

Hans Jendritzki

Die antike Pendeluhr in der Reparatur

Überarbeitet von
Michael Stern

mit einem Anhang von
Dr. Wolfgang Lympius



BERLIN 2021

Hans Jendritzki

wurde am 25.07.1907 in Wolmirstedt bei Magdeburg als Sohn des Uhrmachermeisters Johannes Jendritzki geboren. Bei seinem Vater erlernte er den Beruf des Uhrmachers und im letzten Lehrjahr in Hamburg-Altona bei Uhrmachermeister Kitzky. Es folgten Uhrmacherjahre in der Schweiz und 1936 legte er in Berlin die Meisterprüfung ab. Nach Jahren als Redakteur der „Uhrmacherkunst“ in Berlin unterrichtete er – unterbrochen durch die Kriegsjahre – als Studienrat an der Staatlichen Uhrmacherschule Hamburg.

Er arbeitete in vielen Ausschüssen mit und wurde als liebenswürdiger und gern gesehener Berater beschrieben. Als Autor zahlreicher Abhandlungen in Fachzeitschriften machte er sich schnell einen Namen. Entsprechende Fachbücher folgten, die seither zur Grundlagenliteratur vieler Uhreninteressierten gehören. Er zeichnete sich durch große Fachkompetenz sowie durch eine gut verständliche Darstellungsweise in Wort und Bild aus. Seine Werke wurden zum Teil in zehn Sprachen übersetzt.

Am 17.03.1996 verstarb Hans Jendritzki im Alter von 88 Jahren. Die Buch- und Verwertungsrechte übertrug seine Frau an unseren Verlag.

Haftungsausschluss

Die in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden von den Autoren nach bestem Wissen zusammengetragen und von diesen 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 der Autoren 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 Wissensstand von 1980, teilweise auch später.

Hrsg. M. Stern

© Historische Uhrenbücher

Verlag: Florian Stern, Berlin 2021

1. Auflage, sie enthält alle Inhalte der Ursprungbüchervon Jendritzki/Matthey von 1978 und Jendritzki 1984, „Reparatur antiker Pendeluhren“. Als Reprint der 1984er Ausgabe zuletzt 2012/2015 unter der ISBN 978-3-9810461-7-5 erschienen.

www.uhrenliteratur.de

service@uhrenliteratur.de

Alle Rechte vorbehalten

Layout u. Satz: M. Stern

Druck: SDL, Berlin

ISBN 978-3-939315-19-3

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	7
Einleitung	8
Allgemeines zum Überholen einer Pendeluhr	9

1. Rund um das Räderwerk 17

1.1. Aufbau der Pendeluhr (Schema)	17
1.2. Zapfen	17
1.2.1. Zapfenpolierfeilen	17
1.2.2. Zapfen polieren	18
1.2.3. Zapfen ersetzen	19
1.3. Zapfenlager	20
1.4. Triebe	23
1.5. Radeingriffe	25
1.6. Räder herstellen	27
1.7. Berechnung von Zahnradeingriffen.	31
1.8. Federhaus und Zugfeder	34
1.9. Schnecke und Kette	38
1.10. Gewichts-Antriebe	41

2. Hemmungen und Pendel 45

2.1. Spindelhemmung	45
2.2. Hakenhemmung	47
2.3. Anfertigung eines Hakenankers	47
2.4. Grahamhemmung	51
2.5. Anfertigung eines Grahamankers	52
2.6. Außergewöhnliche Hemmungen	56
2.7. Schwerkraft-Hemmungen	57
2.8. Mysteriöse Uhren	59
2.9. Übersicht über die Hemmungen	60
2.10. Die Pendelaufhängungen.	61
2.11. Das Pendel	63
2.11.1. Das Kompensationspendel	63
2.11.2. Kompensation beim einfachen Pendel	64
2.11.3. Übersicht über verschiedene historische Kompensationspendel.	66
2.12. Regulieren einer Pendeluhr	67
2.13. Pendelberechnung	69
2.14. Die Comtoiser Pendeluhr	70

3. Die Anzeigen der Pendeluhr. 73

3.1. Die Zeiger	73
3.2. Das Zeigerwerk	76
3.3. Kalenderangaben	76
3.4. 100jähriger Kalender	78
3.5. Mondphasen.	78
3.6. Zeitgleichungs-Anzeige	79
3.7. Sternzeit	81

3.8. Zifferblatt-Teilung	82
3.9. 13- und 25-teilige Zifferblätter	82
3.10. Digitale Stundenanzeige	83

4. Die Schlagwerke 85

4.1. Bezeichnungen und Funktion	85
4.11. Schema des Schlossscheiben- Schlagwerks.	85
4.12. Die Schlossscheiben	86
4.13. Schema des Rechenschlagwerks	92
4.2. Schlagwerkauslösung, Übersicht	93
4.3. Hammerbetätigung und Umschaltung.	96
4.4. Nachabschaltung für Schlagwerke	99
4.5. Windfänge.	100
4.6. Klangkörper, Übersicht	101
4.7. Zusammensetzen des Schloss- scheiben-Schlagwerks	103
4.8. Anfertigung einer Schlossscheibe.	104
4.9. Wenn eine Uhr falsch schlägt	104
4.10. Schwarzwälder Uhren, Kuckuck- und Wachtelruf.	105
4.11. Schlossscheiben-Schlagwerke mit Repetition	107
4.12. Der „Surrer“.	107
4.13. Wiener Rechenschlagwerk.	108
4.14. Transport des Rechens	108
4.15. Besondere Rechenschlagwerke	110
4.16. Comtoise-Uhren	111
4.17. Schlagwerk ohne Rechen oder Schlossscheibe.	111
4.18. Die Stundenstaffel.	112
4.19. Dreiviertel-Schlagwerke	112
4.20. Konstruktion von Stundenstaffel und Rechen	113
4.21. Schlagwerk-Melodien	115
4.22. Westminsterwerke mit selbsttätiger Regelung	119
4.23. Grande sonnerie	120
4.24. Pendulen mit 4/4-Schlagwerk.	120
4.25. Zugrepetition, Beschreibung von Berthoud	121
4.26. Neuenburger Pendule mit Viertel-Rechen- schlagwerk und Zugrepetition	123
4.27. „Alles oder nichts“	125
4.28. Grande et Petite sonnerie von P. Jaquet-Droz	126

4.29.	Automatische Umschaltung der Grande sonnerie auf Petite Sonnerie . . .	128
4.30.	Stilarten von Pendulen	128
4.31.	Konstruktionsbeschreibungen weiterer Pendulen-Schlagwerke ¹	130
	– frühe Gewichtsuhren vor 1700.	130
	– Pendule Louis XIII	131
	– weiteres Schlossscheiben-System . . .	133
	– Pendule Louis XIV	133
	– Uhrwerk mit drei Rädergetrieben. . .	134
	– System von Frédéric Jeanjaquet . . .	138
	– altes System mit Anlauf.	140
	– einfachen Pendule mit Viertelschlag .	142

5. Reinigen - Zusammensetzen – Ölen – Ingangsetzen 145

5.1.	Das Reinigen	145
5.2.	Das Konservieren	147
5.3.	Das Zusammensetzen	147
5.4.	Das Ölen	148
5.5.	Das Aufstellen der Uhren	151

6. Nützliche Werkzeuge 153

Bildquellen 157

Quellenangabe des Originals 157

Kommentierte Literaturliste. 158

Bezugsquellen. 158

¹ Die Konstruktionsbeschreibungen stammen aus der ersten Ausgabe (1978) dieses Buches. An diesem hat auch J. P. Matthey mitgewirkt. Deshalb sind die Beschreibungen nicht eindeutig einem der Autoren – Jendritzki oder Matthey – zuzuordnen. Wir haben die Beschreibungen mit nur kleinen redaktionellen Korrekturen unverändert übernommen.

Anhang:

Artikel von Wolfgang Lympius² 159

- Gedanken zur Restaurierung antiker Uhren 161
- Probleme der Ölhaltung bei antiken Uhren 167
- Ölhaltung bei antiken Uhren 173
- Uhrenöle – ein Mysterium? 191
- Die elektrolytische Entrostung 199
- Ein unerkannter Fehler beim Stahlbläuen. 202
- Lagerzapfenerneuerung mit Zwangszentrierung 206
- Schwierigkeiten mit dem Pendelweiser (Ankergabel). 210
- Zugfederprobleme bei antiken Uhren . . . 212
- Die Schlagwerkquadrat mit springender Auslösung 216
- Ein einfaches Zapfenpoliergerät für Großuhren 228

Anzeigen 233

- BERGEON
- Deutsche Gesellschaft für Chronometrie
- FLUME TECHNIK
- BECOTECHNIC
- Greiner Vibrograf
- Witschi
- Dr. Tillwisch GmbH
- Verlag Historische Uhrenbücher

² Die Artikel von Lympius wurden mit nur kleinen redaktionellen Korrekturen unverändert übernommen.

Vorwort des Herausgebers

Es war eine große Freude, dieses Buch des Autors und Lehrers Hans Jendritzki – in der ersten Auflage hat auch J. P. Matthey mitgewirkt –, in etwas modernerer Fassung und mit Ergänzungen versehen, wieder herauszubringen.

Die deutsche Ausgabe von 1984 erschien im Skriptar Verlag und wurde seither von unserem Verlag immer wieder als Reprint aufgelegt. Es ist bis heute das einzige Fachbuch zum Thema Pendeluhrn und unseres Wissens nach auch das letzte, welches von einem deutschen Uhrmacher mit umfangreicher Reparatur Erfahrung geschrieben wurde. Das macht dieses Buch so unersetzlich.

Vorab einige wichtige Hinweise¹:

Dieses Buch wurde für Reparateure geschrieben, aber sicher ist es auch für Restaurateure und den Hobbyisten hilfreich. Es entstand zu einer Zeit geschrieben, in der man antike Uhren meist wieder lauffähig machen und ihnen auch ihr altes Aussehen zurückgeben wollte. Von diesem Ansatz nimmt man heute immer mehr Abstand: Antike Uhren werden nicht mehr unbedingt repariert, sondern eher konserviert, d. h. man lässt der Uhr im Wesentlichen ihren bestehenden Zustand, säubert sie gründlich, aber ohne abrasive bzw. verschönende Mittel und konserviert sie mit Hartwachs. Hier hat auch jeder Restaurator und jedes Museum eigenen Vorstellungen und Vorgehensweisen.

Aber sowohl Hans Jendritzki als auch mir war und ist bewusst, dass der private Sammler von alten Uhren eine große Freude am Lauf seiner Uhren, am Schlagen zur Viertel-, Halben-, Dreiviertel- und Vollen-Stunde hat. Deshalb hat dieses Reparaturbuch seine Berechtigung. Besonders das Kapitel 5, „Reinigen, Zusammensetzen, Ölen und Zusammensetzen“, ist den modernen Erkenntnissen angepasst.

Weiterhin wurden einige sehr interessante Texte von Dr. Wolfgang Lympius als Anhang dem Buch beigelegt, der einige wichtige – aber auch nicht unumstrittene – Aspekte der Großuhrrestaurierung in die Diskussion einbrachte.

Damit dieses Buch auch an Schulen uneingeschränkt einsetzbar ist, wurde es nun in der neuen deutschen Rechtschreibung gesetzt. Dies geschah sicher im Sinne des Uhrmacherlehrers Jendritzki. Ebenso wäre er damit einverstanden gewesen, dass der Herausgeber – der ja auch Berufsschullehrer war – in diese Ausgabe Inhalte, Zeichnungen, Ergänzungen und Anhänge einbringt, die das Buch noch anschaulicher machen. Wo es

sinnvoll erschien, wurden noch ergänzende Zeitschriftenartikel Jendritzkis u. a. eingebracht.

Die unterschiedliche Bildqualität erklärt sich dadurch, dass die meisten Bilder aus dem Jendritzki-Buch gescannt wurden. Andere stammen aus dem Bildnachlass Jendritzkis oder anderen Quellen.

Seit dem ersten Erscheinen dieses Buches hat sich einiges getan. Werkzeuge, die seinerzeit noch handelsüblich waren, findet man heute nur noch gebraucht. Das gleiche Bild zeigt sich bei den Ersatzteilen. Wer einmal versucht hat, ein qualitätvolles Zifferblatt einer Großuhr zu ersetzen oder auch nur passende Zeiger, ein Pendelgewicht oder anderes zu besorgen, weiß um die Nöte der Beschaffung. Aber auch hier ist die Suche im Internet inzwischen eine große Hilfe. Dort lohnt immer auch ein Blick auf Reparaturvideos und Reparaturhilfen – Schwarmintelligenz hilft mitunter.

Es ist hier hoffentlich gelungen, ein „neues“ Reparaturbuch zur Großuhrreparatur herauszubringen, mit vielen Materialien, die der Leser der vorhergehenden Auflagen noch nicht kennt.

Bewusst wurde auf ein Stichwortverzeichnis verzichtet. Es wird ausdrücklich dazu aufgefordert, immer komplette Kapitel oder zumindest Unterkapitel zu lesen. Das ausführliche Inhaltsverzeichnis hilft bei der Suche.

Anzumerken bleibt noch, dass dieses Buch sich an all die Leser wendet, die schon in der Lage sind, eine Großuhr zu zerlegen. Den „blutigen“ Anfängern bietet unser Verlag auch für diese Arbeit einiges an Büchern – die kommentierte Literaturliste gibt Hinweise darauf.

Denken Sie schon jetzt daran, dass bei sehr alten Uhren Schrauben, Stifte usw. nicht untereinander austauschbar sind. Um ein zeitraubendes Verwecheln zu vermeiden, sollte man die Teile schon vorher in ein Lochschema aus Pappe stecken, das der Uhrplatine ungefähr entspricht. Empfehlenswert ist es, jeden Demontageschritt als digitales Bild festzuhalten.

Besonderer Dank gilt den Firmen und Personen, die uns nicht nur mit Bildmaterial, sondern auch durch ihre Anzeigen unterstützt haben. Nur dadurch wurde diese Neuauflage möglich.

Sollte es zu diesem Buch Ergänzungen oder Korrekturen geben, werden diese unter uhrenliteratur.de bekannt gegeben – also immer mal wieder hinschauen!

Michael Stern
Berlin 2021

¹ Siehe dazu auch die leicht ergänzte „Einleitung“ von Hans Jendritzki auf der nächsten Seite, die er 1984 in Hamburg verfasste.

Allgemeines zum Überholen einer Pendeluhr

Vor dem Zerlegen jeder Uhr wird man versuchen, sich ein Bild von dem Zustand zu machen, in dem sich die verschiedenen Teile befinden, die dem Verschleiß ausgesetzt waren. Daneben ist es auch wichtig, ob irgendwo ein Streifen der Räder oder Hebel, ein Klemmen oder gar gebrochene Teile zu bemerken sind, wenn nicht gar fehlende Hebel, Schrauben oder Stifte.

Im Schnelldurchgang werden jetzt einige Problemstellen aufgezeigt und erste Hinweise gegeben, die in späteren Kapiteln vertieft werden.

Bei nicht so alten Uhren findet man häufig eine Pendelfeder (1) als **Aufhängung des Pendels**. Sie ist oft defekt, zumindest ist sie selten korrekt in ihrem Bock befestigt. Sie soll sich fast ohne Spiel leicht drehen lassen, so dass sie unter dem Gewicht des Pendels gerade herunterhängt und nicht etwa schief stehen bleibt.

Eine Faden-Aufhängung (2) ist in dieser Beziehung natürlich problemloser. Der Faden darf nicht durchgescheuert sein. Als Ersatz kann zwar jeder kräftige Zwirnfaden verwendet werden, besser ist jedoch eine jener Schnüre, die zum Aufziehen von Perlenketten benutzt werden. Man wird bei einem Juwelier ein Stück erhalten. Beim Einziehen des Fadens ist zu beachten, dass durch Drehen der Regulierschrauben – hinten an der Rückplatte (hintere Werkplatte) – ein Verkürzen durch Rechtsdrehung erfolgen soll. Das Aufwinden ist zum Regulieren sicherer, da bei einer Linksdrehung das Pendel nach unten gedrückt werden muss, damit der Faden der kleinen Bewegung folgt.

Eine ähnliche Regulierung findet man oft bei französischen Pendulen (3). Die Drehung eines kleinen Vierkants oberhalb des Zifferblatts bei 12 verstellt den Biegepunkt der Pendelfeder und reguliert damit den Gang der Uhr. Eine Rechtsdrehung führt zum Vorgehen, eine Linksdrehung zum Nachgehen.

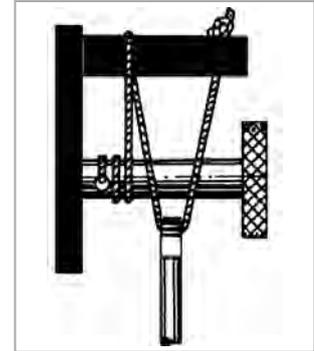
Die Drehachse der Ankergabel (4) soll mit dem angenommenen Biegepunkt der Pendelfeder übereinstimmen. Meist findet man über dem Biegepunkt $\frac{1}{3}$, darunter $\frac{2}{3}$ der Pendelfederlänge.

Jedes unnötige Spiel der Pendelstange¹ in der Ankergabel (Pendelweiser) verringert den Impuls auf das Pendel. Die Gabel sollte etwas geglättet und nur leicht geölt sein. Auf jeden Fall muss der Schlitz in der Gabel parallel verlaufen, um ein Klemmen des Pendels zu vermeiden.

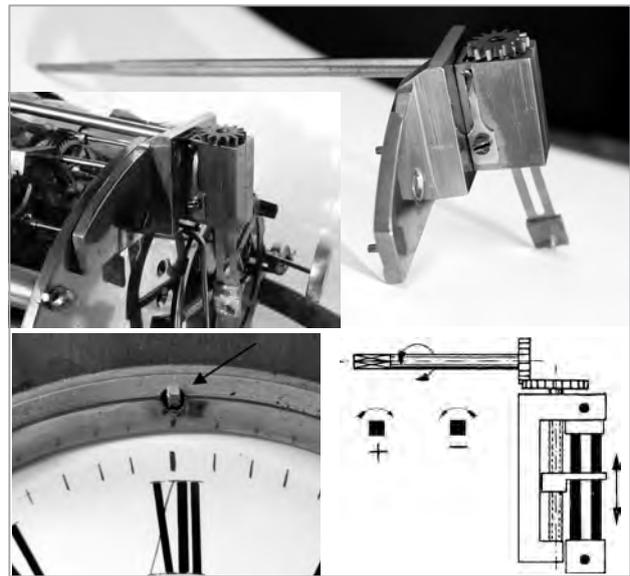
Falls nur eine Reguliermutter (5) vorhanden ist, sollte sie nicht zu leicht drehbar sein, notfalls ist ihr Schlitz zusammenzudrücken oder ein Schlitz neu anzubringen. Durch Einlassen von Wachs oder Schraubensicherung (z. B. LOCTITE®222) in die Mutter oder das Gewinde der Pendelstange wird ein selbsttätiges Verdrehen ver-



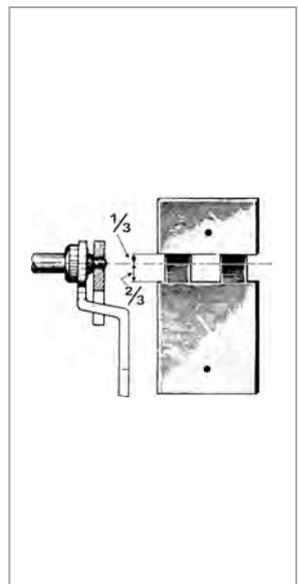
1 Pendelfeder



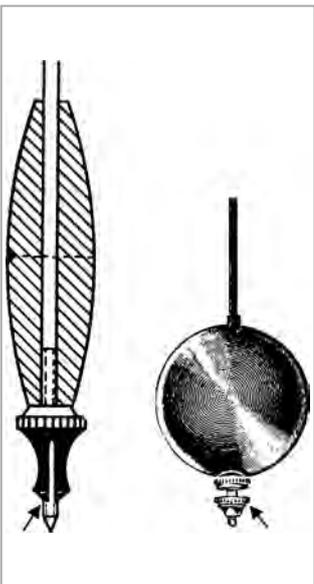
2 Fadenaufhängung



3 Pendelfeder-Regulierung von der Zifferblatt-Seite (über der „12“)



4 Biegepunkt der Ankergabel



5 Sicherung der Reguliermutter

1 s. dazu: Lympius „Schwierigkeiten mit dem Pendelweiser“

1. Rund um das Räderwerk

1.1. Aufbau der Pendeluhr (Schema)

Schauen wir uns zunächst den prinzipiellen Aufbau einer mechanischen Großuhr an. Großuhren können sowohl einen Gewichts- als auch einen Federantrieb¹ aufweisen. Beide Antriebsarten müssen mit Hilfe eines Schlüssels oder einer Kurbel aufgezogen werden. Diese Aufzugenergie wird dann als potentielle im Gewicht oder kinetische in der Feder gespeichert, um sie dann an das Räderwerk abzugeben. Die kleine Übersicht in **Abbildung 1** zeigt den Weg der Energie von dem Gewicht/der Feder hin zur Anzeige, eine weitere (2) die Gehwerke von Uhren mit Gewicht- (links) und Federantrieb (rechts).

1.2. Zapfen

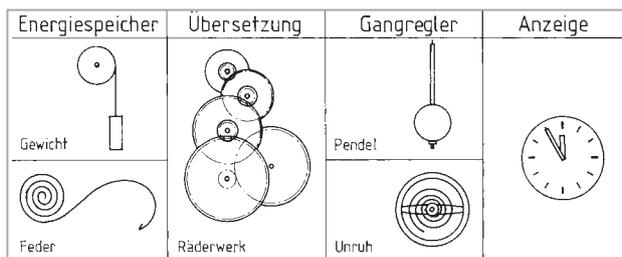
Die richtige Funktion aller beweglichen Teile einer Uhr hängt weitgehend davon ab, ob die Antriebskraft mit möglichst geringem Verlust an die Hemmung übertragen wird. Nicht nur der richtige Abstand der zusammenwirkenden Teile ist wichtig, sondern auch die möglichst reibungsfreie Drehung der Wellen in ihren Lagern. Dazu gehört auch, dass die Zapfen glatt poliert und die Lager nicht ausgelaufen sind.

In den alten Uhren finden wir fast ausschließlich Stirnzapfen (3). Ihr Nachpolieren erfolgt wie üblich in der Polierbrosche der Drehmaschine² oder mit den modernen Polierapparaten (Rollimat), die durch die rotierenden Hartmetallscheiben bessere Polituren erzielen als die Druckpolitur mit der traditionellen Polierfeile. Vor allem garantieren nur diese Geräte eine gute Rundheit des Zapfens, also keine anpolierten Flächen.

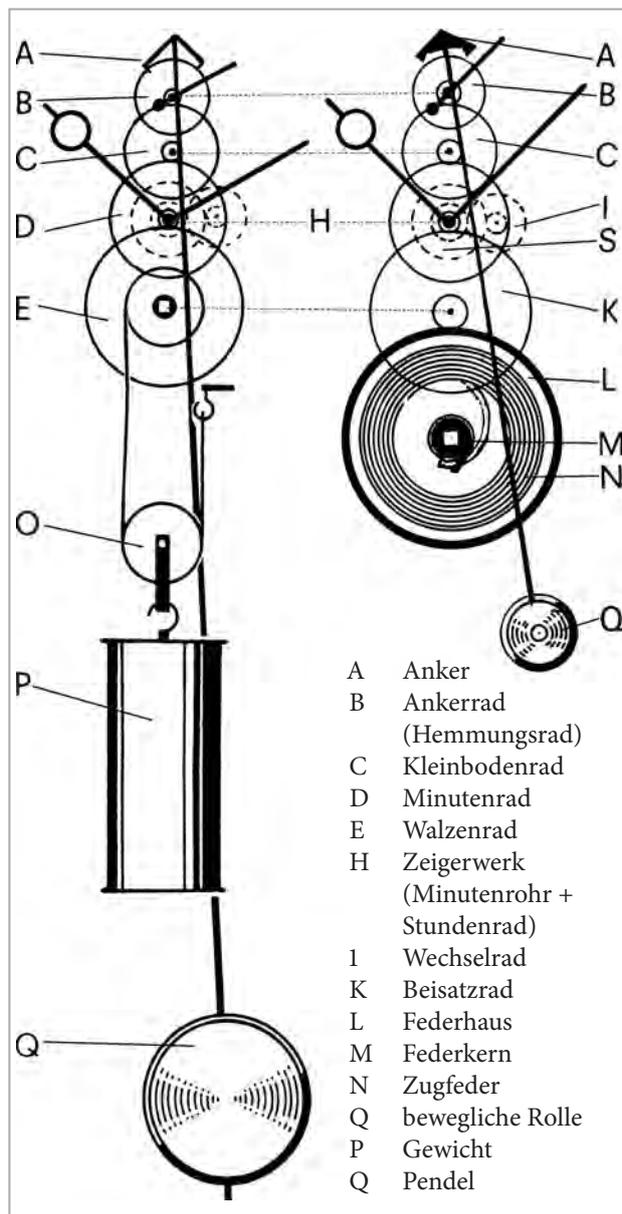
Schwarzwälder Uhren³ mit ihren typischen Holzgestellen weisen Tonnenzapfen (4) auf, damit es zu keiner Klemmung durch Verziehen des Holzes kommt und sich dadurch die Wellen schiefe stellen könnten. Zudem läuft das Öl dank der Kapillarwirkung nicht so schnell weg.

1.2.1. Zapfenpolierfeilen⁴

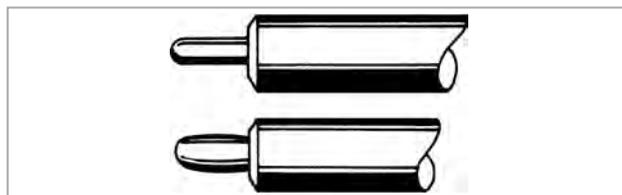
Die Zapfenpolierfeile (5) ist eine harte Feile ohne Hieb – die glatte Fläche wird auf einem Schleifstein (Schellack, Silit oder ähnliche) in nur einer Richtung mit feinem Hieb versehen; dieser reicht zusammen mit Öl aus, die



1 Übersicht Energiefluss



2 Gehwerke von Uhren mit Gewicht- und Federantrieb



3 Stirnzapfen (oben)

4 Tonnenzapfen (unten)

1 Elektrische Großuhren werden in diesem Buch nicht behandelt. Für diesen Bereich finden Sie Hinweise in der Literaturliste.
 2 Für alle Arbeiten an der Drehmaschine empfehlen wir das Buch „Der Uhrmacher an der Drehmaschine“. Hier werden alle Arbeitsschritte ausführlich erklärt.
 3 Das Buch von Jüttemann „Die Schwarzwalduhr“ sollte jeder, der diese Uhren repariert, lesen.
 4 Das Gebiet des Zapfenpolierens kann hier nicht ausführlich bearbeitet werden. Bitte in „Die Uhrmacherei Bd. 1“ nachlesen.

Zur Unterscheidung des treibenden vom getriebenen Trieb oder Rad werden sie statt mit Z und Z' auch mit Z_1 und Z_2 bezeichnet; in den Formeln sind beide Angaben, die wahlweise benutzt werden können.

Berechnungsformeln (1980)

$$m = \text{Modul} \quad \frac{d}{Z}; \frac{2C}{Z_1 + Z'_2}; \frac{D_1}{Z_1 + 2h_a}; \frac{t}{\pi}$$

$$t = \text{Teilung} \quad m \cdot \pi; \frac{d \cdot \pi}{Z}$$

$$C = \text{Achsentfernung} \quad m \frac{Z_1 + Z'_2}{2}; \frac{d_1 + d'_2}{2}$$

$$D_1 = \text{Voller Durchmesser des Rades} \quad m(Z_1 + 2h_a); \text{ angenähert } m(Z_1 + \pi)$$

$$D'_2 = \text{Voller Durchmesser des Triebes} \quad m(Z'_2 + 2h_a)$$

$$[2h_a] = \text{Faktor für gemessenen Durchmesser eines Triebes mit ungerader Zahnzahl}$$

$$i = \text{Übersetzung (Rapport)} \quad \frac{Z_1}{Z'_2}; \frac{d_1}{d'_2}$$

$$Z_1 = \text{Zahnzahl eines verlorenen Rades} \quad \frac{2C}{m} - Z'_2$$

$$Z'_2 = \text{Zahnzahl eines verlorenen Triebes} \quad \frac{2C}{m} - Z_1$$

Stand 2020

m Modul
 p Teilung
 d Teilkreisdurchmesser
 d_a Kopfkreisdurchmesser
 d_f Fußkreisdurchmesser
 z Zahnzahl
 h_a Zahnkopfhöhe
 h_f Zahnfußhöhe
 h Zahnhöhe
 c Kopfspiel

a Achsabstand
 d_1, d_2 Teilkreisdurchmesser
 z_1, z_2 Zahnzahlen

Modul	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$
Teilung	$p = \pi \cdot m$
Zahnzahl	$z = \frac{d}{m} = \frac{d_a - 2 \cdot m}{m}$
Kopfspiel	$c = 0,1 \cdot m$ bis $0,3 \cdot m$ häufig $c = 0,167 \cdot m$
Zahnkopfhöhe	$h_a = m$
Teilkreisdurchmesser	$d = m \cdot z = \frac{z \cdot p}{\pi}$
Kopfkreisdurchmesser	$d_a = d + 2 \cdot m = m \cdot (z + 2)$
Fußkreisdurchmesser	$d_f = d - 2 \cdot (m + c)$
Zahnhöhe	$h = 2 \cdot m + c$
Zahnfußhöhe	$h_f = m + c$
Achsabstand	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$
Achsabstand bei innenliegendem Gegenrad	$a = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{m \cdot (z_2 - z_1)}{2}$

Ein geradzahntes Stirnrad mit Modul $m = 1$ mm hat eine Teilung $p = \pi \cdot m = \pi \cdot 1 \text{ mm} = 3,142 \text{ mm}$. Sie wird als Bogenmaß auf dem Teilkreis gemessen.

58.3 Zahnradberechnungen nach DIN, Stirnräder geradzahnt, Stand 2020

Das schadhafte Rad sollte jedoch zuvor noch einmal in der Uhr mit dem Gegentrieb geprüft werden, ob es nicht etwa größer sein müsste. Der Eingriffszirkel (s. 42) gestattet, auch besonders große Räder zu prüfen (59).

Selbstverständlich wird das Rad erst nach dem Fräsen geschenktelt. Erstens ist das Rad nicht durch das Ausschlagen geschwächt und zweitens besteht die Gefahr, dass beim Fräsen irgendein Unglück passiert und die mühsame Arbeit des Ausarbeitens der Schenkung vergeblich war.

Das Abschlagen des defekten Rades vom Trieb ist unter Umständen erst nach dem vorsichtigen Abdrehen der Vernietung möglich, die manchmal sehr kräftig ausgeführt ist. Der Ansatz für das Rad ist immer nachzuarbeiten. Um das Rundlaufen des Radansatzes zu gewährleisten, wird diese Arbeit immer mit Hilfe des Kreuzsupportes ausgeführt. Die

Unterstechung für die Nietung muss wieder scharfkantig gedreht werden, damit sie sicher über das Rad umgelegt werden kann. Bei großen und kräftigen Trieben wird zweckmäßig jeder Flügel einzeln umgenietet.

Unnötig bleibt zu erwähnen, dass in alten Uhren wohl nur Fräser für flachen Zahngrund angewendet werden, da Räder mit rundem Zahngrund dort nie anzutreffen sind und einen Stilbruch darstellen würden. Sie werden heute in den modernen Uhren verwendet,

59 Prüfen der Verzahnung

32

2. Hemmungen und Pendel

2.1. Spindelhemmung

Die Spindelhemmung (1) hat sich über die Jahrhunderte bewährt und tut noch heute in vielen Uhren ihren Dienst. Dies beweist am besten ihre Genialität; ihr Erfinder ist leider völlig unbekannt. Ursprünglich war die Spindelhemmung mit der Folio oder Waag betrieben worden.

Vorab: Die Spindelhemmung darf nicht geölt werden!

Leichte Pendel wurden direkt mit der Spindelwelle verbunden. Die besonders aufgehängten, schweren Pendel sind oft nicht immer so mit der Hemmung verbunden, dass die Drehpunkte mit der Theorie übereinstimmen.

In den Friesenuhren findet man die Konstruktion „im rechten Winkel“ (2), wo der waagerechte Spindelarm in einen Schlitz des langen Pendels eingreift und eine intensive Reibung verursacht.

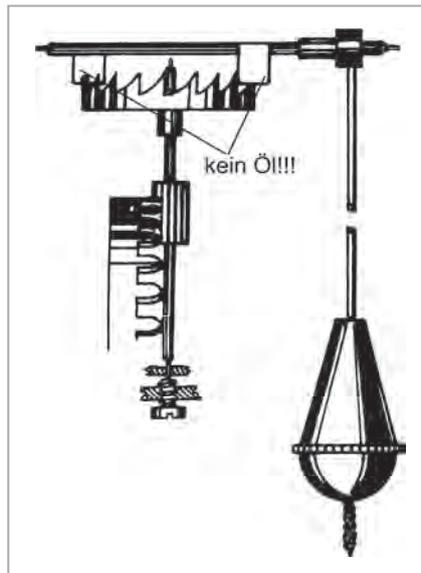
Eine besonders originelle Konstruktion aus der Anfangszeit der Spindeluhren ist eine Zahnrad-Übertragung der Pendelbewegung (3) auf die Spindelwelle¹. Das Kronrad (Pirouette) ist, da nur segmentweise benötigt, nicht auf dem ganzen Umfang verzahnt. Die relativ geringe Pendelbewegung wird, um das Übersetzungsverhältnis vergrößert, auf die Spindel übertragen.

Für die wichtigsten Funktionen der Spindelhemmung bestehen alte Regeln:

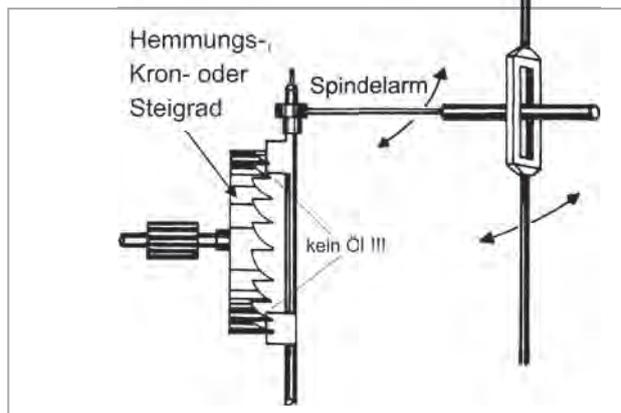
- Die Eingriffstiefe soll $\frac{2}{3}$ der Palettenlänge betragen. Die Neigung der Radzähne zur Welle soll etwa 25° – 27° sein.
- Der Öffnungswinkel der Paletten beträgt 95° – 100° . Die Länge der Paletten soll etwa $\frac{6}{10}$ der Radteilung sein (genauer $\frac{180}{302}$).
- Die Dicke der Paletten entspricht der Hälfte der Welle der Spindel.

Leicht eingeschlagene Spindellappen können wieder nachgeschliffen und nachpoliert werden. Eine in der Mitte gebrochene Spindel oder eine Spindel mit stark eingeschlagenen Lappen muss ersetzt werden (eventuell Laserschweißen). Die verschiedenen Möglichkeiten, eine Spindel anzufertigen, zeigen die nächsten Punkte auf.

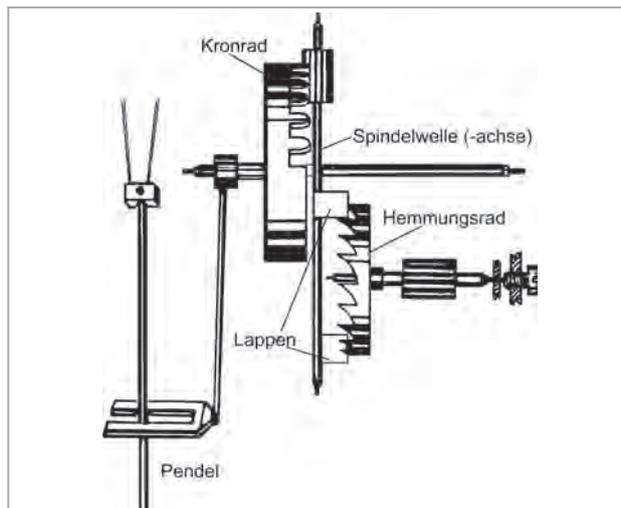
Die Spindel aus massivem Rundstahl mit den Lappen herauszuarbeiten, ist ein Verfahren, das zwar durchaus logisch erscheint, aber durch die große Zerspanungsarbeit den größten Zeitaufwand erfordert (4). Der Nachteil liegt vor allem die Materialbeschaffenheit. Der gezogene Rundstahl ist in den äußeren Schichten kaltverfestigter als der Kern. Für die Herstellung einer Spindelwelle wird aber der Kern des Materials ge-



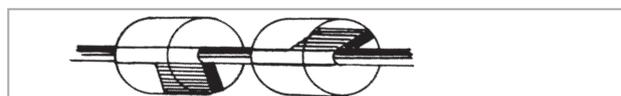
1 Spindelhemmung



2 Konstruktion in Friesenuhren



3 Zahnradübertragung der Pendelbewegung



4 Spindel besser nicht aus Rundstahl fertigen

¹ In einer Uhr sind fast ausschließlich Wellen zu finden, da immer Drehmomente übertragen werden, Achsen tun dies nicht.

3. Die Anzeigen der Pendeluhr

3.1. Die Zeiger

Wenn auch nicht immer ein Sekundenzeiger vorhanden ist, so sind doch Stunden- und meist Minutenzeiger an jeder Uhr. Die Zeiger sollten in etwa der dargestellten Länge entsprechen (1–3), um ein gutes Ablesen der Zeit zu ermöglichen.

Das Abheben der Zeiger (4) muss mit Bedacht geschehen. Zunächst verwendet man etwas Kriechöl (ohne Silikon) und lässt es wirken. Dann hebt man mit entsprechenden Hebeln die Zeiger ab und vergisst dabei nicht den Schutz des Zifferblattes. Besonders Emaillezeigerblätter reagieren empfindlich auf Belastung.

An vielen alten Uhren sind die Zeiger in so künstlerischer Weise und mit so unendlicher Liebe ausgearbeitet, dass man sich unwillkürlich die Gedankengänge der Meister vorstellen kann – man sollte auch von außen etwas sehen von der mühsamen Arbeit, mit der sie das Uhrwerk erdacht und ausgeführt haben, das ja schließlich Jahrhunderte überdauerte (5 u. 6).

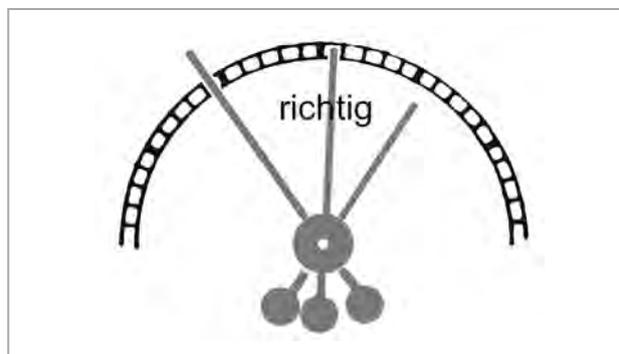
Es ist auch nicht zu übersehen, dass im Laufe der Zeit die Formen der Zeiger immer etwas einfacher wurden, bis sie schließlich doch oft recht nüchtern erscheinen. Obwohl man auch vielen dieser Formen – wie etwa der klassischen Breguet-Form – die Bewunderung nicht versagen kann.

Es gibt auch heute noch verschiedene Muster antiker Zeiger zu kaufen (selva.de), die eventuell als schneller Ersatz aufgesetzt werden könnten.

Eine Antikfärbung von neuen Messingzeigern erhält man, wenn man sie nach Entfernung eines Überzuglackes in verdünnte Ätztinte (ätzende Säureverbindung, ist nicht für hochlegierte Stahlsorten oder gehärtete Edelstähle geeignet) legt oder sie damit bestreicht (1 Teil Ätztinte, 5 Teile Wasser.) Abschließend spült man mit klarem destilliertem Wasser nach und lässt sie trocknen.

Gebrochene Zeiger dieser Art wird man durch eine Hartlötung (Laser?) zu retten versuchen. Die Konturen und Gravierungen müssen danach so gut wie möglich nachgearbeitet werden.

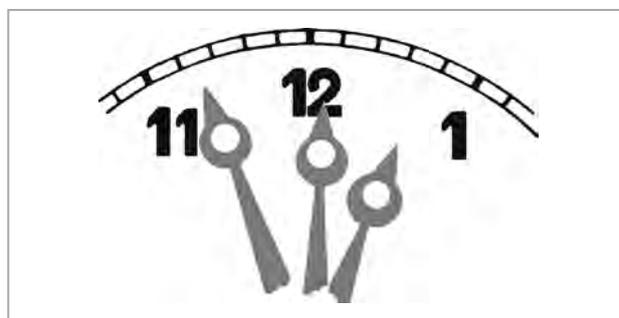
Stilvoller ist es meist, einen neuen Zeiger durch Sägen, Feilen, Schleifen, ggf. Polieren herzustellen und ihn danach zu bläuen. Das kostet aber viel Arbeit. Natürlich kann man sich heute nach einer (Zeichnungs-)Vorlage solche Teile auch an einer Graviermaschine oder durch Auslasern oder Wasserstrahlschneiden anfertigen lassen. Dies spart Zeit, aber kostet sehr viel und entspricht nicht der originalen Arbeitsweise an historischen Uhren.



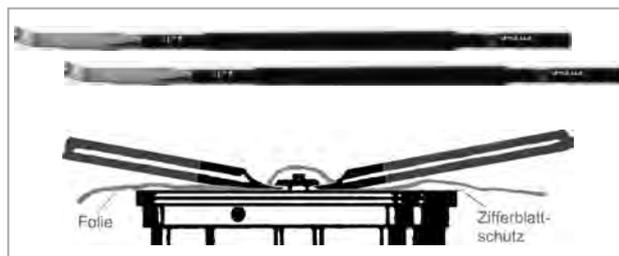
1 Länge des Sekundenzeigers



2 Länge des Minutenzeigers



3 Länge des Stundenzeigers



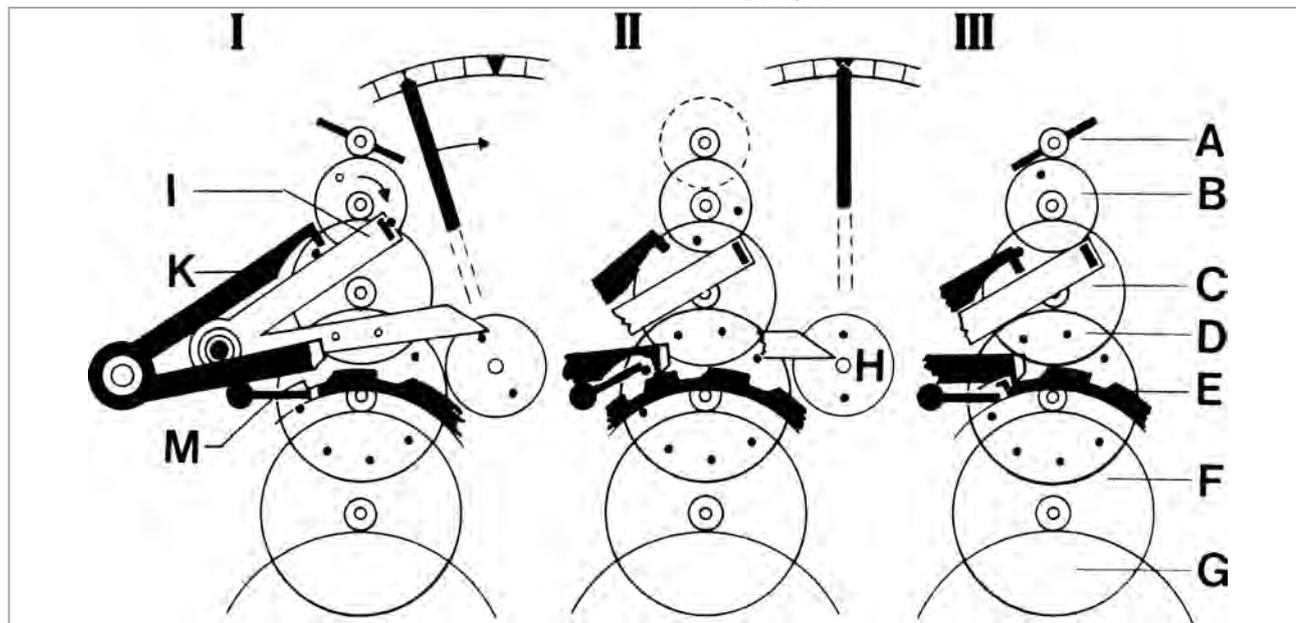
4 Zeigerabheben mit Zifferblattschutz

4. Die Schlagwerke

4.1. Bezeichnungen und Funktion¹

Die Schlagfolge bei den mechanischen Uhren wird auf zwei Arten gesteuert: mit der Schloss-/Schlusscheibe oder mit Stundenstaffel und Rechen.

A	Windfang	G	Federhaus
B	Anlaufrad	H	Minutenrohr
C	Auslöserad (Fallenrad)	I	Anlaufhebel
D	Hebstiftenrad	K	Auslösehebel
E	Schloss- oder Schlusscheibe	M	Hammer
F	Beisatzrad		



1 Schlossscheiben-Schlagwerk

4.11. Schema des Schlossscheiben-Schlagwerks

Der Aufbau der Schlaglaufwerke ist grundsätzlich stets gleichartig (I). Schematisch dargestellt, arbeitet das Schlossscheiben-Schlagwerk in drei Phasen:

- I. Anlauf oder Warnung erfolgt etwa 3–5 Minuten vor der eigentlichen Auslösung. Der Anlaufstift des Rades B vor dem Windfang A soll $\frac{1}{2}$ Umdrehung ausführen können, bis er vom Anlaufhebel I abgefangen wird. Der Hammerhebel M darf hierbei jedoch auf keinen Fall schon angehoben werden, da sonst das Schlagwerk bei der Auslösung mit dieser Belastung nicht anläuft. Falls das Schlagwerk einmal falsch schlägt, was ja bei Schlossscheiben-Werken leicht vorkommt, kann der Minutenzeiger nach dem Anlauf vorsichtig wieder etwas zurückgedreht werden, worauf die Uhr schlägt. Dies wird wiederholt, bis der Zeiger und das Schlagwerk wieder übereinstimmen. Man sollte nicht versäumen, Besitzer solcher Uhren mit diesem einfachen Verfahren bekannt zu machen. Der Anlauf ist notwendig, da anderenfalls das Schlagwerk bei dieser Konstruktion sofort – also zu früh – schlagen würde.

Sowohl bei der Tast- als auch der Gleitschlossscheibe muss der Hebel K so hoch gehoben werden, dass der Auslösestift unbedingt frei unter ihm durchlaufen kann.

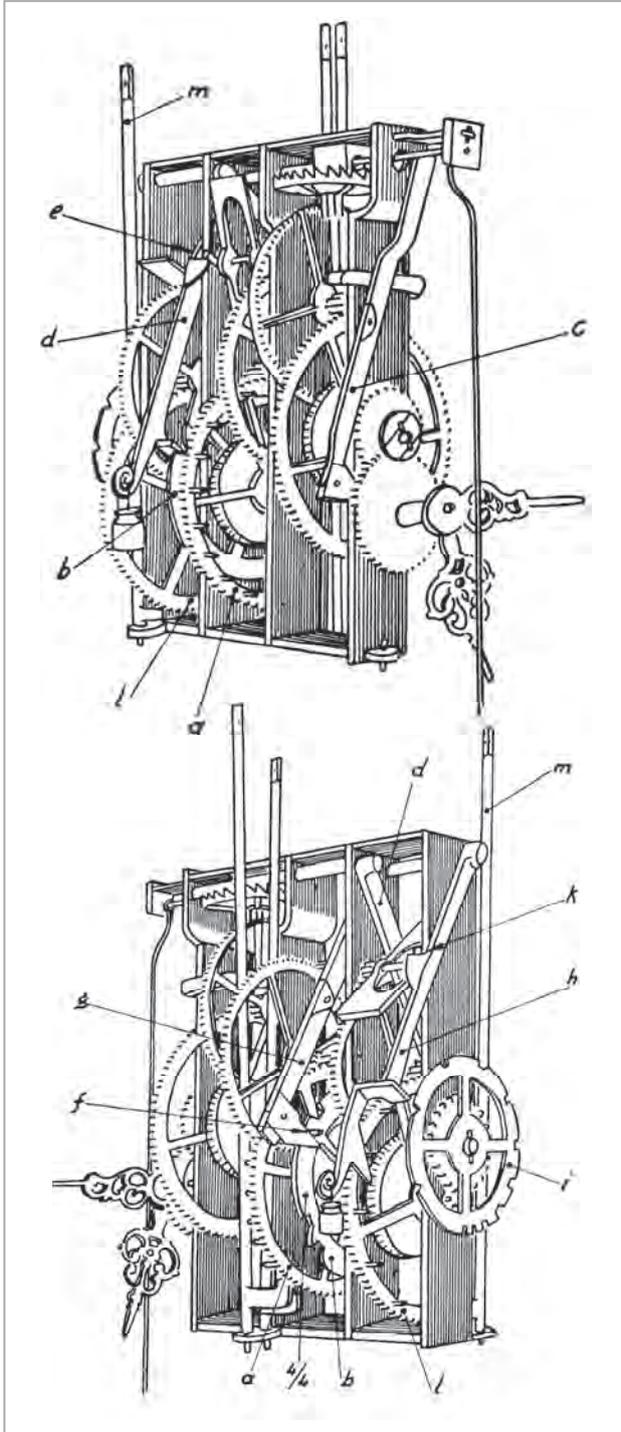
- II. Auf der Zwölf fällt der Auslösehebel ab, der Anlaufhebel I gibt den Anlaufstift frei und das Schlagwerk läuft, wobei der Hammer M von den Stiften des Hebstenrades angehoben wird. Kurz vor dem Abfallen des Hammers wird der Auslösehebel von dem Fallenrad freigegeben und fängt den Auslösestift nach einer vollen Umdrehung und einem Halbstundenschlag wieder ab. Muss das Werk die volle Stunde mit mehreren Schlägen anzeigen, dann verhindert der Nocken der Schlossscheibe, dass das Werk schon nach einem Schlag stillgesetzt wird; das Werk schlägt weiter, bis wieder eine Lücke erreicht ist.

In der Praxis ist es die Regel, dass der Anlaufstift nach dem Abfall des Hammers noch etwa $1\frac{1}{2}$ Umlauf ausführen soll, bis das Schlagwerk angehalten wird. Dies ist durch etwaige Ungenauigkeiten in der Teilung des Hebstenrades bedingt und man will damit erreichen, dass auch der etwa verspätete Hammerschlag noch erfolgt und nicht etwa das Schlagwerk mit angehobenem Hammer stehen bleibt.

¹ Mit dem Thema der Schlagwerkreparatur beschäftigt sich ausführlich das Buch: Stern (Hrsg.): Großuhr-Schlagwerke in der Reparatur.

4.31. Konstruktionsbeschreibungen weiterer Pendulen-Schlagwerke¹

Hier sehen wir den Mechanismus einer frühen Gewichtsuhr vor 1700 in einfacher Konstruktion in der Art der Turmuhren (109). Das Pendel steht noch vor dem Zifferblatt. Dieses besteht aus Zinn mit gravierten



109 Gewichtsuhr um 1700

¹ Diese Konstruktionsbeschreibungen stammen aus der ersten Ausgabe (1978) dieses Buches. An dieser hat auch J. P. Matthey mitgewirkt. Deshalb sind die Beschreibungen nicht eindeutig einem der Autoren – Jendritzki oder Matthey – zuzuordnen.

schwarzen Zahlen. Die meisten Pendeluhren besaßen zu dieser Zeit bloß einen Zeiger.

Obwohl sie von etwas grober Ausführung ist, wurde sie nicht weniger sinnreich konstruiert. Solide, geschmiedete Teile, ein einfacher aber sicherer Mechanismus, überall genügend Spiel (Luft) sicherten ihr während Jahrhunderten einen zuverlässigen Gang.

Drei sauber voneinander getrennte Werke arbeiten in der Uhr:

- Das erste Getriebe ist das Gehwerk und besteht aus dem Antriebsrad, dem Übertragungsrade, dem Hemmungsrad oder Spindelrad und der Spindel.
- Das zweite Getriebe betätigt den Viertelschlag. Das Antriebsrad *a* mit Stiften trägt die Schlossscheibe *b*. Die Stifte betätigen gleichzeitig die beiden Schöpfer, welche die Viertel auf zwei Glocken schlagen. Die Schlossscheibe *b* enthält auf ihrem Umfang zwei Sätze zu vier Vierteln. Weil jedem Viertel ein Stift entsprechen muss, hat die Scheibe deshalb deren vierzig. Die Auslösung der Viertel erfolgt durch die vier Stifte am Viertelrohr (Minutenrohr), welche den Hebel *c* betätigen. Dieser Hebel ist durch seine Lagerwelle mit dem Hebel *d* starr verbunden. Letzterer gibt den Windfang bei *e* frei und hält ihn erneut an, wenn er wieder in einen der Einschnitte der Schlossscheibe *b* fällt.
- Diese trägt zwei diametral gegenüberliegende Stifte *f*, die jeweils am Ende einer Vierviertelstufe eingesetzt sind. Sie dienen der Auslösung der Stunde, indem sie den Hebel *g* betätigen. Er ist, wie schon anderweitig aufgeführt, ebenfalls durch seine Welle solidarisch mit dem Hebel *h*, der die Stunden auf der Schlossscheibe *i* abnimmt und den Windfang bei *k* anhält. Das Antriebsrad, ebenfalls mit Stiften, lässt die Stunden auf einer dritten Glocke durch die Schöpferstange *m* schlagen.

Man sieht, dass diese Gewichtsuhr die vier Viertel und anschließend die Stunde schlägt. Natürlich müssen die Gewichte jeden Tag aufgezogen werden. Es war aufschlussreich, ein derart einfaches Schlagwerk zu untersuchen, um vielleicht bloß festzuhalten, dass bestimmte noch heute angewandte Prinzipien sehr weit zurückgehen.

Zwei interessante Einzelheiten verdienen noch der Erwähnung:

- Der Hebel *h* endet in seinem unteren Teil in einem Sporn. Durch diese Schräge wird er bei jedem Durchgang eines Stiftes gehoben, um die Funktion in der Nähe der Einschnitte der Schlossscheibe genau zu begrenzen. Auf diese Weise hebt und fällt der Hebel nach jedem Glockenschlag und dringt genau in die Einschnitte ein, indem er den Windfang sicher anhält. Wir sehen, dass ein schwerwiegender Fehler der Schlossscheibe hier auf sehr einfache Weise behoben wurde. Es ist kein Merkzeichen nö-

Artikel von Wolfgang Lympius



*Dr. Wolfgang Lympius, *1928, †2003*

Dr. Lympius war ein anerkannter, gefragter, kenntnisreicher und erfahrener Restaurator, wobei er die Bezeichnung Konservator immer bevorzugte. Sein umfangreiches Wissen und Können gab er in vielen mündlichen und schriftlichen Beiträgen nicht nur an die Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Chronometrie, sondern auch an die Leser der Zeitschrift „Klassik Uhren“ weiter. Leider legte er das meiste nicht schriftlich nieder – es ist für immer verloren.

Er ergriff für seine Sache vehement Partei, zumal er nicht immer als unumstritten galt. Aber er war einer der wenigen Autoren, die versuchten, ihre Aussagen empirisch und wissenschaftlich zu untermauern. So entstanden viele interessante Artikel über das Ölen, das Ersetzen von Zapfen, die Zugfeder, sowie über die Frage, wie weit Restaurierungen vorangetrieben werden dürfen u. v. m. Dr. Lympius stellte dabei gerne alte Restaurierungstechniken in Frage – und das oft zu Recht.

Dem Herausgeber der folgenden Artikelzusammenstellung gab Dr. Lympius im Jahre 2000 die Genehmigung zur weiteren Verwendung seiner Artikel. So wurde schon einiges auf der damaligen Internetseite des Herausgebers veröffentlicht. Nun wird die Würdigung der Arbeit von Dr. Lympius mit dieser Artikelzusammenstellung fortgeschrieben.

*M. Stern
Berlin 2021*