

Dipl.-Ing. Günter Krug

# Mechanische Uhren

Einzelteile, Baugruppen,  
Werk- und Hilfsstoffe

2. überarbeitete Auflage  
290 Bilder  
22 Tafeln



Berlin 2016



# Vorwort

Das Streben nach immer höherer Ganggenauigkeit der mechanischen Uhr, einst Triebkraft ihrer Entwicklung, ist für die Gebrauchszeitmessung durch die Quarzuhr beendet worden. Damit hat die mechanische Uhr auch ihre Bedeutung als Objekt immer genauerer Zeitbestimmung verloren. Trotzdem bilden ihr Grundaufbau und ihre Technologie auch heute noch die Basis für die analoge Quarzuhr, denn sie beeinflusst mit der Vielzahl ihrer erprobten konstruktiven Lösungen deren technisches Innenleben. Im Unterschied zur Quarzuhr „lebt“ die mechanische Uhr durch den sichtbaren Ablauf ihrer Bewegungsvorgänge und das Ganggeräusch ihrer Hemmung. Diese Eigenschaften machen sie für den Liebhaber interessant und erhaltenswert. Sie rechtfertigen daher ein Buch, das sich mit dieser Uhrengattung befasst und gleichzeitig die Entwicklungsgeschichte des einst wichtigsten Hilfsmittels zur Zeitbestimmung widerspiegelt.

Das vorliegende Buch stellt die mechanische Uhr als Teilgebiet der Feinmechanik dar. Es behandelt die Grundlagen der mechanischen Zeitmessung einschließlich der konstruktiven Lösungen für die einzelnen Uhrenbaugruppen – es ist jedoch kein Reparaturhandbuch.

Gebrauchsuhren sind heute ausschließlich Produkte einer Massen- oder Großserienfertigung. Deshalb wurde, sofern gegeben, abweichend von der klassischen Uhrenliteratur der Zusammenhang zwischen konstruktiver Lösung und Herstellungstechnologie herausgearbeitet. Mathematisch-physikalische Zusammenhänge werden zum Erkennen der Haupteinflussfaktoren auf die Funktion der Uhr dargestellt. Sie sollen den Benutzer des Buches befähigen, seine Entscheidungen im Service und in der Produktion mit hoher fachlicher Qualität zu treffen.

Berechnungsbeispiele wurden bewusst nicht aufgenommen. Wegen der Kleinheit der Bauteile führen z. B. Festigkeitsberechnungen häufig zu stark von der Praxis abweichenden Ergebnissen, sie erfordern eine Anpassung an die tatsächlichen Verhältnisse.

Die relativ ausführliche Darstellung der Werk- und Hilfsstoffe trägt der Tatsache Rechnung, dass sich bis heute noch kaum ein Uhrenfachbuch mit diesem für Service und Produktion wichtigen Gebiet auseinandergesetzt hat. Dabei wurde besonderer Wert auf die Reinigungs- und Spülflüssigkeiten gelegt, weil deren Giftigkeit auch in geringen Konzentrationen bei langdauerndem Einatmen zu schweren Gesundheitsschäden führen kann.

Umfang und Inhalt des Buches richten sich nach dem erforderlichen Wissen des Uhrmachermeisters und des Facharbeiters in der Ausbildung. Es wendet sich darüber hinaus an alle uhrentechnisch Interessierten, die einen Helfer bei ihrer täglichen Arbeit oder ihrem Hobby suchen. Als Fachbuch berücksichtigt es jedoch kommerziell bedingte Normen nicht. So werden z. B. alle Werkstoffe in ihrer klassischen Form mit ihren Legierungsbestandteilen dargestellt. Damit soll dem Benutzer

der Einfluss der Legierungsmetalle auf die Werkstoffeigenschaften vermittelt werden.

Die Bezeichnung der einzelnen Bauelemente der Uhr folgt dem letzten internationalen Stand und richtet sich nicht nach früher allgemein üblichen Begriffen. Hinweise auf die zum Entstehungszeitraum des Buches gesetzlich verbindlichen „Technische Güte- und Lieferbedingungen (TGL)“ der *DDR* wurden beibehalten, da sie sich an ISO- und DIN-Normen anlehnten oder deckungsgleich waren.

*Günter Krug*

Ruhla 2016

# Inhaltsverzeichnis

1.	<b>Zeit, Zeitbestimmung, Zeitmessung</b> .....	13
1.1.	Zeit .....	13
1.1.1.	Zeitbegriff .....	13
1.1.2.	Zeiteinteilung .....	13
1.1.3.	Zeiteinheit .....	14
1.1.4.	Zeitzone der Erde .....	14
1.2.	Amtliche Zeit .....	16
1.2.1.	Ermittlung der amtlichen Zeit .....	16
1.2.2.	Zeitnormale .....	21
2.	<b>Aufbau und Funktion der mechanischen Uhr</b> .....	24
2.0.	Wirkprinzip .....	24
2.1.	Baugruppen .....	26
2.2.	Klassifizierung .....	27
3.	<b>Werkgestelle</b> .....	29
3.0.	Definition, Arten, Funktion .....	29
3.1.	Pfeilergestelle .....	29
3.2.	Halbmassive Gestelle .....	34
3.3.	Massive Gestelle .....	37
4.	<b>Antriebe</b> .....	
4.0.	Wirkprinzip des mechanischen Antriebs, allgemein .....	39
4.1.	Gewichtsantrieb .....	40
4.1.0.	Wirkprinzip des Gewichtsantriebs .....	40
4.1.1.	Konstruktive Ausführungen .....	41
4.1.2.	Berechnung der Gangdauer .....	44
4.2.	Federantriebe .....	45
4.2.0.	Wirkprinzip des Federantriebs .....	45
4.2.1.	Aufbau und spezielle Eigenschaften des Federantriebs .....	46
4.2.2.	Konstruktive Ausführungen .....	53
4.2.3.	Antriebsfederberechnung .....	57
5.	<b>Aufzüge</b> .....	
5.0.	Wirkprinzip des Aufzugs .....	61
5.1.	Aufzüge für Uhren mit Gewichtsantrieb .....	62
5.2.	Aufzüge für Uhren mit Federantrieb .....	63
5.3.	Automatische Aufzüge .....	68

6.	<b>Gesperre und Kupplungen</b> .....	77
6.1.	Wirkprinzip der Gesperre, Arten .....	77
6.2.	Konstruktive Ausführungen.....	78
6.3.	Berechnungen .....	82
6.4.	Wirkprinzip der Kupplungen, Arten .....	84
6.5.	Konstruktive Ausführungen.....	85
7.	<b>Getriebe</b> .....	87
7.0.	Wirkprinzip, Arten .....	87
7.1.	Zahnradgetriebe .....	88
7.2.	Bestimmungsgrößen von Zahnrädern .....	92
7.3.	Zahnformen .....	95
7.4.	Einfluss der Herstellungstechnologie auf die Bestimmungsgrößen .....	104
7.5.	Konstruktive Ausführungen.....	106
7.6.	Laufwerk .....	109
7.7.	Zeigerwerk.....	114
8.	<b>Lagerungen</b> .....	118
8.0.	Wirkprinzip, Arten .....	118
8.1.	Theoretische Grundlagen der Gleitlager .....	120
8.2.	Konstruktive Ausführungen.....	125
8.2.1.	Zapfenlager.....	125
8.2.2.	Stoßsicherungen .....	133
8.2.3.	Spitzenlager .....	136
8.3.	Schneidenlager .....	138
8.4.	Wälzlager .....	139
8.5.	Elastische Lagerungen.....	141
9.	<b>Hemmungen</b> .....	143
9.0.	Wirkprinzip, Arten, Grundaufbau .....	143
9.1.	Bestimmungsgrößen der Hemmungen .....	145
9.2.	Hemmungen für Pendelschwinger.....	150
9.2.0.	Arten .....	150
9.2.1.	Spindelhemmung.....	150
9.2.2.	Englische Hakenhemmung .....	152
9.2.3.	Schwarzwälder Hakenhemmung.....	153
9.2.4.	Rollenhemmung .....	154
9.2.5.	Rückführende Stifthemmung.....	155
9.2.6.	Berthoud-Hemmung .....	156

9.2.7.	Graham-Hemmung.....	157
9.2.8.	Scheren-Hemmung .....	159
9.2.9.	Brocot-Hemmung .....	160
9.2.10.	Riefler-Schwerkrafthemmung.....	161
9.2.11.	Strasser-Hemmung.....	162
9.3.	Hemmungen für Unruhschwinger.....	165
9.3.0.	Arten .....	165
9.3.1.	Zylinder-Hemmung .....	165
9.3.2.	Duplex-Hemmung .....	167
9.4.	Freie Hemmungen.....	169
9.4.0.	Wirkungsweise, Arten.....	169
9.4.1.	Spitzzahn-Ankerhemmung .....	170
9.4.2.	Kolbenzahn-Ankerhemmung.....	171
9.4.3.	Stift-Ankerhemmung.....	178
9.5.	Chronometerhemmungen.....	182
9.6.	Magnetische Hemmungen .....	185
9.7.	Hemmregler .....	187
9.7.0.	Allgemeines, Arten.....	187
9.7.1.	Fliehkraftbremsregler.....	188
9.7.2.	Windflügelregler .....	189
9.7.3.	Hemmregler ohne Eigenfrequenz .....	190
10.	<b>Mechanische Schwingsysteme</b> .....	192
10.0.	Wirkprinzip, Arten .....	192
10.1.	Pendelschwinger .....	193
10.1.1.	Theoretische Grundlagen .....	193
10.1.2.	Ausführungen von Pendelschwingern.....	198
10.1.3.	Drehpendel.....	200
10.2.	Unruhschwinger .....	202
10.3.	Störungen des Isochronismus .....	203
10.3.1.	Isochronismusstörungen bei Pendelschwingern.....	203
10.3.2.	Isochronismusstörungen bei Unruhschwingern.....	208
10.4.	Bauelemente von Schwingern .....	223
10.4.1.	Pendelschwinger-Bauelemente .....	223
10.4.2.	Unruhschwinger-Bauelemente .....	226
11.	<b>Schlagwerke mechanischer Uhren</b> .....	237
11.0.	Aufgabe und Einteilung .....	237
11.1.	Wirkprinzip .....	238

11.2.	Konstruktive Ausführungen.....	238
11.3.	Tongeneratoren .....	244
12.	<b>Weckuhren</b> .....	247
12.0.	Aufgabe und Einteilung.....	247
12.1.	Wirkprinzip .....	247
12.2.	Konstruktive Ausführungen.....	248
12.3.	Spezialausführungen .....	250
13.	<b>Stoppuhren</b> .....	255
13.0.	Aufgabe und Einteilung.....	255
13.1.	Wirkprinzip .....	255
13.2.	Konstruktive Ausführungen.....	256
14.	<b>Chronografen</b> .....	261
14.0.	Aufgabe und Einteilung.....	261
14.1.	Wirkprinzip .....	261
14.2.	Konstruktive Ausführungen.....	261
15.	<b>Chronometer</b> .....	265
16.	<b>Datumseinrichtungen</b> .....	267
16.0.	Aufgabe und Einteilung.....	267
16.1.	Wirkprinzip .....	267
16.2.	Konstruktive Ausführungen.....	269
16.3	Großdatum .....	272
16.3.1	Wirkprinzip .....	272
16.3.2	Ausführungen .....	273
17.	<b>Ausstattungen</b> .....	276
17.0.	Aufgabe, Bestandteile .....	276
17.1.	Zifferblätter.....	276
17.2.	Zeiger .....	278
17.3.	Gehäuse .....	281
17.3.1.	Armbanduhrgehäuse.....	281
17.3.2.	Taschenuhrgehäuse .....	287
17.3.3.	Wohnraumuhrgehäuse .....	288
17.3.4.	Weckergehäuse.....	290
17.3.5.	Reiseweckergehäuse .....	291
17.3.6.	Chronometergehäuse .....	293
18.	<b>Prüfverfahren für mechanische Uhren</b> .....	295
18.0.	Gesetzliche Grundlagen.....	295

18.1.	Verfahren, Begriffe der Uhrenprüfung.....	295
18.2.	Prüfungsdurchführung.....	299
18.2.1.	Klassische Uhrenprüfung.....	299
18.2.2.	Kurzzeitprüfung.....	301
18.2.3.	Zeitwaagenprüfung.....	301
18.2.4.	Zusätzliche Zeitwaagenprüfungen.....	303
18.3.	Kontrollnormale.....	304
18.4.	Prüfung besonderer Eigenschaften.....	304
19.	<b>Uhrenlagerung</b> .....	310
20.	<b>Werkstoffe und Hilfsstoffe</b> .....	311
20.0.	Aufgaben, Einteilung, Anforderungen.....	311
20.1.	Uhrenwerkstoffe.....	313
20.1.1.	Legierte Automatenstähle.....	313
20.1.2.	Bandstähle.....	315
20.1.3.	Kupfer-Zink-Knetlegierungen.....	318
20.1.4.	Kupfer-Nickel-Knetlegierungen.....	320
20.1.5.	Aluminium-Knetlegierungen.....	322
20.1.6.	Bleche und Bänder aus nichtrostendem Stahl.....	324
20.1.7.	Konstruktionskunststoffe (-plaste).....	325
20.1.8.	Uhrensteine.....	329
20.2.	Oberflächenbeschichtungswerkstoffe.....	332
20.2.0.	Aufgaben, Einteilung.....	332
20.2.1.	Schutzschichten ohne dekorativen Effekt.....	332
20.2.2.	Schutzschichten mit dekorativem Effekt.....	334
20.3.	Leuchtmassen.....	343
20.4.	Schmierstoffe.....	344
20.4.0.	Aufgaben, Einteilung, Eigenschaften.....	344
20.4.1.	Uhrenöle.....	347
20.4.2.	Uhrenfette.....	349
20.4.3.	Feste Uhrenschmierstoffe.....	349
20.5.	Reinigungs- und Spülmittel.....	353
20.5.0.	Aufgaben, Einteilung.....	353
20.5.1.	Wässrige Reinigungsflüssigkeiten.....	354
20.5.2.	Organische Reinigungsflüssigkeiten.....	354
20.5.3.	Ausgewählte Reinigungs- und Spülflüssigkeiten.....	355
20.5.4.	Wichtige Regeln für das Reinigen und Spülen.....	360
20.6.	Epilame.....	361
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	363
	<b>Sachwörterverzeichnis</b> .....	367

## 8.2.2. Stoßsicherungen

Stoßsicherungen sind Zapfenlager, die Stöße einer bestimmten Größe überstehen, ohne dass der Unruhwellenzapfen abbricht. Sie fangen die Stoßenergie im Unruhwellenansatz auf und verhindern eine Durchbiegung des Unruhwellenzapfens.

Eine Uhr ist stoßsicher, wenn sie bei einem Fall aus einem Meter Höhe auf einen-Hartholzfußboden keine mechanischen Schäden aufweist und nach dem Abklingen des Stoßes die gleichen Gangleistungen erreicht wie vor dem Fall.

Stoßsicherungen sind komplizierte mechanische Lagerbaugruppen, die

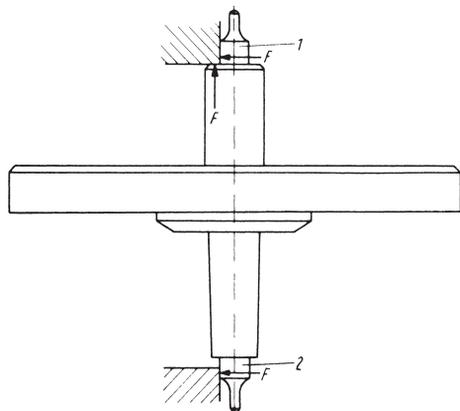
- axiale
- radiale
- schiefwinklige Stöße auffangen und kompensieren.

Sie haben elastische Eigenschaften und weichen dem Stoß in Stoßrichtung aus. Nach dem Abklingen des Stoßes kehren sie in ihre Ausgangsstellung zurück und stellen dabei die ursprünglichen Lagerverhältnisse für die Unruh wieder her. Für die einwandfreie Funktion von Stoßsicherungen müssen Bedingungen erfüllt sein wie

- gute Zentriereigenschaften vor und nach dem Stoß
- minimale Beeinflussung des Ganges während des Stoßes
- geringe Massen der bewegten Stoßsicherungsteile
- gute Ölhaltung
- leichte Montage und Demontage der Bauteile der Stoßsicherung.

Als spezielle Lagerelemente werden Stoßsicherungen nur in geschlossenen Baugruppen von ausgewählten Herstellerbetrieben produziert und bilden ein in sich geschlossenes System. Aufgrund des Wirkprinzips einer Stoßsicherung muss die Unruhwelle an das Stoßsicherungssystem angepasst werden und einen geeigneten Wellenansatz haben (*Bild 8.22*).

**Unruhwellen für Stoßsicherungen unterscheiden sich durch ihren Wellenansatz von Unruhwellen, die nicht für Stoßsicherungen vorgesehen sind.**



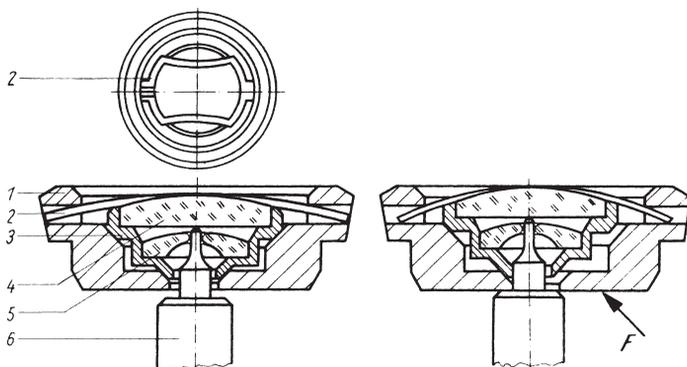
*Bild 8.22. Unruhwelle für Stoßsicherungen  
1 oberer Stoßsicherungsansatz; 2 unterer Stoßsicherungsansatz; F Krafterichtungen beim Stoß*

Wie alle Unruhlagerungen enthalten Stoßsicherungen einen Lochstein und einen Deckstein. Um die Stoßbewegung bei einem Axialstoß aufnehmen zu können, ist der Deckstein federnd gelagert und führt beim Stoß eine geradlinige Bewegung in Stoßrichtung aus.

Der bombierte Lochstein muss die seitlichen Stoßbewegungen aufnehmen, die auftreten, bis der Wellenansatz wirksam wird. Er wird aus diesem Grund meist in einem zentrierenden Hohlkegel geführt, der bei einem seitlichen Stoß die seitliche Bewegung in eine Axialbewegung umformt. Da der Lochstein durch den Deckstein und die Decksteinfeder in die Führung gepresst wird, kehrt er nach dem Abklingen des Stoßes in seine Ausgangslage zurück. Dabei wird die in der Stoßsicherungsfeder eingespeicherte Energie als Druckkraft wieder frei.

Die Funktion einer Stoßsicherung ist im **Bild 8.23** am Beispiel der weitverbreiteten Incabloc-Stoßsicherung dargestellt. Bei dieser Stoßsicherung ist der Lochstein in ein Steinfutter eingepresst, in dem auch der Deckstein mit geringem Spiel ruht. Dieses kegelförmige Futter liegt in einer hohlkegelförmigen Ausdehnung des Stoßsicherungsgehäuses. Die Kegelmäntel von Steinfutter und Stoßsicherungsgehäuse müssen sich völlig berühren, wenn das Steinfutter durch die Lyrafeder in den Kegelmantel gedrückt und dadurch zentriert wird.

Die im **Bild 8.24** dargestellte Stoßsicherung arbeitet nach dem gleichen Wirkprinzip wie die Stoßsicherung nach **Bild 8.23**. Hier sind Lochstein und Deckstein in getrennten Futterern gelagert und gleiten bei einem seitlichen Stoß aufeinander. Die Zentrierwirkung wird bei dieser Ausführung durch zwei Kegelmantelflächen und das Spiel zwischen dem Stoßsicherungsboden und der Stirnfläche des Lochsteinfutters erzielt. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass sich der Lochstein wegen der seitlichen Bewegungsmöglichkeit von Lochsteinfutter und Decksteinfutter weniger schief stellt.



**Bild 8.23.** Funktionsprinzip einer Incabloc-Stoßsicherung

1 Stoßsicherungsgehäuse; 2 Stoßsicherungsfeder; 3 Steinfutter; 4 Deckstein; 5 Lochstein; 6 Welle; F Stoßkraft

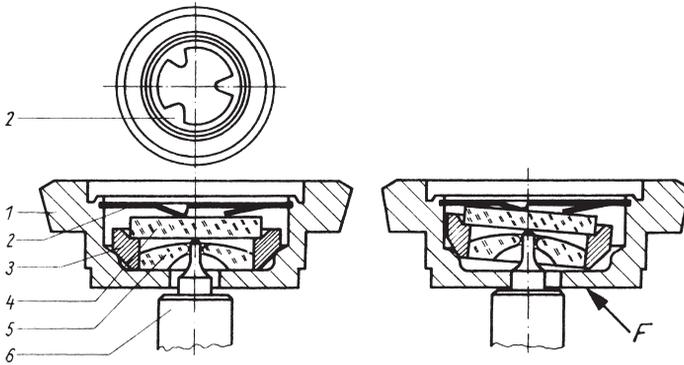


Bild 8.24. Funktionsprinzip einer Epsilon-Stoßsicherung

1 Stoßsicherungsgehäuse; 2 Stoßsicherungsfeder; 3 Steinfutter; 4 Deckstein; 5 Lochstein; 6 Welle; F Stoßkraft

Um die Herstellungskosten einer Stoßsicherung zu senken, stellt man Stoßsicherungen her, deren kegelförmig geschliffener Deckstein durch die Stoßsicherungsfeder direkt in den Hohlkegel des Stoßsicherungsgehäuses gedrückt wird. Dabei zentriert die Federkraft der Stoßsicherungsfeder die beiden Lagersteine.

Weil die Funktion dieser Stoßsicherung durch die genaue Übereinstimmung von Hohlkegel und Führungskegel bestimmt wird, deren Übereinstimmung aber schwer erreichbar ist, hat man andere Stoßsicherungslosungen entwickelt.

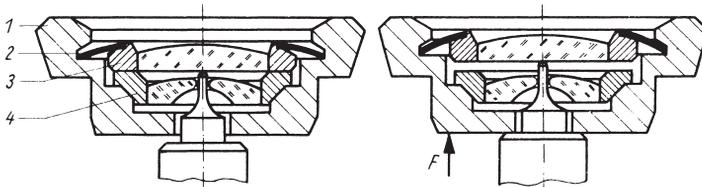


Bild 8.25. Stoßsicherung mit einzeln gefasstem Loch- und Deckstein

1 Stoßsicherungsgehäuse; 2 Stoßsicherungsfeder; 3 Decksteinfutter; 4 Lochsteinfutter; F Stoßkraft

Bild 8.25 zeigt eine Lösung, bei der sich der Lochstein mit seinem Futter auf dem Auflagering des Stoßsicherungsgehäuses abstützt. Durch diese Auflage wird bei einem Stoß das Futter kaum geführt und kann sich der Zapfenbewegung anpassen. Weil sich der Lochstein dabei jedoch schief stellen kann, wirkt eine Biegekräft auf den Unruhwellenzapfen, die Anlass zu Zapfenbruch sein kann.

Verzichtet man völlig auf die zentrierende Wirkung von Kegelflächen und verwendet als Zentrierelement eine Ringfeder, dann erhält man die im Bild 8.26 dargestellte Ausführung. Der Lochstein ist in das zentrisch liegende Federauge eingepresst und weicht bei seitlichen Stößen in Stoßrichtung aus. Senkrecht wirkende Stöße werden durch den Lochstein aufgefangen, der in einer axialen Führung der

Stoßrichtung folgt. Bei seitlichen, im Winkel wirkenden Stößen, weichen die Lagersteine seitlich und axial aus, bis der Stoß vom Wellenansatz aufgenommen wird. Für die Funktion dieser Stoßsicherung ist es Voraussetzung, dass die Federkraft der Ringfeder geringer ist als die Bruchkraft des Zapfens. Außerdem muss die Elastizität der Ringfeder so groß sein, dass sie sich auch nach einem Alterungsprozess genau mittig zentriert.

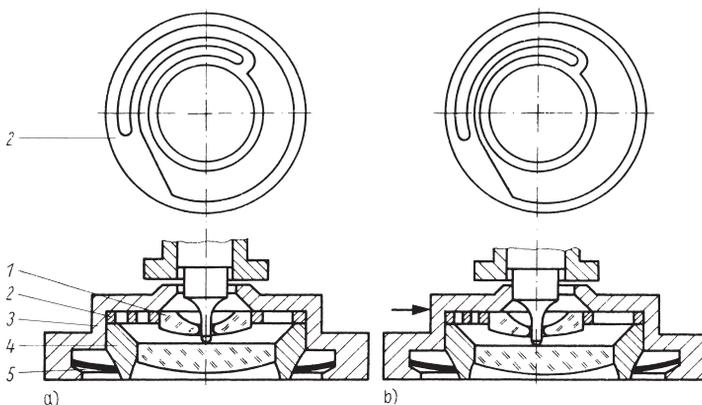


Bild 8.26. Stoßsicherung mit radial gefedertem Lochstein (Super-Shok-Resist) a) Radialfeder unbelastet; b) Radialfeder bei seitlichem Stoß

1 Lochstein; 2 Radialfeder; 3 Stoßsicherungsgehäuse; 4 Decksteinfutter; 5 Vertikalfeder

**Stoßsicherungen nehmen die Stoßenergie im Stoßsicherungsgehäuse auf und übertragen sie auf den Wellenansatz der Unruhwelle. Ihre Lagerelemente weichen der Stoßbewegung in Stoßrichtung aus und verhindern dabei das Auftreten von Biegemomenten am Zapfen.**

### 8.2.3. Spitzenlager

**Spitzenlager sind Gleitlagerungen, die auch beim Schiefstehen der Welle ihre Reibeigenschaften nicht verändern.**

Da sie deswegen keine hohen Toleranzforderungen für das Fluchten der Lagerstellen fordern, verwendet man sie vorzugsweise in einfachen tragbaren Uhren und in Weckern. Die Forderungen nach unterschiedlichen Werkstoffen für Lagerschale und Welle sind bei diesen Lagern aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer streng eingehalten.

Da man die spitzen Hohlkegel der Lagerschale auch als Körner bezeichnet, werden Spitzenlager häufig auch als Körnerlager benannt.

Die Körner können bestehen aus

- härtbarem Stahl (Triebstahl A)
- Saphir
- Kunststoff.

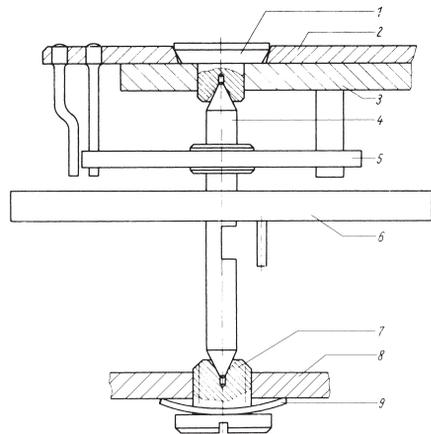
Bei einfachen Uhren herrscht die Paarung Stahl/Stahl vor. Körnerlagerungen mit der Paarung Stahl/Saphir zeichnen sich zwar durch eine höhere Lebensdauer aus, sind aber teuer und stoßempfindlich und werden daher für einfache Uhren nicht verwendet.

Körner aus Plast eignen sich für Armbanduhren nicht, weil hier die Lagerdrücke so groß werden, dass ein Fließen des Plastes eintritt. Bei Weckern mit größerem Spitzenradius sind sie jedoch verwendbar, weil hier der spezifische Flächendruck kleiner ist. In diesem Fall sind sie den Paarungen Stahl/Stahl überlegen, da sie die besseren Gleiteigenschaften haben. Die Spitzen der Körnerwelle werden geschliffen und poliert und stellen in ihren geometrischen Abmessungen ein Optimum zwischen maximalem Flächendruck und Verschleiß dar.

Der Spitzenwinkel der Körnerwelle wird den funktionellen und technologischen Forderungen angepasst. Er muss sicherstellen, dass der Kegelmantel der Spitze beim Schiefstehen der Welle den Kegelmantel des Hohlkörners nicht berührt, immer eine ausreichende Kapillare für die Ölhaltung vorhanden ist und beim Härteprozess die Kegelspitze nicht auskohlt.

Die Gegenlager der Körnerwelle, die Körner, werden für die obere und untere Lagerung verschieden gestaltet. So wählt man eines der beiden Lager als Festlager und das zweite Lager als justierbares Lager. Diese Ausführung ist notwendig, um das Höhenspiel der Körnerwelle auf den geringst möglichen Wert einstellen zu können. Die Radien der Körnerspitzen sind im festen und im justierbaren Lager gleich. Bei echten Körnerlagerungen ist jedoch der Öffnungswinkel des Körners immer größer als der Spitzenwinkel der Körnerwelle.

Bei der unechten Körnerlagerung nach **Bild 8.27** liegt die Spitze der Körnerwelle ringförmig am Auslauf des Hohlkegels vom Körnerlager an. Theoretisch ist der Radius an der Spitze der Körnerwelle so groß, dass sich diese wie eine Kugel in einem Ring bewegt, durch den sie nicht hindurch fallen kann. Wie schon beschrieben, hat die Spitze der Körnerwelle keine Berührung mit der Spitze des Hohlkörners, sodass sich in diesem Raum ein Ölpolster bildet.



**Bild 8.27.** Unechte Körnerlagerung

1 Körnerbolzen; 2 Rücken; 3 Unruhklöben;  
4 Unruhwelle; 5 Spirale; 6 Unruh; 7 Körnerschraube;  
8 Werkplatte; 9 Sattelfeder

Wählt man das Axialspiel genügend klein, dann hat diese Lagerung Eigenschaften wie eine Zapfenlagerung und gleicht ein Schiefstehen der Unruhwelle ohne Änderung der Reibungseigenschaften aus.

Für die volle Funktionsfähigkeit dieses Lagertyps ist ein genügend kleines Lagerspiel Voraussetzung. Dieses lässt sich wie beim echten Spitzenlager nur durch nachträgliches Justieren einstellen. Deshalb bildet man auch hier eines der beiden Körnerlager als Justierlager aus, dessen Gewinde eine genaue Spieleinstellung möglich macht.

### Spitzenlager ändern ihre Reibeigenschaften bei einem Schiefstehen der Unruhwelle nicht.

Die geringste Reibung hat das echte Spitzenlager, bei dem die Spitze der Körnerwelle den Spitzenradius des Hohlkörners nur punktförmig berührt. Seine Lebensdauer ist relativ gering und hängt von der Größe des Lagerspiels ab. Weil das echte Spitzenlager ein großes Seitenspiel aufweist, hat es im Vergleich zur Zapfenlagerung schlechtere Führungseigenschaften.

Das unechte Spitzenlager verhält sich wie ein winkelbewegliches Zapfenlager und hat auch dessen Eigenschaften. Seine Reibwerte liegen über denen des echten Spitzenlagers. Es erreicht jedoch wegen des geringeren Lagerdrucks eine größere Lebensdauer.

## 8.3. Schneidenlager

Schneidenlager sind Lagerungen mit linienförmiger Lagerauflage. Sie haben nur geringe Reibungsverluste und erreichen bei sorgfältiger Behandlung eine hohe Lebensdauer, da sie sich wenig abnutzen.

Nach ihrem Wirkprinzip bestehen Schneidenlager aus den Bauteilen Lagerschneide und Lagerpfanne, die durch die Schwerkraft kraftschlüssig sind. Im Gegensatz zu allen anderen Lagern in Uhren haben sie entgegengesetzt zur Wirkrichtung der Schwerkraft keine Führungseigenschaften und lassen sich deshalb nur in einer Richtung als Lagerungen nutzen.

Schneidenlager bilden durch ihr Wirkprinzip eine Lagerung, die im Grenzbereich zwischen dem Gleitlager und dem Rollenlager liegt. Man unterscheidet deshalb Gleitschneidenlager und Rollschneidenlager.

Beide Lagertypen werden als Pendellagerungen in Präzisionspendeluhren verwendet.

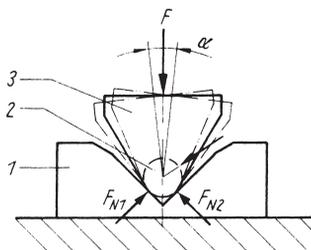


Bild 8.28. Gleitschneidenlager, Kraftverhältnisse

- 1 Pfanne;
- 2 Drehpunkt der Schneide;
- 3 Schneide;  $\alpha$  Drehwinkel;
- $F$  Gewichtskraft des Pendels;
- $F_{N1}$  Normalkraft in der Auflage 1;
- $F_{N2}$  Normalkraft in der Auflage 2

# Sachwörterverzeichnis

<b>ABS</b> .....	327	Antriebsfeder .....	46 ff.
Abgleichschrauben .....	226 f.	Antriebsscheibe .....	184 ff.
Ablaufwindungen .....	59 f.	Antriebsstein .....	183 ff.
Abrisswelle (Aufzug).....	85	Arnold .....	182
Abwälzfräsen .....	104 f.	Arrondieren .....	122
Abwälzverhalten .....	104, 106	Atomuhr .....	16 f.
Abweichungen .....	302	Aufhängungen .....	142
Achat .....	330	Auflageteller .....	107
Achsabstand .....	102	Aufzug .....	26, 61 ff.
Acrylglas .....	285 ff.	Aufzugumschaltung .....	75
Additionsstoppuhr .....	257 ff.	Aufzugwelle .....	61 ff.
Alterungsneigung .....	311, 345	Ausgang .....	145
Aluminium-Knetlegierung .....	322	Ausgangsdrehmoment .....	89
a m. ....	13	Ausgangsprofil .....	93
Amplitude .....	167	Ausgleichspendel .....	199
Amplitudenprüfung .....	295	Auslösefeder .....	183 f.
Aneroiddose .....	205 f.	Auslösehebel .....	184
Anker .....	174 ff.	Ausstattung .....	276 ff.
gleicharmig.....	174 f.	Auswuchten .....	217 f., 227
halbgleicharmig.....	175	Automatenstahl .....	313 f.
ungleicharmig .....	174 f.	Automatikuhren .....	68
Ankerarm .....	173, 175, 177		
Ankergabel .....	173, 176, 179	<b>Bajonettverbindung</b> .....	290
Ankerhemmung, freie .....	171 f.	Baker .....	186
Ankerhöhe .....	147	Bandmessing .....	319
Ankerkörper .....	173	Bandstahl .....	315 ff.
Ankerkräfte .....	174 ff.	Bearbeitbarkeit .....	311 f.
Ankeröffnungswinkel .....	147, 14	Befestigungsarten .....	31, 234 f.
Ankerübergriff .....	147	Benetzungsneigung .....	345
Ankerweite .....	147	Benzin .....	355 f.
Ansteckpunkt .....	222 ff., 219, 231	Beobachtungsuhrn .....	266
Antimagnetik .....	305	Berthoud-Hemmung .....	156 f.
Antrieb .....	26, 42, 168		

Beschichtungswerkstoffe ..... 312, 332  
 Betriebseingriffswinkel ..... 103  
 Betriebswälzkreis ..... 103  
 Bewegungsdauer ..... 210  
 Bewegungszeit ..... 209  
 Bezugsprofil ..... 101, 104  
 Bimetallunruh ..... 215 f., 228, 231  
 Blau-Einfärben ..... 332 f.  
 Bremsbacken ..... 188  
 Bremsregler ..... 143, 187 ff.  
 Brequet-Spiralfeder ..... 232  
 Brocot-Hemmung ..... 160 ff.  
 Brünieren ..... 332

CGS-Nummer ..... 235  
 Chloroform ..... 355  
 Chrom ..... 337 ff.  
 Chronograf ..... 19, 261  
 Chronometer ..... 265 ff.  
 Chronometeraufhängung ..... 294  
 Chronometergehäuse ..... 293 f.  
 Chronometerhemmung ..... 182 ff.  
 Chronometerkasten ..... 293  
 Clifford ..... 186

**D**atumseinrichtungen ..... 267 ff.  
 Datumfeder ..... 267 ff.  
 Datumrad ..... 268 f.  
 Datumring ..... 267 ff.  
 Datumschaltung ..... 270  
 Datumschaltwerk ..... 296  
 Datumscheibe ..... 267 ff.  
 Decelith ..... 327  
 Deckstein ..... 131 ff.  
 Delrin ..... 328  
 Diakon ..... 327  
 Dichtelemente ..... 286  
 Dichtheitsprüfung ..... 307 f.  
 Dichtungen ..... 285  
 Dickentoleranzen ..... 35, 315  
 Donath ..... 235

Doppelscheibe ..... 169  
 Doublé-Gehäuse ..... 335 f.  
 Drehmessing ..... 319  
 Drehmoment ..... 49 ff.  
 Drehmomentengleichung ..... 57 f.  
 Drehpendel ..... 200 ff.  
 Drehpendelaufhängung ..... 141  
 Drehrichtungswandler ..... 69 ff.  
 Drehschwinger ..... 192 ff., 202  
 Druck, hydrodynamischer ..... 121  
 Druckgussgehäuse ..... 283  
 Duplex-Hemmung ..... 167 ff.  
 Duroplaste ..... 325 ff.

**E**arnshaw ..... 182 228  
 Edelmetalle ..... 334  
 Edelstahl ..... 282 f., 324  
 Einbrennlack ..... 341  
 Eingang ..... 145  
 Eingriffsentfernung ..... 148 f.  
 Eingriffslinie ..... 93, 96, 99 f.  
 Eingriffsstrecke ..... 96, 99 f.  
 Eingriffsteilung ..... 100  
 Eingriffswinkel ..... 103  
 Einschlüsselaufzug ..... 64 f., 249  
 Einsteckaufhängung ..... 56  
 Eintagewecker ..... 247  
 elastische Lagerung ..... 119  
 Elinvar ..... 231 f.  
 Endkurve ..... 222, 231 f.  
 englische Ankerhemmung ..... 170  
 Epilame ..... 362 f.  
 Epizykloide ..... 96  
 Epsilon-Stoßsicherung ..... 135  
 Ergänzungswinkel ..... 148  
 Erzeugungsprofil ..... 101  
 Etalon ..... 23  
 Ethanol ..... 355 ff.  
 EVA ..... 326  
 Evolventenverzahnung ..... 95 ff.  
 Exzenterwandler ..... 72  
 exzentrische Weckauslösung ..... 249

Fall .....	146	Gebrauchsuhren .....	27
Fallweg (Gewicht).....	44	Gegenmeridian .....	16
Fallwinkel .....	146, 149	Gegenprofil .....	92 f.
Federantrieb .....	45 ff.	Gegenschwungpendel .....	198 f.
Federaufhängung .....	53, 56 f.	Gegengesperre .....	62 f.
Federbandstahl .....	316	Gehäuse .....	281 ff.
Federdiagramm .....	46, 49	Gehäuseboden .....	282 ff.
Federenergie .....	46, 48, 57	Gelbgold .....	335
Federgesperr .....	19 ff.	Genauigkeitsklassen .....	27
Federhaus .....	49 ff., 58, 64	Gesamtübersetzungsverhältnis .....	90
Federhausfüllfaktor .....	58 f.	Gesperre .....	77 ff.
Federhauswelle .....	52, 65	Gestelle .....	29 ff.
Federkern .....	46, 55	Getriebe .....	87 ff.
Federkerndurchmesser .....	58	Getriebekette .....	24, 89 f.
Federkonstante .....	45, 218	Gewichtsantrieb .....	40 ff., 62
Federkraft .....	45 f., 56	Gewichtsaufzug .....	42 f., 62 f.
Federlänge .....	58	Gewichtskraft .....	42, 120, 124
federnde Hemmungsteile .....	252	Gewichtsschrauben .....	227 ff.
Federöse .....	56	Gläser, anorganische .....	285
Federwerkstoffe .....	47 f.	Glasbefestigung .....	284 f.
Fensterzeiger .....	279	Glashütter Ankerhemmung .....	177 f.
Flachlauf .....	107	Gleichdick .....	72
Flankennormale .....	93	Gleichrichter .....	17, 70
Fliehkraftbremsregler .....	188 f.	Gleiteigenschaft .....	124, 129
Flügelregler .....	189	Gleitführung .....	118
Formgehäuse .....	282	Gleitlager .....	120 ff.
freie Ankerhemmung.....	171 f.	Gleitschneidenlager .....	138 f.
freie Hemmung .....	169 ff.	Gleitzaum .....	56 f., 65
Freilaufwandler .....	73	Glockenschlagwerk .....	244
Freon FF .....	358	Goldgehäuse .....	336
Frequenz .....	190	Gongfeder .....	244 ff.
Frontplattengehäuse .....	289	Gongstab .....	244 ff.
Führung .....	109	Graham-Hemmung .....	157 ff.
Führungsbedingung .....	107, 109	Granat .....	329 ff.
		Grenzkraftgesperr .....	77, 81
		Großdatum .....	271 ff.
		Guillaume-Unruh .....	228
<b>Galoppieren .....</b>	<b>169, 177 f.,</b>		
<b>Gang .....</b>	<b>297, 299 ff.</b>		
<b>Gangabweichung .....</b>	<b>305</b>		
<b>Gangänderung .....</b>	<b>298 f.</b>		
<b>Gangdauer .....</b>	<b>44, 58, 296</b>		
<b>Gangleistung .....</b>	<b>296</b>		
<b>Gangprüfung .....</b>	<b>295 f.</b>		
		<b>Hakenaufhängung .....</b>	<b>56</b>
		<b>Hakenhemmung .....</b>	<b>150 ff.</b>
		<b>Halbschwingung .....</b>	<b>180 f.</b>
		<b>Halbstundenschlagwerk .....</b>	<b>137 ff.</b>

Halbzeuge .....	311
Handaufzug .....	76
Harrison .....	182
Hebekreis .....	146, 149
Hebelstift .....	169 ff.
Hebestift .....	175
Hebung .....	146
Hebungswinkel .....	146
Hemmregler .....	187, 190, 247
Hemmung .....	143 ff.
Hemmung, magnetisch .....	186
Hemmungen für Unruhschwinger .....	185
Hemmungsrad . 144 f., 166, 169 f., 172	
Hemmungsradführungsweg . 147, 149	
Hemmungsradführungswinkel ... 146	
Hemmungstiefe .....	175
Hertzsche Pressung .....	122
Hilfskraft .....	82 f.
Hilfsstoffe .....	311 ff.
Himmelsäquinoktium .....	19
Höhenspiel .....	29, 129, 131, 1337
Homogenität .....	311, 314
Hookesche Hemmung .....	152
Hörnchenanker .....	179
Hörnchenhemmung .....	182
Hörnerspiel .....	174
Hostaform .....	328
Huygensscher Läufer .....	197, 205
Hypozykloide .....	96
Hysterese .....	48 f.
<b>Impulsdiagramm</b> .....	22
Incabloc-Stoßsicherung .....	134
Invarpendel .....	225
Isochronismus .....	203 ff.
Isochronismusfehler .....	213, 215 ff.
Isochronismusstörungen .....	203 ff.
Isopropanol .....	355 f.
<b>Jürgensen</b> .....	182

<b>Karat</b> .....	335
Kastengehäuse .....	289
Kegelradgetriebe .....	107
kegelige Lagerung .....	118
Kendall .....	182
Kessels .....	182
Kienzle-Ankerhemmung .....	181
Kleber .....	326 ff.
Klemm-Mikrofon .....	301
Klemmkörper .....	81, 84
Klemmrichtgesperr .....	83
Klinkenaufhängung .....	82 f.
Klinkenfeder.....	268 ff.
Klinkenfreilauf .....	75
Klinkengesperr .....	79, 83
Klinkenkraft .....	82
Knetlegierung .....	318 ff.
Kohlenstoff-Stahlfeder .....	48
Kolbenzahn-Ankerhemmung .....	171
Kolloidgraphit .....	352
Kompensationspendel .....	199
Konstruktions-Kunststoffe .....	325
Konstruktionswerkstoffe .....	312 f.
Kontrollnormale .....	304
Körnerlager .....	137 f.
Korrosionsneigung .....	312
Kostil .....	327
Kräfte am Anker .....	174
Kreisbogenverzahnung .....	95, 97
Kronenaufzug .....	65
Kronenradgetriebe .....	106 f.
Küchenuhrgehäuse .....	289
Kuckuck .....	246
Kugellagerung .....	119, 139 f.
Kullberg .....	182
Kulmination .....	18
Kunststoff-Ankerhemmung .....	182
Kunststoffgehäuse .....	284
Kunststoffgestell .....	38
Kunststoffweckergehäuse .....	291
Kunststoffwerkstoffe .....	325, 331
Kupfer .....	339
Kupfer-Nickel-Knetlegierung .....	320

Kupfer-Zink-Knetlegierung ..... 318  
 Kupplungen ..... 84  
 Kupplungsaufzug ..... 66 ff.  
 Kupplungsfeder ..... 262, 272 ff.  
 Kupplungsrad ..... 68, 261 ff.,  
 Kupplungswippe ..... 262, 264  
 Kurvengetriebe ..... 71 f., 87  
 Kurvenwandler ..... 70 ff.  
 Kurzzeitprüfung ..... 301

**Lack** ..... 339 ff.  
 Lackieren ..... 277  
 Lagefehler ..... 317, 320  
 Lagenfehler ..... 298  
 Lagenunterschied ..... 298  
 Lagerabstand ..... 29, 35, 126  
 Lagerbrücke ..... 34  
 Lagerfutter ..... 129 f.  
 Lagerkloben ..... 34  
 Lagerlöcher ..... 129  
 Lagerpfanne ..... 139  
 Lagerschneide ..... 138  
 Lagerstein ..... 130 ff.  
 Lagerung ..... 118  
 Lagerwerkstoffe ..... 128, 329  
 Lagerzeit ..... 310  
 Laterne ..... 115  
 Laufwerk ..... 109  
 Laufwerkgetriebe ..... 111, 113  
 lautlose Wecker ..... 250  
 Le Roy ..... 182  
 Leckrate ..... 309  
 Leerlaufphasen ..... 73  
 Legierungen ..... 47, 231, 320 ff.  
 Lehotzky ..... 243  
 Leisetickwecker ..... 252  
 Leistung ..... 39, 88  
 Leuchtdichte ..... 344  
 Leuchtmassen ..... 343  
 Lippen ..... 166  
 Lösemoment ..... 26  
 Luran ..... 327

Lyrafeder ..... 134  
**MAK-Wert** ..... 355  
 Malteserkreuz ..... 270  
 Manigum ..... 327  
 Marine-Chronometer ..... 265, 222  
 Massenträgheitsmoment ..177, 201 ff.,  
 mathematisches Pendel ..... 194 ff.  
 Mattnickel ..... 338  
 Meladur ..... 329  
 Membrangong ..... 245  
 Metallweckergehäuse ..... 290  
 Methanol ..... 355 f.  
 Methylenchlorid ..... 355, 357  
 MF ..... 329  
 Mindestgangleistung ..... 302  
 Mindestzähnezahl ..... 99, 103  
 Mineralschmierstoff ..... 345  
 Minutenzeiger ..... 278  
 Miramid ..... 328  
 Miravithen ..... 326  
 Mischreibung ..... 121, 344 f.  
 Mitnehmerrad ..... 261 ff.  
 Mitteleuropäische Zeit ..... 16  
 Monatsscheibe ..... 271 ff.  
 Molybdändisulfid ..... 352  
 momentaner Gang ..... 297  
 Monometallunruh ..... 228 ff.  
 Mudge ..... 182  
 Myem ..... 336

**Neusilber** ..... 320  
 Nickel ..... 334 ff.  
 Nickellegierungsfedern ..... 48  
 Niro-Stahl ..... 324  
 Nispan ..... 232  
 Nitrozelluloselack ..... 341  
 Nivarox ..... 231 f.  
 Normalkraft ..... 120 ff.  
 Normalwecker ..... 247  
 Normalzeit ..... 16, 21 ff.  
 Noryl ..... 328  
 Nulllage ..... 193 f.

Nullhebelfeder .....256 ff.  
 Nullherz .....256 ff.  
**O**berflächenbeschichtungsstoffe .. 332  
 Oberflächengüte ..... 128, 311  
 Oberflächenschutzschichten .... 332 ff.  
 Oberplatte ..... 33 ff.  
 offene Antriebsfedern ..... 49, 54  
 Ölsenkung ..... 128 ff.  
 organischer Schmierstoff ..... 345  
 Orthozykloide ..... 96  
 Ortszeit ..... 14, 16  
 Osteuropäische Zeit ..... 15  
  
**p. m.** ..... 13  
 PE-ND ..... 326  
 PMMA ..... 327  
 POM ..... 328  
 PPO ..... 329  
 PS ..... 326  
 PTFE ..... 352  
 PUR ..... 328  
 PVC-H ..... 327  
 Passageinstrument ..... 18  
 Passansätze ..... 29, 33 f.  
 Passelemente ..... 33 f.  
 Passstifte ..... 33 f.  
 Pendelamplitude ..... 196 ff.  
 Pendelaufhängung ..... 141, 223 f.  
 Pendelführung ..... 144  
 Pendelgewicht ..... 225  
 Pendellagerung ..... 138 f.  
 Pendellänge ..... 194 ff.,  
 Pendelschwinger ..... 193  
 Pendelstange ..... 224  
 Pendeluhren ..... 150  
 Perchlorethylen ..... 355  
 Perspex ..... 327  
 Pfeilergestell ..... 29  
 Phasenwinkel ..... 192 ff., 202  
 Phillipssche Endkurve ..... 222  
 Phosphatieren ..... 332  
 physikalisches Pendel ..... 195

Planieren ..... 32  
 (Platine) Werkplatte ..... 29 f.  
 Plaqué-Gehäuse ..... 336  
 Plexiglas ..... 327  
 Polystyrol ..... 326  
 Polystyrengläser ..... 286  
 Präzisionspendeluhr ..... 205 f.  
 Präzisionsuhren ..... 27  
 prismatische Lagerung ..... 118  
 Profilverschiebung ..... 102  
 Profilverschiebungsfaktor ..... 103  
 Promethium ..... 343  
 Prüfung ..... 299  
 Prüfverfahren ..... 295  
 Pseudoisochronismus ..... 207  
 Pseudozykloidenverzahnung ..... 97

## Qualitätskontrollen ..... 295

**R**ädergetriebe ..... 87  
 Räderwerkbrücke ..... 37  
 radioaktive Leuchtmassen ..... 343  
 Radium ..... 343  
 Rastgesperr ..... 267 f.  
 Rechenschlagwerk ..... 238 ff.  
 Reduktionsrad ..... 70 f., 73, 75  
 reduzierte Pendellänge ..... 196, 198  
 Regler ..... 187  
 Regulierbereich ..... 298  
 Reguliereinrichtung ..... 226  
 Reibkraft ..... 83  
 Reibkupplung ..... 86, 116, 257  
 Reibschluss ..... 77  
 Reibung ..... 120 ff., 213  
 Reibungskupplungen ..... 85, 115  
 Reibungsmoment ..... 120  
 Reibungszustände ..... 121  
 Reinigen ..... 353 ff.  
 Reinigungsmittel ..... 353 ff.  
 Reisewecker ..... 291  
 Reiseweckergehäuse ..... 291

Relativbewegung .....	77	Schiebetui .....	291
Repetitionswecker .....	251 f.	Schlaggeräusch .....	303
Resonator .....	17, 244 ff., 253	Schlagwerke .....	237
Reversionspendel .....	198	Schlagzahl .....	192, 253,
Rhodinieren .....	282, 333 f.	Schleppzeigermechanismus ..	259, 263
Rhodium .....	337	Schleppzeigerstoppuhr .....	258
Richtgesperr .....	61, 77 ff.	Schlingfedergesperr .....	81
Riefler-Schwerkrafthemmung .....	161	Schlossscheibenschlagwerk .....	238 ff.
Rohwerk .....	26	Schlüsselaufzug .....	63 f., 249 f.
Rollenhemmung .....	154	Schlüsselbauformen .....	64
Rollenschneidenlager .....	139	Schmiegungsverhalten .....	97
Rollfederantrieb .....	51 ff.	Schmierfähigkeit .....	345 ff.
Rollrichtgesperr .....	81	Schmierfett .....	349
Rose .....	53, 55 f., 63,	Schmierstoff .....	344 ff.
Roskopfuhr .....	113	Schmuckgehäuse .....	282, 337
Rostpendel .....	206 f., 224	Schneckenauzug .....	56, 265
Rotgold .....	335 f.	Schneidenlager .....	138 ff.
Rotorlagerung .....	69 f., 141	Schneidenlagerung .....	118, 139, 223
Rubin .....	127, 329 ff.	Schrittgetriebe .....	87
Rückdrehmoment .....	83, 190	Schulersches Ausgleichspendel .....	199
Rücker .....	218, 232 f.	Schutzschichten .....	332 ff.
Rückerschlüssel .....	233	Schwarzwälder Hakenhemmung ..	153
Rückerzeiger .....	233	Schweizer Ankerhemmung .....	171
rückführende Hemmung 150, 157, 165		Schwerkrafthemmung .....	161 ff.
rückführende Stifthemmung .....	155	Schwerpunktlage .....	216
Rückführungsweg .....	147	Schwimmreibung .....	121
Rückführungswinkel .....	147	Schwinger .....	26
ruhende Hemmung 144, 150, 160, 167		Schwingeramplitude .....	148, 192 217
Ruhewinkel des Ankers .147, 149, 180		Schwingerfrequenz .....	192
Rutschkupplung .....	56, 112	Schwingergüte .....	192
		Schwingungsbogen .....	148, 192, 223
		Schwingungsdauer .....	192 ff.
<b>SAN</b> .....	327	Schwingungsdaueränderung 197, 215	
<b>SB</b> .....	326	Schwingsysteme .....	192
Sägezahnsperrkörper .....	80	Schwingwinkel .....	196, 202
Saphir .....	137, 285, 329	Seilführungsgrille .....	62
Schaltfinger.....	267 ff.	Seilkraft .....	43
Schaltgetriebe .....	76, 87	Seiltrommel .....	40 ff.
Schalthebel .....	256, 261 ff.	Sekunde .....	21
Schaltjahr .....	21	Sekundenanzeige .....	110 ff.
Schaltnocken.....	272 ff.	Sekundentrieb .....	110 ff.
Schaltrad .....	262, 267 ff.	Sekundenzeiger .....	278
Scheren-Hemmung .....	59	Sicherheitsscheibe .....	173 f.

Sicherheitsstift .....	173 f.	Stöße .....	133, 169, 204, 208, 212
Sichtprüfung .....	295 f.	Stoßpendel .....	306
Siedegrenzenbenzin .....	354 ff.	Stoßprüfung .....	306
Silber .....	335 f.	stoßsicher .....	133
Silikatglas .....	285 f.	Stoßsicherung .....	133
Siliziumstahltexturfeder .....	48	Strasser-Hemmung .....	162
Skelettzeiger .....	279	Straumann-Unruh .....	228 ff.
Sonnenzeit .....	20	Stundenschlagwerk .....	237
Spannbandlagerung .....	142	Stundenzeiger .....	278
Sperrrad .....	78 ff.	Super-Shok-Resist .....	136
Sperrfeder .....	256 ff.	Synta-Lube .....	348
Sperrklinke .....	78 ff.	Synta-Visco-Lube .....	348
Sperrmoment .....	83	synthetischer Schmierstoff .....	348
Spindelhemmung .....	150, 165	SYSPur .....	328
Spiralbefestigung .....	220, 235		
Spiralende .....	220	<b>T</b> achometer-Uhr .....	260
Spiralenlänge .....	218	täglicher Gang .....	299
Spiralenschwerpunkt .....	221	Tamponstahl .....	314
Spiralfeder .....	220, 231	Taschenuhrgehäuse .....	287
Spiralfederendkurve .....	222	Taucheruhrgehäuse .....	281
Spitzenlager .....	136	Taylor-Doppelzeiger-Stoppuhr .....	260
Spitzenlagerung .....	124	Teflon .....	51
Spitzzahn-Ankerhemmung .....	170	Teilfräsen .....	105
Spritzgussgehäuse .....	284	Teilkreis .....	94
spritzwassergeschützte Gehäuse .....	282	Teilung .....	145
spülen .....	360	Teilungswinkel .....	145
Spülmittel .....	353	Teller .....	107
Staffelscheibe .....	241	Tellerfeder .....	85 f., 114 f.
Stand .....	296	Temperaturänderung .....	206, 214
Stapelanordnung .....	112	Temperaturausgleicheinrichtung .....	226
Stapelgestell .....	35	Temperaturbeiwert .....	215, 297 ff.
statisches Auswuchten .....	217	Temperaturverhalten .....	229, 346
staubgeschützte Gehäuse .....	281	Tetrachlorethylen .....	357
Steinfassung .....	131 f.	Thermoplaste .....	325
Stellungsorientierung .....	278	Titannitrid .....	282, 339
Sternjahr .....	19	Toluen .....	336
Stift-Ankerhemmung .....	178	Tongenerator .....	244
Stiftaufhängung (Feder) .....	56	Tonnenzapfen .....	126
Stifthemmung .....	155	Torsionsfeder .....	119, 142, 200
Stirnradgetriebe .....	106	Totwinkel .....	70
Stockuhren-Hemmung .....	152	Tragfähigkeit .....	344 ff.
Stopphebelfeder .....	257	Transportzeit .....	310
Stoppuhren .....	255		

Trichlorethan ..... 357  
 Trichlorethylen ..... 357  
 Trieb ..... 107 ff.  
 Triebdicke ..... 109  
 Triebstahl ..... 314  
 Triebstockverzahnung ..... 98  
 Triostat ..... 234  
 Tritium ..... 343 f.  
 trockene Reibung ..... 121  
 Trockenschmierstoff ..... 352  
 Trompetenzapfen ..... 226 f.  
 Tropfenverhalten ..... 345  
 tropisches Jahr ..... 19

**Überdeckung** ..... 100  
 Überdeckungsgrad ..... 103  
 Überdruckverfahren, quantitatives 308  
 Überlagerung ..... 310  
 Übersetzungsverhältnis ..... 90 ff.  
 Übertragungsverhalten ..... 98  
**Uhrenfett** ..... 349  
 Uhrenkugellager ..... 140  
 Uhrenlagersteine ..... 129 f., 329  
 Uhrenlagerung ..... 310  
 Uhrenöl ..... 347  
 Uhrenprüfung ..... 295  
 Uhrenschmierstoffe ..... 344  
 Uhrensteine ..... 329  
 Uhrenverzahnung ..... 97  
 Uhrenwerkstoffe ..... 311  
 Uhrgläser ..... 285  
 Ultramid ..... 328  
 Umschaltgetriebe ..... 76, 270  
 Umschlagzeit ..... 310  
 Unruhlagerung ..... 132  
 Unruhschwinger ..... 165, 202  
 Unruhweile ..... 133 ff.  
 Unterschnitt ..... 99

**V-Getriebe** ..... 102 f.  
 V-O-Getriebe ..... 102

Vakuumverfahren ..... 308  
 Verchromen ..... 333  
 Vergolden ..... 334  
 Vernickeln ..... 338  
 Verzahnungsgesetz ..... 92 ff.  
 Verzinken ..... 333  
 Viertelstundenschlagwerk ..... 243 ff.  
 Vogelschlagwerk ..... 244  
 Volet-Unruh ..... 229 f.  
 Vollstundenschlagwerk ..... 237  
 Vorratsfederhaus ..... 51 f.  
 Vorsignalwecker ..... 251

**Wälzkörper** ..... 81, 119, 140  
 Wälzkreis ..... 93  
 Wälzlager ..... 139  
 Wälzlagerung ..... 119  
 Wälzpunkt ..... 93  
 Wandler ..... 69 ff.  
 Wärmekoeffizient ..... 298  
 Wartung ..... 310  
 wasserdicht ..... 307  
 wassergeschützt ..... 309  
 Wechselradlagerung ..... 125  
 Weckdauer ..... 250  
 Weckergehäuse ..... 290  
 Weckuhren ..... 247  
 Weckwerk ..... 248  
 Weißgold ..... 335  
 Werkgestell ..... 29  
 Werkgestellbauarten ..... 38  
 Werkpfeiler ..... 29 f.  
 Werkplatte (Platine) ..... 29 f.  
 Werkstoffe ..... 311  
 Werkträgerbefestigung ..... 290  
 Westminster-Schlagwerk ..... 243  
 Whittington-Schlagwerk ..... 244  
 Wickelsinn ..... 51, 218  
 Windflügelregler ..... 189  
 Windungszahl ..... 58  
 Winkelgeschwindigkeit ... 195 f., 201 f.  
 Wippe ..... 66, 70, 74 ff.

Wippenaufzug .....	66	Zeigernaben .....	279 f.
wippengesteuerte Chronometer ...	184	Zeigerwerk .....	25 f., 114,
Wippenwandler .....	71	Zeigerwerkgetriebe .....	114 f.
Wirkungsgrad .....	39	Zeigerwerkkupplung .....	115
Wochentagsprungschaltung .....	268	Zeit .....	13
Wohnraumuhrgehäuse .....	289	Zeitgleichung .....	20
		Zeitwaagenprüfung .....	301
		Zeitzeichen .....	22
<b>Zähigkeit</b> .....	345	Zeitzone .....	15
Zahnbreite .....	148	zentrale Weckauslösung .....	248 f.
Zähnezahl .....	145	Zentralrotor .....	69
Zahnfersenkreis .....	146	zentrische Spiralfeder .....	47
Zahnform .....	95	Zifferblatt .....	276
Zahnradgetriebe .....	88	Ziffernbalken .....	277
Zahnrichtgesperr .....	78 f.	Zinkdruckgussgehäuse .....	283
Zahnspitzenkreis .....	146	Zinn-Nickel-Galvanisieren .....	333
Zahnunterschnittswinkel .....	147	Zugwinkel .....	148
Zapfen .....	122	Zweitonwecker .....	250
Zapfenausführung .....	126	Zwischenbrücke .....	35
Zapfenlager .....	125	Zwischenkloben .....	35
Zapfenlagerung .....	120 ff.	Zykloidenpendel .....	200
Zapfenreibung .....	213	Zykloidenverzahnung .....	95
Zaponlack .....	341	Zylinderfeder .....	232
Zehnerring.....	271 ff.	Zylinder-Hemmung .....	165
Zehnerschaltstern.....	272 f.	Zylinderrad .....	166
Zeiger .....	278	Zylinderrollenlager .....	119
Zeigerkupplung .....	85, 257	zylindrische Pendelmassen .....	225