

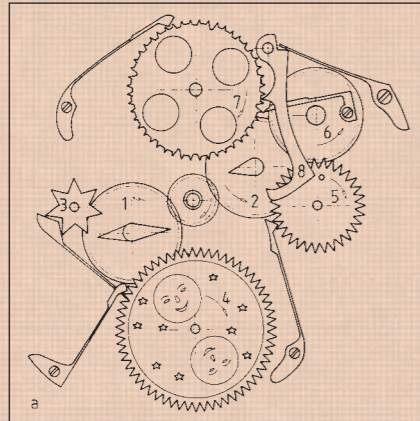
Klaus
Menny



Klaus Menny



Die Uhr mit mechanischem Uhrwerk liegt seit einigen Jahren wieder im Trend. Aber dieses mechanische Innenleben der Uhr bedarf der Erklärung und Erläuterung.



Und genau hier greift dieses Buch des Autors Klaus Menny an, welches nun in einer überarbeiteten neuen Auflage vorliegt. Menny stellt die Technik in mechanischen Uhren – sowohl die von Armbanduhren, als auch von Großuhren – von ihren Anfängen bis heute umfassend dar und bietet eine hervorragende Einführung in das Thema. Am Anfang erklärt der Autor den grundsätzlichen Aufbau eines Uhr-

werks und beschreibt die verschiedenen Arten der Antriebe und das Räderwerk.

Den Gangreglern und Hemmungen, die das Herz jeder Uhr bilden, ist angemessener Raum gewidmet. Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit den Zeigerwerken, Kalenderschaltungen und Chronographen. Berücksichtigt werden auch Schlagwerke, Musikwerke und Figurenautomaten bis hin zum ganz alltäglichen Wecker.

Ein eigenes Kapitel bietet einen Überblick über Reparaturarbeiten, die auch von einem Nichtfachmann ausgeführt werden können, sowie Hinweise über das Zerlegen, Reinigen und Zusammensetzen von Uhren. Obgleich mechanische Uhren das eigentliche Thema des Buches bilden, wird in einem Exkurs kurz auf elektromechanische und elektronische Uhren eingegangen.

Da vor allem der interessierte Laie angesprochen wird, ist in diesem Buch großer Wert auf eine anschauliche Darstellung gelegt worden. Alle beschriebenen Konstruktionen sind neben dem Text in klaren, übersichtlichen Zeichnungen festgehalten.

ISBN 978-3-86852-506-9



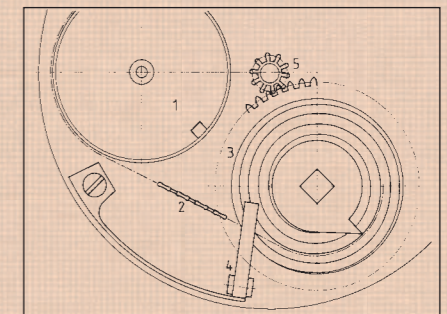
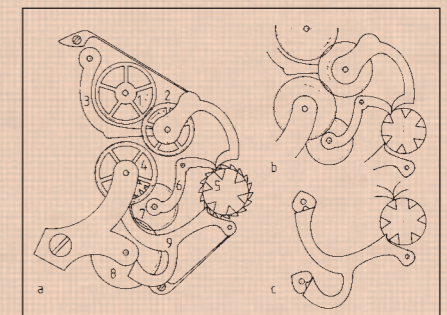
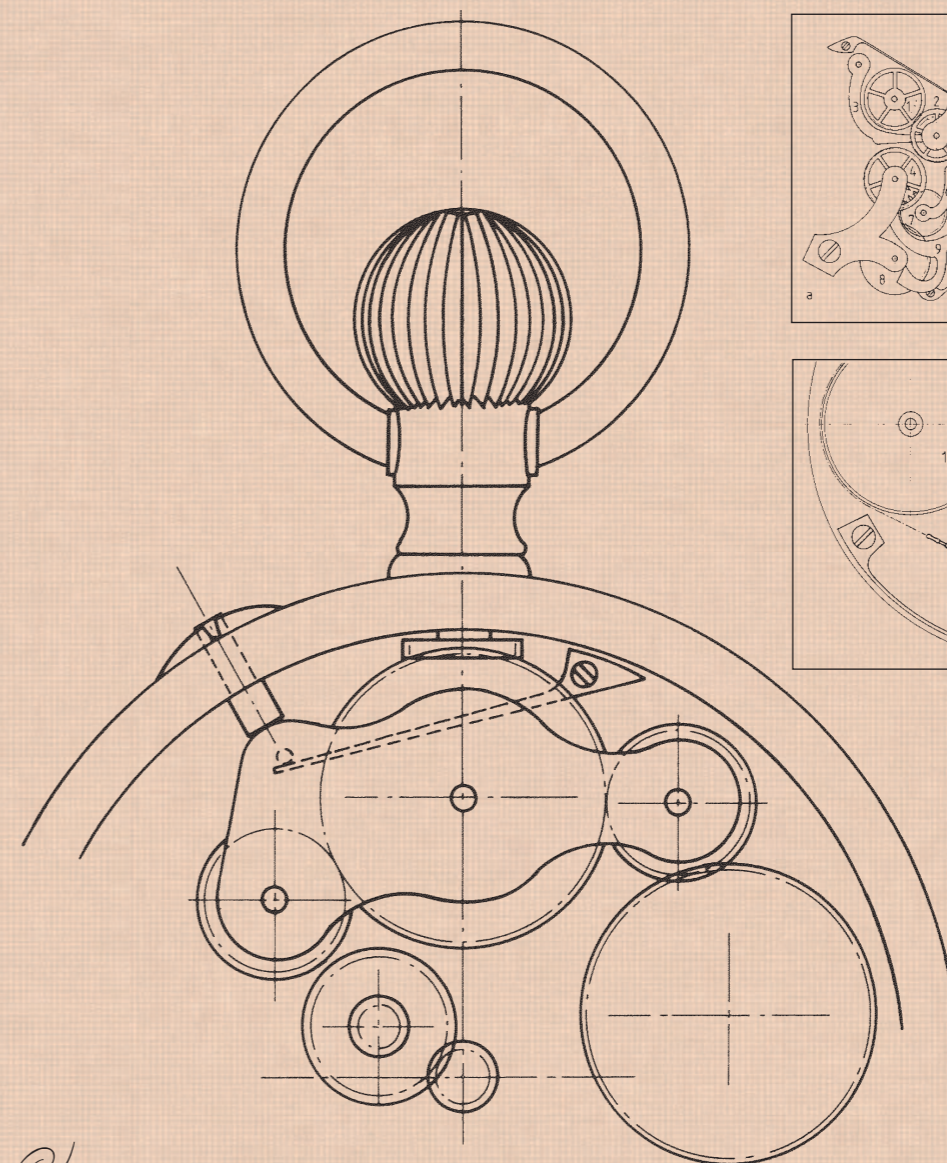
9 783868 525069

H.



Die Uhr und ihre Funktionen

Für Sammler und Liebhaber



HEEL



Die Uhr und ihre Funktionen



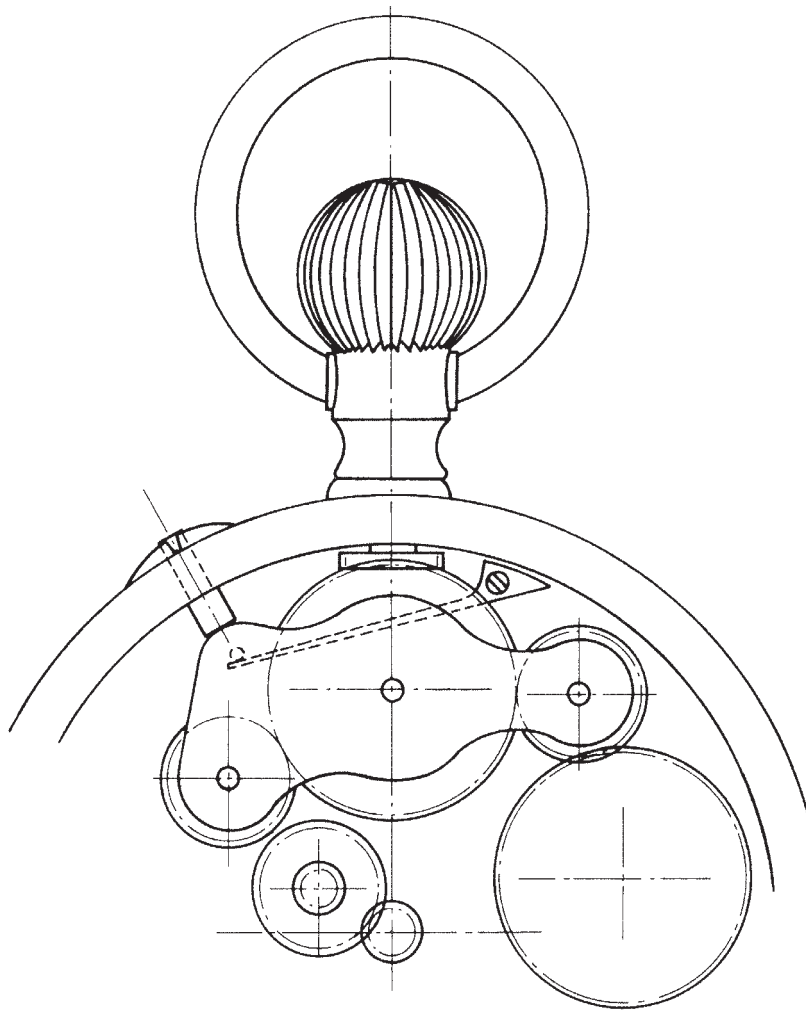
Klaus Menny



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.....	9	Schlagwerke und Weckeinrichtungen ...	61
Zeit und Zeitmessung	11	Übersicht.....	61
Einleitung.....	11	Schlossscheibenschlagwerke	62
Aufbau und Funktionsweise einer einfachen mechanischen Uhr.....	13	Rechenschlagwerke.....	65
Bauteile von Uhren	15	Viertelstundenschlagwerke.....	66
Antrieb	15	Melodieschlagwerke und Figurenautomaten.....	69
Zahnräder	21	Wecker	71
Lager	25	Aufzugsysteme von Kleinuhren	73
Werkgestell.....	29	Einleitung.....	73
Gangregler	31	Aufzug und Zeigerstellung	73
Pendel	31	Automatischer Aufzug.....	75
Unruh und Feder	35	Reparaturen	77
Hemmungen	39	Vorbemerkung.....	77
Zweck	39	Zerlegen.....	77
Rückführende Hemmungen	39	Reinigen	78
Ruhende Hemmungen	42	Zusammensetzen	79
Freie Hemmungen	45	Reparieren.....	80
Freie Pendelhemmungen	51	Exkurs	83
Tourbillons.....	52	Von der mechanischen zur elektronischen Uhr	83
Zeiger- und Kalenderwerke	53	Begriffserklärungen	87
Zeigerwerke	53	Abbildungen	89
Kalender	56	Literaturhinweis	105
Chronographen.....	58	Abbildungsnachweis	105
		Register	107

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.“

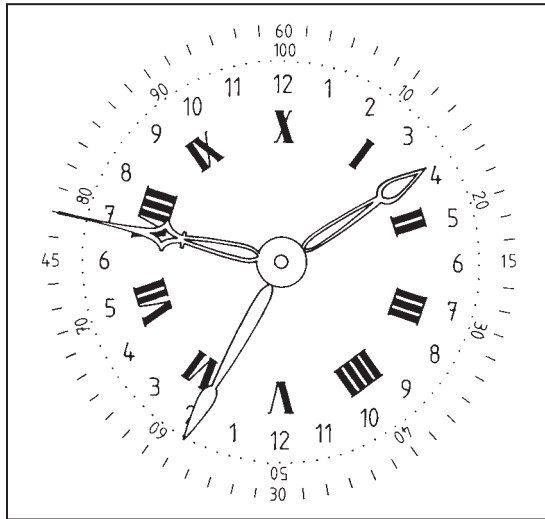
In der modernen relativistischen Physik gilt dieser Zeitbegriff nicht mehr. Die Zeit ist keine absolute Größe, sondern sie hängt vom Bezugssystem des Beobachters ab. Überdies ist der Zeitbegriff aufs engste mit dem des Raumes verwoben. Das geometrische Verhalten von Körpern und der Gang von Uhren sind 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 Gesetz¹ und hat deshalb keine konstante Geschwindigkeit.

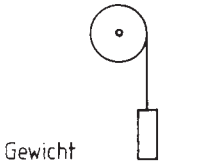
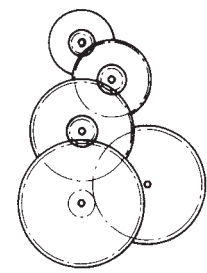
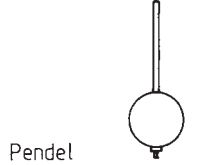

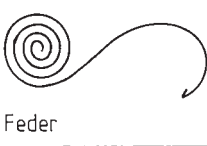
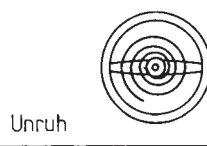
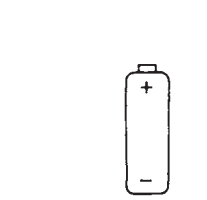
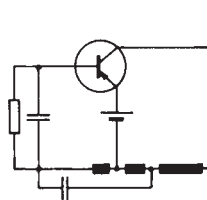
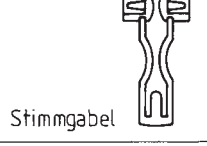

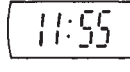
So weicht die „wahre Sonnenzeit“, die von einer Sonnenuhr angezeigt wird, von der „mittleren Zeit“ unserer Armbanduhr mehr oder weniger stark ab, bis zu etwa 16 Minuten. Diese als Zeitgleichung bezeichnete Differenz wird auf dem Zifferblatt manch einer alten Uhr angezeigt, um dem Benutzer jederzeit eine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

Nun hat sich aber auch die Präzision der Erddrehung 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.

¹ s. Begriffserklärungen S. 87

Energiespeicher	Übersetzung	Gangregler	Anzeige
 Gewicht	 Räderwerk	 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 Vergleichsnorm 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.

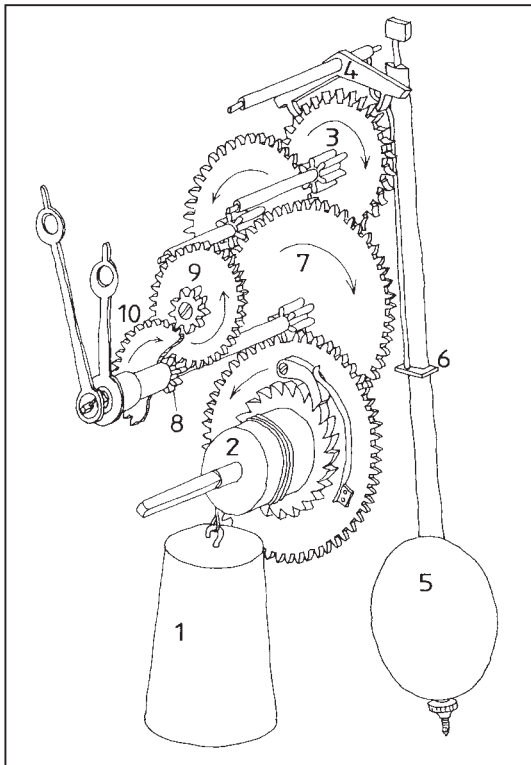
In Abbildung 1.2 ist ein Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zur Verwirklichung der genannten Aufgaben gegeben.

Pendeluhr mit Gewichtsanztrieb

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 Hemm-



1.3 Prinzipdarstellung einer Pendeluhr mit Gewichtsanztrieb

zahn 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.

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.

Antrieb

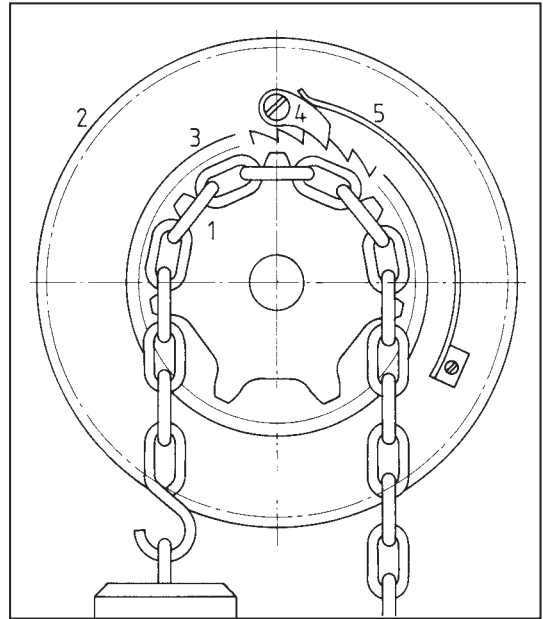
Gewichtsantrieb

Am einfachsten lässt sich eine Uhr durch ein langsam fallendes Gewicht mit der notwendigen Energie versorgen. Das ist nicht nur konstruktiv einfach, ein solcher Antrieb bietet auch einen ganz entscheidenden Vorteil für die Genauigkeit der Zeitmessung. Die Antriebskraft bleibt nämlich während des Ablaufens des Gewichtes unverändert. Dieser Vorteil ist so erheblich, dass Präzisionspendeluhren immer gewichtgetrieben sind. Nachteilig ist allerdings, dass die Uhr nur für einen ortsfesten Einsatz zu gebrauchen ist, und dass die Gewichte einen hinreichenden Fallweg benötigen. Für kleine und für transportable Uhren kommt der Gewichtsantrieb deshalb nicht in Frage.

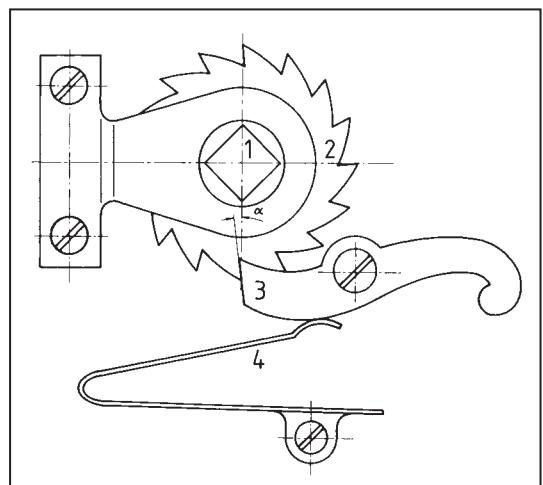
Die Gewichte können an Ketten oder an Seilen aufgehängt sein. Die Ketten, die es zum Beispiel bei Schwarzwalduhren gibt, werden über Kettenräder (Abb. 2.1) geführt. Zum Aufziehen zieht man einfach am entgegengesetzten Ende der Kette und dreht dadurch das Kettenrad im zur Ablaufrichtung entgegengesetzten Drehsinn. Doch dadurch entsteht bereits ein konstruktives Problem, denn das Uhrwerk kann sich ja nur vorwärts und übrigens auch nur mit der von der Hemmung aufgezwungenen Geschwindigkeit bewegen. Deshalb muss das Kettenrad in der Aufzugrichtung frei drehbar sein, während es in der Ablaufrichtung das Uhrwerk mitnehmen muss.

Das Konstruktionsteil, das diese Aufgabe übernimmt, heißt Gesperr und besteht aus dem mit dem Kettenrad verbundenen Sperrrad mit sägezahnförmigen Zähnen und einer auf dem Antriebsrad sitzenden federbelasteten Klinke, die Sperrkegel heißt, obgleich ihre Form nicht an einen Kegel erinnert (Abb. 2.2).

Unabhängig von der Art des Antriebes muss jede Uhr für den Aufzug ein solches Gesperr haben. Die Sperrzähne sind um den Winkel α leicht unterschritten, damit die auf den Sperrkegel



2.1 Kettenantrieb: 1 Kettenrad, 2 Antriebsrad, Sperrrad, 4 Sperrkegel, 5 Sperrfeder



2.2 Gesperr einer federgetriebenen Großuhr:
1 Aufzugvierkant, 2 Sperrrad, 3 Sperrkegel, 4 Feder für Sperrkegel