Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Der Uhrmacher

Ein Lehrbuch

für jeden Uhrmacher, für den Gebrauch an Fachschulen, in Lehrgemeinschaften, für die Vorbereitung auf die Gehilfen- und Meisterprüfung, für den Selbstunterricht und ein Nachschlagebuch für den Uhrmacher.

Von Ingenieur

Richard Reutebuch

vormals Baurat an der Ingenieurschule Gauß, Berlin,
Fachschule für feinmechanische Technik und Elektrotechnik

1. und 2. Auflage

520 Seiten, 336 Abbildungen, 56 Rechenbeispiele,
8 Zahlentafeln

Reprint aus 1951

Historische Uhrenbücher
Berlin 2012

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Vorwort

Das vorliegende Buch behandelt Wesen und Technik der Uhren. Es ist aus jahrelanger Unterrichtspraxis in Lehrlings-, Gehilfen- und Meisterklassen hervorgegangen und so geschrieben, daß es sowohl für den Selbstunterricht, als auch für die Hand des Berufs- und Fachschullehrers verwendet werden kann; außerdem soll es all denen von Nutzen sein, die sich in die Uhrentechnik einarbeiten wollen. Auch hilft es dem gelernten Uhrmacher die täglich an ihn herantretenden Aufgaben, zu deren Lösung es theoretischer Einsicht bedarf, zu lösen.

Die Art, in der das umfangreiche Gebiet der Uhrentechnik dargestellt ist, unterscheidet sich von anderen Büchern über das gleiche Thema dadurch, daß ihm alles Wissenswerte für den Uhrmacher entnommen werden kann. Unter Weglassung alles unnötigen Ballastes hat sich der Verfasser bemüht, nur das Wesentliche darzustellen und sich dabei einer möglichst einfachen, klaren und leicht verständlichen Ausdrucksweise zu bedienen. Trotzdem setzt dieses Fachbuch gewisse praktische Kenntnisse und ein Mindestmaß an mathematischem Rüstzeug voraus. Sind diese vorhanden, dann kann der Uhrmacher oder derjenige, der es werden will, das vorliegende Buch mit größtem Nutzen für seine Tätigkeit und vor allem auch zur eigenen Vorbereitung auf die Gesellen- und Meisterprüfung verwenden.

Eine Reihe von Vorgängen wurde durch zeichnerische Darstellungen verständlich gemacht, damit sich der Praktiker leichter in das Gebiet der Uhrentechnik einarbeiten kann.

Besonderen Dank möchte ich an dieser Stelle dem Verlag für die Erfüllung aller meiner Wünsche aussprechen.

Möge dieses Fachbuch, das ich meinem Vater — der 50 Jahre das Uhrenhandwerk ausübte — in Verehrung gewidmet habe, für recht viele Leser eine wertvolle Beihilfe zum Studium und für die Praxis sein.

Schwenningen (Neckar), im Juni 1951.

Richard Reutebuch

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Grundzüge der astronomischen Zeitbestimmung

A. Zeitmessung im allgemeinen 15
1. Sternzeit, Sternzeituhr 15
2. Unterschied zwischen Sternen- und Sonnenzeit 16
3. Verhalten der Erdumdrehungen gegenüber den Sternen 17
4. Die Bahn der Erde beim Umlauf um die Sonne und ihre Umlaufgeschwindigkeit 17
5. Die Ekliptik 19
6. Die Einteilung der Himmelskugel 20
7. Zenit und Zenitlinie 23
8. Der Stundenwinkel 24
9. Die Schiefe der Ekliptik 25
10. Mittlerer Sonnentag, Zeitgleichung 30
11. Ortszeit 32
12. Beziehungen zwischen mittlerer und Sternzeit 32
13. Längendifferenz und Zeitunterschied an verschiedenen Orten 33

B. Die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) 37

C. Kalenderangabe 37

D. Welt-Zonenzeiten („Normalzeiten") 39

E. Zeitdienstanlage der Sternwarte 39

F. Die Quarzuhr 42

G. Die drahtlose Einstellung der Uhren durch drahtlose Zeitzeichen . 44

H. Die wirtschaftliche Wichtigkeit einer einheitlich genauen Zeitangabe 47

J. Die Prüfung nach Stand und Gang der Uhr 49

II. Die Zeitbestimmung durch Sonnenuhren

A. Ortsfeste Sonnenuhren 54
1. Sonnenuhrenarten 54
a) Äquatorial-Sonnenuhr 55
b) Horizontal- bzw. Vertikalsonnenuhr 56
2. Zifferblattkonstruktionen 58
3. Bestimmung der wahren Mittagslinie bei genauer Ost-Westrichtung der Zifferblattwand 59
4. Bestimmung der wahren Mittagslinie bei Abweichung der Zifferblattwand von der Ost-Westrichtung 62
5. Sonstige Sonnenuhren-Konstruktionen 62

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

B. Tragbare Sonnenuhren 63
1. Tragbare Sonnenuhr früherer Zeit 63
2. Heutige Verwendung tragbarer Sonnenuhren 64
3. Heutige Formen tragbarer Sonnenuhren 65
4. Entwicklung der tragbaren Sonnenuhr zum Kompaß 66

C. Die Taschenuhr als Kompaß 67

III. Die Entwicklung der Uhr

1. Die ersten Uhren 69
2. Die Spindelhemmung 70
3. Die Räderuhren 70
4. Vorrichtungen zum Ausgleichen der Ungleichheit der Kraftwirkung bei Zugfedern 71
5. Tragbare Uhren 72
6. Die Erfindung des Pendels und der Unruh 73
7. Verbesserungen der Hemmungen (Gänge) 75
   a) Hakengang 75
   b) Grahamgang 75
   c) Brocotgang 75
   d) Sonstige Gänge 75
   e) Zylinderhemmung 76
   f) Duplexgang 76
8. Preisausschreiben des englischen Staates 76
9. Sonstige berühmte Uhrmacher 77
10. Der freie Ankergang 78
11. Das Federhaus mit Verzahnung und die Anwendung von Lochsteinen 78
12. Die Aufzugkrone und die Kronenzeigerstellung 78
13. Sind Räderuhren Zeitmeßgeräte? 79
14. Zusammenfassung 80

IV. Die Entstehung der Uhrenindustrie

1. Entstehung der deutschen Uhrenindustrie 81
2. Entstehung der Schweizer Uhrenindustrie 81
3. Entstehung der Schwarzwälder Uhrenindustrie 81
4. Die Weiterentwicklung der Schwarzwälder Uhrenindustrie 84
5. Die Maschinen für die Uhrenfertigung 86
6. Die Großuhren-Produktionsstätte in Schlesien 87
7. Die Entwicklung der Taschen- und Armbanduhrenindustrie 87

V. Der Stand der Uhrenfabrikation und ihre Fertigung vor, während und nach dem zweiten Weltkrieg

1. Allgemeiner Überblick 90
2. Die Uhrenarten 91
3. Die Uhrenfertigung 92
4. Die Werkstoffe 94
5. Die Fertigungstechnik 95
6. Die absatzpolitische Lage 99
7. Die Fabrikation in den Kriegsjahren 1939 bis 1945 100
8. Die Fabrikation nach Beendigung des Krieges 100
9. Schlußbetrachtung 101

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

VI. Begriff, Aufbau und Einteilung der Uhren

1. Begriff 103
2. Aufbau einer Uhr 103
3. Einteilung der Uhren nach Aufbau, Größe und Zweck 105

VII. Das Gehwerk

1. Allgemeines 106
2. Die Kraftübertragung in der Uhr 107
3. Der Einfluß der Reibung und ihre Verringerung 109

VIII. Die Antriebe

A. Gewichtsantriebe 112

1. Der Kettenantrieb 112
2. Der Saitenantrieb 114
3. Der Saitenantrieb mit Gegengesperr 115
4. Gewichtsantrieb mit endloser Kette 117
5. Gewichtsaufzug mit Planetenrädern 118
6. Gewichtsantriebe mit konstanter Kraft 119
   a) Indirekter Planetenradantrieb 119
   b) Bauart Hörz Ulm (Donau) 120

B. Die Federantriebe 120

1. Antrieb mit festem Federhaus 121
2. Fliegendes Federhaus 123
3. Das „doppelt wirkende Federhaus" 124

C. Umlauf- oder Planetengetriebe 127

IX. Federhausberechnung von Gehwerken langer Laufdauer

1. Anfangswindungszahl und Veränderung der Zugfederkraft . . . 133
2. Federklingenstärke und Federkerndurchmesser 134
3. Radius der inneren Federhauswandung 135
4. Ermittlung des inneren Radius R' der Feder im abgelaufenen Zustand . 135
5. Ermittlung der Umgangszahl des Federhauses 136
6. Ermittlung der Zugfederlänge 137
7. Ermittlung des Verdrehungswinkels 137
8. Ermittlung des Kraftmoments der Zugfeder 139
9. Ermittlung des Kraftmoments der Zugfeder am Ende des Aufzugs . . 141
10. Anwendung des Beispiels 144
11. Federbefestigungen 147

X. Die Änderung der Federkraft (Die Stellungen)

A. Das Malteserkreuz 148

1. Konstruktion 148
2. Wirkungsweise 151
3. Stellungsstörungen 151
4. Stützwirkung 152
5. Stützwinkel 152
6. Verbesserung der Stützwirkung 153
7. Wahl der verschiedenen Verhältnisse 154

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

8. Rechnerische Ermittlung der Größenverhältnisse 156
9. Angaben über Stellungskonstruktionen 156
10. Erprobte Größenverhältnisse der Stellungsteile Kreuz und Finger . . 158
11. Malteserkreuz älterer Bauart 159

B. Eppner'sche Stellung 160
C. Zahnräderstellung 161
D. Die Schnecke 162
E. Stellungen für Marine-Chronometer 164
F. Sonstige Antriebe 165

XI. Das Laufwerk

A. Das Gestell 167
B. Wellen, Zapfen, Lager 168
C. Die Wellenzapfen 168
D. Die Steinlager 175

XII. Das Räderwerk

A. Übertragung umlaufender Bewegungen durch Reibungsräder . . 190
1. Übersetzungsverhältnis 190
2. Hebelarm und Moment 191

B. Übertragung umlaufender Bewegungen durch Zahnräder . . . 191
1. Ununterbrochene Bewegungsübertragung bei Zahnrädern 192
a) Eingriffstrecke gleich Eingriffsteilung 192
b) Eingriffstrecke größer als Eingriffsteilung 193
c) Eingriffstrecke kleiner als Eingriffsteilung 193
d) Überdeckungsgrad oder Eingriffsdauer 193
2. Gleichmäßige und stoßfreie Bewegungsübertragung bei Zahnrädern . . 194

C. Die Zykloidenverzahnung 195
1. Die Zahnkurven 195
2. Geradflanken-Zykloiden-Verzahnungen 198
3. Die Zahnerzeugung 205
a) das Formfräs- oder Teilverfahren 205
b) das Abwälzverfahren mit Schneckenfräser 206
4. Vorteile der Uhrmacher-Zykloidenverzahnung 209
5. Nachteile der Zykloidenverzahnung gegenüber der Evolventenverzahnung 209
6. Die Triebstock- oder Hohltriebverzahnung 209

D. Die Evolventenverzahnung 211
1. Allgemeine Grundbedingungen für Zahnradeingriffe 211
2. Grundlagen der Evolventenverzahnung 212
a) Eingriffslinie 212
b) Entwurf 213
c) Grenzen des Eingriffs 213
d) Geometrische Zusammenhänge 214
3. Herabsetzung der Mindestzähnezahl 215
4. Vorteile der Evolventenverzahnung 216
5. Anwendung der Evolventenverzahnung 218

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

XIII. Verzahnungen in der Uhren- und uhrentechnischen Feingeräteindustrie

1. Vorbemerkung 219
2. Erläuterungen zu den einzelnen Tabellen 219
a) Begriffe, Benennungen, Kurzzeichen und Formeln 219
b) Modulreihen für Groß- und Kleinuhren 222
c) Räder für Rad-Triebeingriffe für Groß- und Kleinuhren 222
d) Volltriebe mit korrigierter Zykloidenverzahnung und Hohltriebe für Groß- und Kleinuhren 225
e) Räder für Rad-Rad-Eingriffe mit Evolventenverzahnung 225
f) Aufzug- und Zeigerstellräder mit korrigierter Zykloidenverzahnung für Kleinuhren 225
g) Aufzug- und Zeigerstellräder mit Evolventenverzahnung für Kleinuhren 225

XIV. Berechnung von Uhren und uhrentechnischen Feingeräten

A. Berechnung von Rad- und Triebgrößen bei Eingriffen ins Schnelle und Volltrieben 232
B. Modul aus Zähnezahl und Außendurchmesser 234
C. Berechnung von Eingriffen 235
D. Berechnung von Gehwerken mit Geradflanken-Zykloidenverzahnung 237
1. Berechnung der Übersetzungsverhältnisse 237
2. Beziehungen zwischen Übersetzungsverhältnis und Zähnezahlen bei mehreren Eingriffen 237
a) Berechnung einer astronomischen Sekundenpendeluhr 238
b) Berechnung einer Kurzpendeluhr 240
c) Berechnung einer Junghans-Taschenuhr 243
d) Berechnung einer I.W.C. (International-Watch-Co.)-Taschenuhr . . 246
e) Berechnung einer billigsten Taschenuhr 248
f) Berechnung einer Roskopfuhr 249
E. Zähnezahlen und Modulteilungen einiger Armbanduhren 251

XV. Die Zeigerwerke

A. Zeigerwerke für Großuhren 254
1. Zeigerwerke für Massivuhren 254
2. Zeigerwerke für Amerikaner-Uhren 254
3. Zeigerwerke für amerikanische Wecker 254
4. Zeigerwerke für Schwarzwälder Uhren 255
5. Zeigerwerke für Hausuhren 257
6. Zeigerwerke mit zentraler Stunde für Präzisions-Pendeluhren . . . 258
7. Zeigerwerke mit exzentrischer Stunde für Präzisions-Pendeluhren . . 258
8. Zeigerwerke mit zentrischer Sekunde für Präzisions-Pendeluhren . . 259
9. Zeigerwerk mit zentraler Sekunde bei einer Mauthe-Gangreserve-Synchronuhr 260

B. Zeigerwerke für Taschen- und Armbanduhren 263
1. Zeigerwerk mit durchbohrter Minutenwelle 263
2. Zeigerwerk mit undurchbohrter Minutenwelle 263
3. Zeigerwerk für Roskopfuhren 264

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

XVI. Zeigerstellungen der Taschen- und Armbanduhren

1. Druckstift-Zeigerstellung bei Kupplungsaufzug 265
2. Kronenzug-Zeigerstellung bei Kupplungsaufzug 265
3. Druckstiftzeigerstellung bei Wippenaufzug 266
4. Kronenzeigerstellung mit Wippenaufzug 266
5. Kronenzeigerstellung mit Aufzug à vue 267

XVII. Verzahnungen und Berechnungen der Zeigerwerke

A. Aufzug- und Zeigerstellräder mit korrigierter Zykloidenverzahnung für Kleinuhren 269

B. Zeigerwerkberechnungen 269

1. für Großuhren 269
2. mit gleicher Teilung für beide Eingriffe 273
3. für Kleinuhren 273

XVIII. Die Hemmungen oder Gänge

A. Übersicht 275

B. Rückführende Hemmungen (Pendelhemmungen) 275

1. Hakengang 275
   a) Stockuhrgang (Hakengang) 277
   b) Schwarzwälder Blechankergang 280
2. Brocot-Gang (Stiftankergang) 284
3. Rollengang 288
4. Spindelgang 289
5. Stiften- oder Scherengang 291

C. Ruhende Hemmungen 292

1. Grahamgang 292
2. Zylindergang 305
3. Duplexgang 319
4. Rollengang (siehe unter „Rückführende Hemmungen") 324
5. Röllchengang 324

D. Freie Ankergänge 325

1. Englischer Ankergang (Spitzzahnankergang) 325
2. Schweizer Ankergang (Kolbenzahnankergänge) 331
   α) gleicharmig 334
   β) ungleicharmig 334
   γ) halbungleicharmig 334
3. Deutscher oder Glashütter Ankergang (Kolbenzahnankergang) . . . 336
4. Allgemeines über die Ankergänge 336
   a) Die Schwingungsbewegung des Ankers 336
   b) Die Schwingungsbewegungen der Unruh 337
   c) Die Abfalleinstellung 338
   d) Einstellung des Gangradeingriffes durch Klauenverstellung . . . 338
   e) Prüfung und Berichtigung der freien Ankergänge 340
   f) Zwei hauptsächliche Fehler der Gangkonstruktion 341
5. Stiftankergänge 343
   a) für Wecker 343
   b) für Kleinuhren 344

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

c) für Roskopfuhren 346
d) Vor- und Nachteile der Stiftankergänge 346
e) Einfluß der freien Ankergänge auf die Schwingungsdauer der Unruh 346
6. Chronometergänge 348
a) mit Feder 349
b) mit kurzer Wippe 355
c) mit langer Wippe 358
d) für billige Uhrwerke 358

E. Die freien Pendelhemmungen 362
(Hemmungen mit gleichem, unveränderlichem Antrieb)

1. Freie Federkrafthemmung von Riefler 363
2. Freie Federkrafthemmung von Strasser 369
3. Schwerkrafthemmung von Riefler 372
4. Schwerkrafthemmung von Mannhardt 379

XIX. Die Gangregler (Pendel)

A. Das ebene oder Kreispendel 381

1. Allgemeines 381
2. Richtkraft des Pendels und Ursache des mangelhaften Isochronismus beim mathematischen Pendel 382
3. Schwingungsdauer des freischwingenden mathematischen Pendels bei kleinen Schwingungsweiten 383
4. Beispiele für die Berechnung der Schwingungsdauer und Pendellänge . 384
a) Beispiele 384
b) Beispiele für die angenäherte Berechnung von Schwingungsdauer und Pendellänge 385
c) Genaue Berechnung der Schwingungsdauer 386

B. Das physische oder körperliche Pendel 386

1. Allgemeines 386
2. Berechnung der Gangänderung durch Längenänderung des Pendels . . 388
3. Einfluß der Temperatur auf die Schwingungsdauer 389
4. Berechnung der Dehnung bei Temperaturveränderung 392
5. Einfluß des Luftdruckes auf die Schwingungsdauer 394

C. Das Nickelstahlpendel mit Kompensation 396

1. Allgemeines 396
2. Normales Nickelstahl-Kompensationspendel 397
3. Schichtungs-Kompensationspendel 400
4. Berechnung der Kompensation 404
5. Pendelaufhängung und Pendelfederbock 406

D. Die Luftdruckkompensation des Pendels 409

E. Das Kegelpendel 410

F. Das Torsions- oder Drehpendel 411

1. Allgemeines 411
2. Verbindung von Anker und Drehpendel 412
a) Konstruktionsaufbau und Wirkungsweise 412
b) Zusammenwirken von Nadel und Gabel 413
c) Die Pendelfeder 414
α) Starre Art der Pendelfederaufhängung 414
β) Bewegliche Pendelfederaufhängung 415

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

d) Pendelführung und Gabelhöhenstand 415
e) Richten des Abfalles 416
3. Der Pendelkörper 417
a) das Pendel ohne Kompensation 417
b) Kompensationseinrichtungen 418
α) Kompensationspendel von Huber, München 418
β) Kompensationspendel von Hauck, München 419

G. Das Kugelpendel 419

XX. Die Unruh und Spiralfeder (Regler der nicht ortsfesten und tragbaren Uhren)

A. Allgemeines 421
B. Die flache Spirale 422
1. Aussuchen und Aufsetzen einer flachen Spirale 423
2. Das Aufbiegen der Breguetspirale 423
3. Das Aussuchen und Aufsetzen einer Breguetspirale 425
4. Das Aussuchen der Spiralfedern nach dem C.G.S.-System 426
5. Berechnung einer Spiralfeder nach dem C.G.S.-System zu einer passenden Unruh 427

C. Die Schraubenspirale 431
D. Die Kompensationsunruh 432
1. Der sekundäre Fehler 433
2. Die bimetallische Nickelstahlunruh mit Stahlspiralfehler 434
3. Die Kompensationsspirale mit einmetallischer Unruh 434
4. Die Elinvar-Spirale mit einmetallischer Unruh 435
5. Nivarox-Spiralfedern 435

E. Der Rücker 436
F. Der Einfluß äußerer Kräfte auf die Schwingungsdauer der Regler 440
1. Äußere Antriebe 440
2. Äußere Widerstände 441

G. Störung des Isochronismus bei nicht ausgeglichener Unruh 442
H. Bestimmung des inneren Ansteckungspunktes einer Spiralfeder 443
I. Die Konstruktion der Endkurven 447
1. Konstruktion einer Endkurve nach Phillips 448
2. Konstruktion einer Endkurve nach Grossmann 451
3. Konstruktion einer Endkurve nach Strasser 452

XXI. Die Schlagwerke der Uhren

A. Allgemeines 455
B. Einteilung der Schlagwerke 455
C. Schlußscheiben-Schlagwerke 455
1. Halbstunden-Schlußscheiben-Schlagwerke 455
a) für Pariser- und Federzuguhren 455
b) für Schwarzwälder und Eintag-Uhren 459
c) für Amerikaner-Regulateure 462
d) für Schwarzwälder Achttage-Uhren 463
2. Viertel-Schlußscheiben-Schlagwerke 465
α) Das Viertelschlagwerk der Wachtel-Kuckucksuhren 466
β) Das Stundenschlagwerk der Wachtel-Kuckucksuhren 467

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Seite

3. Vor- und Nachteile der Schlußscheiben-Schlagwerke 468
4. Richtigstellung des falschen Schlages 468

D. Rechenschlagwerke 468

1. Rechenschlagwerke für Halb- und Stundenschlag 468
   a) Wiener Halbstunden-Rechenschlagwerk 468
   b) Halbstunden-Rechenschlagwerk mit französischem Fallrechen für Federzuguhren 473
   c) Unterscheidende Kennzeichen des Wiener-Rechenschlagwerkes und des französischen Fallrechens 475
   d) Geräuschloser Rechenhub mit französischem Fallrechen . . . 476
   e) Geräuschloser Rechenhub mit Auslösung am Laufrad 477
2. Dreiviertel-Rechenschlagwerk 478
3. Wiener Vierviertel-Rechenschlagwerk mit Repetition 481
4. Vor- und Nachteile der Rechenschlagwerke 482

E. Westminster-Schlagwerke 482

1. Westminsterschlagwerk „Kienzle" für Federzuguhren 484
2. Westminsterschlagwerk „Schlenker-Grusen" für Kettenzug-Hausuhren . 486

F. Der Windfang 490

XXII. Die astronomischen Sekundenpendeluhren

A. Präzisions-Sekundenpendeluhr System „Riefler" 492

1. Allgemeines 492
2. Erweiterungen der Verwendungsmöglichkeiten 493
3. Beseitigung größerer Abweichungen des Uhrstandes 494
4. Aufzug der Uhr 495
5. Sondereinrichtungen 495
6. Die Luftdruck-Kompensations-Einrichtung 496
7. Graphische Gangtabelle 497

B. Präzisions-Sekundenpendeluhr System „Riefler" in staubdichtem Holzgehäuse 497

1. Allgemeines 497
2. Aufstellung 498
3. Regulierung des Uhrganges 501

C. Präzisions-Sekundenpendeluhr System „Riefler" in luftdichtem Glasverschluß 502

1. Allgemeines 502
2. Aufstellung 505
3. Regulierung des Uhrganges 505

D. Das Uhrwerk 506
E. Die Photozelle im Dienste der Zeitmessung 508
F. Der elektrische Aufzug der Uhren 511
G. Der elektrische Sekundenkontakt, die Registrierung durch den Chronographen und die Synchronisation von Nebenuhren . . . 513
H. Die elektrische Ferneinstellung der Riefler-Uhren 517
I. Die Genauigkeit des Ganges der Präzisions-Pendeluhren . . . 519
Sachwortregister 521
Anzeigenanhang 528

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

VIII. Die Antriebe

A. Gewichtsantriebe

Bei den Gewichtsantrieben wird die durch ein herabsinkendes Gewicht erzeugte Bewegungsenergie dem Antrieb der Uhr dienstbar gemacht. Der Gewichtsantrieb ist der vollkommenste der gebräuchlichen Uhrenantriebe, weil er der unveränderlichste ist; denn es gibt ja keine konstantere Kraft als die Schwerkraft, die dabei wirksam ist. Bei den Präzisionspendeluhren wird daher ausschließlich der Gewichtsantrieb verwendet, jedoch ist er auch bei gewöhnlichen Pendeluhren anzutreffen, wenn genügende Fallhöhen für den Gewichtsablauf zur Verfügung stehen. Schließlich sprechen auch ab und zu ästhetische Gründe für seine Verwendung.

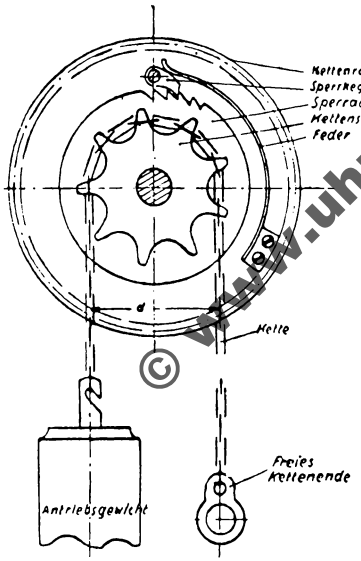

Bild 28
Kettenantrieb

Die Umformung der geradlinigen Fallbewegung des Gewichtes in die umlaufende Bewegung des Räderwerkes erfolgt mittels Kette, Schnur oder Saite.

1. Der Kettenantrieb

Beim Kettenantrieb (Bild 28) hängt das Antriebsgewicht an dem einen Ende einer einfachen Gliederkette, die über den Kettenstern geschlungen und in ihm eingehängt ist, während das andere Kettenende frei herabhängt. Beim Ablauf der Uhr wird die Kette vom Kettenstern abgewickelt und dreht diesen. Vom Kettenstern wird die Bewegung durch ein Gesperr, bestehend aus Sperrad und Sperrkegel, auf das erste Antriebsrad (Kettenrad) der Uhr übertragen. Das Sperrad ist fest mit dem Kettenstern verbunden. Beide sind lose auf der Antriebswelle. Der Sperrkegel ist auf dem Kettenrad angelenkt, das Sperrad hingegen sitzt fest auf der Antriebswelle. Die Bewegungs- oder Kraftübertragung beim Ablauf der Uhr geht daher vom Gewicht über Kette,

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Kettenstern, Sperrad, Sperrkegel, Kettenrad. Beim Aufzug der Uhr oder des Gewichtes wird einfach der frei herabhängende Kettenteil niedergezogen. Dabei drehen sich Kettenstern und Sperrad entgegen ihrer Ablaufrichtung, wobei die Zähne des Sperrades am Sperrkegel vorbeigleiten und diesen beiseite drücken. Durch die dem Ablauf somit entgegengesetzte Drehung beim Aufzug erfährt der Antrieb der Uhr eine Unterbrechung, so daß die Uhr während des Aufzuges stillsteht. Wegen dieses offensichtlichen Nachteils kommt der Kettenantrieb in dieser Ausführung nur für gewöhnliche Uhren in Frage, von denen keine große Ganggenauigkeit verlangt wird. Er findet sich bei unseren altehrwürdigen „Schwarzwälderuhren", ebenso bei den neuzeitlichen Haus- oder Dielenuhren.

Die Beziehungen zwischen der Drehzahl des Kettenrades und der Fallhöhe des Gewichtes, die in erster Linie maßgebend für die Gestaltung des Gewichtsantriebes sind, ergeben sich aus folgender Ueberlegung: da die Kette sich vom Kettenstern abwickelt, ist die abgewickelte Länge oder Fallhöhe immer gleich dem Weg, den ein Punkt am wirksamen Umfang des Kettensterns zurücklegt, also bei einer Umdrehung des Kettensterns gleich dessen Umfang $= d \cdot \pi$ (d wirksamer Durchmesser, siehe Bild 28). Bei n Umdrehungen ist daher die Fallhöhe $h = d \cdot \pi \cdot n$. Aus der Fallhöhe ergibt sich aber die Umdrehungszahl, indem man diese durch den Umfang dividiert:

$$n = \frac{h}{d \cdot \pi}$$

Beispiel. Kettenantrieb einer Schwarzwälder Ein-Tage-Uhr.
Gegeben: $n = 23$ Umdrehungen, $h = ?$

$d = 30$ mm $\quad h = \pi \cdot d \cdot n$
$= 3{,}14 \cdot 30 \cdot 23$
$= 2160$ mm
$= 2{,}16$ m

Beispiel. Kettenantrieb einer Hausuhr mit acht Tagen Gangdauer.
Gegeben: $h = 1{,}4$ m, $d = 44{,}5$ mm
$n = ?$

$$n = \frac{h}{\pi \cdot d}$$

$$= \frac{1400}{3{,}14 \cdot 44{,}5}$$

$= 10$ Umdrehungen

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

2. Der Saitenantrieb

Beim Saitenantrieb (Bild 29) ist das Antriebsgewicht mittels einer Rolle an einer Saite aufgehängt. Das Ende des einen von der Rolle abführenden Saitenteils ist im Gestell der Uhr eingehängt, der andere Saitenteil ist — im aufgezogenen Zustande der Uhr — in mehreren nebeneinanderliegenden Windungen um eine Walze geschlungen und mit seinem Ende in ihr festgehakt. Beim Sinken des Gewichtes rollt sich die Saite von der Walze ab und setzt diese in Umlauf. Diese Drehbewegung der Walze wird, wie beim Kettenantrieb, durch ein Gesperr auf das Antriebsrad (Walzenrad) übertragen. Das Sperrad sitzt mit der Walze fest auf der Antriebswelle. Der Sperrkegel ist auf dem Walzenrad angelenkt, das lose auf der Antriebswelle sitzt. Die Bewegungs- oder Kraftübertragung geht vom Gewicht über Saite, Walze, Sperrad, Sperrkegel, Walzenrad. Die Anwendung dieser „beweglichen Rolle" zum Einhängen des Gewichtes bringt gegenüber dem unmittelbaren Einhängen beim Kettenantrieb den Vorteil mit sich, daß man bei gleicher Fallhöhe und unter sonst gleichen Umständen eine doppelt so lange Gangdauer der Uhr — allerdings mit doppeltem Antriebsgewicht — erhält; denn beim Sinken des Gewichtes um eine bestimmte Fallhöhe müssen sich beide Seilteile um diese Höhe verlängern; es muß also eine Länge gleich der doppelten Fallhöhe von der Walze abgezogen werden, woraus sich die doppelte Umdrehungszahl der Walze und die verdoppelte Gangdauer der Uhr ergibt.

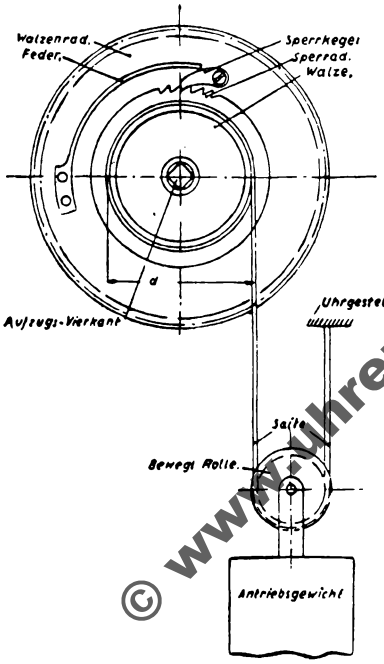

Bild 29
Saitenantrieb

Beim Aufzug werden Walze und Sperrad mittels einer auf das Vierkant der Aufzugswelle gesteckten Kurbel entgegen der Ablaufrichtung gedreht. Dadurch wird die abgelaufene Saite wieder auf die Walze gewickelt, wobei das Gewicht hochgezogen wird. Auch hier

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

tritt, wie beim Kettenrad, der Übelstand auf, daß die Antriebskraft während des Aufzuges eine Unterbrechung erfährt. Da beim Kettenantrieb beim Abwickeln der Kette vom Kettenstern geringe Schwankungen des Hebelarmes, an dem die Kette angreift, unvermeidlich sind, wird für Präzisionsuhren ausschließlich der Saiten- oder Schnurantrieb gewählt. Die Unterbrechung der Antriebskraft während des Aufzuges wird dabei durch die Anordnung eines sogenannten Gegengesperrs verhindert.

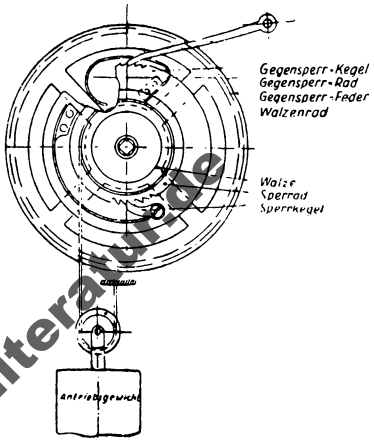

Bild 30a
Saitenantrieb mit Gegengesperr

3. Saitenantrieb mit Gegengesperr

Das Gegengesperr (Bild 30a und 30b) ist ein Hilfsantrieb mittels Feder, der den Antrieb der Uhr während des Aufzugs übernimmt. Das Gegengesperr ist zwischen Sperrad und Walzenrad des einfachen Saitenantriebes eingebaut und besteht aus: Gegensperrad, Gegensperrkegel und Gegensperrfeder. Das Gegensperrad hat entgegengesetzt geneigte Zähne

© www.uhrenliteratur.de

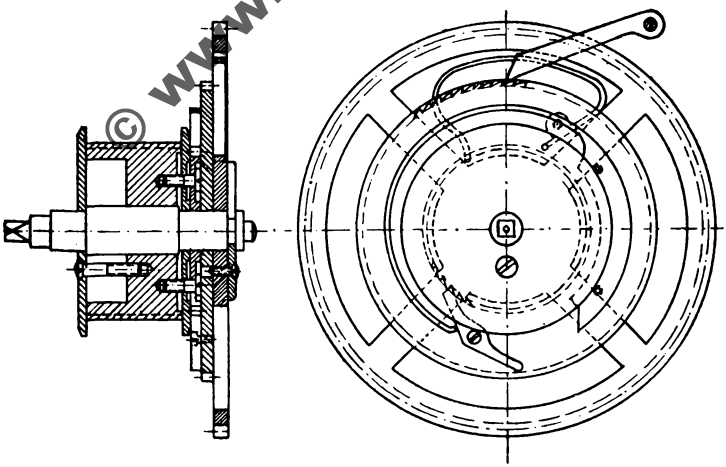

Bild 30b
Saitenantrieb mit Gegengesperr im Schnitt

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

wie das Sperrad; in ersteres greift der am Gestell der Uhr angelenkte Gegensperrkegel ein. Das Gegensperrad trägt außerdem den Sperrkegel des ersten Gesperres. Die Gegensperrfeder (Mitnehmerfeder) ist auf dem Gegensperrad angeschraubt und drückt auf einen Arm des Walzenrades.

Beim Antrieb findet daher folgende Bewegungs- bzw. Kraftübertragung statt: vom Gewicht über Saite-Walzenrad-Sperrad-Sperrkegel-Gegensperrad gespannte Gegensperrfeder zum Walzenrad; dabei gleiten die Zähne des Gegensperrades am Gegensperrkegel vorbei. Beim Aufzug hört der Antrieb auf das Gegensperrad auf. Die gespannte Gegensperrfeder drückt daher das Gegensperrad gegen den Gegensperrkegel und treibt bei ihrer weiteren Entspannung das Walzenrad an. Ist der Aufzug beendet, so kehrt die Antriebskraft wieder und erteilt der Gegensperrfeder ihre ursprüngliche Spannung.

Der Zusammenhang zwischen Fallhöhe und Umdrehungszahl der Walze ergibt sich beim Saitenantrieb aus der Tatsache, daß beim Sinken des Gewichts um eine gewisse Fallhöhe beide Seilstücke um diesen Betrag sich verlängern, so daß das von der Walze abgewikkelte Saitenstück immer gleich der doppelten Fallhöhe ist.

Bei einer Umdrehung der Walze ist nun die von ihr abgewickelte Saitenlänge gleich dem Umfang der Walze $= d \cdot \pi$ und die zugehörige Fallhöhe $= \frac{d \cdot \pi}{2}$, bei n Umdrehungen aber $h = \frac{n \cdot d \cdot \pi}{2}$

Die Umdrehungszahl berechnet sich dann als doppelte Fallhöhe dividiert durch den Umfang der Walze: $n = \frac{2\,h}{d \cdot \pi}$

Beispiel. Saitenantrieb einer Präzisions-Sekundenpendeluhr.
Gegeben $n = 20$ Umdrehungen, $d = 30$ mm, $h = ?$

$$h = \frac{n \cdot d \cdot \pi}{2} = \frac{20 \cdot 30 \cdot 3{,}14}{2} = 940 \text{ mm} = 0{,}94 \text{ m}$$

Beispiel. Saitenantrieb eines Gewichtsregulators.
Gegeben $h = 0{,}485$ m, $d = 22$ mm, $n = ?$

$$n = \frac{2\,h}{\pi \cdot d} = \frac{2 \cdot 485}{3{,}14 \cdot 22} = 14 \text{ Umdrehungen}$$

Die beschriebene einfache Gestaltung des Gegengesperres läßt sich nur bei verhältnismäßig kleiner Gegensperrfeder erreichen; diese birgt aber auch im vollständig gespannten Zustand nur einen geringen Energievorrat in sich, der nur bei kurzen Aufzugszeiten zum

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Antrieb ausreicht. Beim Einbau einer größeren, etwa spiralig gewundenen Gegensperrfeder wären wohl größere Aufzugszeiten zulässig, aber derartige Anordnungen sind — wohl aus oben erwähntem Grunde — nicht üblich. Gewichtsantriebe, die größere Aufzugszeiten erfordern, finden sich hauptsächlich bei Turmuhren, ebenso bei elektrischen Uhren mit motorischem Gewichtsaufzug. Die Vermeidung der Kraftunterbrechung beim Aufzug erzielt man hier durch den Antrieb mit endloser Kette.

4. Gewichtsantrieb mit endloser Kette

Beim Antrieb mit endloser Kette (Bild 31) findet eine in sich geschlossene Kette Verwendung, die bei kleinen Antriebskräften eine einfache Gliederkette, bei größeren Kräften eine Fahrradkette ist. Das Antriebsgewicht ist mittels beweglicher Rolle an der Kette aufgehängt, deren einer Teil über den auf der Aufzugswelle sitzenden Kettenstern, der andere über den Kettenstern des Antriebsrades geführt ist. Die frei herabhängende Kettenschlaufe wird durch ein kleines Spanngewicht — zur Erzielung des Geradehängens — etwas gestrafft.

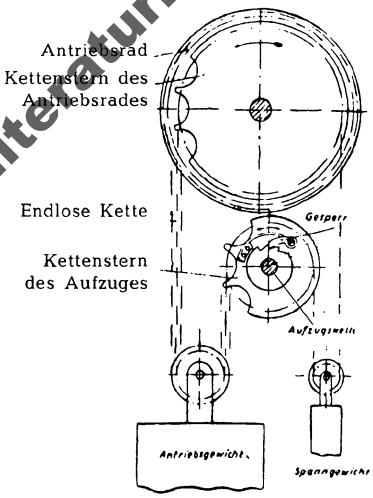

Bild 31
Gewichtsantrieb mit endloser Kette

Beim Ablauf der Uhr wird durch das sinkende Gewicht die Kette vom Kettenstern des Antriebsrades abgewickelt und dieser sowie das mit ihm fest verbundene Antriebsrad gedreht. Beim Aufzug wird die Aufzugswelle von Hand mittels einer Kurbel oder durch elektromotorischen Antrieb gedreht; diese Bewegung wird durch ein Gesperr über Sperrad, Sperrklinke auf den Kettenstern übertragen, auf dem sich dann der das Gewicht tragende Kettenteil aufwickelt, so daß das Antriebsgewicht gehoben wird. Das Gesperr zwischen Aufzugswelle und Kettenstern ermöglicht jedoch auch ein Aufziehen des Antriebgewichtes durch Niederziehen des vom Aufzugsrad frei herabhängenden Kettenteils.

Umdrehungszahl des Antriebsrades und Fallhöhe des Gewichtes weisen hier denselben Zusammenhang auf wie beim Schnurantrieb mit

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

XI. Das Laufwerk

Zum Laufwerk gehören 1. die Zähnräder und 2. die Kraftübertragung vom Kraftspender bis zum Gangregler bzw. den Zeigern, Schlag- oder Weckerwerken usw.

A. Das Gestell (Werkplatten)

Das Gestell dient zur Anbringung der Lager für die Räderachsen und zur Befestigung aller übrigen Werkteile. Es setzt sich in der Regel aus den ebenen, vollen oder durchbrochenen und mit besonderen Aussparungen versehenen (gewöhnlich aus hartem Plattenmessing bestehenden) Werkplatten (Platinen) und den sie zusammenhaltenden Werksäulen (Pfeiler) zusammen. Die Zapfenlager der Wellen sind unmittelbar in die Werkplatten gebohrt. Die Wellen bzw. Zapfen sind so verkürzt, daß sie mit der Außenseite der Werkplatten abschließen. Man bringt dann immer eine konische oder hohlkugelige Senkung an, um das Öl besser am Zapfen zu halten.

Die Dicke der Werkplatten richtet sich jeweils nach der Größe des Uhrwerkes. Sie schwankt zwischen 1,0 und 5 mm und soll so gewählt sein, daß die Werkstücke eine sichere Befestigung erfahren und der Abstand der Wellenlageransätze voneinander unveränderlich erhalten wird. Die Form der Werkplatte richtet sich immer nach der Uhrenart, sie ist daher äußerst verschieden gestaltet. Bei Taschen- und Armbanduhren ist sie meist kreisförmig und mit verschiedenen Aussparungen und Vertiefungen versehen, um die Höhe des Werkes so nieder wie möglich zu gestalten. Oft wird bei Taschen- und Armbanduhren die obere Platine teilweise durch Brücke und Kloben ersetzt, welche je ein oder auch mehrere Zapfenlöcher enthalten, so daß man einzelne Räder für sich herausnehmen kann.

© www.uhrenliteratur.de

W e r k p l a t t e n g r ö ß e. Die Größe der Taschen- und Armbanduhrwerke wird nach dem Durchmesser der Unterplatte bezeichnet. Die Werkgröße wird sowohl in Linien als auch in mm angegeben. Bei den gangbarsten Uhren hat man etwa fünfzehn verschiedene Größen von $5^1/_4$ bis 19 Linien, bzw. von 11,8 bis 42,86 mm. (Siehe Tabelle Seite 429, Spiralfedern nach dem C.G.S-.System.) In England und Amerika herrscht die Abstufung nach englischem Zoll bzw. Linien noch immer vor.

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

B. Wellen, Zapfen, Lager

Die Wellen sind meist Radachsen. Sie dienen aber auch zur Aufnahme von Teilen, die nur eine hin- und hergehende, drehende Bewegung ausführen (Unruh, Anker, Pendel, Sperrkegel). Als Werkstoff verwendet man meist Triebstahl, der nach der Bearbeitung gehärtet und blau angelassen wird. In den Laufwerken steht fast immer ein Räderpaar im Eingriff, wobei ein Rad aus hartem Messing im Eingriff mit einem Stahltrieb steht. Das Trieb selbst bildet meist gleichzeitig die Radwelle, so daß das Rad fest mit dieser verbunden werden muß. Bild 65 zeigt eine solche Anordnung.

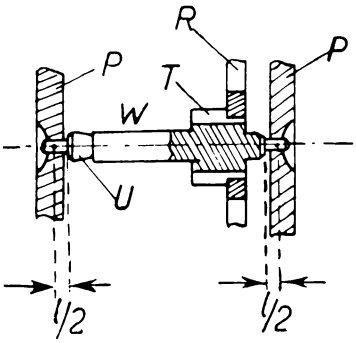

Bild 65
Gebräuchlichste Lagerung von Rad und Trieb

Hier ist das Rad R auf das Trieb T geschlagen. Zuvor werden aber die Triebzähne auf etwa Radstärke soweit abgedreht, daß die noch verbleibenden Zahnstümpfe dem Rad eine sichere Auflage bieten; dann wird das Trieb für die Nietung unterstochen. Jetzt wird das Rad angestellt, mit Hilfe eines Punzens aufgeschlagen, wobei die Radstümpfe etwas in die Radbohrung eindringen und so das Rad gegen Verdrehung sichern, und genietet.

Bei guten Uhren wird das Trieb mit einem Einstich U versehen, der das Vordringen des Öles von der Welle auf das Trieb verhindert. Die Welle selbst lagert mit ihren Zapfen in den Werkplatinen. Die Zapfenluft richtet sich dabei nach der Güte des Uhrwerkes. Es wird nicht nur radial, sondern auch achsial (Höhenluft) ein gewisses Spiel gegeben. Die Zapfenluft schwankt zwischen 0,05 bis 0,1 mm, bei feinen Taschen- und Armbanduhren beträgt sie oft nur etwa 0,01 mm. Die Höhenluft (Achsialluft) schwankt zwischen 0,1 bis 0,2 des Zapfendurchmessers. Gegen die Welle wird das Zapfenloch nur entgratet, außen jedoch erhält jedes Loch eine meist kugelige Ölsenkung, damit das Öl besser am Zapfenloch haftet. Die Zapfenenden müssen etwas in die Ölsenkung hineinragen. Die Kantenbrechung an der Zapfenanlauffläche verringert die Reibung und hält das Öl am Zapfenloch. Diese Formen haben sich aus der Beobachtung der Adhäsionserscheinung (Anhangskraft des Öles in Verengungen) ergeben.

C. Die Wellenzapfen

Ein Wellenzapfen muß folgende Forderungen erfüllen:

1. muß er genau zentrisch,

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

2. genau zylindrisch,
3. genügend fest (darf nicht brechen oder sich verbiegen),
4. möglichst dünn und kurz,
5. möglichst glatt sein.

Von der Forderung 1 und 2 hängt der genaue Rundlauf der Räder und Triebe, der gute Eingriff und der leichte, wenig Reibung besitzende Lauf, von 4 und 5 die Größe der Reibung ab, während die 3. Forderung die 4. auf eine bestimmte Grenze beschränkt.

Die Größe der Reibung, d. h. der durch Reibung entstehende Arbeitsverlust ist nach den Gesetzen der Mechanik von der Größe der Auflagefläche unabhängig. Sie wird nur von dem Lagerdruck, der Zapfenumlaufgeschwindigkeit und dem Reibungskoeffizienten μ, d. h. der materiellen Beschaffenheit der reibenden Flächen bestimmt. Um den Zapfen glatt zu machen, muß er poliert werden. Der Reibungskoeffizient beträgt bei weniger gut polierten Zapfen und für Stahl auf Messing oder Bronze und Öl etwa 0,1. Bei gut polierten Zapfen und glatten Lagerflächen geht er auf 0,03 bis 0,05 herunter und steigt bei trockenen, rauhen Flächen bis auf 0,2 und 0,3 an.

Trotzdem die Reibung (als Kraft) $R = Q \cdot \mu$ nur von dem Lagerdruck Q und dem Reibungskoeffizient μ abhängt, macht man die reibenden Flächen, die Dicke und Länge der Zapfen so klein wie möglich, da man die Lagerflächen besser bearbeiten kann und auch die verlorene Reibungsarbeit geringer ausfällt. Ist P = Zapfendruck, v = Zapfengeschwindigkeit, d = Zapfendurchmesser und N = Reibungsarbeit, so ergibt sich:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{P \cdot v_1}{P \cdot v_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\pi \cdot d_1 \, n}{\pi \cdot d_2 \, n} = \frac{d_1}{d_2}$$

Es verhalten sich demnach die zu leistenden Reibungsarbeiten wie die Zapfendurchmesser, d. h. wenn der Zapfen auf etwa den doppelten Durchmesser gebracht wird, so verdoppelt sich auch die Reibungsarbeit.

© www.uhrenliteratur.de

1. Bestimmung von Zapfendurchmesser und Zapfenlänge

Bei großen Uhren wird der Zapfendurchmesser durch Festigkeitsrechnung bestimmt. Die Festigkeit muß so groß sein, daß der Zapfen durch den Lagerdruck nicht verbogen oder gar abgebrochen wird. Die Länge ist so zu wählen, daß die Lagerfläche $f = l \cdot d$ (Zapfenlänge · Zapfendurchmesser) so groß wird, daß das Öl nicht ausgepreßt und die Abnutzung nicht zu groß wird. Je nach Lagerdruck