

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

Dr. K. Giebel – A. Helwig

DIE FEINSTELLUNG DER UHREN

Ein Anleitungs- und Nachschlagewerk in zwei Teilen

Mit 502 Bildern im Text

© www.uhrenliteratur.de

1952

Reprint



Berlin 2013

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

Vorwort

Das vorliegende Werk ist eine Zusammenfassung von Arbeiten des verstorbenen Direktors der Deutschen Uhrmacherschule Glashütte, Herrn Prof. Dr. *K. Giebel*, und des Dozenten an der gleichen Schule, Herrn Ober-Studienrat *A. Helwig*.

Diese Arbeiten haben bisher nur in einer durch den Krieg bedingten Notausgabe von wenigen Exemplaren einen kleinen Kreis von Fachleuten vorgelegen.

Dank der Freundlichkeit der Witwe des verstorbenen Verfassers, Frau *Elisabeth Giebel*, und des Herrn Ober-Studienrats *Helwig* ist es dem Verlag jetzt möglich, der gesamten Fachwelt ein Werk vorzulegen, dessen Fehlen als wesentliche Lücke empfunden wurde und das sowohl für die wissenschaftliche Arbeit in der Industrie als auch für den wissenschaftlichen Nachwuchs eine wertvolle Hilfe sein wird.

Wir danken Herrn *W. König*, Weimar, für die Unterstützung, die er dem Verlag bei der Herausgabe des Werkes zuteil werden ließ.

Berlin im Oktober 1952

Der Verlag

Inhaltsverzeichnis

Erster Teil

Gesetze der Feinstellung

1. Einleitung: Gangregler

Umlaufende Gangregler	17
1. Windfang und Flichkraftregler	17
2. Kegelpendel	18
3. Elektromotor	19
4. Wirbelstrombremse	19
Schwingende Gangregler	19
1. Das Pendel	20
2. Die Unruh mit Spiralfeder	20
3. Schwingende Stäbe und Federn	20
a) Stimmgabel	20
b) Schwingender Stab	20
c) Schwingende Federn	21
4. Schwingende Kristalle	21

2: Das Pendel

Allgemeines	24
Die Länge des Pendels	24
Der Einfluß der Schwerebeschleunigung	25
Der Einfluß einer Längenänderung	26
Der Isochronismusfehler	29
Der Einfluß der Pendelfeder	33
Das physische Pendel	33
Der Huygessche Läufer	38
Das Gegenschwungpendel	39
Das Ausgleichpendel	39
Einfluß äußerer Störungen	40
Der Einfluß der Hemmung	42
Ausgleich der Isochronismusfehler	43
Der Einfluß der Luft	44
Der Einfluß der Wärme	46
Rechnerischer Fehlerausgleich	49

3. Spiralfeder und Unruh

Allgemeines	50
Die Schwingungsbewegung	50
Die Winkelgeschwindigkeit	51

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

www.uhrenliteratur.de

4

Das Kraftmoment der Spiralfeder	54
Die Arbeit der Spiralfeder	55
Die Wucht	56
Die Schwingungsgleichung	57
Berechnung einer Unruh und Spiralfeder	58
a) Das Trägheitsmoment der Unruh	58
b) Das Elastizitätsmoment der Spiralfeder	59
c) Die Schwingungsdauer	59
Berechnung von Teilen der Schwingung	60
Veränderliche Größen an Unruh und Spiralfeder	63
1. Die Änderung der Federlänge	64
2. Die Änderung der Federbreite	67
3. Die Änderung der Klingendicke	67
4. Die Änderung des Gewichtes	67
5. Die Abgleichschrauben	68
Der Wärmefehler	69
Der Einfluß der Wärme	69
Ausgleich des Wärmefehlers	72
Die Abmessungen des Reifens	73
Die Formänderung des Reifens	75
Der sekundäre Fehler	77
Die Nickelstahlunruh	83
Die Unterdrückung des Wärmefehlers durch Wahl geeigneter Werkstoffe für die Spiralfeder	85
Die einmetallische Ausgleichsunruh	86
Mechanische Störungen der Schwingung	87
Die Empfindlichkeit der Unruh	87
Einfluß eines Stoßes	89
Der Einfluß der Hemmung	97
Die Reibung	105
Der Einfluß der Luft	110
Der Einfluß der Fliehkraft	112
Der Schwerpunktfehler	113
Die Rükkerstifte	124
Der Isochronismus der Spiralfeder	131
1. Änderung des Trägheitsmomentes	131
2. Verlagerung des Schwerpunktes	134
3. Erhöhte Zapfenreibung durch seitlichen Federdruck	139
4. Zusatzspannungen	139
a) Endkurven	139
Konstruktion der Kurve für Wendelfedern	141
Die Kurvenwaage	145
Kurven für flache Spiralfedern	147
b) Die Vetterleinschen Reiter	150
Der Isochronismus der Spiralfeder ohne Endkurven	151
Änderungen an den Endkurven	156
4. Uhrenprüfung und -beobachtung	
Zweck der Prüfung	160
Beispiel einer Taschenuhrprüfung	161
Prüfungsart der früheren Deutschen Seewarte	162
Niederschrift der Beobachtungen	162

Folgerungen aus den Beobachtungen	166
Beobachtungen in den Lagen	169
Die Prüfung in den Temperaturen	170
Die langperiodische Gangänderung	172
Der Gesamtfehler G	173
Der Zugfeder- oder Isochronismusfehler Z	173
Der Außermittigkeits- (Exzentrizitäts-) Fehler E	174
Gütegrade und Prüfgrenzen	175
Die Güteformel	177
Das Beobachten der Uhren	178
1. Die Auge-Ohr-Methode	178
2. Die Koinzidenzmethode	179
a) Gangbeobachtungen mit Hilfe von Koinzidenzen (Schnelleinstellung)	179
3. Die akustische Zeitwaage	183
Zeitwaagen	185
Die genaue Zeit	185

Zweiter Teil

Arbeitsanweisungen für die Feinsetzung

1. Einstellen und Beobachten

Das Einstellen der Sekunde	191
Das Anhalten der Unruh	191
Sekundenzeiger nicht verstellen!	192
Kein Anhalten der Unruh durch das Zeigerwerk	193
Das Beobachten der Sekunde	193
Beobachtungen bei Taschenuhren	193
Der persönliche Fehler	196
Schnell-Abgleichung	196
Standbeobachtungen bei Piezochronometern	197
Aufzeichnungen der Sekunde mit dem Chronographen	198
Das Aufschreiben der Stand- und Gangbeobachtungen	200
Einfache Art der Niederschrift durch Feinsteller	200
Die Anwendung der Vorzeichen bei Stand und Gang	201
Weitere Beobachtungsbeispiele	202
Auswertung der Gangniederschriften	208

2. Ausgleichsunruh und Temperatur-Feinsetzung

Warum Ausgleichsunruh?	211
Die Ausgleichsunruh	211
Der Werkstoff	211
Die Anordnung der Gewichtsschrauben zum Temperatenausgleich	213
Berichtigen des „täglichen Ganges“ nach dem Versetzen der Gewichtsschrauben	215
Einzelheiten über den Temperatenausgleich	216
Kälte und Wärme: Der Wärmeschrank	218
Die Beobachtung in verschiedenen Temperaturen	219
Lackierte Wendelfedern	220
Temperaturbeobachtungen mit Übergangszeit	220

Die Abgleichschrauben	221
Verschieden hohe und schwere Gewichtsschrauben	224
Zu geringer Ausschlag der Unruh-Reifenenden	227
Bequemes Arbeiten an den Gewichtsschrauben	228
Feinsteinstellung des Temperatenausgleiches	228
Arbeiten am Sechronometer	229
Gewichtsmassen der Unruh	229
Erst Temperatenausgleich und dann Isochronismus	232
Wechselwirkung von Temperatenausgleich und Isochronismus	232
Arbeitsfolge bei Taschenuhren	232

3. Sekundärer Fehler

Das Wesen des sekundären Fehlers	233
Die Bedeutung des sekundären Fehlers	234
Gangschwankungen	236
Zwischenfehler	236
Günstigste Lage des sekundären Fehlers	236
Größe des sekundären Fehlers	237
Verringerung des sekundären Fehlers	239
Die Nickelstahl-Unruh für Chronometer	240
Umgekehrter sekundärer Fehler	241
Zusatz-Gewichtsschrauben zur Beseitigung des sekundären Fehlers	241
Verändern der Massen zur Beseitigung des sekundären Fehlers	242
Beseitigung des sekundären Fehlers durch Änderung der Spiralfeder	244
Palladium-Spiralfeder	244
Nickelstahl-Unruh für Taschenuhren	245

Hilfsausgleich

Notwendigkeit und Ausführung	247
Hilfsausgleich	247
Wirkung des Hilfsausgleichs	248
Feinstellung des Hilfsausgleichs	249

5. Nichtaufgeschnittene Unruhen

Spiralfedern aus verschiedenen Legierungen

Uhren für den gewöhnlichen Gebrauch	251
Spiralfedern aus Nickelstahl	251
Die Elinvar-Spiralfeder	252
Unruh mit Temperatur-Zusatzausgleich	252
Elinvar-Spiralfeder mit umgekehrtem Elastizitätsfehler	254
Elinvar-Unruh mit Messingschenkel (Volet-Unruh)	255
Arbeiten nach dem Aufsetzen einer Elinvar-Spiralfeder auf Volet-Unruh	258
Ausgleichswirkung und Gefahren der Volet-Unruh	260
Höherrichten der Volet-Unruh unzulässig	261
Verbiegen des Unruhreifens	263
Flachrichten der Unruh	265
Besondere Eigenschaften und Vorzüge der nichtaufgeschnittenen Unruhen	266
Eine einmetallische Ausgleichsunruh (Straumann-Unruh)	267
Geringere Härte der Elinvar-Spiralfeder	269
Die Nivarox-Spiralfeder	270

Kein Rosten der Nivarox-Spiralfedern	272
Andere Unruhen	272
Unruhen aus Berylliumbronze	273

6. Richten und Abwiegen der aufgeschnittenen Unruh

Das Richten der aufgeschnittenen Unruh	274
Wann wird gerichtet?.....	274
Bewegungsfreiheit des Unruhreifens gegen Schrauben und Massen.....	274
Unruh-Rundlaufzirkel.....	275
Das Flachrichten	277
Das Richten des Schenkels	277
Das Richten des Reifens	280
Richtige Reihenfolge beim Richten einhalten!	281
Das Rundrichten	281
Unruh-Schraubenbank und -Böckchen.....	283
Das Abwiegen der aufgeschnittenen Unruh	285
Unruhreifen nicht ansenken!	285
Abwiegen im Rundlaufzirkel	286
Die Unruhwaage	287
Ausgleichen mit Unterlegscheibchen	288
Erwärmung der Unruh beim Richten und Abwiegen	290

7. Dynamisches Gleichgewicht

Das Gleichgewicht in der Bewegung	291
Das Kippmoment	291
Das Kippmoment bei der unflachlaufenden Unruh	292
Das Ungleichgewicht der unrundlaufenden Unruh	292
Unzulässige Schwächung des Unruhreifens	293

8. Inneres Ende der Spiralfeder

Die Spiralrolle	295
Abmessungen der Spiralrolle	295
Das Querloch	295
Die Form	296
Hilfswerkzeuge zum Abnehmen der Spiralfeder	296
Ausbrechen und Anstecken der Spiralfeder	297
Das Ausbrechen	297
Das Biegen des inneren Endes	299
Das Aufpassen der Spiralrolle.....	300
Halten der Spiralrolle beim Anstecken	300
Der Ansteckstift	301
Das Anstecken der Spiralfeder	303
Zange zum Festdrücken des Ansteckstiftes	306
Das Anstecken von schwachen Armbanduhr-Spiralfedern	308

9. Rund- und Flachrichten der Spiralfeder

Die Art des Beobachtens	310
Die Schallplatte als Beispiel	310
Drehstift ohne Mitnehmer	311
Das Richten der Spiralfeder	312

Das Rundrichten	312
Abstand im ersten Viertel zu groß, Viertelkreis k hat sich geöffnet	312
Richten auf Fliedermark	313
Abstand im ersten Viertel zu klein, Viertelkreis k zu stark gekrümmt	314
Spiralfedernde nicht weit genug in der Rolle	315
Spiralende zu weit in der Rolle	316
Wann läuft die Spiralfeder rund oder unrund?	317
Kleine Zwischenfehler	317
Jeder Fehler im Rundlaufen kann am Viertelkreis k berichtigt werden	318
Das Flachrichten	319
Wann rund- und wann flachrichten?	319
Der Ansteckstift sitzt schief	319
Die Klinge ist am Viertelkreis k verwunden	320
„Drücken“ oder „Heben“ der Klinge	321
Die Spiralrolle muß auf dem Drehstift flach laufen	321
Lagenfehler bei schiefer Verfestigung der Spiralfeder	322
10. Herstellung der Innenkurve	
Das Ausbrechen der Spiralfeder	323
Der Anfangshalbmesser	323
Die Länge der Innenkurve	324
Die Stichmaße m und r	324
Die Lehre m	324
Die Anwendung der Lehre m	326
Das Biegen der Innenkurve	326
Der richtige Anfang	326
Eine Lehre für die Hakenlänge	326
Das Rund- und Flachrichten	328
Bewährte Innenkurven	328
Aufkleben der Kurventafel	329
11. äußeres Ende der Spiralfeder	
Das Zeichnen einer Endkurve	330
Die $\frac{2}{3}$ Kurve, genannt 66er oder 67er Kurve	330
Die 100er Kurve	332
Das Hochbiegen einer Endkurve	332
Die Verstellung der Spiralfeder durch die Knie	332
Das Biegen der Knie und Werkzeuge dazu	334
Die Höhenlage der Endkurve	335
Verwindungen als Folge des Anbiegens der Knie	336
Die Formen der Endkurve	338
Beginn der Endkurve	338
Verkleinerung der Kurvenzeichnung	338
Die Kurvenzangen und das Biegen	339
Gebogene Kurve und Zeichnung müssen genau übereinstimmen	340
Flachliegen der Kurve	340
Hochgezogene Endkurve ohne Knie	341
Die Länge der Endkurve	342
Das Feststecken am Klötzchen	342
Rund- und Flachlegen der Breguet-Spiralfeder in der Uhr	342
Das Altern der Endkurven und der Sechronometer-Wendelfeder	344
Das Erwärmen der Endkurve nach dem Biegen	344
Das Anbiegen der Wendelfeder-Endkurven mit heißen Zangen	344

Erwärmen der mit Endkurven versehenen Spiralfedern in Knochenöl.....	345
Palladium-, Elinvar- und Nivarox-Spiralfedern	346

**12. Lage des inneren Ansteckungspunktes
Länge der Spiralfeder und Aussuchen der Endkurve**

Der innere Ansteckungspunkt.....	347
Durchmesser und Länge der Spiralfeder.....	348
Das Aussuchen der jeweils richtigen Endkurve.....	349
Kurventafeln von <i>Gerstenberger</i>	351
Eine Endkurven-Kaliberplatte aus Dauerglas	353
Kurventafeln von <i>Helwig</i>	354

13. Einfluß der Hemmung im Seechronometer

Was bedeutet die zeitgleiche Schwingung (der „Isochronismus“) des Gangreglers?	356
Grundsätze für die Prüfung der Hemmung beim Seechronometer	357
Die Ruhefeder	357
Abspannen der Zugfeder	357
Prüfung und Berechnung der Ruhe.....	357
Die Standfestigkeit der Ruhefeder.....	358
Zugwirkung und Ruhesicherung	361
Unsicherheit der Ruhe	363
Nachschleifen der Ruhefeder.....	364
Prüfung der Federkraft einer Ruhefeder	366
Die Vorspannung der Ruhefeder	366
Wie muß die Ruhefeder mit Vorspannung aussehen?	366
Spannen der Ruhefeder im kalten Zustand	367
Spannen der Ruhefeder mit Warmevorrichtung in Öl	367
Spannen der Ruhefeder mit erwärmtem Stahl	368
Größe der Ruhefedervorspannung	369
Der Ruhestein muß senkrecht stehen	369
Die Stellung des Hebesteines zum Hemmungsrads, Durchmesser der Hebescheibe	370
Gleicher Abstand des Ein- und Ausgangszahnes	370
Durchmesser der Hebescheibe.....	372
Ungleicher Abstand des Ein- und Ausgangszahnes	372
Scheinbarer Isochronismusfehler	373
Die Länge des Hebesteines und Verschieben der Ruhefeder	373
Umlacken des Hebesteins	373
Verschieben der Ruhefeder durch einen Schlag	374
Verschieben der Unruhewelle wäre besser	374
Andere Wege, den richtigen Abstand der Hemmungsradszähne von der Hebescheibe herbeizuführen	374
Das Hemmungsrads muß völlig rundlaufen	375
Die Auslösung der Ruhefeder	376
Hub der Ruhefeder	376
Hub der Goldfeder	376
Länge der Goldfeder	377
Stellung der Goldfeder	377
Biegen des Fingers der Ruhefeder	378
Anschleifen einer Fläche an dem Ruhfederfinger	378
Biegen der Goldfeder	378

Keine nachträgliche Änderung der Ruhe	379
Richtige Form und Stellung von Ruhfeder- und Goldfederende	379
Die Ruhe darf nicht zu klein sein	380
Der federnde Teil der Goldfeder	380
Die Vorspannung der Goldfeder	380
Schleudern der Ruhfeder	381
Die Auslöserolle	381
Die Drehbarkeit der Auslöserolle	381
Die Einstellung der Auslöserolle	383
Die größte Kraftausbeute	383
Die Einstellung des Abfalles und das „Haltenlassen“	385
Die richtige Stellung des Hebesteins beim Nullpunkt der Unruhstellung	385
Das Verdrehen, Aufsetzen und Abnehmen der Spiralrolle	386
Das Ölen der Hemmung	387
Die Zapfenluft	388

14. Feinstellarbeit an der Wendelfeder

Größe der Wendelfeder, Kurvenform und -länge	389
Die Umgangszahl und der Durchmesser der Wendelfeder	389
Versuche zur Erreichung des Isochronismus	389
Erster Versuch: Die Wendelfeder hat Endkurven nach Phillips	389
Zweiter Versuch: Größe der Fliehkraftwirkung	391
Dritter Versuch: Einfluß des Wendelfeder gewichts	393
Die Wendelfeder soll ein geringes Gewicht haben; ihr Klängenquerschnitt	394
Alte verkürzte Wendelfederkurve	395
Beseitigung der Ursachen der zu langsamen großen Schwingungen	397
Erhöhte Beschleunigung der großen Unruhschwingungen	398
Versteifung eines Drahtes durch seine Krümmung	398
Ungleich gekrümmte Endkurven	399
Geringe Drehbarkeit des Spiralfederklötzchens	400
Eine noch weiter erhöhte Beschleunigung der großen Unruhschwingungen	401
Kurvenänderungen in der Nähe des Anfangshalbmessers	401
Verlängern der Kurve	402
Verkürzen der Kurve	403
Änderung des Abstandes der beiden Ansteckungspunkte der Wendelfeder	403
Wiedervergrößerung des Abstandes der Ansteckungspunkte	403
Wiederverkleinerung des Abstandes der Ansteckungspunkte	404
Einhaltung des Abstandswinkels von 25°	405
Durch Kurvenänderungen ergeben sich Unruhmittellage-Änderungen	405
Das Prüfen der Kurvenform	406
Die heutige Ausführung der Seechronometer-Wendelfeder und ihre Leistung	407
Zusatz einrichtungen zur Erzielung von Isochronismus	408
Die Bedeutung der Steifigkeit der Endkurve	408
Der Endkurvenanschlag zur Beschleunigung der großen Schwingungen	408
Fester Anschlag	408
Federnder Anschlag	409
Einstellbarer federnder Anschlag	409
Die Vetterleinschen Reiter	410
Verschiedene Hilfen zur Erzielung bester Gangleistungen	411
Eine Wendelfeder paßt nicht für jedes Chronometer	411
Kurventafeln für Seechronometer-Wendelfedern	411
Wendelfedern veraltern	412

Vollkommener Isochronismus ist bei tragbaren Uhren nicht erwünscht ...	412
Die Mittellage der Unruh (der Abfall)	413
Verstellen der Mittellage, so daß sich der Hebestein auf den Eingangszahn hin bewegt	413
Verstellen der Mittellage, so daß sich der Hebestein vom Eingangszahn wegbewegt	414
Nur ganz geringe Verstellung der Mittellage	415
Verstellen der Mittellage durch Verziehen der Endkurve	415
Das Altern der Endkurven	416
Temperatenausgleich und Isochronismus	416
Prüfung der Schneckensteigung	416
Schneckensteigung und Isochronismus	417
Auslösewiderstand und Antriebskraft	417
Zugkraft und Laufwerk	418
Schräglagenprüfung der Sechronometer	418
Akzeleration (Zunehmende Beschleunigung)	419
Sechronometer für Sternzeit	420

15. Lagerung der Unruh

Geräusche an den schwingenden Hemmungsteilen, Unruh und Spiralfeder ..	421
Art der Geräusche	421
Geräusche der Hemmungsteile	421
Klingen der Spiralfeder	421
Kratzen der Zapfen	422
Das lauteste Zapfengeräusch bei 5400 Schwingungsbogen	422
Der erste Grund für das Zapfengeräusch	422
Zapfen und Zapfenlager	422
Unrunde Zapfen	422
Warum sind die Zapfen nicht rund?	423
Das Feilen eines Stiftes	423
Das Arbeiten mit dem Zapfenpolierstuhl	423
Das Zapfenpolieren in der Fabrik	424
Feststellung unrunder Zapfen auf der Unruhwaage	425
Durchhängen der Unruhreifenden	425
Herstellung runder Zapfen auf dem Polierstuhl	426
Richtige Auflage der Zapfenpolierfeile beim Polieren	426
Langer und genügend kräftiger Drehbogen beim Polieren	427
Auspolieren des Zapfens	427
Abziehen der Polierfeile auf Silizium-Karbidstein	427
Einwandfreies Lager im Zapfen-Polierstuhl	427
Letzte Politur mit der Abrundfeile	427
Herrichtung der Abrundfeile	428
Mit der Abrundfeile von unten her polieren	429
Im Werkzeug liegende Gefahr	429
Rundes Heft der Abrundfeile	430
Die Zapfenenden der Unruhwellen	430
Zapfenenden beim Sechronometer	430
Zapfenenden bei der Taschenuhr	430
Das Flachsleifen und Formen des Zapfenendes	431
Letzte Vollendung der Zapfenenden	432
Das „Ziehen“ von Unruhzapfen	433
Ein Unruhzapfen hat sich „gestaucht“	433

Das Ziehwerkzeug und seine Anwendung	433
Der Ölhalter am Zapfen	436
Das Öl hält sich gut am gezogenen Zapfen	437
Was Ziehsteine aushalten	437
Die Unruhwelle muß beim Ziehen des Zapfens gedreht werden	437
Warum die Bohrungen der Lochsteine nicht rund sind	438
Eine gute Glättahle muß merklich oval sein	438
Durch das unrunde Loch im Stein wird der Zapfen beim Ziehen rund ..	439
Heutige Bedeutung des Zapfenziehens	439
Der zweite Grund für das Zapfengeräusch	439
Die Ölhaltung	440
Die Steinfassungen	440
Die beste Art der Steinfassung	440
Prüfung der „Deckenluft“	441
Ein Lochstein ist von außen gefaßt	442
Das Öl muß an den Reibungsstellen festgehalten werden	442
Leichte Ölhaltung bei richtiger Lagersteinanlage	442
Schwierigkeiten der Ölhaltung bei ungünstiger Lagersteinanlage ..	443
Eingepreßte Steine	445
Gefahren der Vergoldung für das Öl	445
Gewölbter Einpreßstein	446
Unflach liegender Deckstein	446
Schiefstehende Unruh	447
Genügend Zapfenluft zur Ölhaltung	447
Einige Kunstgriffe	448
Das Prüfen der Zapfenluft	448
Das Abnehmen und Aufsetzen des Unruhklöbens	449
Ölen und Öl	449
Das Ölen des unteren Lagers	449
Das Ölen des oberen Lagers	449
Große Sorgfalt beim Ölen bei flachen Steinen	450
Das Öl	451
Wie lange eine Unruh ölen darf	451
Unterschied zwischen Unruh- und anderen Zapfen	451



16. Einfluß der Ankerhemmung

Die Ruhe	452
Fehler in der Hemmung beeinflussen die Gangleistungen	452
Zuwenig oder zuviel Ruhe	452
Das Maß der Ruhe	453
Das Berichtigen der Ruhe	454
Der Fall der Hemmungsradzähne	457
Das Auffangen des Hemmungsradzahnes	457
Das Zurückprallen des Hemmungsradzahnes	457
Dämpfung des Zurückprallens des Hemmungsrades	458
Das federnde Hemmungstrieb	461
Die Wichtigkeit der Eingriffe	462
Das Schlottern der Gabel	463
Das Zurückprallen der Gabel	463
Dämpfung des Zurückprallens der Gabel	465
Das Kleben der Gabel an den Wegstiften	465
Beweise für das Zurückprallen der Gabel	466

Die Zugwirkung am Anker	471
Feststellungen mit der Zeitlupe	471
Die ungleiche Wirkung des Schlotterns der Gabel	471
Das Gegengewicht der Gabel	472
Zu schwerer Anker in Armbanduhren	473
Federnde Wegstifte	473
Dämpfung durch Ankerradzähne	473
Rückpralldämpfung durch stiftartigen Teil am Anker	475
Dämpfung durch weiche Wegstifte	477
Dämpfung durch verschiedene Stellung der Wegstifte	477
Dämpfung durch Änderung der Massenverteilung	477
Bei einfacheren Uhren Vergrößerung des verlorenen Weges	478
Berichtigung der Zugwirkung	480
Das Nacharbeiten der Ankerradzähne	480
Der Gabeleingriff	482
Das Prüfen des Gabeleingriffs	482
Das Prüfen der Hörnerluft	484
An beiden Gabelecken gleich große Hörnerluft	486
Der Hebelstein muß symmetrisch stehen	486
Zuviel oder zuwenig Hörnerluft	487
Das Verkeilen der Hemmung	489
Ungeschickt gerichtete Gabel	491
Ein verstellbarer unterer Unruhklubben wäre nützlich	492
Zuwenig Feinstellmöglichkeiten am Gabeleingriff	493
Zu weite Gabel	493
Gute Politur des Gabeleinschnittes	494
Eingeschlagene Gabeln	494
Sicherheitsmesser und Rolle	494
Prüfung des Zusammenwirkens	494
Berührung von Messer und Rolle beim Tragen	496
Gute Form des Messers	497
Grat an der Rolle	498
Öl und Stellung	498
Ölen des Ankereingriffs	498
Verbesserte Malteserkreuzstellung	499
Fettigkeit an Gabel und Messer	500

17. Die gehende Uhr

Einfluß des Antriebes	501
Beschleunigung durch den Antrieb vor und Verzögerung durch den Antrieb nach der Mittellage	501
Verringerung des Fehlers durch leichte Hemmungsteile und gute Eingriffe	505
Ungleiche Wirkung der Hemmung auf den Gang bei großen und kleinen Schwingungen	505
Das „Nach“ im Hängen	507
Hängen und Zifferblatt oben sind Hauptlagen	508
Der innere Ansteckungspunkt der Spiralfeder	508
Feinstellung einer guten Ankeruhr	509
„Es ist alles in Ordnung“	509
Gang in 24 Stunden	509
Die Uhr geht im Hängen langsamer als im Liegen	510
Wieder der Einfluß des inneren Ansteckungspunktes der Spiralfeder	511

Die Zapfenreibung	511
Gang in zweimal 12 Stunden	512
Das „Nach“ bei kleinen Schwingungen	513
Kleine Schwingungen von vornherein beschleunigen	514
Ischronismus durch Ausgleich	514
Beseitigung der Fehler an ihrem Sitz	515
Falsche Auffassung über das Phillipssche Gesetz	515

18. Feinstellarbeit an der Spiralfeder

Die Beschleunigung der kleinen Schwingungen	517
Der Lehrsatz	517
Das gleichförmige Arbeiten der Spiralfeder	517
Das einseitige Arbeiten der Spiralfeder	518
Eine Übungsprüfvorrichtung für Endkurven	519
Übungsarbeiten	523
Das Rundrichten der Spiralfeder	523
Die 67er Kurve und ihre Biegeplatte	523
Formänderungen an der 67er Kurve	525
Einseitiges Arbeiten der Spiralfeder	525
Abwanderung des inneren Ansteckungspunktes	532
Nachwirkung der Kurvenänderungen	533
Gesetzmäßigkeit und Erfahrung bei den Kurvenänderungen	533
Keine „Phantasiekurven“ gestalten	535
Die Entwicklungsrichtung der Spiralfeder	537
Formänderungen an der 75er Kurve	538
Kurvenänderungen, bezogen auf die Lage des inneren Ansteckungspunktes	540
Zu schnelle kleine Schwingungen langsamer machen	543
Ischronismus durch Ändern der Endkurve	544

19. Feinstellarbeit an den Rückerstiften

Richtige Stellung der Stifte zur Spiralfederklinge	547
Die kleinen Unruhschwingungen sind zu schnell	547
Richtige Biegung der Stifte	547
Die Rückerstifte müssen aus Messing sein	548
Wirkung der Rückerstiftöffnung	548
Nachteil zu weiter Rückerstifte	549
Kein festes Maß für die Rückerstiftöffnung	549
Hilfswerkzeug zum Berichten der Rückerstiftöffnung	549
Der Rückersteiger ist notwendig	549
Die großen Unruhschwingungen sind zu schnell	550
Ischronismus-Restfehler in unerwünschtem Sinne	550
Festlegen der Klinge am äußeren Rückerstift	550
Wirkung des einseitigen Anliegens der Spiralfederklinge	552
Unterschied der Wirkung zwischen Biegen der Stifte und der Spiralfederklinge	553
Prüfung des Anliegens der Spiralfeder an den Rückerstiften vor dem Zerlegen der Uhr	554
Klebrige Rückerstifte	554

20. Feinstellarbeit an den Unruhzapfen

Einwirkung auf die Schwingungsdauer durch die Form der Zapfenenden ...	556
Vergrößerung der Schwingungen im Liegen	556

Langsames Gehen im Liegen nicht durch Abflachen der Zapfenenden	557
Gangunterschiede zwischen Zifferblatt oben und unten	558

21. Gleichgewicht der schwingenden Unruh

Feststellung des Ungleichgewichtes durch Gangbeobachtungen	560
Nachträglich entstandenes Ungleichgewicht	560
Feststellung des außermittigen Schwerpunktes	561
Beseitigung des „Schwerpunktes“	562
Zylinderuhren und „Schwerpunkt“	563

22. Folgerungen für die Bauart der Uhren

Keine allgemein gute Bauart für große und kleine Uhren	564
Einseitige Entwicklung der Spiralfeder beim Knie und gegenüber dem inneren Ansteckungspunkt	564
Zusätzliche Beschleunigung kleiner Schwingungen durch günstige Hemmung	566
Einfluß der Stellung, die die Ankerhemmung in der Uhr einnimmt	567
Geeignete und weniger geeignete Endkurven	568
Verlegen des inneren Ansteckungspunktes	568
Lineare Vergrößerung oder Verkleinerung ergibt keine gleich gute Leistung	569

23. Die Armbanduhr

Unterschiede und Ähnlichkeit der Feinstellregeln im Vergleich zur Taschenuhr	570
Erhebliches Nachgehen in senkrechten Stellungen	570
Verminderung des Nachgehens in den senkrechten Stellungen	570
Die Breguet-Spiralfeder in der Armbanduhr	572
Flache Spiralfeder bei kleinen Armbanduhr besser	572
Gangunterschiede zwischen den einzelnen senkrechten Stellungen an der Unruh beseitigen	572
Mangelhafter Gang in senkrechten Stellungen durch Übergewicht der Gabel	573
Kein Abzählen der Spiralfeder im üblichen Sinne — Neue Armbanduhr-Unruh erwünscht	573
Innerer Ansteckungspunkt und Hauptlage	574

24. Feinstellarbeit an der Innenkurve

Verformung der Innenkurve	575
Innenkurven nur bei feinsten Uhren	575
Bei Außen- und Innenkurve beliebige Lage des Ansteckungspunktes	575
Versteifung der Innenkurve durch Viertelkreis	575
Unruh ins Gleichgewicht bringen, wenn Gang rundherum verschieden	576
Berichtigen der Innenkurve	577
Verlängerung der Kurve	577
Verkürzung der Kurve	577
Kurve näher an die Rolle heran oder weiter davon ab	578
Seitliche Verschiebung des Kurvenschwerpunktes	578
Keine Verschlechterungen der Form und nur kleine Änderungen bei Innenkurven	579
Innenkurven genau nach <i>Phillips</i>	579
Ungünstige Innenkurvenform und ein Versuch, sie zu erklären	579
Schulbeispiel für eine Innenkurven-Änderung	580

Von der Wirkung einer Kurvenänderung kann man auf andere schließen .	580
Innenkurve nur, wenn Isochronismus „von selbst“ vorhanden ist	581
Innenkurve mit kleinem Viertelkreis	581
Innenkurve ohne Viertelkreis	581
Verstellbares Spiralklötzchen	582
Verstellung des Klötzchens um die Unruhachse um bis zu 360°	582
Restfehler im Unruhgleichgewicht werden durch Restfehler der Innenkurve ausgeglichen	584

25. Der tägliche Gang

Letzte Arbeit: Beseitigung des allgemeinen Vor- oder Nachgehens	585
Abgleichen des täglichen Ganges durch Abgleichschrauben oder Rücker... ..	585
Gang abhängig von den Gewohnheiten des Trägers.....	585
Es gibt nur eine Art, Uhren feinzustellen	586
Versuche und Versuchsreihen	587