

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:

www.uhrenliteratur.de

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

216. Bändchen

Die Uhr

Grundlagen und Technik der Zeitmessung

Von

Reg.-Bauführer a. D. H. Boß

Ingenieur und Lehrer
am Städtischen Technikum zu Hamburg

Mit 47 Abbildungen im Text



Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1908

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de**

Haftungsausschluss

Die in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden von den Autoren damals nach bestem Wissen erstellt. Allerdings haben sich im Laufe der Zeit Arbeitsverfahren, physikalische Einheiten und Begriffe geändert. Das Buch gibt den Verfahrens- und Technologiestand um zirka 1900 wieder. Die Beteiligten an diesem Buch übernehmen keinerlei Verantwortung bzw. Haftung für mögliche Schäden. Dies gilt auch für durchgeführte Arbeiten gemäß den hier vorgestellten Beschreibungen und Darstellungen – diese sind immer nur als Anregung zu verstehen und entsprechen nicht immer den heute gültigen Vorschriften.

© **Historische Uhrenbücher**

Verlag: Florian Stern, Berlin 2014

www.uhrenliteratur.de

service@uhrenliteratur.de

Alle Rechte vorbehalten

Druck: SDL, Berlin

ISBN 978-3-941539-08-2

Vorrede.

Das vorliegende Bändchen ist nicht eigentlich für den Fachmann bestimmt, sondern dem Zwecke der Sammlung entsprechend, zu der es gehört, wendet es sich an den Kreis derjenigen Gebildeten, die auf irgend einem Spezialgebiete der Forschung oder der Technik gewisse allgemeine Kenntnisse erwerben möchten.

Demzufolge ist der Hauptwert auf klare Darstellung der dynamischen Vorgänge, auf Gewinnung und Bewertung der Beobachtungsergebnisse gelegt, während die zum Verständnisse unerläßlichen Skizzen einen schematischen Charakter tragen, ohne auf Einzelheiten mehr einzugehen, als eben jenes Verständnis es erfordert. Einige Stellen setzen, dem Stoffe gemäß, eine gewisse mathematische Schulung voraus, insbesondere Kapitel 5; wem sie nicht zusagen, der kann zunächst darüber hinweggehen.

Vielleicht wird mancher der verehrten Leser einige Achtung vor der ominösen „Normalzeit der Sternwarte“ bekommen und sich veranlaßt fühlen, das goldene Kunstwerk in seiner Tasche nunmehr auch nach seinem inneren Werte einzuschätzen; die Erweckung des Sinnes für Präzision, die Bekämpfung des Grundsatzes „billig und schlecht“ ist der Nebenzweck des Werkchens.

Hamburg, im Oktober 1907.

Der Verfasser.



Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung. Wesen und Entstehung des Zeitbegriffs.	1
1. Kap. Astronomisches. Sterntag. Wahrer und mittlerer Sonnentag; Zeitgleichung. Einteilung des Tages. Orts-, Zonen- und Weltzeit. Datumwechsel. Mondumlauf.	2
2. Kap. Feststellung der Zeit. Fixsternbeobachtung. Sonnenuhr. Sextant. Korrespondierende Höhen. Rechnungsbeispiele. Zeitdienstanlagen der Sternwarten: Durchgangsinstrument, Chronograph, persönliche Gleichung. Sonnenrohre, -lote usw. Mondabstände	10
3. Kap. Orientierung mittelst der Uhr. Geschichtliches. Methode des Nautikers. Sumnerlinien. Stanley'sche Regel.	19

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:**

www.uhrenliteratur.de

IV

Inhaltsübersicht.

4. Kap. Allgemeine Beschreibung der Uhr. Bedeutung der Uhr. Schwarzwälder- und Taschenuhr.	21
5. Kap. Theoretisches. Drehungsbewegung. Drehmoment. Dämpfung. Pendelschwingung; reduzierte Länge. Tautochrone. Einfluß von Luftdruck und Erdmagnetismus. Unruhe-schwingung. Isochronismus. Zapfenreibung.	26
6. Kap. Zweck und Wesen der Hemmung. Regler und Uhrwerk. Konstruktionsbedingungen. Stiftgang; Hebung-, Ergänzungsbogen, Fall.	35
7. Kap. Die Antriebskraft. Gewichtszug. Sperre und Gegen-sperre. Flaschenzug. Elektrischer Aufzug. Zugfeder. Federhaus. Stellung. Schnecke.	40
8. Kap. Das Zahnräderystem. Übersetzung. Reibungsverlust. Zapfen und Lager. Anordnung des Räderwerkes. Erztriti-zität der Zeiger. Angenäherte Übersetzungen. Indirekter Antrieb: Nachspannapparate, Umlaufräderwerk. Verzah-nung; Zyklische Kurven. Zykloiden- und Punktverzahnung. Eingriffdauer.	51
9. Kap. Pendel und Unruhe. Das Pendel. Geschichtliches. Aufhängung. Einfluß von Erschütterungen. Regulierung. Zulagegewichte. Feinjustiervorrichtung. Temperaturkompen-sation: Holzstangen; Holz- und Hebelpendel; Quecksilber- und Nickelstahlkompensation. Aufstellungsört. Luftdruckkompen-sation: Glasverschluß, Aneroid. Führungsgabel. Sphärisches Pendel. Die Unruhe. Spiralen. Isochronismus. Ruder. Temperaturkompensation. Regulierung in Lagen. Drehgang. Einfluß äußerer Bewegungen. Erzwungene Gehäuse-schwin-gungen. Einfluß des Magnetismus. Torsionswaage.	63
10. Kap. Die Hemmungen im Besonderen. Einteilung. Stetige Kraft. Pendelhemmungen. Hafengang; Ursache der Beschleunigung. Grahamgang. Stiftgang. Profotgang. Freie Gänge. Unruhehemmungen. Zylinderengang. Anfergang. Chronometeregang. Duplexgang.	88
11. Kap. Die Zeiterteilungssysteme. Bedeutung und Genauig-keit öffentlicher Zeitangaben. Die Augen- und Ohr-methode. Anwendung von Telegraph, Telephon usw. Die Minutenspringersysteme. Hauptuhren. Nebenuhren mit oszillierendem und rotierendem Anker. Turmuhren. Systeme mit zeitweiser Kontrolle. Normalzeit. Zeitballstationen. Sympathetische Kuppelung. — Anlage im Deutschen Museum zu München.	109
12. Kap. Gangresultate der Uhren. Stand, Gang, Variation und deren Ursachen. Mittlerer Gang. Extrapolation. Wahr-scheinliche Abweichung. Zahlenbeispiel. Chronometer; Tem-peraturprüfung. Zuverlässige Hausuhren. Genauigkeit astro-nomischer Uhren.	127
Schlußwort.	135

Einleitung.

Die Frage, was die Zeit eigentlich sei, dürfte manchen in Verlegenheit bringen. Sie ist eben eine innere, apriorische Anschauungsform der menschlichen Seele, die sich schwer in Worten abbilden läßt; nennen wir sie einmal das Nacheinander des Geschehens. Sie existiert in Wirklichkeit, besitzt Realität, wie alle Bewußtseinsinhalte, aus denen die Idee der Welt und des Seienden überhaupt erst entsprossen ist. Sie besitzt Realität, weil sie sich messen läßt, denn etwas Nichtwirkliches könnte man auch nicht messen. Sie besitzt ferner Unendlichkeit und unendlich Kleines, beides nicht voll erfassbar, wohl aber vorhanden; begreiflich ist sie nur in ihren endlichen Teilen, welche das Fachwerk bilden, in das wir die Geschichte unseres Planeten, unsere Erinnerungsbilder und Hoffnungen einordnen. Eine Funktion der Zeit ist weiter das psychische Leben selbst, denn nur je eine Vorstellungsgruppe steigt in die Klarheit des Bewußtseins empor, und danach erst die andere. Der Zeitbegriff ist schließlich eine der Hauptgrundlagen der Erkenntnis, denn erkennen läßt sich nur das Gesetzmäßige im Geschehen, und auch dies ist zumeist eine Funktion der Zeit. — Die Gesetzmäßigkeit selbst war es, die in die Seele den Begriff der Zeit pflanzte und ihn aufzüchtete bis zu dem Grade der Vollenbung, daß er sich messen ließ.

Sicher ist der Mensch schon in den frühesten Zeiten dazu gelangt, sich für die regelmäßige Aufeinanderfolge seiner Wahrnehmungen und Erlebnisse einen Maßstab auszubilden und ihn zu Nutz und Frommen seiner selbst wie der Sippe praktisch zu verwerten; boten doch der stetige Wechsel von Hell und Dunkel und die großartige Beständigkeit der Erscheinungen am Firmament hierfür eine direkte Handhabe. Allein schon die Verehrung, welche die Sonne als Lebens- und Wärmespenderin bei den Naturvölkern genoß und noch genießt, dürfte den Beobachter veranlaßt haben, ihr Kommen und Gehen zu den Dingen seines täglichen Lebens in Beziehung zu setzen, resp. sie danach zu regeln.

bare Rollen ausbildet, jedoch eignet sich eine solche Konstruktion nur für große Ausführungen.

Bei allen Verzahnungen kommt es neben genauer Teilung und Zahnform sehr darauf an, daß eine genügende „Eingriffsdauer“ vorhanden ist, d. h. daß der nächste Zahn sich bereits im Eingriff befindet, bevor der vorangegangene frei geworden ist; dies ist um so schwerer zu erreichen, je größer die Übersetzung ist. Da nun bei Uhren durchweg hohe Übersetzungen in Gebrauch sind, so muß man den Zahnkopf zum Eingriff vollständig ausnutzen und darf ihn nicht etwa abschneiden, wie es im Maschinenbau geschieht. Daher seine spitzige Form.

Das Verhältnis der Zähnezahlen zweier ineinander greifender Räder ist umgekehrt proportional den erforderlichen Umdrehungszahlen, also gegeben, desgleichen das der Durchmesser der beiden Teilkreise, die sich wie die Zähnezahlen verhalten müssen, weil ja nur Räder mit derselben Zahnteilung zusammenarbeiten können. Die geringste bei Trieben zweckmäßig anzuwendende Zähnezahl ist 6; bei kleineren Zahlen wird die Eingriffsdauer mangelhaft. Die Teilung kann fein oder grob sein; grobe Teilung gewährt mehr Sicherheit gegen Bruch, feine arbeitet mit weniger Reibung und mit besserem Eingriff. Die größte Verzahnung hat das Triebrad, die feinste das Steigradtrieb, der kleineren Kräfte wegen.

Über die bei Uhren gelegentlich vorkommenden Regel- und Schraubenradverzahnungen gehen wir hinweg; wer sich dafür interessiert, möge ein Spezialwerk zu Rate ziehen.

Die in den Zeitmessern wirklich angewendeten Zahnformen kommen dem oben skizzierten geometrischen Ideal mehr oder weniger nahe. Meist sind sie verhältnismäßig roh; bei Präzisionsuhren, Chronometern, astronomischen Pendeluhren u. dgl. erreicht man dagegen durch Anwendung geeigneter Fräsen aus Edelstein eine hohe Genauigkeit.

9. Kapitel.

Pendel und Unruhe.

Das Pendel. Wie einst Newton durch Beobachtung des vom Baume fallenden Apfels zur Entdeckung des Gravitationsgesetzes geführt wurde und dadurch das Fundament schuf, auf

daß der ganze Bau der heutigen astronomischen Weltanschauung gegründet ist, so waren es die Schwingungen eines Kronleuchters in der Kathedrale zu Pisa, die den großen Galilei durch ihre außerordentliche Gleichmäßigkeit auf die Idee brachten, den Schwingungsvorgang zur Unterteilung der Zeit nutzbar zu machen. Beide Entdeckungen stehen in einem gewissen Zusammenhange. Die Bewegungen der Himmelskörper demonstrieren die Gleichmäßigkeit im großen, die des Pendels im kleinen. Beide gehorchen den Gesetzen jener rätselhaften Schwerkraft, welche das ganze uns bekannte Weltall beherrscht. — Wie schon erwähnt wurde, war es Huyghens, der sich des neuen Meßinstrumentes zuerst theoretisch annahm. Sein im Jahre 1673 zu Paris erschienenes Werk

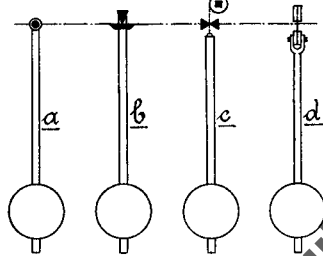


Fig. 20. Pendelaufhängungen.

„Horologium oscillatorium sive de motu pendulorum“ gibt den Stand des damaligen Wissens und Könnens. Im Laufe der Zeit ist das Pendel zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden und jedem Kinde als etwas Selbstverständliches bekannt. Wir sind schnelllebig geworden und zugleich undankbar; wir genießen die Früchte der Erkenntnis wohl, aber wir gedenken des Baumes nicht, auf dem sie herangereift sind. Deshalb ist es wohl angebracht, von Zeit zu Zeit nach rückwärts zu schauen und sich der Männer zu erinnern, denen wir epochale Ideen verdanken. Zu ihnen gehört Galilei, auch in der Geschichte der Zeitmeßkunst.

Das Pendel besteht aus einem dünnen Stabe, an dem unten ein schwerer Körper angebracht ist, seiner Form wegen zumeist die Linse genannt. Der Stab ist derart beweglich aufgehängt, daß er sich nur in einer senkrechten Ebene bewegen kann. Das Pendel heißt dementsprechend auch ein „ebenes“. Die Aufhängevorrichtung ist ein sehr wichtiger Teil der Uhr, hat ihre Geschichte für sich und hat auch neuerdings wieder durch die Einführung der Federkraftshemmungen gewisse Wandlungen erfahren. Sie hat nicht bloß das Pendel zu tragen und ihm ein möglichst reibungsfreies Schwingen zu gestatten, sondern auch dafür zu sorgen, daß die Schwingungsebene derjenigen des Steigrades parallel bleibt, was sie nicht ohne äußeren Zwang tut. Denn jedermann

weiß von dem Foucault'schen Pendelversuch her, daß die Schwingungsebene eines frei beweglichen Pendels sich im Laufe der Stunden dreht, oder vielmehr daß die Erde unter dem Pendel rotiert. In unseren Breiten beträgt diese Drehung pro Stunde 11 bis 12°, d. h. beim Sekundenpendel pro Schwingung 12 Bogensekunden. Ist nun der Pendelkörper schwer und die Aufhängung zart, so erleidet sie dadurch eine gewisse zusätzliche Beanspruchung.

Die verschiedenen Arten der Aufhängung sind folgende (vgl. Fig. 20): a) Aufhängung in Zapfen oder zwischen Körnern; nicht zweckmäßig wegen der großen, in den Lagern auftretenden Reibung; b) Aufhängung an einer auf einer Achatspfanne ruhenden Stahlschneide, wie sie z. B. bei Waagen verwendet wird; sie war früher bei Turmuhren allgemein in Gebrauch, seit Bessel aber nach-

gewiesen hat, daß auch die härteste Schneide Formveränderungen unterliegt, ist man von dieser Konstruktion abgekommen; c) Aufhängung in einer Draht- oder Seidenfadenschlinge; sehr oft zu finden bei Schwarzwälder und Stuhuhren. Häufig sind die Fäden über eine Walze gewickelt, durch deren Drehung man das Pendel länger oder kürzer machen kann; d) Aufhängung an einer elastischen Stahlfeder, wie sie bei allen besseren Pendeluhren heutzutage angewendet wird. Clement, der Erfinder der Ankerhemmung, führte sie ein, und Le Roy nahm zuerst statt einer deren zwei nebeneinander, wodurch die Schwingungsebene des Pendels besser festgelegt wird (vgl. Fig. 21). Daß und in welcher Weise man die elastische Kraft der Feder dazu benutzen kann, die Schwingungsverhältnisse dem Zustande des Isochronismus zu nähern, ist schon auf Seite 31 näher ausgeführt worden.

Die Feinheit der Feder findet ihre Grenzen in dem Gewicht

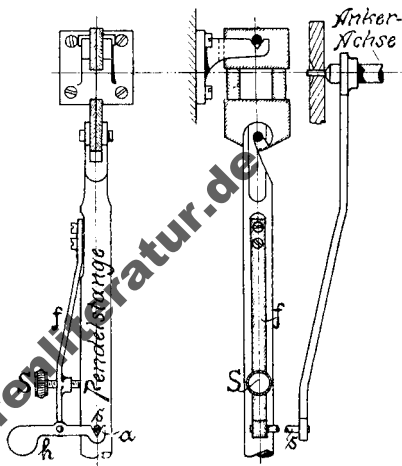


Fig. 21. Federaufhängung; Zapfenentlastung.

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:**

www.uhrenliteratur.de

66

9. Pendel und Unruhe.

des Pendels, welches sie zu tragen imstande sein muß, ohne Formveränderungen zu erleiden. In diesen wenigen Worten ist ein aktuelles Problem enthalten; glaubt man doch die feinsten, kaum mehr mit Instrumenten wahrnehmbaren Erderschütterungen dafür verantwortlich machen zu können, wenn plötzlich mehrere weit voneinander entfernte astronomische Pendeluhren pro Tag geringe Bruchteile der Sekunde zurückbleiben. Man sagt dann, die Pendelfeder habe sich unter dem Einflusse des Bebens gedehnt. Unterstützt wird diese Annahme dadurch, daß die Erscheinung regelmäßig nach einigen Wochen verschwindet, wenn die Feder wieder „ihre ursprüngliche Länge angenommen hat“, ferner dadurch, daß man durch Berührung des Pendels oder durch einen leichten Schlag gegen das Gehäuse der Uhr eine analoge Erscheinung hervorrufen kann. Verwunderlich ist das eigentlich nicht, wenn man bedenkt, daß die Verlängerung eines Sekundenpendels um nur $\frac{1}{500}$ mm bereits ein tägliches Nachbleiben von $\frac{1}{10}$ Sekunde bedeutet. Jedenfalls befinden wir uns hier dem Gebiete gegenüber, auf welchem jetzt die Grenzen der mit Uhren erreichbaren Genauigkeit zu suchen sind. — Andere vermuten einen direkten Einfluß der Konstellation von Sonne und Mond auf die örtliche Schwerkraft in einem solchen Grade, daß er zur Erklärung jener Erscheinungen ausreicht; eine Vergrößerung der Beschleunigung der Schwere um 1 mm würde beim Sekundenpendel einem täglichen Vorgehen von 4,4 Sek. entsprechen. Wir hätten dann eine „Ebbe und Flut“ der Uhren, wie sie unlängst von Arctowski auch für das Luftmeer festgestellt worden ist. Erschöpfende Versuche sind über diesen Punkt noch nicht vorgenommen.

Praktisch wichtig sind die Vorrichtungen, welche die Schwingungsdauer des Pendels zu verändern gestatten und damit eine Regulierung der Uhr ermöglichen. Die verschiebbare Linse der gewöhnlichen Uhr und die drehbare Tragmutter derselben bei besseren Ausführungen sind jedem bekannt. Sie wirken durch Veränderung der reduzierten Pendellänge, welche beim Senken der Linse samt der Schwingungsdauer zunimmt und umgekehrt. Bei der Betätigung der Stellschraube muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß die Aufhängefeder nicht durch Verdrehen beschädigt wird. — An Stuhuhren findet man gewöhnlich über der XII des Zifferblattes ein Vierkant, durch dessen Drehung der Aufhängefaden in bereits angegebener Weise mehr oder weniger aufgewickelt und damit die Pendellänge verändert werden kann.