

KLAUS DINGER

# DIE GROßUHR

## PENDULE, REGULATOR & Co.

TECHNIK, GESCHICHTE, INSTANDHALTUNG UND REPARATUR



HEEL

Die Uhr, sie misst die Stunde,  
die Sonne teilt den Tag,  
doch was kein Aug´ erschaute,  
misst uns´res Herzens Schlag!

(F. Grillparzer)

... so widme ich dankbar dieses Buch meiner  
Frau Margrit, die mit mir Zeit und Herzschlag teilt.

Herrn Uhrmachermeister Wilfried Wenning aus Duisburg danke ich für  
die vielen guten Gespräche, Hinweise und die fachliche Durchsicht des  
Manuskriptes.

Bernhard, der mich ermutigte dieses Buch zu schreiben, aber dessen Fer-  
tigstellung nicht mehr erleben durfte, werde ich nicht vergessen.

# Inhalt

Seite

<b>Die Sache mit Chronos</b>	1
<b>Einführung in die Uhrenkunde</b>	4
Wie eine mechanische Uhr tickt und schlägt .....	4
Die Grundelemente eines Uhrwerks .....	6
Der Energiespeicher .....	6
Das Räderwerk .....	12
Hemmung und Schwingsystem .....	16
Aus der Entwicklungsgeschichte der Uhr .....	21
Technische Merkmale und Besonderheiten .....	28
Hemmungen an Großuhren .....	28
Die Spindelhemmung .....	28
Der <i>Clement'</i> sche Ankergang .....	30
Die <i>Graham</i> -Hemmung .....	30
Die Scherenhemmung .....	31
Die Brocot-Hemmung .....	32
Pendelkonstruktionen .....	33
Vom einfachen Stabpendel zum Kompensationspendel .....	33
Das Kompensationspendel nach John Harrison .....	34
Das Quecksilberkompensationspendel .....	36
Pendel aus Werkstoffen mit geringer Wärmedehnung (Holz, Invarstahl) .....	37
Die Pendelaufhängung .....	38
Die Pendelführung oder Pendelgabel .....	43
Schlagwerksysteme .....	44
Der Aufbau eines Schlagwerkes .....	44
Schlossscheibenschlagwerke .....	46
Rechenschlagwerke .....	50
Klang und Schlagfolgen .....	52
Repetiereinrichtungen .....	56
Weckerwerke .....	57
Weitere Details rund um das Uhrwerk .....	62
Werkgestelle .....	62
Lager für Wellen und Achsen .....	64
Gesperre .....	66
Das Uhrwerk im Uhrgehäuse .....	68
Uhrentypen .....	74

<b>Betrieb und Instandhaltung</b>	90
Der richtige Platz .....	90
Bodenstanduhren .....	90
Pendulen und sonstige Standuhren .....	91
Wanduhren .....	92
Raumklima .....	93
Vom richtigen Aufziehen .....	94
Der richtige Schlüssel .....	94
Kettenzug und Ketten .....	95
Seilzug und Seile .....	97
Zugfedern .....	97
Das Stellen der Zeiger .....	99
Verstellen mit dem Minutenzeiger .....	99
Verstellen mit dem Stundenzeiger .....	100
Die Synchronstellung von Schlag und Uhrzeit .....	101
Die Synchronstellung bei Rechenschlagwerken .....	101
Die Synchronstellung bei Schlossscheibenschlagwerken .....	102
Wenn das Schlagen der Uhr stört .....	103
Öl in richtiger Dosierung und am rechten Ort .....	104
Kosmetik für die Uhr .....	106
Gehäusepflege .....	106
Holzgehäuse .....	106
Marmorgehäuse .....	106
Metallgehäuse .....	107
Reinigen und Aufarbeiten von Zifferblättern .....	107
Emaillezifferblätter reinigen .....	108
Emaillezifferblätter ausbessern .....	109
Metallzifferblätter .....	110
Reinigen vergoldeter Appliken und Teile .....	111
Reinigen von Silber, versilberten Teilen und Appliken .....	113
Das Aufarbeiten der Zeiger .....	113
Das Bläuen von Stahl .....	114
Vorbereitungen für den Transport .....	116

<b>Der Weg zu genauem Gang</b>	118
Die Gangregulierung an Pendeluhrn .....	119
Die wirksame Pendellänge entscheidet .....	119
1. Gangregulierung durch Heben bzw. Senken der Pendellinse.	120
2. Regulierung durch Verändern der wirksamen Pendellänge an der Pendelaufhängung .....	121
3. Gangregulierung durch Verändern der Gewichtsverhältnisse am Pendel .....	122
Die Auswirkungen der Regulierungsschritte .....	123
(Pendelmutter, Brocot-Feinregulierung, Fadenaufhängung)	
Empfehlungen zum Vorgehen bei der Gangregulierung .....	126
Kontrolle des Pendels und der Pendelaufhängung .....	126
Erfassung der Abweichung und Korrektur Kontrolle .....	127
Gangregulierung an Uhren mit Radunruh .....	128
Gangregulierung an Uhren mit Spindelhemmung .....	130
<b>Betriebsstörungen und Abhilfe / Hilfetemen</b>	131
Gedanken zum Verhältnis Laie / Uhrmacher .....	131
Die Werkstatt des Uhrenliebhabers .....	132
Der Arbeitsplatz .....	132
Werkzeug und Geräte .....	133
Materialien und Hilfsstoffe .....	134
Die Diagnose von Betriebsstörungen .....	136
Diagnoseschlüssel für Probleme mit dem Gehwerk .....	137
Diagnoseschlüssel für Probleme mit dem Schlagwerk .....	138
Reinigen, Zerlegen und Zusammensetzen eines Uhrwerkes .....	140
Ausbau des Werkes .....	140
Entfernen von Zeigern und Zifferblatt .....	141
Zerlegen des Uhrwerkes .....	142
Entspannen der Zugfedern .....	143
Lösen der Werkplatinen .....	144
Kontrolle des Federhauses / Entnahme der Zugfeder .....	147
Das Reinigen der Einzelteile .....	148
Das Reinigungsbad .....	148
Der Reinigungsvorgang .....	148
Die Beseitigung von Roststellen .....	150
Polieren und Bläuen von Stahl- und Eisenteilen .....	150

Das Zusammensetzen des Uhrwerkes .....	151
Anmerkungen zu Uhrwerken mit Schnecke und Kette .....	158
Korrekturen am Ankereingriff .....	162
Richten und Ersetzen von Stiften .....	165
Der Ersatz eines Stoppstiftes am großen Anlaufrad .....	165
Die Reparatur eines Laternentriebes .....	168
Ersatz der Pendelfeder .....	169
Die Anfertigung einer speziellen Pendelfeder .....	170
Blockaden im Uhrwerk .....	172
Das Richten einzelner Zähne .....	173
Der Ersatz abgebrochener Zähne .....	174
Reparaturen an Lagern und Zapfen .....	175
Die Erneuerung eingelassener Messinglager .....	176
Richten eines verbogenen Lagerzapfens .....	177
Ersatz eines Lagerzapfens .....	178
Reparatur / Ersatz einer Zugfeder .....	180
Reparatur einer Kette im System Kette-Schnecke .....	183
Reparaturen am Aufzugsgesperr .....	185
Blockaden in Zeigerwerk oder Kadratur .....	187
Kontrolle der Schlagwerkskadratur .....	189
Kontrolle der Schlossscheibe und des Einfallhebels .....	190
Ableich der Position von Zeigervierkant und Auslösemechanik .....	191
Einstellen der Klangkörper .....	193
Die Herstellung von konischen Vorsteckstiften .....	194
Ermittlung des richtigen Aufzuggewichtes .....	195

<b>Alte Uhren – eine faszinierende Zeitgestaltung</b>	198
Gedanken zum Aufbau einer Uhrensammlung .....	199
Was eine „antike“ Uhr wert ist .....	202
Mariagen, Restaurierungen und Fälschungen .....	203
Zur Dokumentation einer Sammlung .....	205
<b>Literatur</b>	208
<b>Bildnachweis</b>	210
<b>Stichwortverzeichnis</b>	212



## Die Sache mit Chronos

Mein Großvater besaß drei Dinge, die mir unerhörten Respekt einflößten: Eine Sprungdeckeltaschenuhr, eine Wanduhr aus der Gründerzeit und einen metallenen Rasierapparat, der nach der Entnahme der Rasierklinge aus drei Teilen bestand. An diesem Rasierapparat absolvierte ich wohl die ersten Montageübungen meines Lebens. War Großvater mit Rasieren fertig, nahm er die Rasierklinge heraus, und ich durfte die Einzelteile wieder zusammenschrauben, was für längere Zeit meine Lieblingsbeschäftigung gewesen sein soll.

Die Taschenuhr, die Großvater nur beim Verlassen des Hauses und zu besonderen Anlässen anlegte, hätte ich sicher auch gerne näher untersucht. Doch hier blieb es bei wohldosierten aber glücklichen Gelegenheiten, in denen er mir das hinter dem geheimnisvollen Innendeckel verborgene und schwer zugängliche Räderwerk zeigte. Während ich dann einen kurzen Blick auf die spiegelblank polierten Rädchen und Schraubchen werfen durfte, wies Großvater stets bedeutungsvoll auf das Herz der Uhr hin, die goldschimmernde „Unruh“, wie sie mit zartem „Ticketicke“ ihre Arbeit verrichtete.

Dass ich bei dieser Prozedur den Atem anhalten musste, damit nur ja kein Stäubchen in das feine Räderwerk käme, erhöhte die Spannung dieser Aktion enorm.

Die Wanduhr mit dem schönen Jugendstilzifferblatt hatte ein Pendel mit einer großen aus Messingblech geprägten Pendellinse, die hin und wieder von der Großmutter mit Sidol auf Hochglanz poliert wurde. Dann trat ein dort eingepprägter schnauzbärtiger Greisenkopf mit Hirtenstab und Sanduhr glanzvoll in Erscheinung: „Das ist Chronos, in der griechischen Sagenwelt der Gott der Zeit, ein Symbol für die Vergänglichkeit“. Auf mich wirkte dieser Chronos wie der Wächter über den Beginn und das Ende meiner Schularbeiten, die ich vor seinem bedenklich hin und her schwingenden Angesicht tagtäglich zu verrichten hatte.

Jahre später wollte Chronos nicht mehr. Als technisch interessierter Endteeny hatte ich die Sache sofort erkannt: Ein Reinigungsproblem! Rasch war das Werk ausgebaut, waren die Vorsteckstifte der Werkplatine gelöst, war der Anker entfernt – doch da meldete sich plötzlich Chronos zu Wort, der offensichtlich noch unvermutete Kräfte besaß! Es war ein sehr kurzer, aber um so deutlicherer Kommentar zu meinem Tun: „Krrrrrsch!!“ Das

Ergebnis: An beiden Federhäusern abgebrochene Zähne und an nachgeschalteten Zahnrädern „Karies“ schlimmsten Ausmaßes!

Die so ungewollt zur „Standuhr“ mutierte Wanduhr verschwand alsbald auf dem Dachboden und geriet dort in Vergessenheit, bis ich sie später aus dem Nachlass erbte.

Gerne hätte ich diesem Erinnerungsstück an die herrliche Zeit bei meinen Großeltern jetzt in eigener Wohnung einen Ehrenplatz gegeben, aber eine Reparatur erwies sich als so gut wie unmöglich, und die Nachfrage bei Uhrmachern um passende Ersatzteile verlief natürlich enttäuschend. So bereute ich meine Jugendsünden um so mehr. Ein neues Uhrwerk schien mir nicht die richtige Alternative, wollte ich Chronos doch im Original wieder zum Leben erwecken.

So gab ich nicht auf und belagerte so ziemlich alle Uhrmacher in meiner Umgebung, bis sich dann doch einer auf ein intensiveres Gespräch einließ und mich schließlich mit in seine Werkstatt nahm. Nach dem Hinweis auf die dem Objekt unangemessen hohen Kosten für eine derart aufwändige Reparatur taxierte er mich eine Weile über den oberen Brillenrand hinweg und dann hatte ich die erste Hürde genommen: „Wenn Sie handwerklich geschickt sind, schaffen Sie es vielleicht selbst.“ Dem folgte schließlich eine sehr ausführliche Instruktion über die fachmännische Implantation einzelner Zähne und ganzer Zahnsegmente – und heute mahnt Chronos wieder, inzwischen mehr als dreißig Jahre lang ununterbrochen, dass die Zeit eilt.

Heute bin *ich* der Großvater, der seinen begeisterten Enkeln den alten Schnauzbart mit Hirtenstab und Sanduhr in der Hand erklärt; und dabei schwingt die Hoffnung mit, dass dem ehrwürdigen Chronos auch noch in den nächsten Generationen eine gute Zukunft beschieden ist.

Mit Chronos fing also – wie bei den alten Griechen – alles an. Das Interesse an alten Uhren war geweckt. Eine überschaubare Sammlung schöner alter Uhren füllt heute einen großen Teil der Wohnung und natürlich auch meiner Freizeit aus. Das dabei unvermeidliche „Lehrgeld“ hielt sich dank der Hilfen eines gleichgesinnten Uhrenfreundes in Grenzen, und die in den Jahren erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten in mancherlei Reparatur- und Wartungsarbeiten versetzten mich schließlich in die Lage, manch defekte Uhr zu kaufen und zu restaurieren. Allein die Fähigkeit, einen Defekt erkennen und die Chancen einer Reparatur einschätzen zu können, waren für mich als Sammler mit begrenztem Budget recht ideale Bedingungen.

Oft werde ich im Bekanntenkreis um Rat gefragt, wenn es Probleme mit einer alten Uhr gibt. Viele der auftretenden Fragen hätte früher, als der

Umgang mit mechanischen Uhren noch jedermann geläufig war, jedes Kind beantworten können. Das ist heutzutage anders. Selbst Händler auf Antikmärkten tun sich da oftmals sehr schwer, ihren Kunden die richtigen Instruktionen zu der gerade erworbenen Uhr zu geben. Manch gute Uhr erleidet so unnötigerweise ein zu frühes Ende.

So ist es nun meine Absicht, Ihnen, die Sie vielleicht noch nicht besonders fachkundige, so aber doch stolze Besitzer oder hoffnungsfrohe Erwerber schöner alter Uhren sind, auf der Basis eines umfassenden, systematischen Einblickes in die Funktion und Wirkungsweise alter mechanischer Uhren die Erfahrungen bezogen auf Probleme der Handhabung, Wartung und Instandhaltung einschließlich kleinerer Reparaturen weiterzugeben.

Meine Tipps sollen zum Erhalt der Gesundheit ihres taktvollen Mitbewohners beitragen und beschreiben, was Sie in dessen Krankheitsfalle selber tun können, bevor Sie ihn eventuell doch zu stationärer Behandlung fortgeben müssen.

Bedenken Sie, alte Uhren sind Zeitzeugen menschlichen Erfindergeistes. Sie haben in der Regel das Auf und Ab im Leben mehrerer Generationen begleitet und – wie ich meine – es verdient, gepflegt und erhalten zu werden. Schließlich stellt eine altehrwürdige Uhr, von Generation zu Generation weitergegeben, neben dem materiellen auch einen ideellen Wert dar, den es zu erhalten gilt.

## Einführung in die Uhrenkunde

Beim Verfassen dieses Kapitels hatte ich zuerst vor, den Gepflogenheiten entsprechend einen historischen Überblick über die Zeitmessung voran zu stellen. Ich glaube jedoch, dass sich die überwiegend technisch / physikalisch zu beschreibende Entwicklungsgeschichte wesentlich interessanter und dem Anspruch dieses Buches entsprechend kürzer darstellen lässt, wenn grundlegende Kenntnisse über mechanische Uhren schon im Vorfeld vorhanden sind.

Verschaffen wir uns also zuerst einen Einblick in das allen mechanischen Uhren zugrunde liegende Wirkungsprinzip, und erfahren Sie dabei, wie Ihre Uhr – im wahrsten Sinne des Wortes – „tickt“. Das festigt die Freundschaft zu Ihrer Uhr und kann Sie eventuell vor folgenschweren Missverständnissen bewahren. So ist längst nicht jede Uhr defekt, die nicht mehr laufen will. Ich habe schon so manche „defekte“ Uhr wie *Uri Geller* zum allgemeinen Erstaunen wieder zum Leben erweckt, und das können Sie auch!

### Wie eine mechanische Uhr tickt und schlägt

Werfen wir einen Blick in das Uhrwerk einer französischen Pendule (Abb.1).

Das Zifferblatt zeigt nach links; wir erkennen deshalb nur die Rückseite. Die Ziffer **(1)** bezeichnet das so genannte Federhaus. In ihm befindet sich die spiralförmig gewundene Zugfeder, die aufgezogen unter Spannung stehend dem Federhaus ein Drehmoment verleiht. Das teilt sich über den kräftigen Zahnkranz dem Trieb eines Zwischenrades **(2)** mit, welches dann direkt das Minutenrad antreibt, dessen Welle durch das Zifferblatt führend den Minutenzeiger trägt. Der würde sich nun schnell wie ein Propeller drehen, wäre das Minutenrad nicht über ein weiterführendes Räderwerk mit einer Hemmung verbunden, die das Räderwerk bei stillstehendem Pendel blockiert. Bei dieser Uhr besteht die Hemmung aus einem auf der Welle der Pendelführung **(3)** befestigten Anker **(4)** und dem Hemmrad **(5)**, das der Anker stets mit einem seiner beiden Haken festhält. Schwingt jedoch das Pendel **(6)** und mit ihm auch der an der Pendelführung befestigte Anker, gibt dieser das Hemmrad bei jeder Schwingung um einen Zahn frei, worauf dann das gesamte Räderwerk jeweils um einen kleinen Schritt weiter rückt. Das Pendel steuert somit über seine Schwingungsdauer den Ablauf des Uhrwerkes so, dass die Minutenwelle in 60 Minuten eine ganze Umdrehung macht.

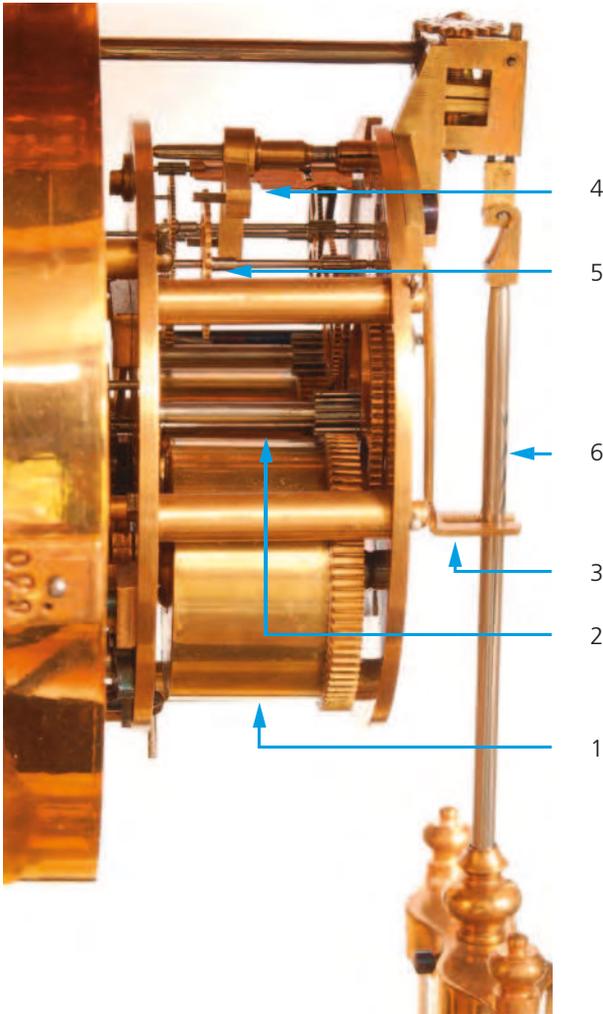


Abb. 1: Gehwerkseite einer französischen Pendule

Das Pendel bekommt zum Aufrechterhalten seiner Bewegung bei jeder Schwingung über den Anker einen Impuls, der den Reibungswiderstand in den Lagern der Ankerwelle, den Widerstand in der Pendelaufhängung und den Luftwiderstand des schwingenden Pendels kompensiert.

Haben Sie sich einmal mit dem Funktionsprinzip irgendeiner Uhr vertraut gemacht, wird es Ihnen mit der Zeit kaum schwer fallen, andere Systeme zu erforschen und zu durchschauen. Das macht nicht nur Spaß, sondern

ist natürlich Voraussetzung, will man selbst einmal Hand an eine Uhr legen, sei es, einen Fehler zu finden oder erst recht natürlich, um diesen Fehler selbst beheben zu können. Für einen Uhrensammler mit begrenztem Budget ist das natürlich extrem wichtig, kann er doch auch heute noch ab und an auf entsprechenden Märkten ein defektes Schätzchen günstig erwerben, das sich dann nach erfolgter Reparatur stolz in seine Sammlung eingliedern oder auch mit Sammlergewinn wieder veräußern lässt.

In diesem Sinn möchte ich Sie nun mit den drei Grundelementen vertraut machen, die Sie in jeder mechanischen Uhr, von der frühesten Eisenuhr der Gotik bis hin zu den modernen Chronometern der heutigen Nobelmarken wiederfinden werden.

## Die Grundelemente eines Uhrwerkes

Mit den Erkenntnissen aus dem vorausgegangenen Einblick in das Gehwerk einer französischen Pendule wird Ihnen die in der Überschrift ange deutete Aufteilung in diese drei hauptsächlich Grundelemente mechanischer Uhrwerke vielleicht schon klar geworden sein.

Es sind:

1. Der **Energiespeicher**, der die für den Gang der Uhr erforderliche Antriebskraft liefert;
2. das **Räderwerk**, welches die Antriebskraft in die Bewegung der Zeiger umsetzt;
3. die mit einem Schwingsystem gekoppelte **Hemmung**, die den gleichmäßigen Ablauf des Räderwerkes zur korrekten Zeiteinteilung steuert.

### Der Energiespeicher

In dieser Welt bewegt sich nichts, was nicht vorher durch eine Kraft in Bewegung gesetzt worden wäre. Somit muss sich diese Ursache einer jeden Bewegung also auch in unserer Räderuhr befinden, sollen doch Zeiger in Bewegung gesetzt werden, deren zurückgelegter Weg uns dann als Relation zur verstrichenen Zeit auf einer Skala des Zifferblattes sichtbar angezeigt wird. Diese Kraft wird als Drehmoment, also in der Form einer an einem Hebel angreifenden Kraft von außen in das Uhrwerk hineingebracht.

Das geschieht z.B. mit einem Schlüssel und der an seinen Flügeln wirkenden Kraft der Hand oder mit einer Aufzugskurbel, die mit einer an ihrem Griff wirkenden Kraft gedreht wird. Mathematisch ist die Energie in einer Aufzugsfeder gleich dem Produkt aus aufgewendeter Kraft und dem Weg, den z.B. der Kurbelgriff dabei zurückgelegt hat. Beim Ablaufen des Uhrwerkes übertragen die Zahnräder dann diese Energie als Drehmoment durch das gesamte Räderwerk – einmal bis zum Zeigerantrieb, um die Zeiger zu bewegen und dann bis zur Hemmung, um das Schwingsystem in Schwingung zu halten. Damit die Uhr über Stunden oder gar Tage hinweg selbständig ihren Dienst leisten kann, muss in ihr entsprechend viel Energie auf Vorrat gespeichert werden. Je größer der Energiespeicher, desto länger läuft die Uhr.

Schon bei den frühesten Uhren dienten Gewichte als Energiespeicher. An Seilen oder später an Ketten hängend erzeugten sie über eine Walze oder ein Kettenrad das Drehmoment zum Antrieb des Uhrwerkes.

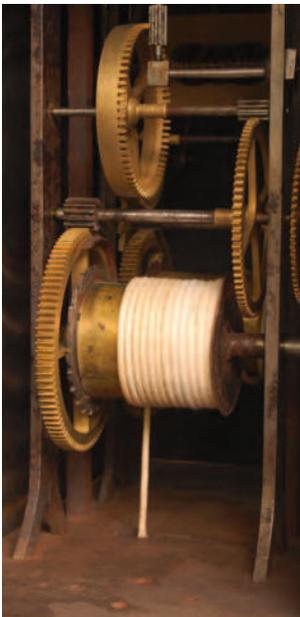


Abb. 2:  
Gewichts-antrieb  
mit Seilzug an einer  
Comtoise



Abb. 3:  
Typischer Gewichts-antrieb  
mit Kette an einem  
Schwarzwalduhrwerk

Erst als man schließlich die Kunst beherrschte, aus Stahl längere flache Federn zu schmieden, wurde es möglich, die Antriebsenergie in einer spiralförmig gewundenen Zugfeder zu speichern.

Von sehr simplen Uhrwerken, wie z.B. der sogenannten Amerikaneruhr einmal abgesehen, sind die Zugfedern in einem Federhaus untergebracht. Diese Zugfeder ist an beiden Enden gelocht. Mit ihrem äußeren Ende rastet sie in einen Nocken der Innenwand des Federhauses ein und mit dem inneren in den Mitnehmer der Aufzugswelle, dem sogenannten Federkern.

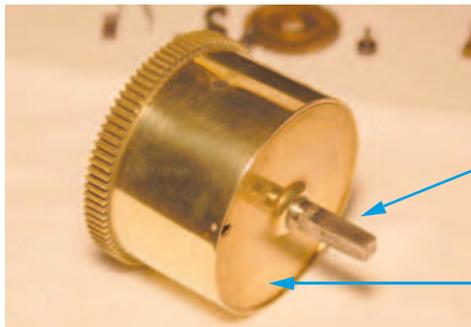


Abb. 4: Federhaus

Federkern  
bzw. Federwelle mit  
Aufzugsvierkant

Federhausdeckel mit  
Eingriff zum Öffnen



Abb. 5:  
Geöffnetes Federhaus

Der Federkern tritt als Aufzugsvierkant auf der Seite des Federhauses aus, an der es mit dem Federhausdeckel geschlossen wird. Dieser wird in eine umlaufende Falz am oberen Innenrand des Federhauses eingepresst. Durch Aufwinden erhält die Zugfeder ihre Spannung, die dann bei feststehender Aufzugswelle das Federhaus dreht und somit die Uhr in Gang hält, bis die Feder sich durch entsprechende Umdrehungen des Federhauses wieder entspannt, bzw. bis die Uhr abgelaufen ist.

Das in Abb. 5 gezeigte Federhaus stammt aus einer Pendule ohne Schlagwerk. Hier ist ausreichend Platz für ein besonders großes Federhaus mit einer entsprechend kräftigen Feder, welche der Uhr eine Gangdauer von etwas mehr als einem Monat verleiht.

Beide Systeme der Energiespeicherung, Gewicht und Feder, haben Vor- und Nachteile. Die Kraft der Feder in einer Federzuguhr lässt mit dem Ablauen des Uhrwerkes merklich nach. Damit wird das vom Federhaus an das Räderwerk abgegebene Drehmoment allmählich kleiner, was nicht ohne Einfluss auf den „Gang“, also die Genauigkeit der Uhr bleibt. Geht eine voll aufgezugene Uhr genau, wird sie mit zunehmendem Ablauf langsamer, also „nachgehen“. Bei normalen Pendeluhren mit Ankerhemmung ist das zwar nicht gravierend, wohl aber bei Präzisionsuhren. Hier bedient man sich einer Erfindung aus der Anfangszeit der Federzuguhren. Das drehende Federhaus gibt sein Drehmoment nicht direkt über eine Zahnung an das Räderwerk weiter, sondern überträgt es mit einer Darmsaite, später mit einer Kette auf eine Schnecke, die mit dem Antriebsrad des Räderwerks auf einer gemeinsamen Welle sitzt.

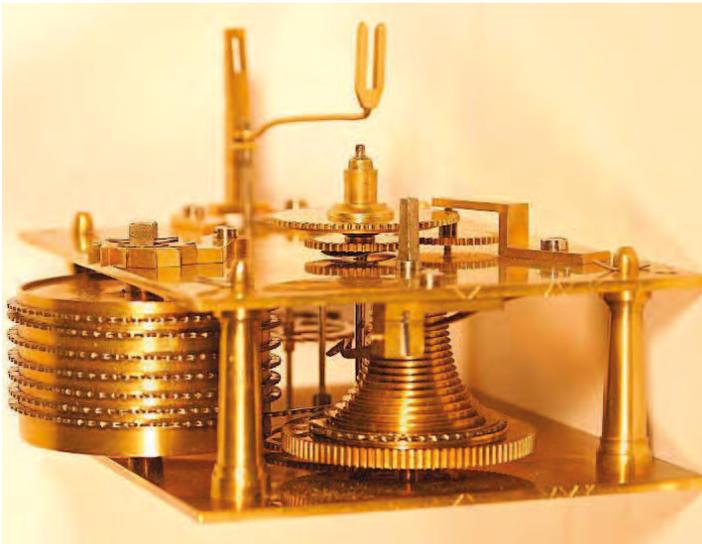


Abb. 6:  
Beispiel für  
das System  
„Schnecke-  
Kette“

Abb. 6 zeigt die schon in frühen Uhren angewandte Kompensation der abnehmenden Federkraft durch die heute als System „Kette-Schnecke“ bezeichnete Mechanik. Die einer Fahrradkette ähnliche Kette ist bereits zum Ende des 16. Jh. aufgekommen, bis dahin wurde die Federkraft mit einer Darmsaite auf die Schnecke übertragen. Dem System Kette-Schnecke liegt eine simple, jedoch geniale Überlegung zugrunde:

In Abb. 6 sehen wir die Situation bei fast abgelaufener Feder. Das Drehmoment (das ist die Zugkraft der Kette multipliziert mit dem Radius der Schnecke am Angriffspunkt der Kette) reicht gerade noch aus, das Räderwerk

derwerk zu bewegen. Drehen wir nun die Uhr in Gedanken mit einem Schlüssel wieder etwas auf (Rechtsdrehung). Die Kette wickelt sich ein Stück auf der Schnecke auf; der Punkt, an dem sie nun an der Schnecke zieht, ist etwas nach oben gewandert. Hier greift nun die Kette mit etwas erhöhter Zugkraft an dem etwas kleiner gewordenen Radius der Schnecke an. So geht das weiter, bis die Uhr vollends aufgezogen ist. Während also einerseits die Zugkraft der Feder kontinuierlich größer wird, verringert sich andererseits der Hebel, an dem sie über die Kette an der Schnecke ansetzt. Damit bleibt das die Uhr antreibende Drehmoment über annähernd die gesamte Laufzeit hin konstant. Technik des 16. Jahrhunderts!

Federzuguhrwerke sind also komplizierter als ihre gewichtsbetriebenen Geschwister, sind aber wegen ihrer Vorteile heute die meistgebrauchten mechanischen Uhrwerke. Nicht ortsgebunden lassen sie sich in jeder Größe herstellen. In Karossen- und Reiseuhren begleiten sie uns schon seit Jahrhunderten in ferne Länder, und als Taschen- und Armbanduhren tun ihre miniaturisierten Varianten heute immer noch treue Dienste.

Allerdings können Gewichtsuhren gegenüber Federzuguhren mit dem unbestrittenen Vorteil des konstant bleibenden Drehmoments aufwarten, da ja die antreibende Kraft des Gewichtes und der Durchmesser der Seilrolle bzw. des Kettenrades konstant bleiben. So sind die Uhrwerke gewichtsbetriebener Uhren einfacher im Aufbau und lassen sich über das Pendel hervorragend regulieren.

Mit der aufkommenden Elektrotechnik konnte elektrische Energie zum Antrieb und sogar zur Steuerung des Ganges genutzt werden. In einer einfachen Form elektrischen Antriebs besorgt ein Elektromotor das regelmäßige Aufziehen der Feder oder das Hochwinden der Gewichte. Streng gesehen gehören nach unserer Definition solche „elektrischen“ Uhren noch in die Gruppe der mechanischen Räderuhren, sind doch ihre Energiespeicher Federn oder Gewichte. Jedoch bilden diese und die „wirklich“ elektrischen Uhren ein Spezialgebiet für sich, das näher zu behandeln den hier vorgegebenen Rahmen sprengen würde.

Es sei noch auf eine außergewöhnliche Energiequelle hingewiesen, die es ermöglicht, eine Uhr fast wie ein Perpetuum Mobile „ewig“ in Bewegung zu halten. Es sind die Kräfte, die ein sich durch Wärmeänderung dehnender bzw. zusammenziehender Körper auf einen anderen Körper ausübt. Dieser Effekt kommt in der „Atmosuhr“ der Firma *Jaeger Le Coultre* zur Wirkung. Hier wird die Volumenänderung eines in einem

metallischen Faltenbalg eingeschlossenen Gases für den Antrieb der Uhr genutzt. Nach Angaben der Firma bewirkt die Temperaturänderung von nur einem Grad ( $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) eine Gangreserve von immerhin 40 Stunden! Eine solche Uhr läuft also so gut wie „ewig“, da Temperaturwechsel über den Tag sicher sind. Wir werden uns nachfolgend jedoch nur mit Gewichts- und Federzuguhren befassen können.

Neben der stets im Vordergrund stehenden Herausforderung möglichst genaue Uhren herzustellen, sollten Uhren auch möglichst lange, wenigstens aber einen Tag lang gehen. Frühe Federzuguhren schafften kaum 12 Stunden, und das bedeutete, dass diese Uhren immer zu unterschiedlicher Zeit aufgezogen werden mussten. Zwar bestimmt die Kapazität des Energiespeichers weitgehend die Laufdauer einer Uhr, doch muss eine große Aufzugfeder auch im Uhrwerk untergebracht werden können; die Seile bzw. Ketten an Gewichtsuhren können nicht endlos lang sein, und eine Verlängerung des Seils durch eine Flaschenzuganordnung, wie sie häufig in Gewichtsregulatoren und fast immer in Bodenstanduhren anzutreffen ist, fordert doppelt schwere Gewichte.

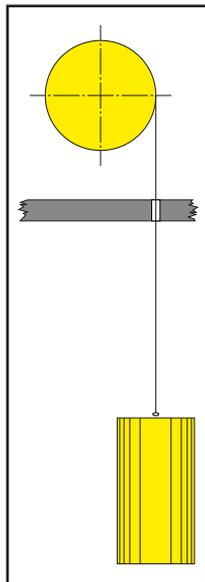


Abb. 7:  
Einfacher Seilzug

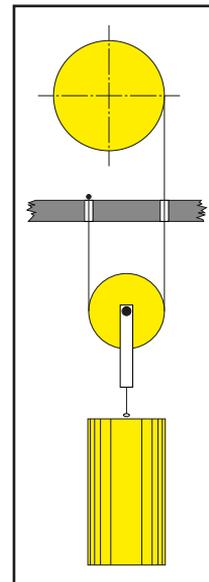


Abb. 8:  
Einfacher  
Flaschenzug

Die Laufdauer von einem bis zum nächsten Aufzug kann man aber auch über die Auslegung des Räderwerks zwischen Federhaus und Zeigerwelle beeinflussen. Schauen wir uns das in Abb. 9 einmal an, und verfolgen Sie die kleine Zahlenspielerlei: