, so bleibt der Anker, der wegen seiner Trägheit aus dem Zustand der Ruhe nicht plötzlich eine Geschwindigkeit von einigen hundert Umdrehungen pro Minute annehmen kann, in Ruhe. Synchronmotoren müssen deshalb immer erst angeworfen werden, d. h. der Anker muß durch irgendwelche Mittel erst in Rotation versetzt, er muß auf Touren gebracht werden. Es genügt nicht, wenn der Anker eines Synchronmotors in Rotation versetzt wird, er muß vielmehr auch auf die richtige Tourenzahl gebracht werden und erst, wenn diese mit der Frequenz übereinstimmt, läuft der

Motor durch den Wechselstrom weiter. Wenn die Tourenzahl mit der Frequenz des Netzes übereinstimmt, dann ist, wie man sagt, der Motor „in Tritt“ gebracht worden.

Die Synchronuhren der Tu.N nach Bild 62 sind mit nicht selbständig laufenden Motoren versehen. Der Anker

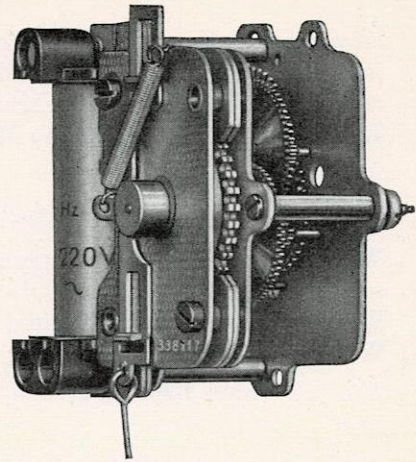


Bild 62
Synchronuhrwerk

wird durch eine einfache Startvorrichtung angeworfen. Durch Ziehen an einem Draht wird eine Feder gespannt, die beim Loslassen mit einer Art Schaltklinke in die Zacken des Ankerrades eingreift und dieses plötzlich anwirft. Der Anker hat 36 Pole, er macht folglich $6000:36 = 166\frac{2}{3}$ Umdrehungen in der Minute. Bei dieser verhältnismäßig langsamen Rotation wird das Lager nicht sehr in Anspruch genommen. Die Bewegungen des Ankers werden durch eine einfache Übersetzung auf die Zeiger übertragen.

Selbstanlaufende Synchronmotoren

Synchronmotoren laufen nicht von selbst an; sie alle benötigen eine Anwurfvorrichtung. Große Synchronmotoren haben einen besonderen Anlaufmotor oder eine besondere Erregung, kleine werden einfach durch Andrehen mit der Hand in Tritt gebracht und aller kleinste durch eine Feder oder dergleichen angeworfen. Das Anwerfen kann auch elektrisch erfolgen und besteht darin, daß der Anker von der Tourenzahl 0 auf einige hundert Umdrehungen gebracht wird. Wenn das auch in sehr kurzer Zeit geschieht, so braucht der Anker aber doch immerhin Zeit, bis er auf Touren kommt. Die Steigerung der Tourenzahl erfolgt also allmählich, unabhängig von der Frequenz und folglich nicht synchron. Daraus folgt, daß jeder Synchronmotor, der elektrisch angeworfen wird, asynchron auf Touren gebracht werden muß.

Bei kleinsten Synchronmotoren, also solchen, wie sie in Synchronuhren verwandt werden, erzeugt man den asynchronen Anlauf durch ein Hilfsfeld des Magneten, dessen Pole geteilt und zur Hälfte mit einem Kupfering versehen sind. Bei der Erregung werden in den Kupferingen verhältnismäßig starke Ströme induziert, die verzögernd auf die Erregung

einwirken. Dadurch wird das Feld verschoben und eilt dem Wechselstrom in der Phase nach. Durch diese Feldverschiebung wird der Synchronmotor asynchron zum Anlaufen gebracht. Sobald der Motor auf Touren und in Tritt gekommen ist, läuft der Motor frequenzgebunden weiter.

Vor- und Nachteile der Synchronuhren

Wie bereits gesagt, gibt es Synchronuhren, die von selbst anlaufen und solche, die dies nicht können. Für Zimmeruhren sind die nicht anlaufenden Werke vorzuziehen, während für unzugängliche Uhren selbstanlaufende Werke vorteilhafter erscheinen.

Synchronuhren haben auf den ersten Blick etwas Bestechendes an sich und erst, wenn man sich eingehender mit diesen Apparaten befaßt, merkt man, daß hier durchaus nicht alles eitel Wonne ist. Der größte Vorteil, den die Synchronuhren haben, ist zugleich ihr größter Nachteil, nämlich das absolut Frequenzgebundene.

Wird die Frequenz nicht dauernd auf 50 Hertz gehalten, so geht die Uhr falsch. Einer individuellen Regulierung ist die Synchronuhr völlig entzogen. Bei jeder Störung in der Stromzufuhr bleibt die Uhr stehen und sie läuft nicht wieder von selbst an. Wenn sie aber mit Selbstanlauf versehen ist, so geht sie nach Behebung der Netzstörung zwar wieder weiter, aber um so viel Minuten zu spät, wie die Unterbrechung gedauert hat. Steht die Uhr, so weiß man wenigstens, daß sie nicht die richtige Zeit anzeigt, läuft sie aber, so kann sie trotzdem in der Zwischenzeit, z. B. in der Nacht, gestanden haben und infolgedessen nachgehen.

Man sagt zwar, daß in großen, gut geleiteten Elektrizitätswerken Störungen so gut wie ausgeschlossen sind, und das trifft auch zweifellos bei vielen Werken zu. Es gibt aber auch Werke, bei denen Störungen an der Tagesordnung sind. Man denkt immer an Gesamtstörungen des Werkes und nicht daran, daß Störungen partieller Natur, Abschaltungen in Straßen oder solche in Häusern auch genügen, um die hinter der Unterbrechungsstelle angeschlossenen Uhren stehen bzw. wieder mit Gangdifferenzen weiterlaufen zu lassen. Das Durchbrennen einer Sicherung, das Ansprechen eines Strombegrenzers genügt, um die dahinter angeschlossene Synchronuhr zum Stehen oder Falschanzeigen zu bringen.

Stromverbrauch der Synchronuhren

Nicht zu vergessen ist bei den Synchronuhren, daß der Strom Geld kostet. Die aufgenommene Leistung beträgt z. B. bei den nicht selbstanlaufenden Werken der Tu.N 1-1,2 Watt, das gibt einen Verbrauch an elektrischer Arbeit von rund 10 Kilowattstunden pro Jahr. In Mark und Pfennigen um-

gerechnet heißt das, daß eine Synchronuhr für DM 4,— Strom pro Jahr verbraucht, die Kilowattstunde zu 40 Pf gerechnet. Die Kosten für den Strom sind, wenn man die Stromkosten für die Starkstromuhren damit vergleicht, sehr hoch, denn mit dem gleichen Stromaufwand kann man mindestens 100 Allstromuhren betreiben.

Die gleiche Zeit auf vielen voneinander entfernten Zifferblättern anzuzeigen, ist auf die Dauer mit Synchronuhren unmöglich, denn irgendwo sind in den großen Starkstromnetzen immer Störungen und Unterbrechungen vorhanden, und durchgebrannte Sicherungen gibt es überall. Synchronuhren werden von der Tu.N noch nicht wieder hergestellt.

Zeitverteilung über große Gebiete

Das beste System, die Zeitangaben einer Hauptuhr in möglichst zuverlässiger Art und Weise über ein größeres Gebiet auf viele Zifferblätter zu verteilen, ist das mit polarisierten Nebenuhren, die von einer Hauptuhr minutlich weiterschaltet werden. Sind die Gebiete für die direkte Verteilung zu groß, so werden die Anlagen in Gruppen unterteilt und diese über Relais oder Unterhauptuhren betrieben. Die Unterhauptuhren werden dann entweder dauernd oder nur in größeren Zeitabständen automatisch durch die Zentralhauptuhr kontrolliert und erforderlichenfalls korrigiert.

Die Kontrolle und Korrektion der Unterhauptuhren kann über die Nebenuhrenleitungen durch den minutlichen Stromstoß oder über Regulierleitungen durch einen besonderen Kontrollstrom erfolgen.

Das Normalzeitsystem

Die Regulierung von Pendeluhren, also auch von Unterhauptuhren, wird auf verschiedene Art und Weise vorgenommen. Bei dem Normalzeitsystem sind die selbständig gehenden Uhren so einreguliert, daß sie nicht dauernd zurückbleiben, da bei diesem System gewöhnlich nur die voreilenden Uhren reguliert werden.

Das schon ziemlich alte Normalzeitsystem ist vor ca. 30 Jahren von der Tu.N modernisiert und umgebaut worden, so daß jetzt auf wesentlich größere Entfernungen als früher reguliert werden kann. Das Schaltschema zeigt Bild 63. Die Uhren werden täglich einmal kontrolliert und erforderlichenfalls richtig gestellt. Das geschieht dadurch, daß zu einer bestimmten Zeit sich jeweils eine Uhr selbsttätig an die Leitung anschaltet. Der Zeitpunkt des Anschaltens wird in der Zentrale auf einem abrollenden Papierstreifen registriert. Nach 30 Sekunden tritt in der zu regulierenden Uhr eine Umschaltung vom Registrierkontakt auf den Reguliermagneten ein.

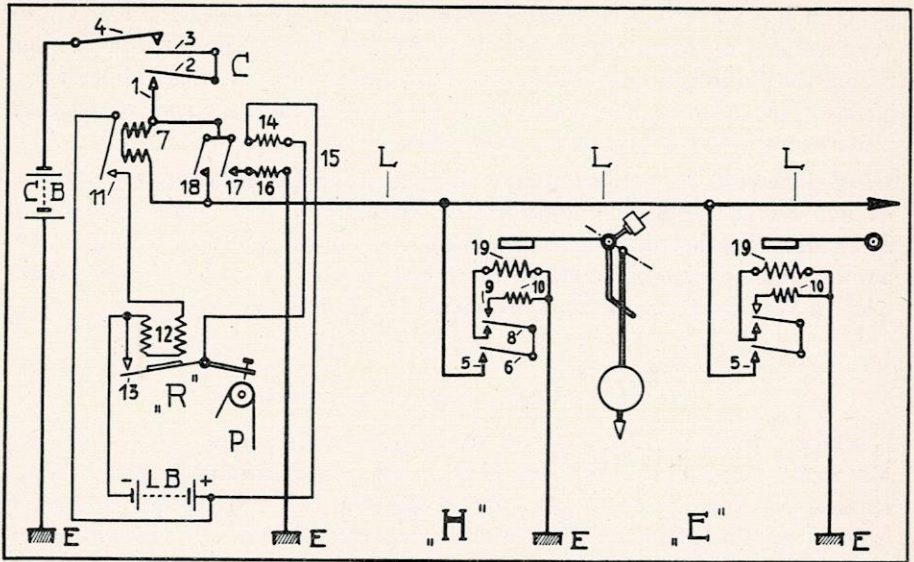
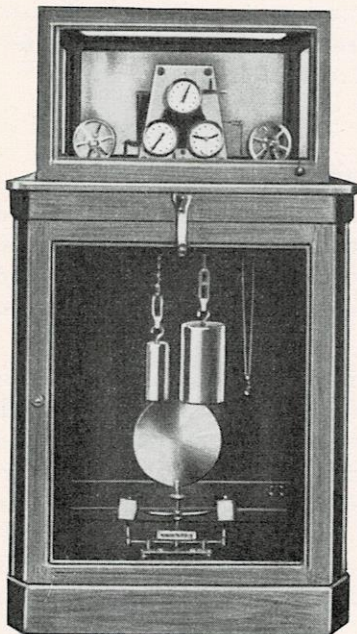


Bild 63
Schaltschema des Normalzeit-Regulierungssystems



Geht die Uhr genau, so fällt der Zeitpunkt des Umschaltens mit der Unterbrechung des Regulierstromes durch die Zentralhauptuhr (Bild 64) zusammen und es geschieht nichts mehr, da ja dann eine Regulierung überflüssig ist. Geht die Uhr aber vor, so zieht der Reguliermagnet die Pendelgabel vom Pendel weg, wodurch das Steigrad arretiert wird, während das Pendel seine Schwingungen ohne Verbindung mit dem Werke fortsetzt. Die Umschaltung auf den Reguliermagneten tritt ein, wenn die zu regulierende Uhr ihre Regulierzeit erreicht hat. Die Abschaltung, also das Stromloswerden des Reguliermagneten, erfolgt,

Bild 64
Zentraluhr für das Normalzeit-Regulierungssystem

wenn die Uhr in der Zentrale die Regulierzeit anzeigt. Zu dieser Zeit erfolgt die Unterbrechung des Regulierstromes, der Reguliermagnet in der zu regulierenden Uhr wird stromlos und die Pendelgabel legt sich wieder an die Pendelstange an. Die regulierte Uhr zeigt jetzt die gleiche Zeit an wie die Zentraluhr, und, da die letztere genau nach der MEZ einreguliert ist, zeigt auch die regulierte Uhr dieselbe Zeit an.

Geht eine zu regulierende Uhr nach, so erfolgt die Umschaltung auf den Reguliermagneten erst, wenn die Zentraluhr den Regulierstrom schon abgeschaltet hat. Eine Erregung des Reguliermagneten und eine Regulierung kann also nicht mehr stattfinden. Durch die Registrierung kann aber in der Zentrale festgestellt werden, wieviel Sekunden die zu regulierende Uhr zurückgeblieben ist, und wenn die Differenz zu groß, oder zu befürchten ist, daß sie sich dauernd vergrößert, muß die Uhr an Ort und Stelle genauer einreguliert werden.

Das Zeigerstellsystem

Eine andere Art der Richtigstellung von Unterhauptuhren ist bei den Uhren angewandt worden, die täglich einmal zu einer festgesetzten Zeit kontrolliert und deren Zeiger erforderlichenfalls richtig gestellt werden. Das typische Beispiel dieser Uhren ist die durch das mitteleuropäische Zeitzeichen regulierte Uhr der Tu.N. Bei dieser wird zu einer bestimmten Zeit, z. B. um 8 Uhr früh, die Steigradwelle verschoben und in die richtige Stellung gebracht, falls die Uhr differiert. Hier erfolgt die Richtigstellung plötzlich bei der Unterbrechung des Regulierstromes. Bei diesem System ist eine Registrierung nicht möglich, da die Korrektur aller an der Leitung liegenden Uhren gleichzeitig vorgenommen wird. Dagegen steht die Leitung, die täglich nur ca. 2 Minuten für die Uhrenregulierung benötigt wird, die ganze übrige Zeit für andere Zwecke, z. B. für die Telegraphie, zur Verfügung. Dieses System erfordert also keine eigenen Leitungen, es eignet sich besonders für die Bundesbahn zur direkten Übertragung des mitteleuropäischen Zeitzeichens über die vorhandenen Telegraphenleitungen auf die Hauptuhren in den Stationsgebäuden. Es ist aber ebensogut für den Anschluß an besondere Regulierleitungen und an Nebenuhrenleitungen geeignet.

Arbeitszeit-Registrierapparate

Zu den elektrischen Uhrenanlagen in Fabriken gehören fast immer Arbeitszeit-Kontrolluhren, durch welche die Anwesenheitskontrolle über die Belegschaft ausgeübt wird.

Jeder Arbeiter sticht beim Kommen und Gehen die Kontrolluhr, wodurch der Zeitpunkt seines Kommens und Gehens registriert wird. Der Ausdruck stechen kommt daher, daß bei den älteren Kontrolluhrensyste- men in eine Papierscheibe oder einen Papierstreifen mit Stundeneinteilung durch einen Hebel oder einen Schlüssel Löcher gestochen wurden.

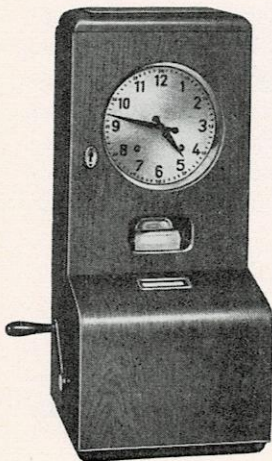
Diese Arbeitszeitkontrollapparate findet man heute nur noch selten. Bewährt haben sich diese Systeme nicht, weil einerseits das Ablesen der Kontrollblätter zeitraubend und schwierig war, andererseits aber die Sicherheit der Kontrolle zu wünschen übrig ließ. Fehlerhafte Stechungen waren nicht mehr zu korrigieren, wurden meist auch gar nicht bemerkt, und das Stechen für andere, nichtanwesende Arbeitskameraden war sehr erleichtert. Differenzen waren bei den Stechapparaten an der Tagesordnung.

Der Arbeitszeit-Registrierapparat Einschreibsystem

Heute verwendet man für die Anwesenheitsregistrierung Einschreibapparate (Bild 65). Bei diesen Apparaten schreibt jeder, dessen Anwesenheit registriert werden soll, seinen Namen auf einen im Registrierapparat eingesetzten Papierstreifen und drückt auf einen Hebel, wodurch die Zeit, der Wochentag oder das Datum, neben die handschriftliche Namenszeichnung gestempelt wird.

Diese Art der Registrierung ist sehr sicher, hauptsächlich ist das Stempeln für einen anderen so gut wie ausgeschlossen, da die gefälschte Unterschrift zu auffällig sein würde.

Die Einschreibregistrierapparate haben jedoch den Fehler, daß sie zu langsam arbeiten. Das Schreiben des Namens nimmt zu viel Zeit in Anspruch.



Sie sind deswegen nur in kleinen Betrieben anwendbar und dann auch nur dort, wo einigermaßen schreibgewandte Kräfte in Frage kommen, also in Büros, Verkaufsläden, Ämtern usw.

Die Arbeitszeitregistrierapparate nach dem Einschreibsystem sind lieferbar:

mit Uhrwerk mit Pendelgang,

elektrischer Regulierung,

Hauptuhreinrichtung,

elektrischer Auslösung und Umstellung auf Pendelgang,

Signalvorrichtung und Selbstaufzug.

Bild 65

Arbeitszeit-Registrierapparat (Einschreibsystem)

Der Arbeitszeit-Registrierapparat Kartensystem

Am meisten verbreitet ist heute der Kartenregistrierapparat (Bild 66). Bei diesen Apparaten hat jeder, der den Apparat benutzen soll eine Karte, die in besonders dafür eingerichteten Kartenkästen aufbewahrt wird. Jeder die Kontrollsperrre passierende Arbeiter nimmt seine Karte von dem einen Kartenkasten, führt sie in den Registrierapparat, drückt auf den Hebel, stempelt dadurch die Zeit und steckt sie in den anderen Kasten. Bei diesem System hat zunächst der Arbeiter selbst eine Kontrollmöglichkeit bezüglich der Richtigkeit der Stempelung. Er wird in seinem eigenen Interesse sofort reklamieren, wenn die aufgestempelte Zeit nicht stimmen sollte.

Differenzen mit der Belegschaft sind bei dem Karten-Registrierapparat in sehr weitgehendem Maße vermieden.

Da jeder Arbeiter seine besondere Karte hat, besteht die Möglichkeit, die Karte auch beliebig auszugestalten. Die Karte kann z. B. in vielen Fällen gleich zur Lohnabrechnung verwandt werden. Sie kann auch der bestehenden Fabrikorganisation angepaßt werden. Die Karte kann für wöchentliche, vierzehntägige, halb- oder ganzmonatige Lohnperioden Verwendung finden. Es kann der täglich einmalige Ein- und Ausgang gestempelt werden, ebensogut aber auch der mehrmalige. Bei den Kartenregistrierapparaten ist es möglich, die anormalen Zeitstempelungen auffällig, in anderer Farbe, zu stempeln, die Stempelungen einfach untereinander oder nebeneinander zu setzen usw.

Das Verschieben der Karte in der Längs- und Querrichtung erfolgt gewöhnlich automatisch. Es gibt die Kartenregistrierapparate auch mit elektrischer Auslösung, mit Hand- oder elektrischem Aufzug. Manche Apparate sind mit eigenem Gehwerk und mechanischem Pendelgang versehen, besitzen aber auch elektrische Auslösung für den Anschluß an eine bestehende Uhrenanlage. Bei etwaigem Versagen der elektrischen Auslösevorrichtung kann der mechanische Pendelgang eingeschaltet werden.

Das Werk einer Registrieruhr hat außer dem Antrieb des Pendels noch eine ganze Anzahl anderer Funktionen auszuführen. Z. B. muß das Gehwerk, das Typenwerk, die Tagesfortschaltung, die Verschiebung des Kartenanschlages, die Farbbandumstellung, die Trichterverschiebung, direkt betätigen oder wenigstens vorbereiten.

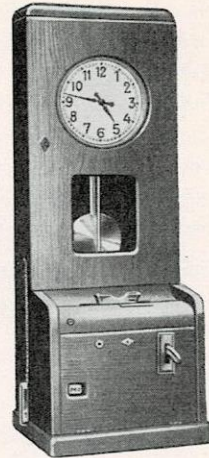


Bild 66
Arbeitszeit-
Registrierapparat
(Kartensystem)

Da alle diese Arbeiten von dem Werk geleistet werden müssen und oft recht unregelmäßig vor sich gehen, arbeitet das Gehwerk einer Arbeitszeit-Registrieruhr mit recht ungleichmäßigem Antrieb. Die Folge davon ist, daß der Antrieb des Pendels nicht gleichmäßig erfolgt und infolgedessen auch an den Gang der Registrieruhren keine allzuhohen Ansprüche gestellt werden dürfen. Aus diesem Grunde ist es besser, die Arbeitszeit-Registrierapparate, wenn irgend möglich, mit elektrischer Auslösung zu versehen und an eine Hauptuhr anzuschließen.

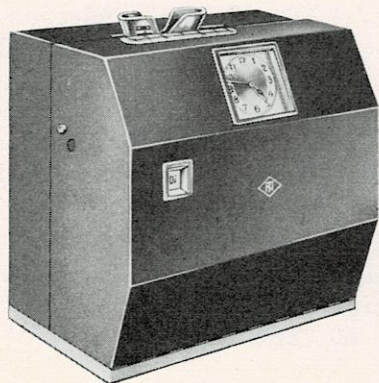
Die elektrische Auslösung ist Bedingung, sobald mehrere Registrierapparate zur Aufstellung gelangen, die natürlich in ihren Zeitangaben übereinstimmen müssen.

Die Umschaltung des Farbbandes, der Kartenanschlagverstellung und der Trichterverschiebung, wird auf einer Stundenscheibe, ähnlich einer Signalscheibe bei Signaluhren, vorgenommen. Das Umstellen der Schaltzeiten erfordert etwas Übung, es kann gewöhnlich nur vom Fachmann vorgenommen werden.

Die Arbeitszeit-Registrierapparate nach dem Kartensystem werden mit Handaufzug, elektrischem Aufzug mit Gangreserve, Synchronmotorantrieb und mit mechanischem Selbstaufzug geliefert.

Die normalen Kartenbreiten betragen 70, 86, 91 und 106 mm. Die Arbeitszeit-Registrierapparate werden auch mit verschiedenen Zusatzeinrichtungen geliefert, z. B. mit minutlicher Auslösung zum Anschluß an elektrische Uhrenanlagen, mit elektrischer Auslösung und Umstellung auf Pendelgang und mit Signalvorrichtung zur Abgabe von Signalen bei Beginn und Ende der Arbeitszeit und der Pausen.

Der vollautomatische elektrische Arbeitszeit-Registrierapparat nach dem Kartensystem



Bei diesem neuen Arbeitszeit-Registrierapparat (Bild 67) erfolgt die Stempelung völlig automatisch. Das Niederdrücken eines Markierhebels ist nicht mehr notwendig. Das Einstecken der Karten in den Trichter bewirkt die automatische Stempelung in das richtige Feld

Bild 67
Vollautomatischer, elektrischer
Arbeitszeit-Registrierapparat

auf der Vorderseite der Karte. Zur Bedienung des Apparates ist nur eine Hand erforderlich. Die Stempelung erfolgt nur, wenn die Karte völlig in den Kartentrichter eingeführt wird. Der elektro-automatische Aufzug besitzt eine 72stündige Gangreserve. Die Bewegung des Kartentrichters erfolgt automatisch.

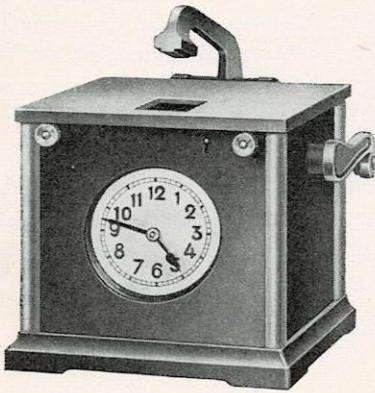


Bild 68
Zeit- und Datum-Stempeluhr

Die Zeit- und Datum-Stempeluhr

Diese Uhren (Bild 68) finden Verwendung zum Abstempeln der ein- und ausgehenden Post, von Quittungen, Fahrscheinen, Eintrittskarten, Arbeitszetteln usw. Sie liefern minutengenaue Zeitaufzeichnungen. Die Bedienung ist sehr einfach. Das zu stempelnde Papier wird unter den Stempelhebel gelegt und der Auslösehebel gedrückt. Der Apparat kann mit Hand- und Starkstromaufzug geliefert werden.

Der Tagesrechner

Der Tagesrechner (Bild 69) ist eine Stempeluhr, mit der z. B. die Zeit des Anfangs und der Beendigung bestimmter Arbeiten auf einer Karte gestempelt werden kann. Der Apparat ermöglicht eine schnelle und richtige Erfassung der Arbeitszeit und dadurch eine zuverlässige Kalkulation und gerechte Lohnabrechnung. Er wird mit Handaufzug, Starkstromaufzug und auch mit Synchronmotorantrieb geliefert. Die Stempelung kann in Hundertstelstunden- und auch in Minutenstempelung erfolgen.

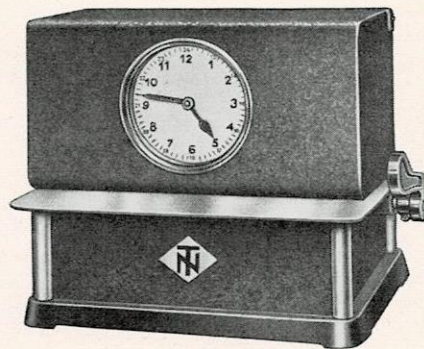


Bild 69
Tagesrechner

Schlußwort

Das was bis jetzt über die elektrischen Uhren gesagt wurde, stellt das zunächst Wissenswerte dar. Es wäre natürlich noch sehr viel, hauptsächlich über die Grundbegriffe der Elektrotechnik, der Elektrizitätslehre und der Uhrenlehre zu sagen, um einen umfassenderen Überblick über das Gebiet der elektrischen Uhren zu gewinnen.

Ein weiteres Eindringen in die Materie dürfte jedoch vorläufig nicht zweckmäßig sein; es wird sich vielmehr empfehlen, das bis jetzt Gesagte erst durch die Praxis etwas erhärten zu lassen. Wer sich erst längere Zeit praktisch mit elektrischen Uhren und Uhrenanlagen beschäftigt hat, der wird selbst am besten merken, wo und an welchen Punkten eine kleine Nachhilfe förderlich ist.

Zur Weiterbildung steht dem Interessenten auf dem Gebiete der Uhrentechnik und ganz besonders auf dem der Elektrotechnik eine außerordentlich reichhaltige Literatur zur Verfügung.

Erklärungen der gebräuchlichen Fachausdrücke

Akkumulator, elektr.

Elektrochemischer Apparat zur Aufspeicherung elektrischer Arbeit.

Allstromuhren

Elektrische Uhren, die sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom der praktisch vorkommenden Spannungen betrieben werden können.

Ampere (A)

Die technische Einheit der Stromstärke. Die Stromstärke 1 A besitzt ein Strom, der aus einer Lösung von salpetersaurem Silber in der Sekunde 1,118 Milligramm Silber ausscheidet.

Amperemeter

Ein Instrument zum Messen der Stromstärke.

Amplitude

Schwingungsweite, z. B. die größte Abweichung eines schwingenden Pendels aus der Mittellage.

Anker (im Echappement)

Der wegen seiner Form so genannte Palettenträger.

Anker (Magnetanker)

Ein zweckmäßig geformtes, im Kraftlinienweg eines Magneten beweglich angeordnetes Stück Eisen.

Ankerwelle

Die in den Ankerhemmungen und Magnetsystemen den Anker tragende Welle.

Arbeitsstrom

Eine elektrische Anlage arbeitet mit Arbeitsstrom, wenn der beabsichtigte Zweck beim Schließen des Stromkreises erreicht wird.

Aufschlagende Anker

Magnetanker, die bei der Erregung des Magneten auf die Magnetkerne oder andere feste Körper aufschlagen, sind wegen des dabei entstehenden Geräusches für Uhren unbrauchbar.

Aufzugsuhren (elektrische)

Uhren, bei denen der elektrische Strom dazu dient, von Zeit zu Zeit ein Antriebsgewicht zu heben oder eine Feder zu spannen, die das Uhrwerk antreibt.

Batterie

Mehrere zusammengeschaltete galvanische Elemente oder Akkumulatoren

Begrenzungsrelais

Ein Relais, durch das ein geschlossener Stromkreis nach einer bestimmten Zeit automatisch unterbrochen wird.

Beisatzrad

Ein vor dem Minutenrad angeordnetes, gewöhnlich der Übersetzung vom Federhaus bis zum Minutenrad dienendes Rad.

Dauermagnet

Ein Magnet, der seinen Magnetismus dauernd behält (permanent Magnet).

Differentialgetriebe

Rädergetriebe, bei denen ein umlaufendes Rad (Planetenrad) so in zwei andere Zahnräder (Sonnenräder) eingreift, daß sich diese in sehr verschiedener Weise drehen können.

Drehmoment

Das Produkt, aus der an einem bestimmten Punkt eines Hebels angreifenden Kraft mal der Entfernung dieses Punktes vom Drehungspunkt des Hebels. Das D. ist demnach keine Kraft, sondern eine Arbeitsgröße.

Drehspulinstrumente

Meßinstrumente, bei denen eine Drahtspule in einem magnetischen Felde schwingt. D. sind nur für Gleichstrom brauchbar.

Dreiviertel-Sekundenpendel

Ein Pendel, das in $\frac{3}{4}$ Sekunden eine Halbschwingung ausführt.

Echappement

Die Einrichtung in Uhren, die dem Steigrad nur ein schrittweises Weitergehen gestattet. Echappieren = entwischen, durchgehen.

Einzeluhr (elektrische)

Eine elektrisch angetriebene Uhr, die weder andere Uhren betreiben kann, noch von anderen Uhren abhängig ist.

Elektrolyt

Die Erregerflüssigkeit in galvanischen Elementen, z. B. die Salmiaklösung in Braunstein-Elementen und die verdünnte Schwefelsäure in Akkumulatoren.

Elektromagnet

Ein mit einer Magnetisierungsspule versehenes, zweckentsprechend geformtes Stück weichen Eisens, das bei Erregung der Spule magnetisch und bei der Stromunterbrechung wieder unmagnetisch wird.

Elektromagnetismus

Der durch den elektrischen Strom erzeugte vorübergehende Magnetismus.

Elektromotorische Kraft (EMK)

Die offene Spannung; die Spannung, die an den Klemmen einer Stromquelle gemessen wird, wenn diese keinen Strom abgibt.

Entladestrom

Auch Sekundärstrom genannt; der Strom, der einem Akkumulator oder einem Kondensator entnommen wird.

Erdschluß

Die Berührung eines stromführenden Leiters mit der Erde.

Extrastrom

Der Strom, der durch Selbstinduktion in der eigenen Strombahn beim Schließen und Öffnen des Stromkreises entsteht.

Fangvorrichtung

Eine Vorrichtung, die in Nebenuhren mit rotierendem Anker das Weiterlaufen des letzteren über den vorgeschriebenen Weg hinaus verhindert.

Fernmeldeanlagen

Elektrische Anlagen, bei denen es sich um die elektrische Fernmeldung (Übertragung) von Vorgängen, Wahrnehmungen, Willens- oder Gedankenäußerungen handelt (VDE).

Fortstellvorrichtung

Eine Vorrichtung, um die in einer Uhrenanlage befindlichen Nebenuhren schnell weiterstellen zu können.

Fremdstrom

Ein aus einer nicht zum Stromkreis gehörigen Stromquelle stammender Strom.

Frequenz

Die Anzahl der Perioden in der Sekunde. Die Einheit der F. ist das Hertz.

Fünfminutenscheibe

In Signaluhren eine Scheibe, die sich gewöhnlich in einer Stunde einmal umdreht und mit Einschnitten versehen ist, deren Abstand voneinander dem Wege von fünf Minuten entspricht.

Funkenbildung

Das Entstehen des beim Unterbrechen eines Stromkreises an der Unterbrechungsstelle auftretenden Öffnungsfunkens.

Funkenlöschung

Die Unterdrückung des Öffnungsfunkens.

Galvanische Elemente

Apparate, die chemische Energie in elektrische umwandeln.

Gang

Man bezeichnet damit 1. die Abweichung einer Uhr in einem gewissen Zeitraum von der richtigen Zeit, 2. das Echappement einer Uhr, z. B. Ankergang, Stiftengang, Grahamgang usw.

Gangdifferenz

Die Abweichung in der Zeitangabe einer Uhr von der richtigen Zeit. Siehe Ganggenauigkeit.

Ganggenauigkeit

Die Abweichung in der Zeitangabe einer Uhr von der richtigen Zeit in einem bestimmten Zeitabschnitt.

Geerdeter Leiter

Ein Leiter, der betriebsmäßig mit der Erde in leitender Verbindung steht.

Gegengesperr

Eine Vorrichtung in Gewichtsuhrn, die das Stehenbleiben der Uhr während des Aufziehens verhindert.

Gehwerk

Das Räderwerk einer Uhr, das die Schwingungen des Pendels oder einer Unruh unterhält und durch diese geregelt die Zeiger antreibt.

Gesperr

Eine, gewöhnlich aus einem Sperrad und Sperrkegel bestehende Vorrichtung, die dem Sperrad nur eine Bewegung in einer Richtung gestattet.

Gleichrichter

Ein Apparat, der zur Umformung des Wechselstromes in Gleichstrom dient.

Gleichstrom

Ein elektrischer Strom, der dauernd in der gleichen Richtung fließt.

Grahamgang

Die gebräuchlichste Hemmung in besseren Pendeluhrn.

Halbschwingung

Der Weg eines schwingenden Pendels von einem Umkehrpunkt bis zum andern.

Hauptuhr

Eine Uhr, die mit einer Kontakteinrichtung zum Betrieb elektrischer Nebenuhrn versehen ist.

Hebfläche

Die schräge Fläche an den Paletten eines Ankers, an der die Zähne des Steigrades entlang gleiten und dadurch dem Anker, bzw. dem Pendel einen Antrieb erteilen.

Hemmung

Die Vorrichtung in einer Uhr, durch die der schnelle Ablauf des Räderwerkes verhindert wird.

Hertz

Die Einheit der Frequenz.

Hintereinanderschaltung

Die Schaltung, in welcher der Strom die Stromverbraucher und andere Schaltelemente der Reihe nach durchläuft; daher auch Reihenschaltung und Serienschaltung genannt. Elemente sind hintereinander geschaltet, wenn immer der Pluspol des einen mit dem Minuspol des nächsten verbunden ist.

Hufeisenmagnet

Ein Magnet, der hufeisen- oder U-förmig gebogen ist, um den Kraftlinien den Weg durch die Luft zu verkürzen.

Impuls

Anstoß, Antrieb.

Induktionsfreier Widerstand

Widerstand, in dem bei Stromdurchgang die entstehenden magnetischen Kraftlinien in ihrer Wirkung aufgehoben werden.

Isolatoren

Nichtleiter, Isolatoren sind z. B. Gummi, Seide, Baumwolle, Lack, Hartgummi, Glas, Porzellan, trockene Luft usw.

Joch

Der die Magnetkerne verbindende feste Eisenteil des Magnetgestells.

Klebbleche

Dünne Blechstreifen aus unmagnetischem Material zwischen Anker und Magnetkern um das Kleben zu verhindern.

Klebstifte

In den Magnetkern oder den Anker eingesetzte Messing- oder Kupferstifte. (Siehe Klebbleche.)

Klemmenspannung

Die an den Klemmen eines elektrischen Apparates bei Stromdurchgang vorhandene Spannung.

Klingeltransformator

Ein kleiner Transformator, der primärseitig an das Wechselstromnetz von 120 oder 220 Volt Spannung angeschlossen wird und sekundärseitig 5–20 V abgibt, die zum Betrieb von Fernmeldeanlagen dienen, sofern sie mit Wechselstrom betrieben werden können.

Kohlepol

Bei galvanischen Elementen der Pluspol.

Kompensationspendel

Ein Pendel, das so konstruiert ist, daß die durch den Temperaturwechsel hervorgerufenen Veränderungen der Pendellänge ausgeglichen (kompensiert) werden.

Kontakt

Eine Vorrichtung zum Schließen und Öffnen eines Stromkreises. Kontakt-Berührung.

Kontaktfahne

Der in vielen Kontaktvorrichtungen elektrischer Uhren vorhandene, bewegliche, oft rotierende Kontaktteil.

Kontaktlaufwerke

Mechanische Laufwerke, die Kontakte schließen und öffnen.

Körperschlußfrei

Ein elektrischer Apparat, bei dem das Gestell nicht mit stromführenden Teilen in leitender Verbindung steht, ist körperschlußfrei.

Kraftreserve

Eine Einrichtung in elektrischen Uhren, wodurch diese bei Ausbleiben des Stromes befähigt werden noch einige Zeit weiterzulaufen. Fälschlicherweise oft Gangreserve genannt.

Kupplungsfeder

Ein federndes Werkteil zur Verbindung zweier mechanischer Werke, z. B. bei den Tu. N.-Uhren des Aufzugswerkes mit dem Gehwerk.

Kurzschluß

Die Berührung zweier strom- und spannungsführender Leiter entgegengesetzter Polarität, so daß ein Stromkreis von recht geringem Widerstand entsteht und die Stromstärke eine unzulässige Größe erreicht.

Ladeeinrichtungen

Apparate, die zum Aufladen von Akkumulatoren bestimmt sind und die geeignete Nebenapparate wie Schalter, Widerstand, Meßinstrument usw. besitzen.

Leiter

Stoffe, auf denen sich die Elektrizität ausbreiten kann.

Luftdruckkompensation

Eine Einrichtung bei Präzisionspendeln, durch welche die auf den veränderlichen Luftdruck zurückzuführenden Gangänderungen ausgeglichen werden.

Luftspalt

Der Abstand zwischen dem Magnetanker und den Polschuhen.

Magnetgestell

Das aus dem Joch, den Magnetkernen, den Polschuhen und mitunter dem Anker bestehende Gerüst des Magneten.

Magnetsystem (neutrales)

Zusammengesetzter Magnet, dessen Anker nicht vormagnetisiert ist und dessen Ansprechen von der Stromrichtung unabhängig ist.

Magnetsystem (polarisiertes)

Zusammengesetzter Magnet, bei dem der Anker vormagnetisiert ist und dessen Ansprechen von der Stromrichtung abhängig ist.

Mantelmagnet

Elektromagnet, dessen Spule außen mit einer eisernen Hülle umgeben ist. (Siehe Topfmagnet).

Maßeinheiten (elektrische)

Stromstärke	= I = 1 A = 1 Ampere
Elektrizitätsmenge	= Q = 1 C = 1 Coulomb
Elektromotorische Kraft	= E = 1 V = 1 Volt
Elektrische Spannung	= U = 1 V = 1 Volt
Widerstand	= R = 1 Ω = 1 Ohm
Kapazität	= C = 1 F = 1 Farad
Elektrische Leistung	= Ne = 1 W = 1 Watt

Milliampere

Der tausendste Teil eines Ampere (0,001 A).

Minuspol

Bei galvanischen Elementen der Zinkpol, der negative Pol.

Minutenrad

Das Rad, das gewöhnlich auf der Zeigerwelle sitzt und in einer Stunde einen Umlauf macht.

Motorzeigerlaufwerk

Ein mit einem Motor versehenes Antriebswerk für große, freigehende Zeiger.

Nachlaufeinrichtung

Eine Einrichtung, durch die infolge von Netzstörungen zurückgebliebene Nebenuhren und Motorzeigerlaufwerke selbsttätig auf die richtige, bzw. auf die Zeit der Hauptuhr eingestellt werden.

Nebenuhren

Elektrische Zeigerwerke, die von einer Hauptuhr gesteuert werden.

Nebenuhren (polarisierte)

Mit einem polarisierten Magnetsystem ausgestattete, von einer elektrischen Hauptuhr mittels polwechselnder Gleichstromimpulse gesteuerte elektrische Zeigerwerke.

Negativer Pol

In galvanischen Elementen der Zinkpol.

Netzanschlußapparat

Ein Apparat, der primärseitig an das Starkstromnetz angeschlossen, sekundärseitig Gleichstrom von niedriger Spannung abgibt.

Nichtleiter

Stoffe, auf denen sich die Elektrizität nicht ausbreiten kann.

Nickelstahlpendel

Ein Pendel, dessen Stange aus einer Legierung von 64,3% Stahl und 35,7% Nickel besteht. Das bekannteste N. ist das Rieflerpendel.

Normalzeitsystem

Ein Zeitverteilungssystem, bei dem selbständig gehende Uhren an ein Leitungsnetz angeschlossen sind und über dasselbe von einer Zentrale aus in bestimmten Zeitabständen richtiggestellt werden.

Ohm (Ω)

Die technische Einheit des Widerstandes. Den Widerstand 1 Ohm hat eine Quecksilbersäule von 1063 mm Länge und 1 mm² Querschnitt bei 0°.

Ohmsches Gesetz

Die Spannung U ist gleich dem Widerstand R multipliziert mit der Stromstärke I .
 $U:R=I$ oder $U:I=R$ oder $U=R \cdot I$.

Paletten

Die kleinen im Anker befestigten kreisbogenförmigen Klauen, die in das Steigrad eingreifen.

Pendel (freischwingendes)

Ein (ideales) Pendel, dessen Schwingungen durch keinerlei schädliche Einflüsse gestört werden.

Pendel (mathematisches)

Ein um einen festen Aufhängeort schwingender, an einem gewichtslosen Faden hängender, durchmesserloser, schwerer Punkt.

Pendel (physisches)

Das praktisch ausführbare, aus Pendelstange und Pendelkörper bestehende Pendel.

Pendelantriehsuhren (elektrische)

Uhren, bei denen das Pendel direkt durch einen Magneten bzw. dessen Anker angetrieben wird.

Pendelfeder

Die Blattfeder, die das Pendel trägt.

Pendelgabel

Der an der Ankerwelle befestigte Hebelarm, der in das Pendel eingreift.

Pendelkörper

Die am Pendel angebrachte Masse von meist linsen- oder walzenförmiger Gestalt.

Pendellänge

Die Länge des Pendels vom Aufhängepunkt bis zum Schwingungsmittelpunkt. Es ist die Länge des mathematischen Pendels.

Pendellinse

Der meist linsenförmige Pendelkörper.

Periode

Das Ansteigen eines Stromes von Null auf einen positiven Scheitelwert und das Fallen auf Null; danach sofortiges Ansteigen auf einen negativen Scheitelwert und das Fallen auf Null. Die halbe P . ist ein Wechsel.

Permanenter Magnet

Ein Magnet, der einen Teil seines Magnetismus nach erfolgter Magnetisierung dauernd behält.

Permanenter Magnetismus

Der in Eisenkernen, die magnetisiert wurden, dauernd zurückbleibende Magnetismus.

Platinen

Die Werkplatten, zwischen denen das Räderwerk angeordnet ist.

Pluspol (+)

Bei galvanischen Elementen der Kohlepol, der positive Pol.

Polreagenzpapier

Fließpapier, das mit Kaliumsulfat imprägniert ist. Drückt man die mit den Polen einer Gleichstromquelle verbundenen Drähte auf angefeuchtetes P., so färbt es sich unter dem Minuspol rot.

Polschuhe

Die an den Polen eines Magneten entsprechend ausgearbeiteten Magnetkerne oder aufgesetzten Eisenstücke, die das Kraftlinienfeld so gestalten, daß die günstigste Wirkung auf den Anker erzielt wird.

Positiver Pol

Bei galvanischen Elementen der Pluspol, z. B. bei Zink-Kohleelementen der Kohlepol.

Präzisionsuhren

Höchst exakt ausgeführte Uhren von großer Ganggenauigkeit.

Primärelemente

Galvanische Elemente, in denen die in den Chemikalien enthaltene chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird.

Quecksilberkontakte

Mit Wasserstoff und z. T. mit Quecksilber gefüllte, mit eingeschmolzenen Platindrähten versehene Glasröhren, in denen beim Kippen durch das Quecksilber die Drahtenden überbrückt und dadurch ein oder mehrere Stromkreise geschlossen bzw. geöffnet werden.

Regulierfähigkeit

Die Eigenschaft einer Uhr, durch die ausgedrückt wird bis zu welcher Ganggenauigkeit die Uhr gebracht werden kann.

Regulierung (automatische)

Eine Einrichtung, durch die eine Uhr von einer anderen von Zeit zu Zeit selbsttätig richtiggestellt wird.

Relais

Elektromagnetisch betätigter Apparat zum Schließen und Öffnen von Stromkreisen.

Relaishauptuhren

Hauptuhren, die von einer Zentralhauptuhr gesteuert werden und ihrerseits wieder eine größere Anzahl Nebenuhren betreiben.

Remanenter Magnetismus

Der Teil des induzierten Magnetismus, der in dem magnetisierten Material zurückbleibt, wenn die magnetisierende Kraft zu wirken aufgehört hat.

Richtungwechselnder Gleichstrom

Gleichstrom, der in bestimmten Intervallen, z. B. minutlich, seine Richtung ändert. Wird zum Betrieb polarisierter Nebenuhren verwandt.

Rieflerpendel

Von Cl. Riefler erfundenes, heute fast ausschließlich angewandtes Kompensationspendel, das eine Pendelstange aus Nickelstahl besitzt und dessen Kompensationselement in dem Pendelkörper untergebracht ist.

Schleuderunterbrecher

Selbstunterbrecher, bei dem sich der Anker nicht von dem einen Kontaktteil entfernt, sondern auf denselben drückt und wegschleudert.

Schwachstromrelais

Elektromagnetische Vorrichtung, die bei Betätigung einen oder mehrere Schwachstromkreise schließt bzw. unterbricht.

Schwingungsdauer

Bei einem schwingenden Körper, z. B. einem Pendel, die Zeit, die der Körper braucht, um von einem Umkehrpunkt bis zum anderen zu gelangen.

Schwingungsmittelpunkt

Der Punkt des Schwingungsbogens, auf dem das ruhende Pendel steht oder das schwingende seine größte Geschwindigkeit erreicht.

Sekundäruhren

Nebenuhren werden auch S. mitunter auch Tochteruhren genannt.

Sekundenpendel

Ein Pendel, das in einer Sekunde eine Halbschwingung ausführt. Das mathematische Sekundenpendel ist in unseren Breiten 994 mm lang.

- Signalhauptuhr**
Selbständiggehende elektrische Uhr, die Nebenuhren und Signalapparate betätigen kann.
- Signalscheibe**
Das gewöhnlich ziemlich große Rad einer Signaluhr, durch welches die Kontakte für die Signalstromkreise gesteuert werden.
- Signaluhr**
Eine Uhr, die mit einer Kontakteinrichtung zum Betrieb elektrischer Signalapparate versehen ist.
- Solenoid**
Eine Drahtspule, Magnetspule, in erregtem Zustande auch Stromspule genannt.
- Sonnentag**
Die Zeit von einem Meridiandurchgang der Sonne bis zum anderen.
- Sonntagsausschaltung**
Eine Einrichtung bei Signaluhren, die bewirkt, daß die Signalapparate an Sonntagen nicht eingeschaltet werden.
- Starkstromrelais**
Ein Relais, das, durch Schwachstrom erregt, einen Starkstromkreis schließt oder öffnet.
- Steigrad**
Anker- oder Hemmungrad, das Rad, in das die Paletten des Ankers eingreifen.
- Steine**
Loch- und Decksteine. In ersteren laufen die Zapfen der Wellen in besseren Uhren, während die letzteren die Längsluft der Wellen begrenzen.
- Stromrichtung**
Die Annahme, daß der Strom vom positiven Pol einer Stromquelle ausgehend nach dem negativen Pol fließt. Wenn man von der Richtung der Stromes spricht, so ist stets die Richtung nach dem Minuspol hin gemeint, trotzdem man heute weiß, daß der Strom gerade in der umgekehrten Richtung fließt.
- Stromrichtungsanzeiger**
Ein kompaßartiges Instrument, das anzeigt, ob ein elektrischer Strom in eine Akkumulatorenbatterie hineingeschickt oder ihr entnommen wird.
- Synchronisierereinrichtung**
Eine Einrichtung, die den zeitgleichen Ablauf zweier oder mehrerer Geschehnisse gewährleistet, z. B. mehrere Pendel in der gleichen Phase schwingen läßt.
- Synchronuhren**
Uhren, die einen kleinen Synchronmotor besitzen. S. können nur an Wechselstromnetze angeschlossen werden und gehen nur richtig, wenn seitens des Elektrizitätswerkes die Frequenz (50 Perioden) dauernd genau eingehalten wird. S. sind frequenzempfindlich.
- Tagesumschaltung**
Eine Einrichtung in Signaluhren, die bewirkt, daß an bestimmten Tagen die angeschlossenen Signalapparate zu anderen Zeiten als an den übrigen Tagen eingeschaltet werden.
- Topfmagnet**
Elektromagnet, dessen Magnetspule außen mit einem eisernen Mantel mit Boden versehen ist. (Siehe Mantelmagnet.)
- Transformator**
Apparat zur Überführung elektrischer Energie von einer bestimmten Spannung in solche von einer anderen Spannung. Gewöhnlich nur im Sinne von Wechselstrom-Transformation gebraucht.
- Trockenelement**
Mit einer Vergußmasse verschlossenes Beutelement mit eingedicktem Elektrolyten.
- Trockengleichrichter**
Häufig gebrauchter Ausdruck für Selen- und Kupferoxyd-Gleichrichter.

Tromalitmagnete

Permanente Magnete aus einer zerspannten Aluminium-Nickel-Eisenlegierung bestehend. Das Material wird mit einem Bindemittel unter großem Druck in die gewünschte Form gepreßt.

Turmuhrauslösewerk

Eine Einrichtung, die an eine Uhrenleitung angeschlossen, ein Turmuhrwerk in bestimmten Zeitabschnitten, z. B. minutlich, freigibt.

Uhrenrelais

Polarisiertes Relais, durch das weitere Nebenuhrenstromkreise an eine Uhrenleitung angeschlossen werden können.

Uhrenzentrale

Eine Einrichtung für große Uhrenanlagen von der die Nebenuhren gesteuert werden und die mit Reservehauptuhren, -batterien und den verschiedensten Meß- und Kontrollinstrumenten versehen ist.

Umformer

Apparat zur Überführung elektrischer Energie aus einer Stromart in eine andere, z. B. von Wechselstrom in Gleichstrom.

Umkehrpunkte

Die Punkte an den Enden des Schwingungsbogens in denen das Pendel einen Augenblick stillsteht, um dann den Schwingungsbogen im umgekehrten Sinne zu durchlaufen.

VDE-Vorschriften

Die vom Verband Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Richtlinien und Ausführungsregeln für die Errichtung elektrischer Anlagen.

Volt (V)

Die technische Einheit der Spannung.

Voltmeter

Instrument zum Messen der Spannung.

Watt

Die praktische Einheit der Leistung. 1 Volt mal 1 Ampere = 1 Watt.

Wechsel

Eine halbe Periode. Der bei uns gebräuchliche Wechselstrom hat eine Frequenz von 50 Perioden (50 Hertz) = 100 Wechsel.

Wechselstrom

Ein Strom, der dauernd schnell gesetzmäßig seine Richtung und Stärke ändert.

Widerstand

Ein von Ohm eingeführter Begriff. Die Einheit der Stromstärke erfordert die Einheit der Spannung, wenn der Stromkreis die Einheit des Widerstandes besitzt. Die technische Einheit des Widerstandes ist das Ohm (Ω).

Wirbelstrommotoren (Ferrarismotor)

Werden mitunter als Aufzugsmotoren für elektrische Uhren benützt. Können nur mit Wechselstrom betrieben werden.

Zeigerstellsystem

Zeitverteilungssystem, bei dem die Uhren einer Uhrenanlage von Zeit zu Zeit durch Verdrehen der Zeiger richtig gestellt werden.

Zeigerwelle

Die Welle in einem Uhrwerk, auf der der Minutenzeiger befestigt ist.

Zeigerwerk

Das Räderwerk, das die Untersetzung von der Minutenwelle auf das Stundenrad im Verhältnis 12:1 bewirkt.

Zinkpol

In galvanischen Elementen der negative Pol.

Zwischenrad

Das zwischen Minuten- und Steigrad befindliche Rad.

Stichwort-Verzeichnis

A

Akkumulatoren	3, 72
Allstromuhren	86
Ampere	66
Amperesekunde	70
Amperestunde	23, 71
Amperewindung	12
Anker (magnet.)	12
Anker (rotierend)	59
Ankergang	35, 37
Antrieb des Pendels	32
Antrieb des Signalwerkes	48
Antriebsgewicht	21
Arbeit (elektr.)	71
Arbeitsstrom	78, 85
Arbeitszeit- Registrierapparat	93
Aufzug elektr. T&N	14, 17
Aufzugsmagnet	14, 15, 36
Aufzugsuhr	33, 36
Ausdehnungskoeffizient	28, 29
Auslösehebel	53
Ausschalter	16, 55

B

Batterie	6
Batterietischuhr	38
Batterieuhr	37
Batteriewanduhr	38
Begrenzungsrelais	64
Beschleunigung (g)	25
Braunstein-Beutelement	5
Bronzedraht	65

C

Coulomb	70
---------	----

D

Dauerladung	72
Depolarisation	5
Drehmoment	61

E

Echappement	35, 36, 37
Einschreibesystem	94
Einzeluhren	6, 36
Einzeluhrgehwerk	34
Eisenkern	10
Eisenmantel	10
Elektroden	4
Elektrolyt	4, 73
Elektromagnet	10, 13
Elemente	3, 5
Ersatzbatterie	74
Ersatzhauptuhr	75
Extraströme	51, 60

F

Fanghebel	63
Fangvorrichtung	62, 63
Fixstern	24
Fortstellapparate	80
Fortstellvorrichtung	52
Freileitungen	65
Fremdströme	60
Frequenz	87, 89

G

Gang	36
Gangeinstellung	36
Ganggenauigkeit	22
Ganglinien	39
Gangreserve	74
Gehwerk	18
Gesperr	15
Gleichstrom (richtungswechselnder)	51, 52
Grahamgang	35
Grundeinheiten (elektr.)	66
Gruppenschaltung	7, 70

H

Hackethalddraht	65
Halbschwingung	25, 36

Hauptuhr	49
Hemmung	35, 36
Hinken (des Ganges)	36
Hintereinanderschaltung	6, 64, 69
Holz	17
Hufeisenmagnet	11

I	
Induktionsfreier Widerstand	17
Induktionsstrom	60
Isolatoren	3
Isoliermaterial	17, 18

J	
Joch	12
Joule	71

K	
Kapazität	6
Kartensystem	95, 96
Klemmenleiste	19
Klemmenspannung 4, 5, 23, 64, 65, 70	
Klingel (elektr.)	13, 14
Kohlepol	8
Kompensationskörper	29
Kompensationspendel	28, 30
Kontakthebel	17, 41, 42
Kontaktvorrichtung	53, 60
Kraftlinien	9, 10, 11
Kraftlinienfeld	12, 13
Kraftlinienweg	10, 12
Kraftreserve	74, 75
Kupplungsfeder	19, 34
Kurzschluß	51

L	
Ladestromstärke	71
Lagerfähigkeit	6
Leistung	61
Leiter	3

M	
Magnet	9
Magnetanker	10, 12, 13, 16, 58
Magnetfeld	9
Magnetgestell	11
Magnetische Wirkung	9
Magnetisierungsstärke	12
Magnetsystem (neutrales)	56, 57, 58

Magnetsystem (polarisiertes)	57, 58
Mantelmagnet	10
Milliampere	66
Minuspol	7
Minutenkontaktvorrichtung ..	49, 50, 52

N	
Nachlaufeinrichtung	74
Nebenapparate	77
Nebenuhren	56, 59, 60
Nebenuhrenleitungen	60
Nichtleiter	3
Nickelstahl	29
Nord-Süd-Richtung	9
Normalzeitsystem	91, 92

O	
Ohm	67
Ohm'sches Gesetz	67

P	
Paletten	35, 55
Parallelschaltung	6, 64, 68
Pendel	23, 26
Pendelaufhängung	20
Pendelfeder	20
Pendelgabel	21
Pendelkonstruktionen (unprakt.) ..	29
Pendelkörper	25, 27, 31
Pendellänge	25, 26
Pendellänge (math.)	24
Pendellänge (physische)	24, 25
Pendeloberteil	21
Pendelstange	25, 28
Pendelträger	20, 21
Periode	87
Permanenter Magnet	10
Permeabilitätskoeffizient	12
Personensuchanlage	84
Pluspol	7
Polarisation	4
Polschuhe	12
Platinen	21, 52
Potential	7
Präzisionsauslösung	54
Präzisionsuhren	28, 30, 31

Q	
Quecksilberkontakt	79, 87

R

Regulierfähigkeit	22
Relais	77, 78
Relaishauptuhr	80
Rieflerpendel	29, 30
Rostpendel	29
Röhrenpendel	29
Ruhekontakt	51
Ruhestrom	78, 85
Rundfunkstörung	17

S

Sauerstoff	4, 5
Schaltnebenuhren	83, 84
Schaltzeichen	7
Selbstanlauf	88, 89
Selbstunterbrecher	13
Schaufensterbeleuchtung	40
Schleifenstromstärke	64
Schleuderunterbrecher	13, 14
Schutzgehäuse	30
Schwachstromrelais	78
Schwinganker	58
Schwingungsdauer	25
Schwingungsmittelpunkt	25
Schwungrad	15
Schwungradwelle	22
Signalapparat	41
Signaldauer	41
Signalhauptuhr	55
Signalkontakt	48
Signalnebenuhr	64
Signalscheibe	41
Signalstifte	41
Signaluhr	40, 44, 45, 46, 48
Sonnentag	24
Spannung	5, 66
Spannungsdifferenz	4, 8
Spannungsverlust	65
Spule	9, 10
Stahlmagnet	10
Starkstromleitung	3
Starkstromnetz	23, 73
Starkstromrelais	78, 79
Starkstromuhren	86
Steigrad	35
Sterntag	23
Sternwarte	31

Stromaufnahme	71
Strommenge	5, 70
Stromrichtung	8, 53, 57, 58
Stromstärke	8, 9, 12, 65, 66
Stromverbrauch	22, 90
Synchronisierereinrichtung	76
Synchronuhren	87, 90

T

Tagesrechner	97
Tagesumschaltung	46, 55
Taschenlampenbatterie	81
Temperaturschwankungen	28
Trägheitsgesetz	31, 32
Triebauslösung	53
Trockenelement	7
Tromalitmagnet	58

U

Uhrenrelais	79
Uhrenzentralen	75, 76
Uhrgehäuse	30
Umkehrpunkt	32
Unruh	37
Unterbrecherfunken	51

V

VDE-Vorschriften	7
Volt	66

W

Wasserstoff	4, 5
Wärmewirkungen	8
Watt	61
Wattsekunde	71
Wattstunde	71
Wechselstrom	52, 87
Widerstand	3, 4, 51, 67
Widerstand (innerer)	5
Wirkungsgrad	61
Wochentagscheibe	43

Z

Zeiger (freigehende)	81, 82
Zeigerstellsystem	93
Zeitmessung	23
Zeitstempeluhr	97
Zeitverteilung	91
Zentraluhr	92
Zugänglichkeit	19, 20