

# Lehrbuch der Uhrmacherei Bd. 2

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort \_\_\_\_\_ 11

### I. Teil

**Zeit und Zeitmessung** \_\_\_\_\_ 13

Was ist die Zeit? \_\_\_\_\_ 13

Wie wird die Zeit bestimmt? \_\_\_\_\_ 13

Der Sternenhimmel \_\_\_\_\_ 14

Die verschiedenen Himmelskörper \_\_\_\_\_ 15

Die „scheinbaren“ und die „wirklichen“  
Vorgänge am Himmel \_\_\_\_\_ 17

Erdachse, Erdpole, Äquator, Breiten- und Längengrade \_\_\_\_\_ 18

Die verschiedenen Zeitarten \_\_\_\_\_ 20

Wie arbeitet der Astronom bei der Bestimmung der Zeit? \_\_\_\_\_ 22

Zusammenfassung \_\_\_\_\_ 31

Zeitzeichen und Zeitansagen \_\_\_\_\_ 32

Vom Messen der Zeit \_\_\_\_\_ 41

Entwicklung der Hilfsmittel, die Zeit zu messen \_\_\_\_\_ 43

Sonnenuhren \_\_\_\_\_ 44

**Die mechanische Räderuhr** \_\_\_\_\_ 49

Bezeichnungsvorschriften für Uhrenteile \_\_\_\_\_ 50

A. Begriffsbestimmung der Uhr \_\_\_\_\_ 50

B. Arten der Uhren \_\_\_\_\_ 50

C. Aufbau der mechanischen Uhr \_\_\_\_\_ 51

Das Werkgestell \_\_\_\_\_ 53

Die einzelnen Bauelemente des Werkgestelles \_\_\_\_\_ 53

Oberflächenveredlung \_\_\_\_\_ 53

Form und Bauart der Uhr \_\_\_\_\_ 54

Werkgestellverbindungen \_\_\_\_\_ 54

Pfeilerverbindungen \_\_\_\_\_ 54

Abmessung der Werkgrößen \_\_\_\_\_ 56

Die Lagerung der Wellen und Räder \_\_\_\_\_ 57

Die verschiedenen Lagerungsarten \_\_\_\_\_ 58

Uhrsteine, Fassung und Einpressung \_\_\_\_\_ 61

Der Kraftspeicher \_\_\_\_\_ 63

Die Befestigung der Federenden \_\_\_\_\_ 67

Die Verhältnisse von Feder, Federhaus und Federkern \_\_\_\_\_ 68

Das Laufwerk \_\_\_\_\_ 69

Das Rad \_\_\_\_\_ 69

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

**[www.uhrenliteratur.de](http://www.uhrenliteratur.de)**

Das Trieb_____	69
Das Getriebe_____	70
Getriebearten_____	72
In der Uhrmacherei angewandte Verzahnungen_____	73
Das Hemmwerk_____	82
Hemmungen mit Rückführung für Pendeluhren_____	86
Die Hakenhemmung_____	86
Die rückführende Stifthemmung für Kurzpendel_____	88
Hemmungen mit Ruhe für Pendeluhren _____	90
Die Graham-Hemmung_____	90
Hemmungen für Uhren mit Unruh _____	95
Hemmungen mit Ruhe für Unruhuhren_____	96
Die Zylinderhemmung_____	96
Die „freie Ankerhemmung“_____	101
Freie Ankerhemmung mit Spitzzahnrad_____	109
Die Stiftankerhemmung für Wecker_____	110
Die Chronometerhemmung_____	111
Das Zeigerwerk_____	113
Zusatzeinrichtungen der Gehwerkuhr_____	115
Das Gesperr_____	115
Das Sperrad_____	115
Die Sperrklinke_____	116
Das Gegengesperr_____	118
Die Stellung_____	119
Der Stellungsfinger_____	119
Das Stellungskreuz_____	119
Die Aufzüge_____	121
Der Schlüsselaufzug_____	121
Der Kronenaufzug_____	122
Der Kupplungsaufzug_____	123
Der Wippenaufzug_____	123
Der Gangregler als Bauelement der Räderuhr_____	125
Die Schwingungen der Gangregler_____	126
Das Schwerkraftpendel_____	127
Das mathematische Pendel und das physikalische Pendel_____	128
Die mathematische Pendellänge_____	129
Der Aufbau des Uhrpendels_____	130
Die Pendelaufhängung_____	130
Die Pendelführung_____	132
Das einfache Uhrpendel_____	132
Pendel für Seidenfaden- und Drahtösenaufhängung_____	133

Pendel für lange Blattfedern_____	133
Pendel für die Zwei-Lamellen-Pendelfeder_____	133
Das Ausgleichs- (Kompensations-)Pendel_____	134
Das Federkraftpendel_____	135
Das Abzählen oder Abstimmen einer Spiralfeder_____	136
Die Schwingungsweite der Unruh_____	137
Die einfache Radunruh_____	137
Die Ausgleichs- (Kompensations-)Unruh_____	138
Die Spiralfeder_____	139
Der Rükckerzeiger_____	140
Die aufgebogene Spirale_____	141
Die Spiralendkurve_____	142
Die zylindrische Spirale_____	142
Nachwort_____	144

## **II. Teil**

### **Arbeitskunde des Uhrmachers**

<b>Die Überholung (Reparatur) der Uhren_____</b>	<b>145</b>
Grundsätzliches_____	145
Die Reparatur eines Weckers_____	148
Die Reparatur einer Großuhr_____	154
Die Reparatur einer Kleinuhr_____	158
Zusatzwerke_____	162
Das Weckerwerk_____	162
Die Schlagwerke_____	166
Der Klangkörper_____	171
Die Ausführung einzelner Arbeiten_____	173
Das Polieren der Lagerzapfen_____	173
Das Einbohren von Zapfen_____	176
Die Zapfenlager_____	178
Die Steinlager_____	180
Die Zahnradeingriffe_____	187
Zugfeder und Federhaus_____	194
Das Gesperr_____	198
Das Zeigerwerk_____	199
Aufzug und Zeigerstellung_____	201
Aufzugvorrichtungen_____	201
Zeigerstellvorrichtungen_____	203

Ersatz der Aufzugwelle	208
Die Hemmungen	209
Grundsätzliches	209
Pendeluhrhemmungen	211
Spindelhemmung	211
Hakenhemmung	212
Brocot-Hemmung	212
Rollenhemmung	213
Graham-Hemmung	213
Das Pendel	214
Die Unruhhemmungen	217
Die Stiftankerhemmung	217
Geräuscharme Hemmungen	219
„Lautlos“-Hemmung	220
Die Zylinderhemmung	221
Die Ankerhemmung	226
Der Ersatz der Unruh	232
Die Unruh	237
Die Spiralfeder	242
Der Ersatz der flachen Spiralfeder	245
Der Ersatz einer Breguet-Spiralfeder	249
Die Reinigung	251
Das Ölen	255
<b>III. Teil</b>	
<b>Rechnen</b>	259
Die vier Grundrechnungsarten	260
Das Wurzelziehen	267
Das Rechnen mit Brüchen	270
Die Prozentrechnung	276
Die Zinsrechnung	279
Maße	281
Die Flächen- und Körperberechnung	284
Die Flächenberechnung	284
Die Körperberechnung	290
Die Gewichtsberechnung	292
Zeitmaße	293
Die Buchstabenformel	294

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,  
welches Sie hier erwerben können:  
[www.uhrenliteratur.de](http://www.uhrenliteratur.de)**

Auswahl der wichtigsten Kurz- und Formelzeichen_____	296
Das Lösen von Gleichungen_____	297
Das Umformen der Gleichung_____	298
Die Proportionen oder Verhältnisgleichungen_____	300
Die Berechnung des Räderwerkes der Uhr_____	301
Aufbau und Wirkung des Räderwerkes_____	301
Die einfache Übersetzung_____	303
Die Übersetzung bei Riemen- bzw. Schnurgetrieben_____	303
Die Übersetzung bei Zahnradgetrieben_____	304
Mehrfache Schnurübersetzung_____	306
Einfache Radübersetzung_____	307
Mehrfache Zahnradübersetzung_____	307
Die Gehzeit bei Gewichtzuhren_____	308
Berechnung der Halbschwingungen (Schläge) einer Taschenuhrunruh für das Abzählen der Spiralfeder_____	309
Berechnung der Pendelschläge für einen Regulator_____	310
Die Räder zwischen dem Minutenrad und dem Sekundentrieb_____	310
Berechnung der Zähnezahlen des fehlenden Zwischenrades mit Trieb_____	311
Berechnung der Zähnezahlen des fehlenden Sekundenrades und des Sekundentriebes_____	311
Berechnung der fehlenden Zähnezahlen im Zeigerwerk_____	312
Die Berechnung von Rad- und Triebgrößen_____	313
Der Aufbau des Zahnrades_____	314
Triebgrößen_____	317
Prüfung von Rad und Trieb im Radeingriff_____	323
Berechnung eines fehlenden Rades_____	324
Berechnung des Achsenabstandes_____	324
Berechnung eines fehlenden Zwischenrades mit Trieb_____	325
Die Berechnung der Rad- und Triebgrößen mit dem Modul_____	327
Berechnungen an Gangreglern_____	331
Pendel_____	331
Berechnung der mathematischen Pendellänge_____	333
Berechnung der Halbschwingungen aus der Pendellänge_____	333
Berechnung der Längenveränderung_____	334
Verstellung der Reguliermutter mit Teilung_____	335
Längenveränderung des Pendels bei Temperaturveränderungen_____	336
Gangunterschied bei auftretender Längenänderung des Pendels_____	337
Das Abgleichen an der Unruh_____	338
Längenveränderung der Spiralfeder_____	338

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,  
welches Sie hier erwerben können:  
[www.uhrenliteratur.de](http://www.uhrenliteratur.de)**

Länge der Spiralfeder_____	339
Berechnung der Kurvennummer bei Breguet-Spiralen_____	339
Die Berechnung der Zugfeder_____	340
Federkern_____	341
Welche Federklingendicke sollen wir nun wählen?_____	341
Federringdicke entspannt_____	342
Windungen der Feder (entspannt)_____	342
Windungen der Feder aufgewunden_____	343
Wirksame Umgänge_____	343
Länge der Feder_____	343
<b>Stichwörterverzeichnis_____</b>	<b>345</b>

© [www.uhrenliteratur.de](http://www.uhrenliteratur.de)

## **Vorwort**

Der seit langem erwartete zweite Band des Lehrbuches für das Uhrmacherhandwerk konnte nur mit erheblicher Verzögerung erscheinen, nachdem seine Niederschrift zweimal durch Kriegseinwirkung vernichtet wurde.

Der erste Teil dieses Bandes behandelt die Bauelemente der Uhrmacherei; in ihm werden die Grundsätze dargelegt, nach denen die Bauelemente der Uhr zu formen sind, um in zweckmäßiger Weise zu wirken. Dadurch erlangt der Lehrling die Befähigung, sich in jedes Uhrwerk hineinzudenken, auch wenn dessen Bauart erstmals vorkommt. Der vorgenannte Teil entspricht ungefähr dem in Berufsschulen vorgetragenen Stoff.

Die Arbeitskunde des Uhrmachers befindet sich im zweiten Teil. Es werden darin ausführlich alle bei der Überholung von Groß- und Kleinuhren vorkommenden Arbeiten zur Sprache gebracht.

Im dritten Teil ist alles enthalten, was der Uhrmachergehilfe an Rechenkenntnissen besitzen muß. Es bestanden Zweifel darüber, ob die vier Grundrechnungsarten mit aufgenommen werden sollten. Die Ergebnisse der Gehilfen- und Zwischenprüfungen haben aber gezeigt, wie notwendig die Wiederholung und die Befestigung der Rechenkenntnisse sind.

Durchweg wurden einheitliche Bezeichnungen angewandt und die Formelzeichen nach den DIN-Normen gegeben. Dadurch wird angestrebt, in unserem Fach einheitliche Bezeichnungen angewandt zu sehen, was die Ausbildung des Nachwuchses wesentlich erleichtern wird. Wünschenswert wäre, auch in der Fachpresse diese einheitlichen Bezeichnungen zu verwenden.

Im ersten und zweiten Teil sich befindende Wiederholungen tragen dazu bei, den Stoff von zwei Gesichtspunkten aus zu beleuchten und ihn zum wirklichen geistigen Eigentum des Lernenden zu machen. Aus diesem Grund sind auch zahlreiche Hin- und Rückverweise in den Text eingefügt worden. Ein umfangreiches Stichwörterverzeichnis erleichtert die Anwendung des Buches während der täglichen Arbeit. Es ist zu hoffen, daß der vorliegende zweite Band des Lehrbuches viel dazu beitragen wird, die Ausbildung unseres Nachwuchses zu vereinheitlichen und sie zu vertiefen.

Auch der vorliegende Band ist eine Gemeinschaftsarbeit anerkannter Fachleute. Anregungen für die weitere Ausgestaltung des Buches für kommende Neuauflagen werden im voraus dankend begrüßt.

**W. König**  
(1951)

nügend Festigkeit aufweisen. Darum ist es nötig, sie vor Verbiegung und Bruch durch entsprechende Form zu schützen. Die flache Trompetenform für Chronometerzapfen (Abb. 44a) läßt nur das kurze Ende des Zapfens – etwas länger als die Lagerlochtiefe – zylindrisch verlaufen. Hieran schließt sich die langgezogene Trompete in parabolischer Form. Diese Anordnung ist auch für die Haltung des Öls im Lager die beste. Die Abb. 44b zeigt dagegen eine einfachere Form mit kreisförmiger Trompete, wie sie in Uhren mittlerer Güte angewendet wird. Bei beiden Zapfenformen ist auf eine scharfe Kante an Trompete und Welle zu achten. Von dieser Kante aus wird die Welle wieder verjüngt gestaltet, damit ein Verlaufen des Öls über diese Kante vermieden wird (Ölhalter).

### Uhrsteine, Fassung und Einpressung (s. a. S. 180)

Die Verwendung von Steinlagern in Uhren vermindert die Reibung an den Gleitstellen der Wellenzapfen und -lager ganz wesentlich. Außerdem ist die Abnutzung der gleitenden Lagerteile gegenüber den Messinglagern außerordentlich gering. Als Uhlagerstein hat der synthetische Rubin den natürlichen Rubin und Granat wegen seiner gleichmäßigen Dichte, hohen Polierfähigkeit und gleichmäßigen Farbe verdrängt, so daß heute nur noch diese Steinart Verwendung findet (s. Bd. I, S. 102 ff.).

Bei der Befestigungsart der Uhrsteine in den Werkgestellteilen unterscheiden wir zwei Möglichkeiten, die auch für die Form des Steines bestimmend sind<sup>11</sup>.

1. Der Uhrstein ist gefaßt. Dann ist er stets mit einer Fasse versehen (Abb. 45, 46, 47 u. 48), an der die Verdrückung der Fassung dem Stein Halt gibt. Die Einbettung des Steines im Material des Gestelles kann beim Fassen verschieden ausgeführt werden. Die Abb. 49a zeigt die Schweizer Fassung für Lager- und Deckstein, die Abb. 49b eine Fassung nach Glashütter Art.

Ein besonderes Merkmal dieser Fassungsarten ist die aus dem Material herausgedrehte und dann umgelegte Verdrückung, die zum Festhalten des Steines dient. Diese Verdrückung erhält man durch einen Einstich, der um das Bett des Steines gedreht wird.

Bei der Fassung nach englischer Art ist dagegen kein Einstich erforderlich. Das Material wird unmittelbar an die Fasse gedrückt und dann mit der Steinfläche bündig gedreht (Abb. 49c).

2. Der Uhrstein wird eingepreßt. Er hat einen zylindrischen Umfang, dessen eine Kante abgerundet ist. Die Abrundung dient zur Gleitführung beim Einpressen des Steines (Abb. 50, 51 u. 52).

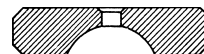


Abb. 45-48

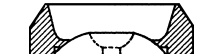
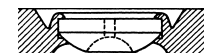
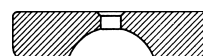
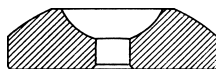


Abb. 49a-c



Lagersteine zum Einpressen  
Abb. 50-52

<sup>11</sup> Der Ersatz von Uhrsteinen wird ausführlich in dem Buch von M. Stern „Die Uhrmacherei Bd. I“, ISBN 978-3-9810461-2-7, beschrieben.



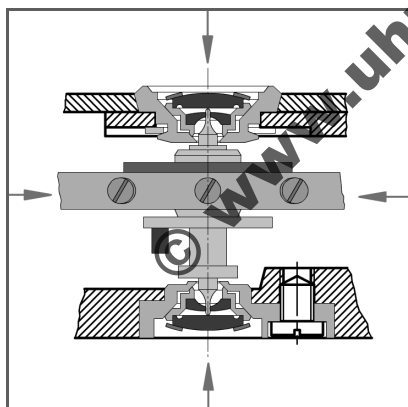
Der Einpreßstein muß mit Treibsitz in das Werkgestellteil eingepreßt werden, er bekommt seinen Halt durch die Verdrängung des Werkstoffes. Um dies zu erreichen, bedient man sich am besten des Einpreßapparates, eines hierzu geschaffenen Sonderwerkzeuges.

Während der gefaßte Stein in seiner Höhenlage schwer zu verändern ist, kann der eingepreßte Stein höher oder tiefer gesetzt werden, um die axiale Begrenzung (Höhenluft) zu ändern.

Ist das Fassen eines Uhrsteines für den Lehrling eine der schönsten Aufgaben wegen der hohen Forderung von Geschicklichkeit und Genauigkeit bei der Arbeit, so bietet das Einpressen der Steine beste Möglichkeit, sich mit Normung und Passung von Werkzeugen und Uhrteilen sowie Wirtschaftlichkeit beim Arbeiten vertraut zu machen. Gibt es doch von Faßsteinen unzählige Größen an Außen- und Lochdurchmessern, während die Einpreßsteine auf bestimmte Größen genormt und ihre Abmessungen dem Millimetermaß angepaßt sind. Die zum Außendurchmesser des Einpreßsteines gehörende Reibahle ergibt ein um  $\frac{1}{100}$  mm kleineres Loch, so daß bei jeder Arbeit ein guter Sitz gewährleistet ist. Bringt uns die gelungene Arbeit einer schönen Fassung Freude und Befriedigung, so ist die Genauigkeit der Passung beim Einpressen für uns ein vorzügliches Beispiel, das wir für all unsere Arbeiten als Vorbild nehmen wollen.

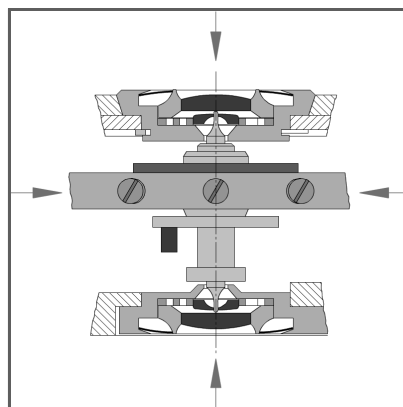
### Stoßgesicherte Lagerungen<sup>12</sup>

Um tragbare Uhren gegen Stoß und Schlag unempfindlich zu machen, werden gefederte Lagerungen an den Unruhwellen eingebaut. Die gebräuchlichsten sind die „Incabloc“ und die „Chok-Resist“-Stoßsicherungen.



Stoßsicherung „Incabloc“

Abb. 53



Stoßsicherung „Chok-Resist“

Abb. 54

Bei beiden Arten werden die Lager- und Decksteine durch Federn so in ihrer Lage gehalten, daß sie eine seitliche Verdrängung bei eintretendem Stoß zulassen. Der Stoß in

<sup>12</sup> Sehr verständliche Animationen zum Thema Stoßsicherung und Hemmungen finden Sie im Internet unter [www.uhrentechnik.de](http://www.uhrentechnik.de). Die Abbildungen 53 und 54 stammen von dort, da die Buchvorlage nicht geeignet erschien.

axialer Richtung wird durch den Ansatz der Welle gegen das Lagerbett aufgefangen, der Stoß in radialer Richtung dagegen durch die Welle und die Bohrung im Lagerbett. Der Zapfen selbst muß nur die Verdrängung des Lagers aus der Ruhelage bewirken. Die Anordnung der Lagerteile und die Auswirkung des Stoßes in die verschiedenen Richtungen werden aus den Abb. 53 und 54 ersichtlich.

Und nun noch eins: Es gibt kein „Steinloch“! Denn es wäre ein Loch aus Stein, und das ist ein Unding. Dagegen könnten wir noch „Lochstein“ gelten lassen, denn es ist ein Stein, der mit einem Loch versehen ist. Bezeichnen aber nicht die Worte „Loch-Lagerstein“ und „Deck-Lagerstein“ am trefflichsten die Art und den Verwendungszweck des Uhrsteines, die auch unserem Kunden ohne weitere Fachkenntnisse verständlicher sind! Darum wollen wir diesen Bezeichnungen in Zukunft die gleiche Beachtung widmen, die wir der Normung der Maße entgegenbringen.

## Der Kraftspeicher

Ziehen wir eine Uhr mit der Hand auf, so wird unsere Muskelkraft in der Antriebseinrichtung (Gewicht oder Feder) aufgespeichert. Während die Kraftäußerung durch den Handaufzug in kurzen Zeitabschnitten, mehreren aufeinanderfolgenden Winkeldrehungen des Aufzugteiles, erfolgt, wird die aufgespeicherte Kraft vom Triebwerk in langsamem, gleichmäßigem Ablauf dem Laufwerk der Uhr vermittelt. Sehen wir von dem Kraftverlust durch Reibung ab, so wird also unsere durch Muskelkraft im Uhrwerk aufgespeicherte (potentielle) Energie in bewegende (kinetische) Energie umgeformt.

Erwähnt sei hier noch, daß die zum Aufzug nötige Kraft auch durch elektrisch gewonnene Energie ersetzt werden kann. Man benutzt Elektromotoren oder Elektromagnete mit mechanischen Kupplungen dazu, um deren geäußerte Kraft im Antriebsmittel aufzuspeichern. Es wird auf diese Weise die menschliche Muskelkraft entbehrlich. An der grundlegenden mechanischen Anordnung der Kraftspeicher ändern diese Hilfseinrichtungen jedoch nichts.

Die Wahl der Kraftspeicherart für die Uhr, ob Gewicht oder Feder, ist von folgenden Merkmalen abhängig:

1. Gewichtantrieb kann grundsätzlich nur bei ortsfesten Uhren angewendet werden:
  - a. in Uhren, bei denen eine ganz gleichmäßige Kraftäußerung während der ganzen Gangdauer erforderlich ist (Präzisionspendeluhr);
  - b. in Wand-, Stand- und Turmuhren, bei denen die benötigte Fallhöhe für das Gewicht vorhanden ist;
  - c. in Uhren, bei denen der einfache Gewichtantrieb die Herstellung verbilligt.
2. Federantrieb ist bei ortsveränderlichen Uhren stets erforderlich, er wird aber auch bei ortsfesten Uhren sehr viel angewendet.

Die Anwendung des Federantriebes ist bei allen Uhren möglich. Nur die Abmessungen der Uhrwerkgrößen und der zeitanzeigenden Glieder setzen darin eine Grenze, da sonst der gesamte mechanische Aufbau des Uhrwerkes ungünstig beeinflusst würde.

## **Gewichte**

Heben wir ein Gewicht entgegen der Schwerkraft, so speichern wir in dem Gewicht eine Arbeitsleistung auf, die gleich dem Gewicht mal dem Höhenunterschied ist. Denn die „Goldene Regel der Mechanik“ heißt:

$$\text{„Arbeit} = \text{Kraft} * \text{Weg!“}$$

Die im Gewicht aufgespeicherte Arbeit benutzen wir zum Antrieb bei den Gewichtuhren. Ist als Zugmittel eine Saite oder ein Seil verwendet, werden diese auf eine Walze beim Aufziehen aufgewickelt. Es ist dann die Zahl der Windungen für die Gehzeit der Uhr bestimmend. Für Kettenzug wird ein Kettenrad benötigt, über das die Kette gelegt wird und dessen eingepaßte Stifte oder angebrachte Einfräsungen den Kettengliedern entsprechend angeordnet sein müssen. Zahl der nutzbaren Kettenglieder durch die Teilungszahl des Kettenrades ist in diesem Falle für die Gehzeit der Uhr maßgebend.

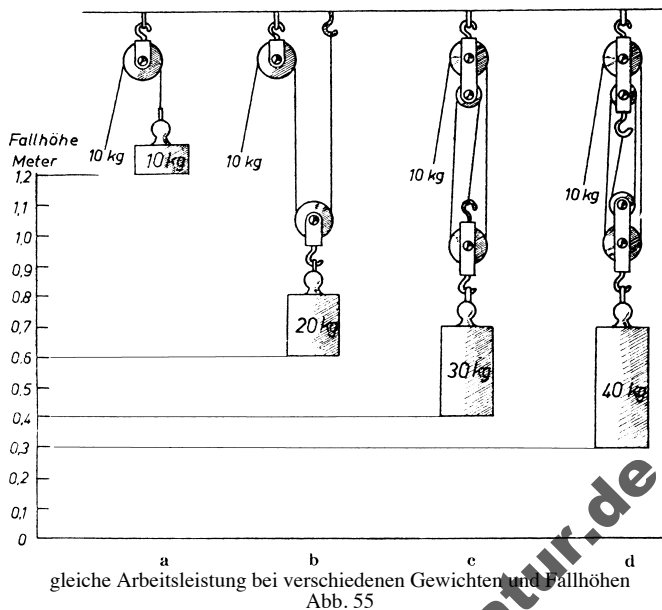
Zwischen Walze oder Kettenrad und dem Kraftrad, die stets eine gemeinsame Welle haben, ist eine Zusatzeinrichtung, das Gesperr, geschaltet (s. S. 125, 198). Es dient dazu, die aufgespeicherte Kraft abzusperren und diese vom Gewicht auf das Kraftrad zu übertragen. Walze oder Kettenrad haben stets kleineren Durchmesser, als der Teilkreisdurchmesser des Kraftrades mißt, an dem die Kraft zur Wirkung kommt. Es müssen daher die beiden unterschiedlichen Hebelarme bei Berechnung der Kraftäußerung für das Uhrwerk in die Berechnung einbezogen werden.

Die Anordnung des Gewichtzuges richtet sich nach der Bauart des Uhrwerkes und der verfügbaren Fallhöhe für das Gewicht. Hängt das Gewicht nur an einer einfachen Saite oder Kette, so wirkt seine ganze Kraft an der Walze oder dem Kettenrad (Abb. 55 a), bis das Gewicht die ganze Fallhöhe durchlaufen hat. Dieser einfache Gewichtzug ist aber nicht überall anwendbar. Wird die Fallhöhe des Gewichtes z. B. durch das Uhrgehäuse begrenzt, dessen Abmessungen oft von der Pendellänge abhängig sind, so wird eine bewegliche Rolle (Abb. 55 b) angewendet. Bei dieser Anordnung verteilt sich die Last des Gewichtes auf zwei Seilenden, dadurch wirkt als Zug nur die Hälfte der Schwere des Gewichtes. Um der Uhr nun die gleiche Kraft zu vermitteln, muß das Gewicht verdoppelt werden. Bei gleicher Arbeitsleistung ist aber die Fallhöhe um die Hälfte kürzer geworden als beim einfachen Gewichtzug. Die zur Fallhöhe benötigte Seillänge ist jedoch gleich dem zweifachen Weg, was sich günstig auf die Anordnung des Uhrantriebes auswirkt.

Bei Turmuhren wird außer der beweglichen Rolle oft eine feste Rolle angebracht, die lediglich zur günstigen Zuleitung des Seiles zum Uhrwerk dient. Abgesehen von dem Reibungsverlust hat diese auf die Kraftäußerung keinen Einfluß.

Seltener wird ein sogenannter Flaschenzug angewendet (Abb. 55 c u. 55 d), bei dem das Seil über eine oder mehrere bewegliche Rollen geleitet wird. Die Zahl der Seillängen, an denen das Gewicht hängt, ist wiederum bestimmend für die benötigte Schwere des Gewichtes und die Fallhöhe. Vergleichen wir in Abb. 55 die vier verschiedenen schweren Gewichte, wird für jedes die gleiche Arbeitsleistung beim Durchlaufen der dargestellten Fallhöhen erreicht.

Wir lernen daraus nach der Regel  $\text{Arbeit} = \text{Kraft} * \text{Weg}$ : Was wir an Fallhöhe einsparen, müssen wir an Gewicht zulegen.



### Zugfedern (s. a. S. 194)

Wesentlich andere Verhältnisse als beim Gewichtsantrieb finden wir bei Verwendung einer Zugfeder als Kraftspeicher in Uhren, denn die Zugfeder ist in ihrer Wirkung entgegen dem Gewichtsantrieb unabhängig von der Schwerkraft der Erde, da bei ihr durch die Spannkraft der Feder die Antriebskraft gewonnen wird.

Als Werkstoff zur Herstellung der Uhrfedern dient gewalzter Bandstahl, dessen Oberflächen fein geschliffen und geglättet werden. Nach dem Härten wird der Bandstahl in besonders dazu geeigneten Muffeln, die meist auf elektrischem Wege erhitzt werden, violett bis blau, also federhart, angelassen. Auch kann durch Legierungen des Stahls eine geeignete Federhärte erzielt werden. Hierdurch wird die Bruchgefahr der Feder wesentlich gemindert. Es sind auf diesem Gebiet in letzter Zeit, z. B. durch Zusetzen von Beryllium, recht beachtliche Ergebnisse erzielt worden.

Da es sich bei der Zugfeder darum handelt, die sich äußernde Kraft auf eine Welle zu übertragen, ist es zweckmäßig, das Federband in die Form einer Spirale zu bringen. Wir erhalten auf diese Weise die gewundene Bandfeder. Diese wird in der Uhr stets um eine Walze, den Federkern, gewickelt und an dessen Umfang befestigt. Das äußere Ende der Feder wird ebenfalls in geeigneter Weise angehängt, jedoch ist die Art der Befestigung von der Wirkungsweise der Feder abhängig.

- Das äußere Federende ist an einem ruhenden Teil des Werkes, Gestellpfeiler, Anrichtstift oder in einer festen Trommel, befestigt. Der Federkern wird beim Aufzug zum Spannen der Feder gedreht und dreht sich beim Ablauf unter Entspannen der Feder in entgegengesetzter Richtung. Die Federkraft wirkt vom inneren Federende aus. Diese Anordnung hat jedoch den Nachteil, daß dem Werk während des Aufzuges keine Kraft zufließt (Abb. 56).