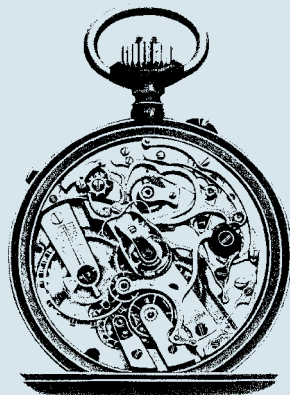
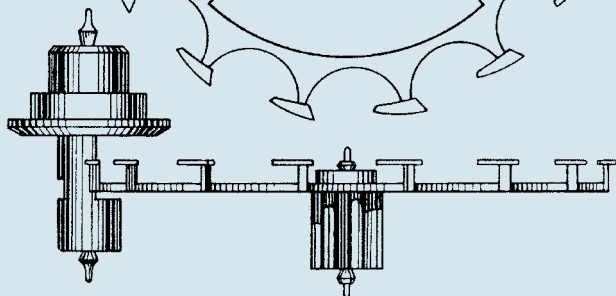
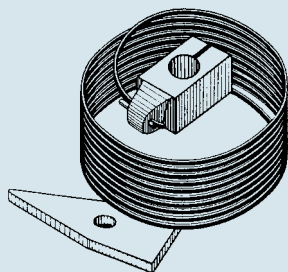
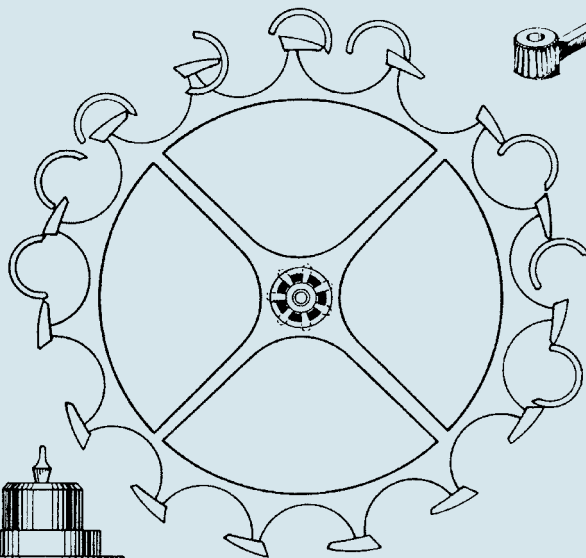
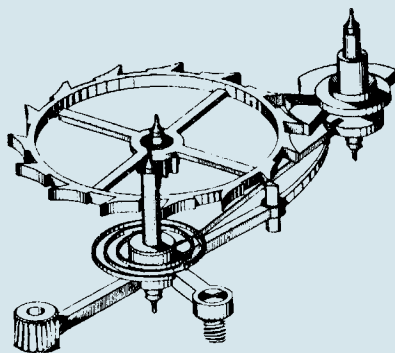
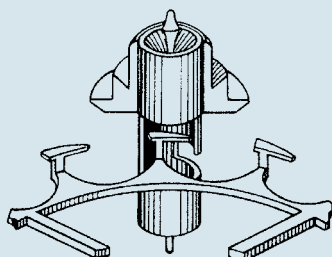


Hrsg. M. Stern

R. Lavest

Grundlegende Kenntnisse der Uhrmacherei



HEEL

GRUNDLEGENDE KENNTNISSE DER UHRMACHEREI

VON

R. LAVEST

DIREKTOR DER UHRMACHERSCHULE AM TECHNIKUM VON LE LOCLE

Zweite Auflage
1945

Aus dem Französischen übersetzt von E. Donauer,
technischer Redaktor der Schweizerischen Uhrmacher-Zeitung
Überprüft von Herrn Max Bossart,
Direktor der Uhrmacherschule Solothurn

HEEL

INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel		Seite
I	Natürliche Zeiteinteilungen. Monate, Wochen, Jahr, gesetzliche Zeit, Zeitgruppen, Kalender	5
II	Die alten Zeitmeßinstrumente. Guomonen, Sonnenuhren, Wasseruhren	11
III	Die modernen Zeitmeßinstrumente	13
IV	Das Pendel. Eigenschaften, Wirkungen der Temperatur, Kompensationspendel	15
V	Die Uhr. Erklärungen	19
VI	Das Regulierorgan. Unruhen, Spiralfedern, Isochronismus, Einfluß der Temperaturschwankungen, einmetallische und zweimetallische Unruhen, die Nickelstähle, Elinvar- und Nivarox-Spiralfedern . . .	20
VII	Die Hemmung. Klassierung	29
VIII	Die Ankerhemmung. Die Stiftankerhemmung	30
IX	Die Zylinderhemmung	35
X	Die Chronometerhemmung	38
XI	Das Räderwerk	39
XII	Das Zeigerwerk	41
XIII	Der Motor. Zugfeder, Federhaus, Gesperr, Federzäume	43
XIV	Die Aufzieh- und Zeigerstellmechanismen. Funktionen, die verschiedenen Systeme, die Uhren mit automatischem Aufzug . . .	46
XV	Die Steine. Natürliche und künstliche Steine, die verschiedenen Formen der Steine und Zapfen	51
XVI	Das Setzen der Steine. Gefaßte und eingepreßte Steine, Chatons, die Zahl der Steine der Uhr	57
XVII	Uhrgestelle und Kaliber	65
XVIII	Die Zifferblätter	68

Kapitel	Seite
XIX Die Zeiger	72
XX Die komplizierten Uhren. Repetieruhren, Chronographen, Stoppuhren, Kalender-(Datum-)uhren	75
XXI Der Marinechronometer und seine Verwendung	80
XXII Das Uhrgehäuse und seine Dekoration	82
XXIII Phantasiestücke und Spezialitäten. Uhren ohne Zeiger, wasserdichte Uhren, stoßgesicherte Uhren, Uhren mit Sekunde aus der Mitte	86
XXIV Die elektrischen Uhren	90
XXV Übersicht über die Fabrikation der Uhr	92
XXVI Die Schmierung	101
XXVII Wie beurteilt man die Qualität einer Uhr? Äußerer Aspekt. Kontrolle der Schwingungsweite, Einfluß des Magnetismus	103
XXVIII Die Gangkontrolle	109
XXIX Offizielle Kontrollbüros und chronometrische Observatorien. Apparate zur augenblicklichen Bestimmung des Ganges	112
XXX Le Laboratoire Suisse de Recherches horlogères	117
XXXI Die Uhrmacher-Ausbildung in der Schweiz	118
XXXII Einige Ratschläge für den Besitzer einer Uhr	120
XXXIII Geschichtliche Notizen	122
Die Glueydur-Unruh	124
Apparat „Coincidence“ zur Beobachtung des Ganges von Uhren	126
Die „Dumont-Werkzeuge“	129
Die stoßsichere Lagerung der Unruh, System „Incabloc“	131

VORWORT

Man kann Uhren ein- und verkaufen, gegebenenfalls sich sogar mit deren Fabrikation befassen, ohne irgendwelche Kenntnis von ihrem Mechanismus zu besitzen. Indessen ist die Unwissenheit niemals eine Tugend, und man bedauert oft, daß so manche mit dem Uhrenhandel sich beschäftigende Personen, Verkäufer, Detaillisten und Grossisten, Angestellte und selbst kaufmännische Direktoren, in so vielen Fällen bezüglich allem, was die innere Beschaffenheit der Uhr anbetrifft, so vollständig unwissend sind.

Die Handelsschule von Le Locle hat seit langem festgestellt, daß es sich hier um eine Lücke handelt, die unbedingt auszufüllen ist. Sie führt deshalb für ihre Zöglinge einen Kurs über die Uhrmacherei durch. Seit 1926 mit der Erteilung dieses Unterrichtes betraut, sahen wir uns veranlaßt, einen diesbezüglichen Lehrgang zusammenzustellen, dessen wichtigste Punkte im Buch «Grundlegende Kenntnisse der Uhrmacherei», wobei es sich hier um die zweite Auflage handelt, zusammengefaßt werden.

Dieses kleine Werk richtet sich vor allem an diejenigen, die «ohne vom Berufe zu sein», den Wunsch haben, zu wissen, was eine Uhr ist, die nicht nur die Namen der Bestandteile kennen möchten, sondern, wenn auch nur sehr elementarisch, aber doch hinreichend präzise, deren Aufgabe und Funktion. Wir haben dabei auch versucht, begreiflich zu machen, daß, wenn man von einer Uhr auch viel verlangen kann, man doch nie übertreiben sollte. Als treue und pünktliche Dienerin hat sie auch das Recht auf gewisse Rücksichten.

Die erste Auflage dieses Werkes durfte sich einer guten Aufnahme erfreuen; man hat uns versichert, daß es einem wirklichen Bedürfnis entspreche. Die zweite Auflage wurde vervollständigt; wir haben auch versucht, nicht zu versäumen, über die Uhrmacherei, wie sich diese im Jahre 1945 uns darbietet, zu berichten.

NATÜRLICHE ZEITEINTEILUNGEN

Die Uhrmacherei oder Chronometrie hat als Aufgabe die Zeitmessung. Nun, wer Messung sagt, sagt Einheit. Die Messung der Zeit beruht somit auf der Wahl einer Zeiteinheit, ebenso wie die Messung einer Länge auf der Wahl einer Längeneinheit beruht.

Handelt es sich um materielle Messungen (Längen, Oberflächen, Rauminhalt, Gewicht usw.), so können die Einheiten willkürlich gewählt werden. Man weiß, daß die Schöpfer des metrischen Systems als Längeneinheit den zehnmillionsten Teil eines Viertels des Erdumfanges bestimmt haben, und daß sie auf der Festsetzung dieser Einheit vorgegangen sind. Diese Bestimmung hat sich in der Folge als ungenau erwiesen. Das metrische System behält aber gleichwohl seinen ganzen Wert: nur die Begriffsbestimmung des Meters hat sich geändert. Gegenwärtig ist dies die Länge des im Bureau international des Poids et Mesures in Sèvres aufbewahrten Normalmeters. Dieser Normalmeter wurde nachgemacht, so daß sich heute in allen, dem metrischen System beigetretenen Ländern Wiederholungen davon befinden. Es besteht somit keine Gefahr, daß dieser je verloren gehen könnte.

Die Frage wird komplizierter, sobald es sich darum handelt eine *Zeit*-Einheit festzusetzen. Man ist sich sofort darüber klar, daß eine willkürliche Wahl nicht mehr möglich ist, und daß ein Normalmaß sich kaum anders bestimmen läßt als durch die zwischen zwei periodischen Erscheinungen verfllossene Zeit, unter der Annahme, daß diese Zeit vollkommen konstant ist.

Ein Normalzeitmaß kann auch durch astronomische Erscheinungen gegeben werden, und die frappantesten dieser Erscheinungen wurden als die ersten gewählt: die Drehung der Erde um sich selbst; die Drehung der Erde um die Sonne; die Bewegung der Planeten; die Reihenfolge der Jahreszeiten; die Mondphasen.

Der Tag und die Nacht. Die regelmäßige Aufeinanderfolge von Tag und Nacht war sicherlich für den Menschen der erste Begriff der Zeitteilung.

Die Monate. Die Aufeinanderfolge der Mondphasen ergibt eine zweite Teilung. In $29\frac{1}{2}$ Tagen (genau 29 Tagen, 12 Stunden, 44 Minuten, 2,8 Sekunden) führt der Mond eine Drehung um die Erde aus. Die Monate bestanden abwechselnd aus 29 und 30 Tagen, und 12 Monate bildeten das Mondjahr mit 354 oder 355 Tagen.

Die Wochen. Nach der Genesis ist die Einteilung der Zeit in Wochen göttlichen Ursprungs. Man kann sie auch der Aufeinanderfolge der Mondphasen zuschreiben (Neumond, erstes Viertel, Vollmond, letztes Viertel), indem jede Phase von der vorhergehenden durch ein Intervall von ungefähr 7 Tagen getrennt ist. Endlich könnte man auch annehmen, daß der Begriff der Woche von der natürlichen Aufeinanderfolge der Tage herrührt, von denen ein jeder einem der den Alten bereits bekannten Planeten geweiht war.

Das Jahr. Die durch die Veränderung der Sonnenbahn sinnfällige, natürliche Aufeinanderfolge der Jahreszeiten, die Stellung der Gestirne sowie gewisse meteorologische Erscheinungen liefern eine noch größere Teilung: *das Sonnenjahr*. Dieser Zeitabschnitt entspricht der Dauer der Umlaufzeit der Erde um die Sonne. Das Sonnenjahr umfaßt ungefähr $365\frac{1}{4}$ Tage (genauer ausgedrückt 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten, 46 Sekunden). Um das Sonnenjahr mit der Teilung in Monate in Einklang zu bringen, mußte die Länge der letzteren verändert werden: daher unsere Monate von 28, 30, 31 Tagen.

Der Sonntag ist das einzige heute für das bürgerliche Leben angewendete Normalzeitmaß; seine Unterteilungen (Stunden, Minuten, Sekunden) sind künstlich.

Der wirkliche Sonntag umfaßt die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch den Ortsmeridian verfllossene Zeit. Die Bestimmung des Sonnentages erscheint daher auf den ersten Blick nicht sehr kompliziert.

Es besteht indessen *eine* Schwierigkeit. Die Erde beschreibt um die Sonne eine Ellipse, von der die Sonne einen der Brennpunkte bildet. Die Entfernung der Sonne zur Erde ist daher veränderlich sowie auch die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn (Ekliptik).

Dadurch entsteht eine Verschiedenheit hinsichtlich der Dauer der Sonnentage.

Es hat also den Anschein, als ob der Sonnentag als Normalzeitmaß nicht in Frage käme, da die Haupttugend eines solchen die Unveränderlichkeit ist.

Nachstehende Erklärung zeigt, wie diese Schwierigkeit überwunden wurde:

Man teilte die Gesamtdauer des Sonnenjahres durch die Zahl der in ihm enthaltenen Sonnentage. Auf diese Weise erhielt man einen mittleren Wert, den man «*mittlerer Sonnentag*» genannt hat. Man nennt «*wahrer Sonnentag*» den veränderlichen Wert des Sonnentages und «*Zeitgleichung*» die ebenfalls veränderliche Differenz zwischen der wahren und der mittleren Zeit. Dieser Unterschied kann bis auf ungefähr 17 Minuten ansteigen, auf mehr oder weniger. Er verschwindet viermal im Jahre, und zwar gegen den 15. April, 14. Juni, 1. September und 24. Dezember.

Wirklicher Mittag ist, wenn die Sonne durch den Ortsmeridian geht; die Differenz zwischen dem wahren und dem mittleren Mittag kann daher bis ungefähr 17 Minuten ausmachen.

Zeitdifferenz gemäß den Örtlichkeiten. Die täglich von Ost nach West erfolgende Umdrehung unseres Erdballes bedingt, daß zwei Örtlichkeiten, deren Länge differiert, zu verschiedener Zeit Mittag haben, und zwar die östlichste zuerst. Dagegen haben alle sich auf dem nämlichen Meridian befindlichen Örtlichkeiten zur gleichen Zeit Mittag, welches auch ihre Breite sei.

Der Beginn der Zeiten darf nicht für jeden Ort verschieden sein, da dies zur gegenwärtigen Stunde unüberwindliche Schwierigkeiten schaffen würde.

Bis zum Ende des verflossenen Jahrhunderts hatte jeder Staat eine andere Zeit, und zwar gewöhnlich diejenige seiner Hauptstadt.

Dies war bereits ein, wenn auch noch unpraktischer, Fortschritt. Die Einführung der fast überall angenommenen sogenannten Zeitgruppen machte diesem Zustand ein Ende. Die Entwicklung der Beziehungen zwischen den verschiedenen Ländern hat zur Wahl *eines inter-*

nationalen Meridians geführt, dessen Stundenangabe in mittlerer Zeit als Weltzeit gelten dürfte. Der gewählte Meridian war derjenige, der durch die Ortschaft *Greenwich* in England geht. Man teilte den Erdball hierauf in 24 Kugelsegmente ein, die alle 15 Längengrade aufweisen.

In jedem dieser Kugelsegmente gilt als Zeit diejenige des Meridians von *Greenwich*, vermehrt oder vermindert um eine ganze Stundenzahl.

Jedes Land nimmt als *gesetzliche Zeit* die in eines dieser Segmente fallende Zeit an. Bei einer Wanderung nach Osten geht die Zeit eines jeden dieser Segmente gegenüber dem vorhergehenden um eine Stunde vor.

Europa zerfällt in drei Segmente. Das erste ist dasjenige von Westeuropa, das unter andern die Länder England, Frankreich, Spanien und Portugal umfaßt. Das zweite ist dasjenige der mitteleuropäischen Zeit; dazu gehören die Schweiz, Deutschland, Italien, Österreich usw. Die dritte Gruppe hat osteuropäische Zeit und umfaßt im besonderen Rumänien, Bulgarien, ein Teil von Rußland usw.

Auf diese Weise hat man, wenn in London Mittag ist, in Bern ein Uhr, in Sofia zwei Uhr.

Gewisse große Länder (die Vereinigten Staaten von Nordamerika) konnten sich wegen ihrer großen Längenausdehnung nicht mit einer Gruppe begnügen, weshalb es in den Vereinigten Staaten mehrere Zeiten gibt.

Gegenwärtig sind fast alle zivilisierten Staaten dem Gruppensystem beigetreten. In Europa macht einzig Holland noch eine Ausnahme.

Die Sommerzeit. Während der schönen Jahreszeit stellen gewisse Länder (Frankreich, England) ihre Uhren um eine Stunde vor. Frankreich schließt sich also während diesem Zeitabschnitt der mitteleuropäischen Zeit an. Durch dieses Mittel ist man gezwungen, eine Stunde früher aufzustehen; da es am Morgen früher Tag wird, erspart man eine Stunde Beleuchtung. Dieses System wurde übrigens getadelt; nachdem es während zwei Sommern auch in der Schweiz angewendet worden war, hat man es hier wieder aufgegeben.

Künstliche Unterteilungen der Zeit. Für den gewöhnlichen Sterblichen beginnt der Tag um Mitternacht; er wird in zweimal 12 Stunden (Hausgebrauch) also in 24 Stunden eingeteilt. Jede Stunde teilt sich in 60 Minuten und jede Minute in 60 Sekunden. Die kleineren Werte werden im wissenschaftlichen Gebrauch in Dezimalbrüchen von Sekunden ausgedrückt (Zehntels-, Hundertstels-, Tausendstelssekunde).

Dezimalzeit. Man hat versucht, eine Teilung des Tages in 20 Stunden einzuführen, wobei jede Stunde 100 Dezimalminuten und jede Minute 100 Dezimalsekunden enthalten würde. Dieses System hätte die Berechnungen erleichtert, hatte aber mit Ausnahme der industriellen Chronometrierung keinen Erfolg.

Sternzeit. Der Sterntag ist die genaue Dauer einer Umdrehung der Erde um ihre eigene Achse. Er ist 3 Minuten, 55,909 Sekunden kürzer als der mittlere Sonnentag. Derselbe wird in der Astronomie und bei der Seefahrt angewendet.

Kalender. Bei der Annahme des bürgerlichen Jahres, bestehend aus einer ganzen Zahl von Tagen (365), läßt man einen Fehler von ungefähr einem Viertelstag bestehen, der sich anhäufend, ein Auseinandergehen des bürgerlichen und des Sonnenjahres erzeugt. Um dieses Abweichen (zirka ein Tag in vier Jahren) auszugleichen, hat Julius Cäsar (46 Jahre vor Christus) auf Anraten des ägyptischen Astronomen Sosigenes angeordnet, daß alle vier Jahre am Ende des Monats Februar ein Schalttag eingeschoben werde. Das Jahr zu 366 Tagen hat den Namen *Schaltjahr* erhalten, und der auf diese Grundlage aufgebaute Kalender wurde *Julianischer Kalender* genannt.

Der Julianische Kalender wäre vollkommen, wenn das Sonnenjahr genau $365\frac{1}{4}$ Tage betrüge. Da aber der Bruch weniger als ein Viertel beträgt, sah sich das Julianische Jahr anno 1582 gegenüber dem Sonnenjahr um 10 Tage im Rückstand. Nach dem Bericht von Lilio beschloß Papst Gregor XIII., den Kalender von neuem mit dem astronomischen Jahr in Einklang zu bringen. Er verfügte, daß der auf Donnerstag, den 4. Oktober 1582 folgende Tag sich 15. Oktober desselben Jahres nenne, und um zu verhindern, daß sich die Verspätung von neuem anhäufe, verfügte er folgendes:

Unterdrücken wir alle Jahrhunderte bei dem Jahr, dessen Zahl mit zwei Nullen endigt, den Schalttag. Stellen wir aber alle vier Jahrhunderte dieses Schaltjahr wieder her, um dann alle vier Jahrtausende dieses wieder eingefügte Schaltjahr neuerdings wegzulassen. Die Dauer des bürgerlichen Jahres wird mit folgender Formel dargestellt:

$$365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{100} + \frac{1}{400} - \frac{1}{4000}$$

und ergibt einen dem astronomischen Jahr genügend nahekommenen Wert.

Der Julianische Kalender war bis gegen 1914 noch in Rußland und in den Ländern orthodox-katholischer Religion in Gebrauch. In dieser Epoche war das Julianische Jahr gegenüber dem unsrigen um 13 Tage im Rückstand, so daß, wenn unser Kalender den 25. Juli zeigte, die russischen Kalender den 12. Juli markierten.

DIE ALTEN ZEITMESSINSTRUMENTE

Man begreift leicht, daß die Beobachtung der Bewegung der Gestirne nicht ein jedermann zur Verfügung stehendes Mittel für die Zeitbestimmung sein kann. Seit ältesten Zeiten bemühten sich die Menschen praktische und wenn möglich auch genaue Verfahren für die

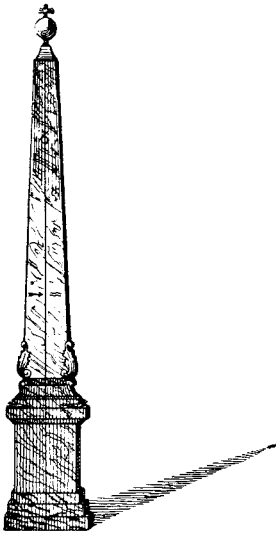


Fig. 1. Gnomon.

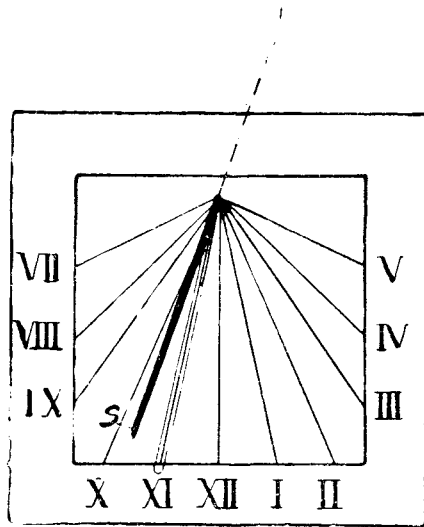


Fig. 2. Sonnenuhr-Zifferblatt.

Zeitmessung zu finden. Sie haben sich nacheinander der *Gnomonen* (Fig. 1) und der *Sonnenuhren* bedient (Fig. 2). Bei diesen beiden Apparaten wird die Zeit durch die Länge oder die Stellung eines von einem geeigneten und richtig eingestellten Körper geworfenen Schattens angegeben. (Obelisk, Zeiger.)

Um kleine Zeitintervalle zu messen, hat man die Sanduhr erfunden. Dieser Apparat besteht aus zwei, durch einen engen Durchgang miteinander verbundenen Behältern. Die Zeit wird dabei durch das Abfließen des Sandes von einem Behälter in den andern gemessen. Die *Sanduhr* (Fig. 3) wird auch heute noch zur Messung von kurzen Intervallen verwendet (Kochen von Eiern, Telefongesprächen usw.).

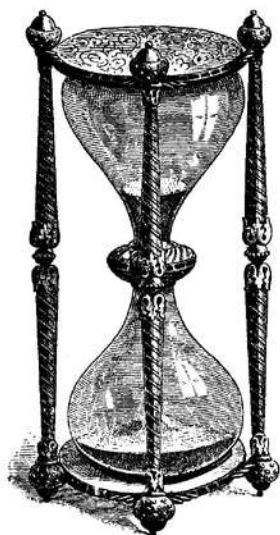


Fig. 3. Sanduhr.

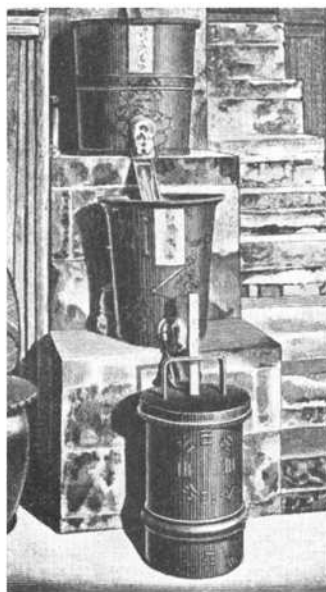


Fig. 4. Klepsydra oder Wasseruhr.

Die *Klepsydra*, Wasseruhr (Fig. 4), besteht aus einem stets mit Wasser angefüllten Gefäß aus Ton oder Metall. Am Boden desselben läßt ein kleines Loch das Wasser, Tropfen um Tropfen, in ein anderes Gefäß abfließen, auf dessen Seitenwand die Stundenzahlen angebracht sind. Das Wasser, das nach und nach jede der Einteilungen erreicht, zeigt so die verschiedenen Stunden des Tages und der Nacht an.

Die Chinesen gebrauchen noch die *Feueruhren*, bei welchen die Zeit durch das regelmäßige Verbrennen eines aus einem besonderen Stoff hergestellten Dochtes angezeigt wird.

III. KAPITEL

DIE MODERNEN ZEITMESSINSTRUMENTE

Die Konstruktion der ersten Uhrenmechanismen läßt sich bis auf die Erfindung der Zahnräder, die Archimedes (250 Jahre vor Christus) zugeschrieben wird, zurückverfolgen. Die Präzisionsuhrmacherei nahm aber erst nach der Entdeckung der Pendelgesetze durch Galilei im Jahre 1595 ihren Anfang.

Die Entstehung der Taschenuhr scheint auf das Jahr 1500 zurückzugehen. Die erste soll von Peter Henlein in Nürnberg angefertigt worden sein; allein erst fast 200 Jahre später erfand der Engländer Quare den Mechanismus, der außer den Stunden auch die Minuten anzeigte.

Die Erfindungen folgten nun rasch aufeinander.

In der Schweiz nahm die Uhrenfabrikation gegen die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts in Genf ihren Anfang, und erst fast ein Jahrhundert später wurde sie in La Sagne durch Daniel Jean Richard eingeführt, von wo sie sich auf die umliegenden Gegenden ausbreitete.

Zu Anfang des achtzehnten Jahrhunderts verpflanzte sich die Uhrenindustrie nach dem Jouxthal, fünfzig Jahre später durch das St. Immortal nach dem Kanton Bern und nach Biel, hernach nach dem Kanton Solothurn, Montilier, dem Baselland, Schaffhausen und nach dem Kanton Tessin.

Man kann die modernen Zeitmeßapparate in zwei große Klassen einteilen:

1. Die Stand- und Pendeluhrn, welches feststehende, nicht transportable Instrumente sind.
2. Die gewöhnlichen Taschen- und Armbanduhren, wobei es sich um die tragbaren Instrumente handelt.

Man unterscheidet in einem gewöhnlichen Zeitmeßapparat ohne Schlagwerk folgende fünf Hauptpartien:

- a)* Das Regulierorgan;
- b)* die Hemmung oder den Mechanismus, dazu dienend, dem Regulierorgan die zur Unterhaltung der Bewegung nötige Kraft zu vermitteln;
- c)* das Räderwerk, Gesamtheit der Organe (Eingriffe), dazu bestimmt, der Hemmung die vom Motor gelieferte Kraft zuzuführen; das Räderwerk gibt auch die Angaben der Zeitmessung;
- d)* den Motor, der in einem Gewicht, einer Zugfeder oder dem elektrischen Strom bestehen kann;
- e)* den Aufzug- und Zeigerstellmechanismus: diese Organgruppe existiert gewöhnlich nur bei den Taschen- und Armbanduhren.

DAS PENDEL

Das Pendel ist das gewöhnlich bei den feststehenden Zeitmeßapparaten angewendete Regulierorgan. Seine Haupteigenschaften wurden durch Galilei entdeckt und hernach vom holländischen Physiker Huygens eingehend studiert.

Nehmen wir einen Holz- oder Metallstab und befestigen an einem seiner Enden ein Gewicht, um ihn am andern Ende freischwingend aufzuhängen. Auf diese Weise haben wir ein zusammengesetztes Pendel hergestellt (das einfache Pendel ist eine mathematische, praktisch nicht herstellbare Schöpfung).

Unter der Einwirkung des Schwergewichtes nimmt das Pendel eine senkrechte Stellung an. Bringen wir es aus dieser Stellung, um es nach

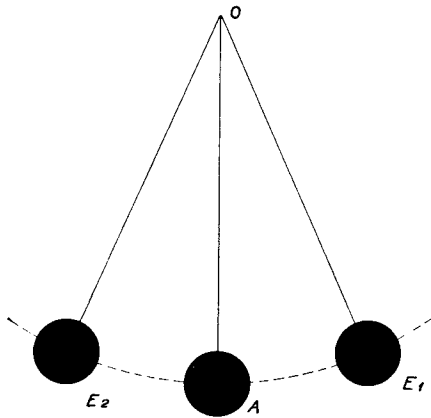


Fig. 5. Mathematisches Pendel.

E_1 zu führen (Fig. 5) und überlassen es sich selbst, so wird es unter der Einwirkung des Schwergewichtes mit einer beschleunigten Ge-

schwindigkeit nach A zurückkehren. Zufolge der empfangenen Kraft überschreitet das Pendel diesen Punkt A und gelangt, wenn keine passiven Widerstände (Reibung der Aufhängung, Luftwiderstand) vorhanden sind, bis zu dem Punkt E_2 ; es kommt in Wirklichkeit bis zu einem zwischen A und E_2 gelegenen Punkt, der sich gewöhnlich sehr nahe bei E_2 befindet. Das Pendel schwingt hierauf in der entgegengesetzten Richtung zurück, und seine Bewegung setzt sich so durch aufeinanderfolgende Schwingungen fort.

Die Pendelschwingungen teilen, wenn sie klein genug sind (unter 2^0), die Zeit in ziemlich genaue Teile. Man sagt, diese Schwingungen seien *isochron*. Der Isochronismus des Pendels stellt eines der besten künstlichen Mittel zur Zeitteilung dar.

Die Dauer der Pendelschwingung hängt hauptsächlich von dessen Länge und der Schwere, das heißt der Erdanziehung, ab.

Die Pendelstange, wie alle Körper, verlängert sich bei zunehmender Temperatur (Ausdehnung) und verkürzt sich, wenn diese sinkt. (Zusammenziehung, Verkürzung.) Dies bewirkt, daß eine Pendeluhr in der Wärme nach- und bei der Kälte vorgeht. Diese Variation ist bedeutend genug, um bei Instrumenten von einer gewissen Präzision nicht geduldet werden zu können.

Die Präzisionspendeluhren sind daher mit einem kompensierten Pendel (Kompensationspendel) ausgestattet.

Das *Grahamsche Pendel* oder *Quecksilberpendel* besteht aus einer Stahlstange, an dessen Ende ein hohler Zylinder, der eine gewisse Quantität Quecksilber enthält, befestigt ist. Unter dem Einfluß der Temperaturerhöhung verlängert sich die Stange; das Quecksilber, das sich proportional mehr ausdehnt als der Stahl, steigt seinerseits im Zylinder ein wenig.

Diese beiden gleichzeitigen Wirkungen haben zur Folge, daß das Schwingungszentrum des Pendels in einer unveränderlichen Entfernung vom Aufhängungspunkt gehalten wird, um somit die Gleichmäßigkeit der Schwingungsdauer zu sichern. Fig. 6 stellt das untere Ende eines Quecksilberpendels dar.

Das *Rostpendel*, auch Pendel von *Harrison* genannt (Fig. 7), nützt die Ausdehnungsverschiedenheiten der Messing- und Stahlstangen aus.

Die Stange *a* und *b* sind Stahlstangen, die sich von oben nach unten verlängern, während die aus Messing bestehenden Stangen *c* und *c*1 sich von unten nach oben verlängern. Man sieht diese Anordnung

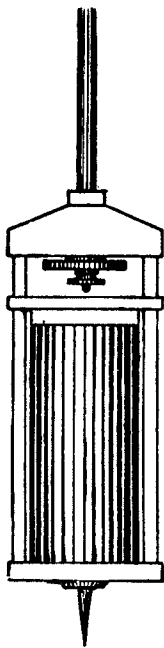


Fig. 6. Quecksilberpendel.

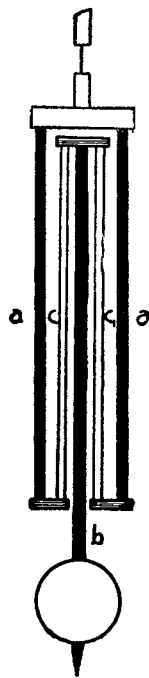


Fig. 7. Rostpendel.

noch öfters bei älteren Pendeluhrn, aber in der heutigen Zeit werden keine solche mehr gebaut.

Die *Invar-Pendelstange* stellt das beste Kompensationspendel dar. Bei Präzisionspendeluhrn werden deshalb heute nur solche Pendel verwendet. Seine Stange besteht aus einer Legierung von Stahl und Nickel, erfunden von Ch.-Ed. Guillaume, ehemaliger Direktor des Internationalen Büros für Maß und Gewicht in Sèvres. Diese Legierung (36,2% Nickel) hat einen sehr schwachen Ausdehnungskoeffizient und erhielt daher den Namen Invar (invariable, unveränderlich). Das mit einer Invar-Stange ausgerüstete Pendel erfordert indessen eine Linse

aus gewöhnlichem Metall (Guß oder Stahl), die sich ähnlich wie das Quecksilber beim Graham-Pendel ausdehnt. Das Pendel mit Holzstange ist, richtig ausgedrückt, kein eigentliches Kompensationspendel, aber es stellt das einfachste Mittel dar, um die Wirkung der Temperaturschwankungen zu verhindern. Deren Variationen verändern die Länge einer Holzstange sehr wenig. Dagegen ist hier die Einwirkung der Feuchtigkeit ziemlich fühlbar. Man stellt diese Pendel aus sehr trockenem Fichtenholz her, das man dann mit einem die Feuchtigkeit abhaltenden Firnis überzieht. Sie ergeben für den gewöhnlichen Gebrauch gute Resultate.

Man weiß, daß die Intensität der Erdanziehung nicht an allen Punkten des Erdballes gleich ist. Sie variiert nach der Breite und der Höhenlage. Eine Pendeluhr muß daher dem Orte entsprechend, wo sie aufgestellt wird, reguliert werden. Die Länge des einfachen (theoretischen) Sekundenpendels beträgt in Le Locle genau 993,52 mm. Die Organe der Pendeluhr haben große Ähnlichkeit mit denjenigen der Uhr. Sie werden daher im vorliegenden Werk nicht besonders behandelt.

V. KAPITEL

DIE UHR

Man verwendet allgemein die Bezeichnung *Uhr* für jeden Zeitmeßapparat, der bei gehendem Werk transportiert werden kann. Der Ausdruck *Chronometer*, welcher jeden die Zeit messenden Apparat zu bezeichnen scheint, ist in Wirklichkeit nur bei Uhren von hoher Präzision berechtigt.

Der *Marine-Chronometer* ist eine Uhr von großem Format und ganz besonderer Konstruktion, versehen mit einer Anordnung, der Cardanaufhängung, die ihn stets in der gleichen Lage hält.

Man unterscheidet bei einer Uhr zwei ausgesprochen verschiedene Partien:

1. Der Mechanismus oder das Werk;
2. der Sitz dieses Mechanismus, das Gehäuse.

Das Werk einer Uhr setzt sich aus sechs Hauptteilen, nämlich aus

- a) dem Regulierorgan (Gangregler),
- b) der Hemmung,
- c) dem Räderwerk,
- d) dem Trieborgan,
- e) dem Aufzieh- und Zeigerstellmechanismus,
- f) dem Uhrgestell

zusammen.