

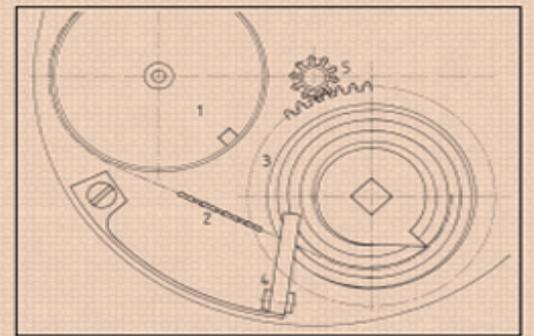
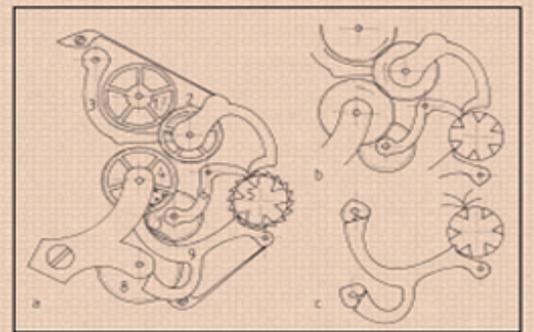
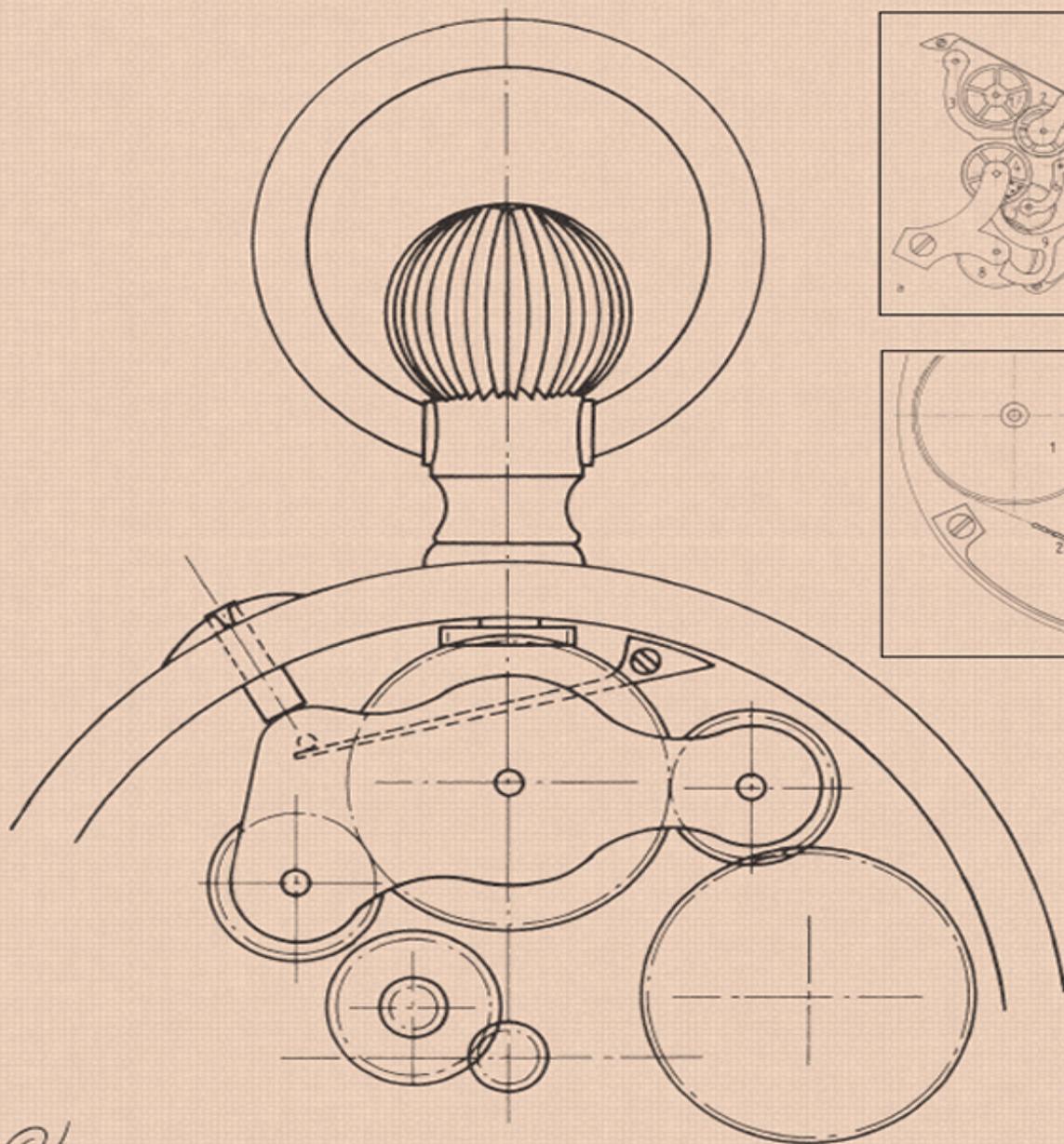


Klaus Menny



# Die Uhr und ihre Funktionen

Für Sammler und Liebhaber



HEEL



# **Die Uhr und ihre Funktionen**

## **Impressum**

HEEL Verlag GmbH  
Gut Pottscheidt  
53639 Königswinter  
Telefon: 02223 92300  
Fax: 02223 923026  
Mail: [info@heel-verlag.de](mailto:info@heel-verlag.de)  
Internet: [www.heel-verlag.de](http://www.heel-verlag.de)

© 2011 HEEL Verlag GmbH, Königswinter

Korrigierte, neu gesetzte Neuauflage, seinerzeit beim Callwey-Verlag, München, erschienen unter dem Titel „Die Funktion der Uhr“ (1994), später dann beim Verlag Th. Schäfer, Hannover, (2003) unter dem Titel „Die Uhr und ihre Mechanik“.

Hinweis des Verlages: Diese Neuauflage ist durch die freundliche Genehmigung der Familie Menny möglich geworden – herzlichen Dank. Dieser geht auch an Peter Schiedt für die Durchsicht des Manuskripts.

© Historische Uhrenbücher  
Verlag: Florian Stern, Berlin 2011  
[www.uhrenliteratur.de](http://www.uhrenliteratur.de)  
[service@uhrenliteratur.de](mailto:service@uhrenliteratur.de)  
Alle Rechte vorbehalten

Die in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden von dem Autor nach bestem Wissen zusammengetragen und von diesem und dem Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind, wie wir im Sinne des Produkthaftungsrechts betonen müssen, inhaltliche Fehler nicht mit letzter Gewissheit auszuschließen. Daher erfolgen die Angaben ohne jede Verpflichtung oder Garantie des Autors bzw. des Verlages. Die Beteiligten übernehmen keinerlei Verantwortung bzw. Haftung für mögliche Unstimmigkeiten. Dies gilt auch für durchgeführte Arbeiten gemäß den hier vorgestellten

Beschreibungen und Darstellungen – diese sind immer nur als Anregungen zu verstehen.  
Wiedergegeben wird der Wissenstand von 2002.

Layout und Satz: Michael Stern, Berlin  
Umschlaggestaltung: A. Mertens, Heel Verlag

Print ISBN: 978-3-86852-506-9  
E-Book ISBN: 978-3-95843-001-3

# Zeitlose Faszination im Jahresabonnement

6 Heftausgaben + 1 Katalogausgabe zum Vorzugspreis von 54,-  
EUR



Sichern Sie sich jetzt Ihre Vorteile zum Vorzugspreis  
Von 56,- (6 Ausgaben plus Katalog 2014) und erhalten Sie als Prämie ein  
anregendes Buch über Sportuhren.  
Einfach kurz 02223 9230-28 anrufen oder an [armbanduhren@heel-  
verlag.de](mailto:armbanduhren@heel-verlag.de) schreiben.

[www.armbanduhren-online.de](http://www.armbanduhren-online.de)

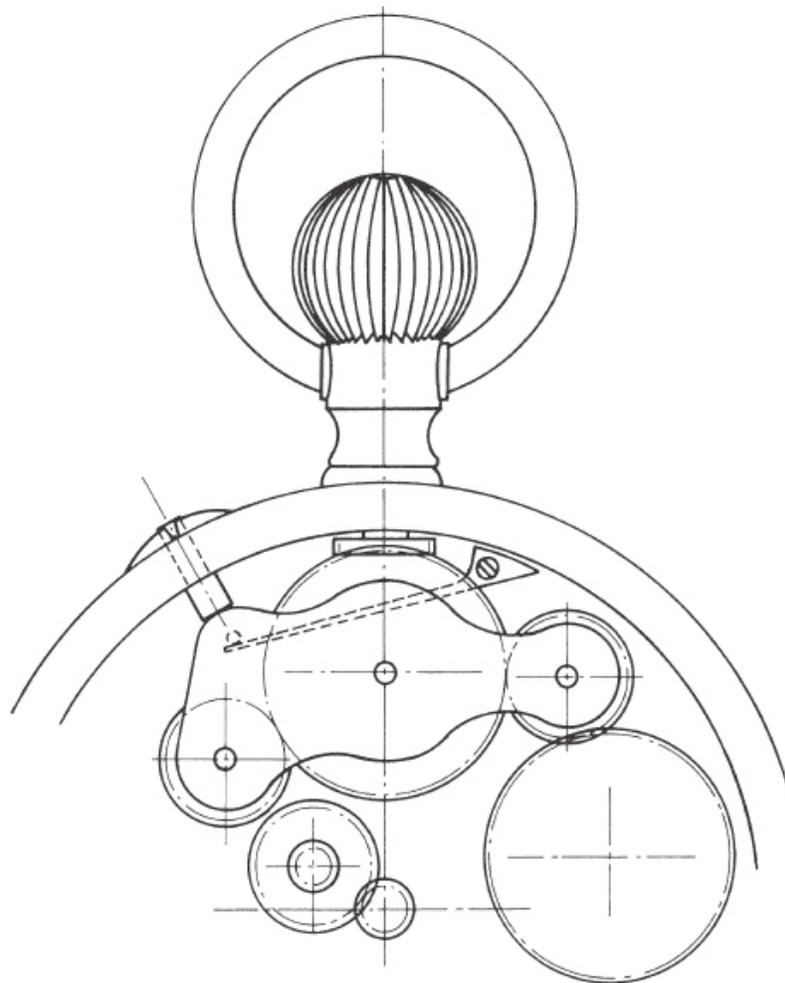
Jetzt auch als kostenlose App erhältlich!  
<http://www.armbanduhren-online.de/epaper.html>

Klaus Menny

# Die Uhr und ihre Funktionen

## Für Sammler und Liebhaber

(Hrsg. Michael Stern)



**HEEL**

## Über den Autor

Klaus Menny wurde 1930 in Potsdam geboren. Nach seinem Abitur studierte er das Fach Maschinenbau an der Berliner Technischen Universität.

Als Diplom-Ingenieur arbeitete er dann bei der Firma Voith in Heidenheim, Baden-Württemberg.

Danach lehrte er als Professor an der Fachhochschule in Hannover das Fach Maschinenbau. Sein Spezialgebiet waren die Strömungsmaschinen, über die er auch einige Bücher publizierte.

Dem Hobby „mechanische Uhren“ widmete er seine Freizeit. In diesem Rahmen übersetzte er Uhrenbücher und Fachartikel vom Englischen ins Deutsche (z. B. Penman „Alte Uhren reparieren“, Smith „Standuhren reparieren“) und schrieb dieses Uhrenbuch.

Leider blieb sein letztes Projekt – die Konstruktion und der Bau einer Holzräderuhr – unvollendet.

Klaus Menny verstarb 2007 in Hannover.

# **Inhalt**

Vorwort

## **Zeit und Zeitmessung**

Einleitung

Aufbau und Funktionsweise einer einfachen mechanischen Uhr

## **Bauteile von Uhren**

Antrieb

Zahnräder

Lager

Werkgestell

## **Gangregler**

Pendel

Unruh und Feder

## **Hemmungen**

Zweck

Rückführende Hemmungen

Ruhende Hemmungen

Freie Hemmungen

Freie Pendelhemmungen

Tourbillons

## **Zeiger- und Kalenderwerke**

Zeigerwerke

Kalender

Chronographen

## **Schlagwerke und Weckeinrichtungen**

Übersicht

Schlossscheibenschlagwerke

Rechenschlagwerke

Viertelstundenschlagwerke

Melodieschlagwerke und Figurenautomaten

Wecker

## **Aufzugsysteme von Kleinuhren**

Einleitung

Aufzug und Zeigerstellung

Automatischer Aufzug

## **Reparaturen**

Vorbemerkung

Zerlegen

Reinigen

Zusammensetzen

Reparieren

## **Exkurs**

Von der mechanischen zur elektronischen Uhr

Begriffserklärungen

Abbildungen

Literaturhinweis

Abbildungsnachweis

Register

# Vorwort

*Jeder Mensch  
treibt seine Liebhabereien sehr ernsthaft,  
meistens ernsthafter  
als seine Geschäfte.  
(Goethe)*

Mechanische Uhren gibt es seit dem 13. Jahrhundert. Sie gehören damit zu den ältesten Erzeugnissen „moderner“ Technik. Der in ihnen verwirklichte Erfindungsreichtum, ihre komplizierte und sinnreiche Mechanik und nicht zuletzt ihre Schönheit haben von jeher nicht nur den Fachmann begeistert, sondern auch und gerade solche Menschen, deren berufliche Aufgaben nichts mit der Fertigung oder der Reparatur dieser Werke zu tun hatten. In unserer Zeit, da die mechanischen Uhren zunehmend von ihren elektronischen Nachfolgern verdrängt werden, hat diese Faszination eher noch zugenommen. Ja gerade dass sie beginnen, unmodern zu werden, verleiht den mechanischen Uhren einen nostalgischen Reiz.

Es gibt eine ganze Reihe guter Bücher über die Geschichte der Zeitmessung. Mit diesen Standardwerken zu wetteifern, die durch ihre aufwendigen Bildteile auch meist sehr teuer sind, ist nicht meine Absicht. Vielmehr habe ich mich bemüht, den Umfang des vorliegenden Buches durch die Beschränkung auf den technischen Aspekt bewusst knapp zu halten. Ohne auf künstlerische oder stilkundliche Fragen zur Gestaltung der Gehäuse einzugehen, habe ich versucht, die Technik mechanischer Uhren einigermaßen vollständig zu behandeln, wenn auch wirkliche Vollständigkeit bei diesem Thema kaum zu erreichen ist. Ich denke, dass es

Uhrenfreunde geben wird, die gerne verstehen möchten, welche mechanischen Abläufe in Uhren vorgehen, welche Gesichtspunkte bei ihrer Konstruktion und Fertigung beachtet worden sind und welche klugen Erfindungen gemacht wurden, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Zeitmesser zu verbessern oder auch den Komfort für den Benutzer zu erhöhen. Obgleich elektromechanische und elektronische Uhren nicht zum eigentlichen Thema gehören, ist ihnen ein kurzer Abschnitt im Anhang gewidmet worden.

Irgendwelche Vorkenntnisse werden nicht vorausgesetzt, auch keine mathematischen. Lediglich im Kapitel über die Gangregler bin ich der Versuchung erlegen, einige wenige Formeln anzugeben. Einfacher als in der Sprache der Mathematik lassen sich manche Zusammenhänge nicht beschreiben. Aus Rücksicht auf solche Leser, die allein schon durch den Anblick von Gleichungen erschreckt und abgestoßen werden, habe ich aber versucht, wo immer mir das möglich war, theoretische Berechnungen durch anschauliche Zeichnungen oder Diagramme zu ersetzen. Einige Fachbegriffe habe ich im Anhang zum raschen Nachschlagen knapp erläutert. Ich hoffe, auch auf diese Weise einen vernünftigen Kompromiss zwischen der nötigen Klarheit und der erwünschten leichten Lesbarkeit gefunden zu haben.

Herrn Uhrmachermeister Habinger in München danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und manche guten Ratschläge.

In dieser korrigierten Auflage wurden Kleinigkeiten korrigiert und die neue deutsche Rechtschreibung verwendet.

Klaus Menny  
Ronnenberg 2002

# Zeit und Zeitmessung

*Ein jegliches hat seine Zeit,  
und alles Vornehmen unter dem Himmel  
hat seine Stunde.  
(Prediger 3. 1)*

## Einleitung

Eine Uhr dient dem Zweck, die Zeit zu messen. Aber was ist eigentlich Zeit, und wie kann man sie messen? Die erste dieser beiden Fragen macht überraschend große Schwierigkeiten. Obgleich bedeutende Philosophen, unter anderen Aristoteles, Kant und Heidegger, darüber nachgedacht haben, ist es nicht möglich, in wenigen Sätzen zusammenzufassen, was Zeit ist, möglicherweise weiß es auch niemand. Das ist um so erstaunlicher, als ja die Zeit eine Grunddimension des Lebens schlechthin ist und jedermann zu wissen glaubt, was sie ist. „Wenn niemand mich danach fragt, weiß ich’s, will ich’s aber einem Fragenden erklären, weiß ich’s nicht“, sagt Augustinus über die Zeit.

In der Physik, wo sie zu den wichtigsten Grundgrößen zählt, war bis in den Anfang des 20. Jahrhunderts die von Newton gegebene Beschreibung wohl unumstritten, der gesagt hat: „Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.“

In der modernen relativistischen Physik gilt dieser Zeitbegriff nicht mehr. Die Zeit ist keine absolute Größe, sondern sie hängt vom Bezugssystem des Beobachters ab. Überdies ist der Zeitbegriff aufs engste

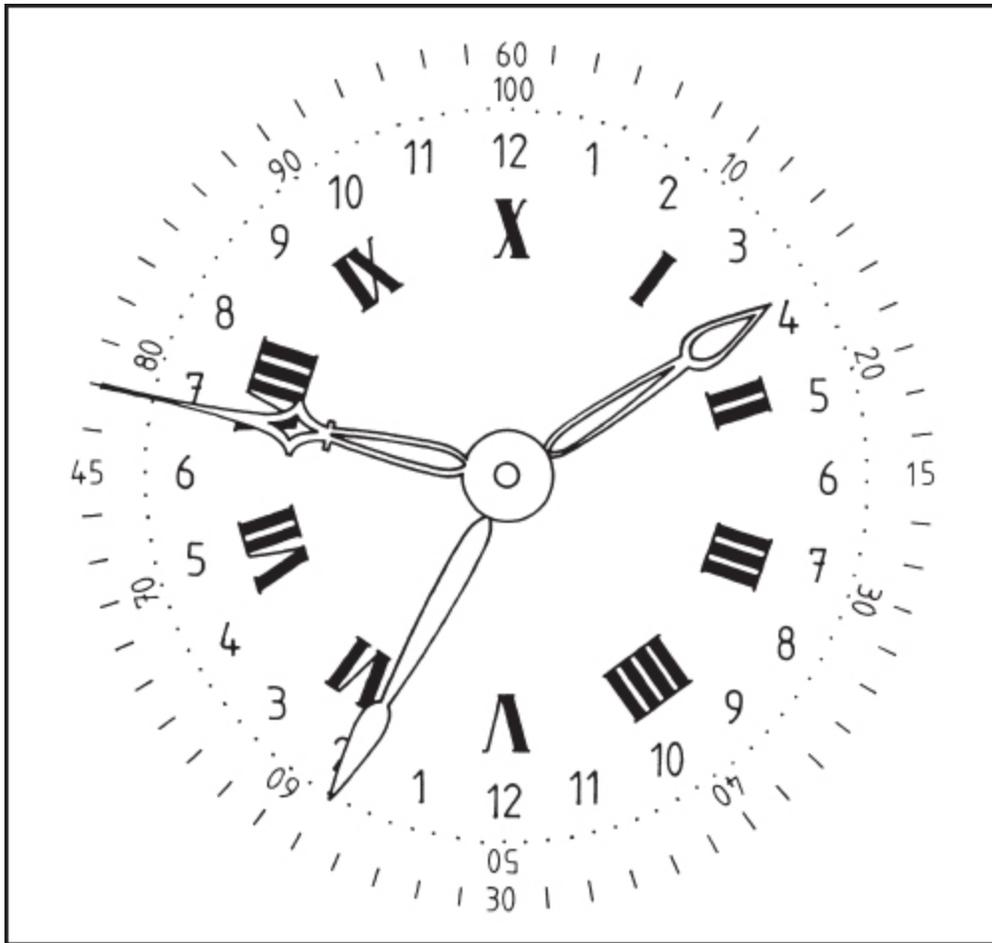
mit dem des Raumes verwoben. Das geometrische Verhalten von Körpern und der Gang von Uhren sind von der Geometrie der Raum-Zeit abhängig. Albert Einstein wird der Ausspruch nachgesagt: „Zeit ist, was mit Uhren gemessen wird.“ In der Tat hätten wir überhaupt keine Möglichkeit, Newtons absolute Zeit, wenn es sie gäbe, wahrzunehmen oder gar zu messen.

Möglich ist es einzig und allein, die Dauer einer Bewegung mit irgendeiner anderen Bewegung zu vergleichen, zum Beispiel mit der Erdumdrehung oder der Drehung des Uhrzeigers. Man beachte aber den Unterschied zu anderen physikalischen Größen. Während etwa eine elektrische Spannung unter Ausnutzung bestimmter physikalischer Effekte den Zeiger des Voltmeters ausschlagen lässt, kann die Zeit selbst keine Uhr bewegen.

## **Die Einteilung der Zeit**

in Jahre, Monate und Tage ergibt sich aus astronomischen Fakten und muss als naturgegeben hingenommen werden. Die weitere Unterteilung in Stunden, Minuten und Sekunden ist dagegen rein willkürlich und nicht einmal besonders zweckmäßig, da sie zu unserem dezimalen Zahlensystem nicht passt. Während es kinderleicht ist, einen Euro-Betrag in Cent umzurechnen, erfordert es schon etwas Kopfrechnen, um eine in Tagen, Stunden und Minuten gegebene Zeitspanne in Sekunden auszudrücken. Die aus dem babylonischen Kulturkreis stammende Unterteilung auf der Grundlage der Zahlen 12 und 60 ist indessen so alt und so fest in unserem Alltagsleben verwurzelt, dass es wohl keinen Sinn hätte, hieran etwas zu ändern. Während der Französischen Revolution hat es einen solchen Versuch gegeben, der aber nur vorübergehend erfolgreich war. Uhren aus dieser Zeit haben oft außer dem Dezimalzifferblatt noch eine Anzeige der konventionellen Art ([Abb. 1.1](#), S. 12). Da zwar der Tag in beiden Fällen gleich lang ist, aber die Dezimalstunden länger sind als die herkömmlichen

(2,4 h), kommt man mit einem gemeinsamen Stundenzeiger aus, für die Minuten sind dagegen zwei Zeiger nötig, ein schneller für die herkömmlichen und ein langsamer für die Dezimalminuten.



1.1 Zifferblatt einer Revolutionsuhr mit dezimaler und konventioneller Zeitangabe. Von innen nach außen: 10 Dezimalstunden, zwei mal 12 konventionelle Stunden, 100 Dezimalminuten, 60 konventionelle Minuten

## Die Sekunde

als die Grundeinheit der Zeitmessung war bis zum Jahre 1967 als der 86.400. Teil des mittleren Sonnentages definiert, wobei der Bezug auf einen „mittleren“ Sonnentag deshalb nötig ist, weil die Eigendrehung der Erde relativ zur Sonne im Laufe eines Jahres bestimmten periodischen Schwankungen unterworfen ist. Diese Relativbewegung entsteht durch die

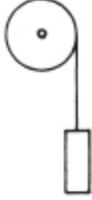
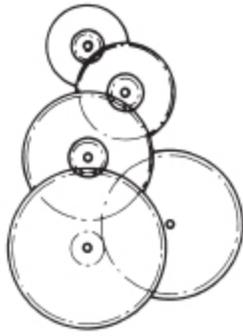
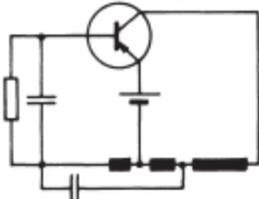
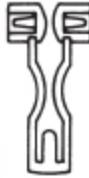
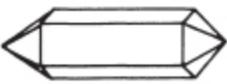
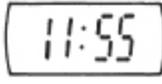
Überlagerung der Erdrotation mit dem Umlauf der Erde um die Sonne. Die Letztere gehorcht dem zweiten Keplerschen Gesetz<sup>1</sup> und hat deshalb keine konstante Geschwindigkeit.

So weicht die „wahre Sonnenzeit“, die von einer Sonnenuhr angezeigt wird, von der „mittleren Zeit“ unserer Armbanduhr mehr oder weniger stark ab, bis zu etwa 16 Minuten. Diese als Zeitgleichung bezeichnete Differenz wird auf dem Zifferblatt manch einer alten Uhr angezeigt, um dem Benutzer jederzeit eine Kontrolle anhand einer Sonnenuhr zu ermöglichen.

Nun hat sich aber auch die Präzision der Erdumdrehung gegenüber dem Fixsternhimmel für genaueste physikalische Messungen als nicht ausreichend erwiesen. Auch hier gibt es mit dem Jahreszyklus periodische Schwankungen, und außerdem nimmt die Drehgeschwindigkeit der Erde stetig, wenn auch geringfügig ab. Deshalb ist die Sekunde heute als das 9.192.631.770-fache der Schwingungsdauer einer bestimmten Strahlung des Cäsiumatoms festgelegt.

Cäsiumatomuhren sind nämlich die genauesten Uhren, die heute verfügbar sind. So hat man ausgerechnet, dass die Atomuhren der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig erst in 3 Millionen Jahren um eine Sekunde vom wahren, der Sekundendefinition entsprechenden Wert abweichen würden.

Zur Angleichung der Zeitmessung mit unveränderlich langen Sekunden an die nicht konstante Erddrehung werden von Zeit zu Zeit, gewöhnlich in der Silvesternacht, Schaltsekunden eingefügt.

| Energiespeicher                                                                            | Übersetzung                                                                                  | Gangregler                                                                                    | Anzeige                                                                             |                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gewicht   |             | Pendel      |  |                                                                                                    |
| Feder     |                                                                                              | Unruh       |                                                                                     |                                                                                                    |
| Batterie  | Elektronik  | Stimmgabel  |                                                                                     | Zifferblatt                                                                                        |
|                                                                                            |                                                                                              | Quarz       |                                                                                     | Digitalanzeige  |

## 1.2 Baugruppen von Uhren

### **Aufbau und Funktionsweise einer einfachen mechanischen Uhr**

Grundprinzip: In allen heute verwendeten Uhren bildet ein schwingungsfähiges System die Grundlage der Zeitmessung. Das muss bei weitem keine Atomschwingung sein, es kann ein Pendel, eine Unruh, eine Stimmgabel oder ein Quarzkristall sein. Wichtig ist nur, dass die Schwingungszeit des Gangreglers möglichst konstant ist, damit für die Zeitmessung ein Vergleichsnormale zur Verfügung steht.

Ein weiteres Bauelement einer jeden Uhr ist ein Energiespeicher, aus welchem dem Schwinger so viel Energie zugeführt wird, dass er trotz der unvermeidlichen Reibungsverluste weiter arbeitet. Dies kann ein

hochgezogenes Gewicht sein, eine gespannte Feder oder eine elektrische Batterie. Weiter ist eine Übersetzung notwendig, eine Einrichtung, welche die Energie vom Speicher bis zum Schwingungssystem überträgt, wofür ein Zahnradgetriebe oder auch eine elektronische Schaltung in Frage kommen.

Schließlich ist eine Einrichtung nötig, um die Zahl der Schwingungen zu zählen und in geeigneter Weise anzuzeigen. Dazu gibt es analoge oder digitale Anzeigen. Auf dem bekannten Zifferblatt wird die Zeit auf eine analoge Größe, den Winkel zwischen der 12 und den Zeigern, abgebildet. Die Flüssigkristallanzeige einer elektronischen Uhr gibt die Zeit in festgelegten kleinsten Schritten, meist Sekunden, digital, also zahlenmäßig, an.

In [Abbildung 1.2](#) ist ein Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zur Verwirklichung der genannten Aufgaben gegeben.

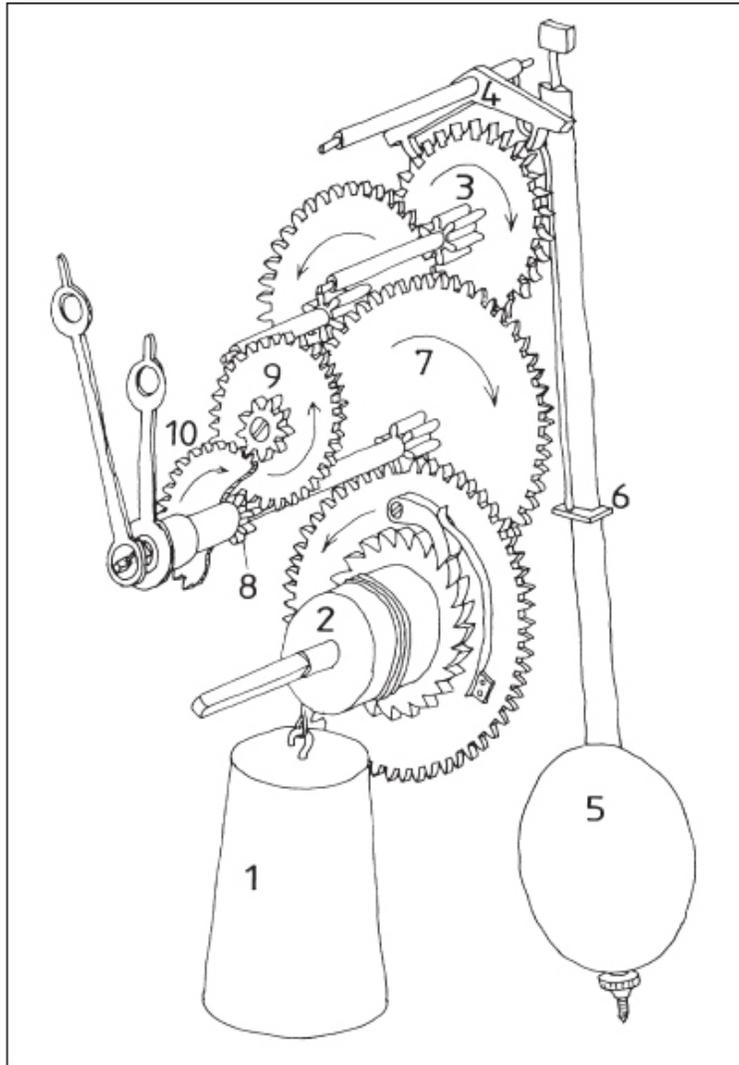
## **Pendeluhr mit Gewichtsantrieb**

Bei dem Uhrwerk in [Abbildung 1.3](#) treibt das Gewicht 1 mittels eines um die Walze 2 geschlungenen Seils das Räderwerk an, wobei die Kraft über die verschiedenen Radpaare bis auf das Gangrad oder Hemmungsrad 3 übertragen wird.

Der Ablauf des Werkes wird dort durch das Zusammenspiel von Gangrad und Anker 4 gehemmt und durch die Schwingung des mit ihm verbundenen Pendels 5 gesteuert. Das Gangrad kann sich nur dann weiter bewegen, wenn das Pendel den Anker in eine solche Stellung gebracht hat, dass er einen Hemmradzahn freigibt. Zugleich greift aber die andere Ankerpalette in einen Zahnzwischenraum ein und begrenzt dadurch die Bewegung des Gangrades auf eine halbe Zahnteilung.

Während nun das Pendel zurückschwingt, drückt der Hemmradzahn auf die schräge Fläche der Ankerpalette und übt so über die Ankergabel 6 eine Kraft in der Bewegungsrichtung des Pendels auf dieses aus und führt ihm einen kleinen Energiebetrag zu. Sobald auch diese Ankerpalette ihren

Hemmzahn freigegeben hat, kann sich das Spiel wiederholen. Die Schwingungsweite des Pendels wird sich auf einen Gleichgewichtszustand einstellen, bei dem die Reibungsverluste gerade durch die Energiezufuhr ausgeglichen werden.



1.3 Prinzipdarstellung einer Pendeluhr mit Gewichtsanzug

Ist auf diese Weise dafür gesorgt, dass sich das Gangrad im Takt der Pendelschwingung bewegt, müssen die Zähnezahlen des Räderwerkes unter Berücksichtigung der Pendellänge noch so berechnet werden, dass das Minutenrad 7 sich einmal in der Stunde dreht, also mit der Geschwindigkeit

des Minutenzeigers. Die Übersetzung im Verhältnis 12:1 für den Stundenzeiger besorgt das Zeigerwerk.

Zu ihm gehört das kleine Zahnrad 8, das auf ein Rohr, also eine Hohlwelle montiert ist und mit ihr zusammen das verzahnte Viertelrohr bildet. Weitere Bestandteile sind das Wechselrad 9 und das Stundenrad 10. Letzteres sitzt wiederum auf einem Rohr, damit beide Zeiger einen gemeinsamen Drehpunkt haben können.

Mit den Zähnezahlen  $z_{st}$  für das Stundenrad,  $z_w$  für das Wechselrad,  $z'_w$  für das Wechselradtrieb und  $z'_v$  für das Viertelrohr ergibt sich die Übersetzung  $i$ :

$$i = \frac{z_{st} \cdot z_w}{z'_w \cdot z'_v} \quad \text{Gl. 1}$$

Um das Stellen der Zeiger zu ermöglichen, muss das gesamte Zeigerwerk gegenüber dem eigentlichen Uhrwerk verdreht werden können, denn dieses kann sich ja nur mit der vom Pendel aufgezwungenen Geschwindigkeit bewegen. Zwischen dem Minutenrad und seiner Welle ist deshalb eine Reibkupplung vorgesehen, die zum Beispiel darin besteht, dass das Minutenrad lose auf der Welle sitzt und durch eine Feder gegen einen Wellenabsatz gedrückt wird. Oder das Viertelrohr sitzt reibend auf der Minutenwelle, wie in der Zeichnung dargestellt. Die Reibung muss so groß sein, dass das Zeigerwerk im normalen Gang einwandfrei mitgenommen wird, und so gering, dass sich die Zeiger leicht stellen lassen.

Die in [Abbildung 1.3](#) „freischwebend“ gezeichneten Wellen sind in Wirklichkeit mit ihren Lagerzapfen in einem Werkgestell gelagert. Dieses ist hier weggelassen worden, um die wesentlichen Teile deutlicher hervortreten zu lassen. In gleicher Weise wurde bei vielen anderen Abbildungen in diesem Buch verfahren.

<sup>1</sup> s. Begriffserklärungen S. 87