

Inhaltsverzeichnis

Vorwort (Prof. Dr. G. Glaser)	11
Einleitung	13
1. Entwicklungsgeschichte automatischer Uhren	15
1. 1. Geschichtliches	15
1. 2. Automaten	16
1. 3. Automatische Taschenuhren	18
1. 4. Automatische Armbanduhren	22
1. 5. Uhrenarten	26
1. 5. 1. Abmessungen	26
1. 5. 2. Anzeige	27
1. 5. 3. Konstruktionsprinzipien	27
1. 6. Abmessungen automatischer Armbanduhren	28
1. 6. 1. Grundlagen	28
1. 6. 2. Entwicklung der Werkdicke	30
1. 6. 3. Kompakte Bauweise	32
1. 6. 4. Füllfaktor	33
2. Funktionsschema automatischer Uhren	34
2. 1. Energiequellen	35
2. 1. 1. Fingerbewegungen	37
2. 1. 2. Armbewegungen	38
2. 1. 2. 1. Armbeschleunigungen	39
2. 2. Energiewandler	41
2. 2. 1. Handaufzug	41
2. 2. 2. Aufnehmer	42
2. 2. 3. Mechanische Gleichrichter	45
2. 2. 4. Getriebe zwischen Aufnehmer und Federwelle	49
2. 3. Trennung zwischen Handaufzug und automatischem Aufzug	50
2. 4. Energiespeicher	53
2. 4. 1. Triebfeder	53
2. 5. Sicherheitskupplungen	58
2. 5. 1. Rutschkupplung im Federhaus	59
2. 5. 1. 1. Lebensdauer von Rutschkupplungen	62
2. 5. 2. Rutschkupplungen im Getriebe	64
2. 5. 3. Steuerung der Aufzugsleistung	64
2. 6. Motor	64
2. 7. Räderwerk	65
2. 8. Steuerung	65
2. 9. Zeitnormal	66

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

www.uhrenliteratur.de

3. Die Anzeige	68
3.1. Zeiger und Zeigerstellmechanismen	68
3.2. Datum und Tag	69
3.3. Gangreserveanzeiger	69
4. Bauformen und Anwendungsbeispiele	70
4.1. Aufnehmerarten	71
4.2. Aufnehmergestaltung	72
4.3. Lage des automatischen Aufzuges im Uhrwerk	73
4.4. Lager für Rotore	74
4.4.1. Einseitig befestigte feststehende Welle u. drehende Gleitlager	75
4.4.2. Drehende Welle und feststehende Gleitlager	76
4.4.3. Verschraubte Gleitlager	76
4.4.4. Kugellager	76
4.5. Mechanische Gleichrichter	78
4.5.1. Kurvengetriebe	79
4.5.2. Getriebe mit zwei beweglichen Stirnrädern	80
4.5.3. Getriebe mit einem beweglichen Stirnrad	80
4.5.4. Getriebe mit Freiläufen	81
4.5.5. Differentialgetriebe	82
4.6. Freilaufkupplungen	82
4.6.1. Radial wirkende Zahnrichtgesperre	83
4.6.1.1. Sperrklinke steht unter Federdruck	83
4.6.1.2. Federlose Sperrklinken	84
4.6.1.3. Rotierendes Zahnrichtgesperr	85
4.6.2. Axial wirkende Zahnrichtgesperre	86
4.6.3. Radial wirkende Klemmrichtkörper	86
4.6.3.1. Mit gemeinsam angefederten Klemmkörpern	86
4.6.3.2. Mit einzeln angefederten Klemmkörpern	86
4.6.3.3. Federnde Klemmkörper	86
4.6.3.4. Federlose Klemmkörper	86
4.6.4. Radial wirkende Wälzkörperrichtgesperre	87
4.6.4.1. Mit Klemmkugeln	87
4.6.4.2. Mit Klemmrollen	87
4.6.5. Reibgesperre	88
4.7. Rutschkupplungen	88
4.7.1. Im Federhaus	88
4.7.2. Auf dem Sperrrad	89
4.7.3. Im Getriebe	90
4.7.4. Auf der Rotorwelle	90

4. 8.	Beschränkung des Aufzuges	90
4. 8. 1.	Abfangen des Aufnehmers	91
4. 8. 2.	Unterbruch im Getriebe	91
4. 8. 3.	Druckausgleich	92
4. 8. 4.	Variator im Getriebe	92
4. 9.	Trennung zwischen Handaufzug und automatischem Aufzug	92
4. 9. 1.	Zwei Sperräder	93
4. 9. 2.	Ausschwenkbare Räder	93
4. 9. 3.	Mit Planetengetriebe	93
5.	Berechnungsgrundlagen	94
5. 1.	Bezeichnungen	94
5. 2.	Der Rotor	96
5. 2. 1.	Statisches Moment	97
5. 2. 2.	Gewicht	97
5. 2. 3.	Schwerpunktabstand	97
5. 2. 4.	Trägheitsmoment	101
5. 2. 5.	Abschrägung	101
5. 2. 6.	Numerische Berechnung von Rotoren	101
5. 2. 7.	Berücksichtigung der Fräserbreite	106
5. 3.	Gestaltung des Aufnehmers	107
5. 3. 1.	Statisches Moment eines stülzigen Aufnehmers	107
5. 3. 2.	Optimale Formgebung des Aufnehmers	109
5. 4.	Abstimmung des Rotors auf die Triebfeder	113
5. 4. 1.	Optimale Abstimmung	113
5. 5.	Öffnungswinkel 2β	114
5. 6.	Totwinkel ω	114
5. 7.	Aufzugswirkung	115
5. 8.	Konstruktionsdaten	116
6.	Leistungsprüfungen automatischer Aufzüge	118
6. 1.	Aufzugsgeschwindigkeit	119
6. 1. 1.	Beziehung zwischen täglicher Wachstumsrate Δt_r und Aufzugsgeschwindigkeit v	121
6. 2.	Trageprüfungen	123
6. 3.	Mechanische Prüfungen	124
6. 3. 1.	Lageaufzug	126
6. 3. 2.	Beschleunigungsaufzug	128
6. 4.	Wirkungsgrad automatischer Getriebe	129
6. 5.	Der automatische Aufzug im Gebrauch	131

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

7. Schrifttum	133
7.1. Bücher	133
7.2. Aufsätze (Zeitschriften)	133
7.3. Jahrbücher der Gesellschaften für Chronometrie	135
7.4. Firmenschriften	136
7.5. Patentschriftenverzeichnis	136
7.5.1. Gangreserveanzeiger	136
7.5.2. Aufnehmer	137
7.5.2.1. Aufnehmerarten	137
7.5.2.2. Aufnehmergestaltung	137
7.5.3. Lage des automatischen Aufzuges im Uhrwerk	138
7.5.4. Rotorlagerung	138
7.5.4.1. Kugellager	138
7.5.4.2. Schraube als Lagerteil	139
7.5.4.3. Feststehende Welle und drehende Gleitlager	139
7.5.4.4. Drehende Welle und feststehende Gleitlager	139
7.5.4.5. Rotor am Gehäuseboden gelagert	139
7.5.5. Mechanische Gleichrichter	139
7.5.5.1. Für Schwingmassen	139
7.5.5.2. Für Rotore: Mit Klinke und Hebel	139
7.5.5.3. Für Rotore: Mit zwei beweglichen Stirnrädern	140
7.5.5.4. Für Rotore: Mit einem beweglichen Stirnrad	141
7.5.5.5. Für Rotore: Mit Freiläufen	142
7.5.5.6. Für Rotore: Mit Exzenterantrieb	142
7.5.6. Freilaufkupplungen	143
7.5.6.1. Radial wirkende Zahnrichtgesperre	143
7.5.6.2. Axial wirkende Zahnrichtgesperre	144
7.5.6.3. Radial wirkende Klemmkörper	144
7.5.6.4. Radial wirkende Wälzkörper	145
7.5.6.5. Reibgesperre	146
7.5.7. Rutschkupplungen	146
7.5.7.1. Im Federhaus	146
7.5.7.2. Auf dem Sperrad	146
7.5.7.3. Im Getriebe	146
7.5.7.4. Auf der Rotorwelle	146
7.5.8. Beschränkung der Aufzugsleistung	147
7.5.8.1. Abfangen des Aufnehmers durch einen beweglichen Arm	147
7.5.8.2. Unterbruch im Getriebe zwischen Rotor und Triebfeder	147
7.5.8.3. Änderung der Übersetzung	148

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

7. 5. 9. Trennung zwischen Handaufzug und automatischem Aufzug	148
7. 5. 9. 1. Mit Freiläufen im automatischen Getriebe	148
7. 5. 9. 2. Freiläufe auf Sperrad	148
7. 5. 9. 3. Ausschwenken eines Rades im automatischen Aufzug	148
7. 5. 9. 4. Ausschwenken eines Rades im Handaufzug	148
7. 5. 9. 5. Ausschwenken von zwei Rädern	149
7. 5. 9. 6. Ausschalten des Handaufzuges	149
7. 5. 9. 7. Planetengetriebe	149
8. Sachverzeichnis	150

© www.uhrenliteratur.de

Die Kombination aller aufgeführten Möglichkeiten zeigt, mit welcher großen Zahl verschiedener Ausführungen wir es zu tun haben. So können sich für einen Uhrentyp beispielsweise folgende gebräuchlichen Varianten ergeben:

Automatische Uhr mit Handaufzug, Stunden- und Minutenzeiger	AUT
Mit Zentralsekunde	AUT-SC
Mit Datumanzeige in einem Fenster	AUT-SC-QG
Mit Wochentag in einem Fenster	AUT-SC-QG-JG
Mit schneller Datumeinstellung	AUT-SC-QG-JG-RDR

Wie wir bereits gezeigt haben (Abbildung 2) hat Breguet seine automatische Taschenuhren mit einer Reihe zusätzlicher Komplikationen ausgerüstet. In moderner Zeit werden automatische Armbanduhren mit

Alarmvorrichtung-Wecker	AUT-REV
Kurzzeitmessung-Chronograph	AUT-CHR

ausgerüstet.

1. 6. Abmessungen automatischer Armbanduhren

1. 6. 1. Grundlagen

Die Uhr ist nicht nur ein Zeitmeßgerät, sondern gleichzeitig ein Schmuckstück. Die Ganggenauigkeit bestimmt die notwendige Energie und steht deshalb mit dem Volumen des Uhrwerks in enger Beziehung.

Der Wunsch nach flachen, dünnen Uhren ist so alt, wie die Uhrentechnik und macht vor keiner Uhrenart halt. Der zusätzliche Platzbedarf des automatischen Aufzuges erschwerte die Entwicklung flacher automatischer Uhren. Es waren dreißig Jahre nötig, um diesen Uhrentyp ebenso präzise, solid, funktionssicher und elegant zu bauen wie die Uhr mit Handaufzug.

Nimmt man das Uhrwerk als Zylinder, so besteht zwischen Werkdurchmesser D , Werkhöhe H und Werkvolumen V_z folgende Beziehung

$$\text{©} \quad V_z = H \frac{D^2 \pi}{4} \quad (1. 1.)$$

In Abbildung 4 ist diese theoretische Beziehung wiedergegeben, wobei das Volumen als Parameter in mm^3 aufgezeichnet ist.

Uhrwerke haben aus ästhetischen Gründen, sowohl auf der Zifferblattseite, wie auf der Werkseite (Rotor) eine mehr oder weniger starke Abschrägung. Bezeichnet man das Volumen des abgeschrägten Werkes mit V_a , so gilt bei automatischen Uhren erfahrungsgemäß folgende Beziehung:

Größte Abschrägung	$V_a = 0,8 \quad V_z$
Häufigste Werte	$V_a = 0,9 \quad V_z$
Kleinste Abschrägung	$V_a = 0,98 \quad V_z$

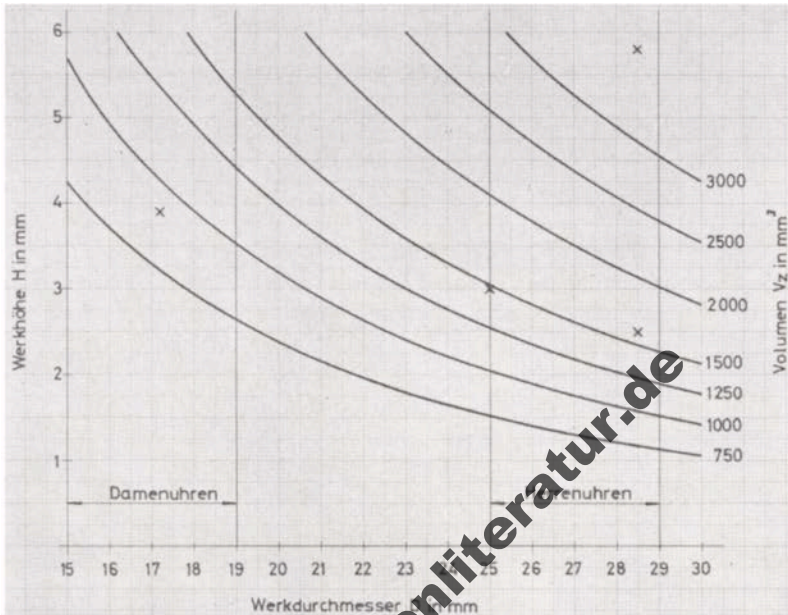


Abbildung 4: Beziehung zwischen Werkdurchmesser D, Werkhöhe H und Volumen Vz des entsprechenden Zylinders ohne Abschrägung.

In Abbildung 4 sind durch Kreuze einige praktisch ausgeführte Uhrwerke eingezeichnet, und zwar ausgehend vom Werkdurchmesser D und der Werkhöhe H. Das abgeschrägte Werk D = 25 mm und H = 3 mm hat ein Volumen $V_a = 1440 \text{ mm}^3$.

Der Zylinder $D = 25 \text{ mm}$ und $H = 3 \text{ mm}$ hat ein Volumen $V_z = 1473 \text{ mm}^3$.
Somit

$$\frac{V_a}{V_z} = 0,96 \quad (1.2.)$$

Mit anderen Worten verkleinert die Abschrägung das Werkvolumen um 4%.

Abbildung 4 zeigt wie bei gegebenen Volumen mit größerem Werkdurchmesser immer flachere Uhren gebaut werden können. In einer besonders schwierigen Lage befindet sich die Damenuhr. Für Werkdurchmesser kleiner als 19 mm dürfen bei üblicher Bauart kaum einmal automatische Uhren dünner als 3 mm erwartet werden. Selbst wenn man bei Herrenuhren auf das Volu-

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

men von 1000 mm³ heruntergehen würde, sind Uhrwerke dünner als 1,5 mm nicht zu erwarten.

Für die Ästhetik der Uhr ist die Werkdicke ausschlaggebend. Um bei möglichst großem Volumen eine geringe Werkdicke anzustreben, ist auf Grund von Abbildung 4 ein großer Werkdurchmesser Voraussetzung. Für die Gangleistungen und den Preis der Uhr stellt das Volumen eine wesentliche Bestimmungsgröße dar.

1.6.2. *Entwicklung der Werkdicke*

In der Werbung wird häufig von der flachsten Uhr der Welt gesprochen. Eine Untersuchung über die Werkdicke muß die verschiedenen Bauweisen trennen. In den Abbildungen 5 und 6 haben wir die vier hauptsächlichsten Typen herausgegriffen, welche sind:

- AUT Automatische Uhr mit Handaufzug, Stunden- und Minutenzeiger
- AUT-SC wie oben plus Zentralsekunde
- AUT-QG wie AUT plus Datumangabe in einem Fenster
- AUT-SC-QG wie AUT-SC plus Datumangabe in einem Fenster

Wir haben jeweils die uns bekannte dünnste Uhr in ihrem Erscheinungsjahr aufgeführt. Da sich der Ausstoß der ersten Serie oft über zwei Jahre erstreckt, ist es häufig schwierig, das Erscheinungsjahr exakt zu bestimmen.

Selbstverständlich kommen auch laufend neue automatische Kaliber auf den Markt, die um etliches dicker sein können, als die von uns als die dünnsten erachteten Uhrwerke.

Abbildung 5 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Werkdicke automatischer Herrenuhren. Bis ins Jahr 1956 waren automatische Uhren allgemein dicker als 5,5 mm und konnten gegenüber Uhren mit Handaufzug ohne weiteres erkannt werden. In den Jahren 1956/1957 gelang dann ein wesentlicher Einbruch in diese seit den Dreißigerjahren bestehende Tradition. Durch besondere Konstruktion konnten Uhren mit im Zentrum des Uhrwerkes gelagertem Rotor (Eterna, Abbildung 21) gegenüber früher um 1,2 mm dünner gemacht werden. Gleichzeitig gelang es, den Rotor überhaupt in der Werkdicke unterzubringen (BUREN, Abbildung 20) und die Werkdicke auf 4,2 mm zu reduzieren. Schließlich wurde für die Uhr mit Zentralsekunde 1962 die Werkdicke auf 3,6 und 1965 auf 3,15 mm reduziert. Diese extraflache Bauweise, welche 1965 auch für Uhren mit Datumangabe eine Werkdicke von 3,6 mm erreichte, war nur durch Auswertung der mit früheren Modellen gesammelten Erfahrungen möglich.

Neben den klassischen Uhrenarten gewinnen nach 1960 auch Sonderausführungen an Interesse. So 1962 eine automatische Uhr ohne Sekundenzeiger

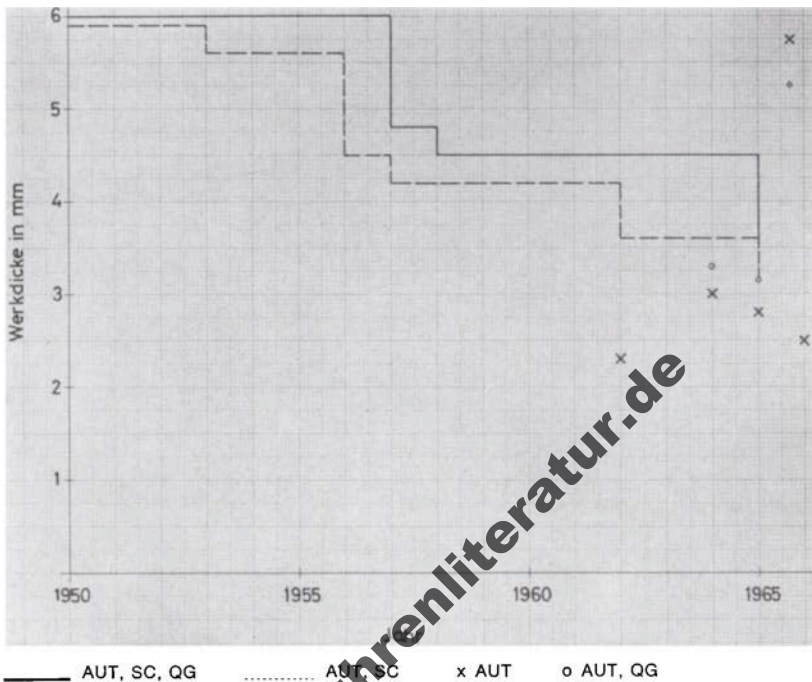


Abbildung 5: Entwicklung der Werkdicke automatischer Herrenuhren.
Werkdurchmesser größer als 25 mm.

von 2,3 mm Werkdicke (Piaget) und 1966 eine solche von 2,5 mm Dicke (Universal). Dabei ist zu unterstreichen, daß bei beiden der Rotor ins Uhrwerk eingebettet ist.

In bezug auf die Werkdicke automatischer Herrenuhren unterscheidet man somit drei Entwicklungsstufen. Bis 1956 sind automatische Uhren allgemein dick, zwischen 1956 und 1965 haben die flachsten etwa die Dicke einer gewöhnlichen Uhr mit Handaufzug, ab 1962 gibt es extraflache automatische Herrenuhren.

Bei der automatischen Damenuhr (Abbildung 6) verlief die Entwicklung weniger stürmisch. Die flachere Bauweise gelang erst in den letzten Jahren. Dabei ist das elegante Aussehen der Damenuhr von großer Bedeutung und man darf erwarten, daß sich die automatische Damenuhr durchsetzen wird, sobald sie äußerlich nicht mehr als solche zu erkennen ist. Mit 3,9 mm Werkdicke ist

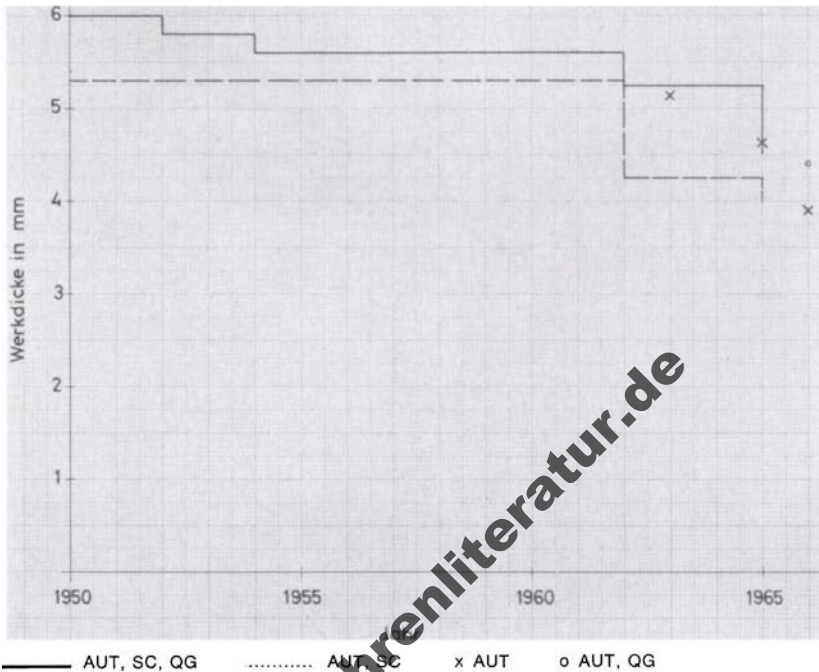


Abbildung 6: Entwicklung der Werkdicke automatischer Damenuhren.
Werkdurchmesser kleiner als 19 mm.

dieses Ziel 1966 von BUREN mit einer Uhr ohne Sekundenzeiger erreicht worden. Da die meisten Damenuhren keinen Sekundenzeiger haben, war es gegeben, einmal diesen Weg zu beschreiten und automatische Damenuhren nicht nur als Sportuhren, sondern auch als Gebrauchsuhren mit kleinerem Werkdurchmesser zu schaffen (Abb. 7).

1.6.3. Kompakte Bauweise

Fragt man nach den Gründen, welche eine flache Bauweise erlauben, so sind die Fortschritte der Fertigungstechnik neben der Konzeption sicher an erster Stelle zu nennen. Der größere Wirkungsgrad der automatischen Aufzüge und die Verwendung von Schwermetall für den Rotor erlaubten weitere Einsparungen an Volumen.

Bedenkt man, daß ein automatisches Uhrwerk 150 bis 180 Bestandteile enthält, so kann man ermessen, welche Probleme sich dem Konstrukteur und Fer-

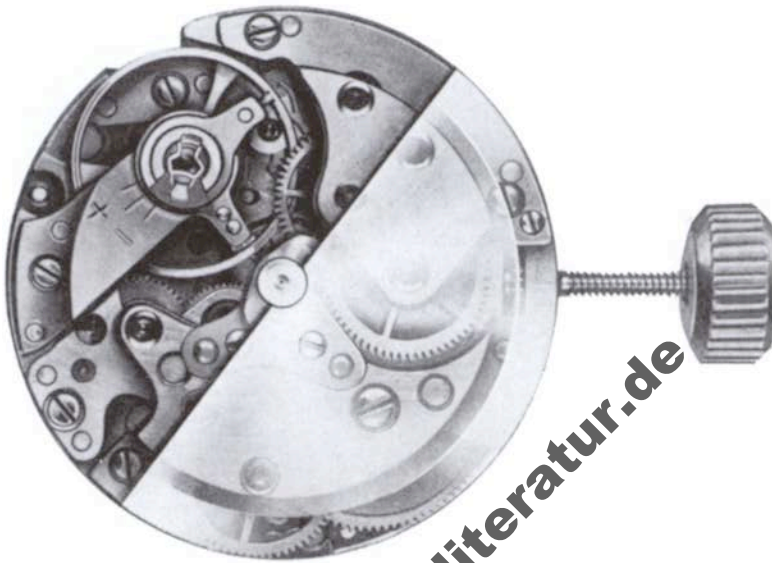


Abbildung 7: Uhrwerk mit Zentralrotor für automatische Damenuhr. Das Getriebe für den automatischen Aufzug ist im Uhrwerk versenkt untergebracht.
Kaliber 04 – 06 Büren. Werkdurchmesser $D = 17,2$ mm. Werkhöhe $H = 3,9$ mm.

tigungstechniker stellen. Die automatische Uhr bringt zum Ausdruck, was die Uhrentechnik im Gebiet der Miniaturisierung geleistet hat. Welcher Grad beispielsweise die Raumausschüttung erreicht hat, soll kurz gezeigt werden.

1. 6. 4. Füllfaktor

Wir bezeichnen den durch das Uhrwerk versperrten Raum als V_a und meinen damit das durch die Hülllinie bestimmte Hüllvolumen.

Das Materialvolumen V_m bestimmen wir durch Wägen des Uhrwerkes in Luft und in Wasser. Bezeichnet m_o die Masse des Körpers in Luft und m_p die Masse in Wasser, so ist die Masse des verdrängten Wassers

$$m_w = m_o - m_p \quad (1.3)$$

Die Dichte ρ_w des Wassers bei einer bestimmten Temperatur ist gegeben durch

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_m} \quad (1.4)$$