

**Kurt Jäger**

## **Werkstatterfahrungen – Uhreninstandsetzung**

© CD: korrigierte u. leicht überarbeitete Neuauflage:  
Michael Stern, Berlin 2002, alle Rechte  
Historische Uhrbücher

mit freundlicher Genehmigung  
durch Frau Magna Jäger

nach dem Original von Kurt Jäger,  
VEB Verlag Technik, Berlin DDR 1972,  
Einbandgestaltung: Kurt Beckert,  
Graphische Illustration: Fritz Hampel



Kurt Jäger

Werkstatterfahrungen  
**Uhreninstandsetzung**

überarbeitete Neuauflage  
**Michael Stern**

**Historische Uhrenbücher**



## **Vorwort**

Das Buch ist für Fortgeschrittene geschrieben, da die meisten Hinweise erst nach Erwerb einer gewissen Erfahrung mit Nutzen verwertet werden können. Es enthält Angaben über die Kleinmechanisierung und soll ein Leitfadens zum rationellen Arbeiten und zum Bessermachen sein; kurz: Es enthält Erfahrungen aus der Praxis für die Praxis.

Die Anwendung leistungsfähiger Maschinen, Geräte, Einrichtungen und Werkzeuge wird beschrieben. Zahlreiche Beispiele geben dem Leser Anregung für besondere Werkzeuge oder Einrichtungen, die er sich selbst herstellen kann. An mehreren Beispielen wird gezeigt, wie eine Uhrmacherwerkstatt rationell eingerichtet werden kann, so dass, je nach den Erfordernissen und Umständen, die Einrichtungen, Maschinen und Geräte voll ausgelastet sind.

Das Buch enthält außerdem eine Beschreibung des Drehens mit dem Kreuzschlitten. Dabei werden Erfahrungen vermittelt, die aus der Dreherei des Maschinenbaus übernommen und für das Drehen des Uhrmachers entsprechend abgewandelt oder neu entwickelt wurden. Im Zusammenhang damit sind die Winkel an den Schneiden der Drehmeißel, deren Form, die zulässigen Schnittgeschwindigkeiten für ungehärteten und blauharten Stahl und die Härte der Drehmeißel ermittelt und festgelegt worden.

Schließlich werden Anleitungen zur Anfertigung von Drehmeißeln und Bohrern gegeben, die zum Bearbeiten von blauhartem Stahl und ungehärteten Werkstoffen geeignet sind. Dabei wird ein besonderes Härten geeigneter Werkzeugstähle beschrieben.

Für die Bearbeitung des Buches und die liebenswürdige Unterstützung bin ich Herrn Dr. Vilkner, Stralsund, und einer Reihe von Fachkollegen zu Dank verpflichtet.

Den Leser begleiten meine besten Wünsche zum Erfolg beim Studium dieser Zeilen.

Aue, September 1972

Kurt Jäger

## **Vorwort zu CD-Version**

In dieser korrigierten Fassung sind einige kleine Fehler ausgemerzt worden und die neue deutsche Rechtschreibung kommt in gemäßigter Form zu Anwendung. Kleinere Kürzungen und Änderungen im Sprachgebrauch wurden vorgenommen, damit es keine Widersprüche zur heutigen Zeit gibt. Das Buch gibt aber nach wie vor den technologischen Stand von 1972 wieder. Dies ist allerdings kein großes Problem, da es auf dem Sektor der Uhrmacherwerkzeuge und -maschinen kaum Veränderungen gab. Und die alten Maschinen verrichten ohnehin noch immer klaglos ihren Dienst. Hauptsächlich betroffen ist die „Zeitwaage“ - diese arbeitet heute vollkommen elektronisch und bietet viele Auswertungshilfen. Aber das „Lesenkönnen“ eines Zeitwaagediagramms ist nach wie vor unumgänglich.

Berlin, November 2002

Michael Stern



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Empfehlungen für die rationelle Einrichtung einer Uhrmacherwerkstatt</b> .....	11
1.1. Größe und Aufteilung des Raums.....	11
1.2. Farbgestaltung und Arbeitsfreude.....	11
1.3. Zweckmäßige Lichtführung.....	11
1.3.1. Fenster.....	11
1.3.2. Künstliche Beleuchtung.....	12
1.4. Heizung des Raums.....	12
1.5. Anordnung der Plätze für manuelle Arbeiten.....	12
1.6. Aufstellung der Maschinen und Prüfmittel.....	14
<b>2. Empfehlungen zur Entwicklung und zum Einsatz Maschinen und Prüfgeräten</b> .....	15
2.1. Antriebe für die Uhrmacherdrehmaschine.....	15
2.1.1. Antriebsmotoren, ihre Pflege und Wartung.....	15
2.1.2. Riemenvorgelege.....	16
2.1.3. Stufenlos verstellbares Reibradgetriebe.....	17
2.2. Pflege- und Wartungshinweise für die Uhrmacherdrehmaschine.....	18
2.3. Rationalisierungsmittel und Vorrichtungen zur Arbeit an der Drehmaschine.....	20
2.3.1. Vieldrehmeißelhalter.....	20
2.3.2. Abstechmeißelhalter.....	20
2.3.3. Höhengschlitten.....	21
2.3.4. Winkelstück zum Umspannen des Kreuzschlittens.....	21
2.3.5. Handstückhalter.....	22
2.3.6. Einstellbare Lünette.....	23
2.4. Zapfenrolliermaschine.....	24
2.4.1. Beschreibung des Aufbaus.....	24
2.4.2. Erläuterung der Wirkungsweise.....	25
2.4.3. Einsatzbeispiele.....	25
2.4.4. Pflege- und Wartungshinweise.....	26
2.5. Metallkreissäge.....	26
2.6. Zur Arbeit mit der Zeitwaage.....	26
2.6.1. Beschreibung des Aufbaus.....	28
2.6.2. Erläuterung der Wirkungsweise.....	29
2.6.3. Einsatzbeispiele.....	30
2.6.3.1. Aufnahme von Impulsen.....	30
2.6.3.2. Messen der Amplitude der Unruh.....	31
2.6.3.3. Prüfen von Hemmungen.....	32
2.6.3.4. Messen des Isochronismusfehlers.....	33
2.6.3.5. Messen des Temperaturfehlers.....	33
2.6.4. Erfahrungen aus dem Einsatz der Zeitwaage.....	34

2.6.4.1. Vor- oder Nachgangkorrektur.....	34
2.6.4.2. Abfallfehlerbeseitigung.....	37
2.6.4.3. Hemmungsfehlerbeseitigung.....	37
2.6.4.4. Beseitigen von Fehlern im Räderwerk.....	39
2.6.4.5. Hinweise zur Reihenfolge der Fehlersuche.....	39
2.6.5. Pflege- und Wartungshinweise.....	40
2.7. Prüfgerät für Armbanduhren (künstlicher Arm).....	41
2.7.1. Beschreibung des Aufbaus.....	41
2.7.2. Erläuterung der Wirkungsweise.....	41
2.7.3. Prüfgerät mit mehreren Armen.....	42
2.7.4. Pflege- und Wartungshinweise.....	42
2.8. Reinigungsmaschine für Kleinuhren.....	43
2.8.1. Beschreibung des Aufbaus.....	43
2.8.2. Erläuterung der Wirkungsweise.....	43
2.8.3. Hinweise zum Einsatz.....	44
2.8.4. Pflege- und Wartungshinweise.....	44
<b>3. Rationalisierungsmittel und Vorrichtungen für manuelle Arbeit.....</b>	<b>46</b>
3.1. Heft zum Aufziehen und Schrauben.....	46
3.2. Steckschlüssel.....	46
3.3. Großuhrschlüssel.....	47
3.4. Haltewerkzeuge für Schlitzschrauben.....	48
3.5. Hilfsmittel zum Schleifen.....	49
3.6. Rundlaufzirkel.....	50
3.7. Werkzeug zum Ordnen von Hemmungen.....	51
3.8. Unterleger zum Aufsetzen von Spiralen.....	51
3.9. Zapfenrichtpinzette.....	52
3.10. Zeigerzange.....	53
3.11. Werkzeuge zum Befestigen von Uhrenbändern.....	53
3.12. Punzen zum Aufsetzen von Minutenzeigern.....	54
3.13. Punzen für Spezialarbeiten.....	54
3.14. Nietbank.....	55
3.15. Werkplattenamboß.....	56
3.16. Einsatzmöglichkeiten der Bügelmessschraube.....	57
3.17. Vorspannwerkzeuge für runde Uhrengläser.....	57
3.18. Vorrichtung zum Mechanisieren des Aufziehens.....	61
3.19. Mechanisiertes Polieren.....	61
3.20. Vorrichtung zum Aufreiben und Einpressen von KWM-Lagern.....	62
3.21. Vorrichtung zum Führen von Reibahlen.....	63
3.22. Bohrlehren für Werkplatten.....	64
3.23. Spitzbohrer mit gekürzter Querschneide.....	64
3.24. Bohrer ohne Querschneide.....	66

<b>4.</b>	<b>Entwicklung von Arbeitshilfen für den Arbeitsplatz</b> .....	68
4.1.	Arbeitsplatte.....	68
4.2.	Aufnahmeteller für Armbanduhrgehäuse.....	68
4.3.	Serienreparaturgerät für Armbanduhren.....	68
4.4.	Serienreparaturgerät für Wecker.....	71
4.5.	Injektionsspritzen als Schmiermittelgeber.....	72
<b>5.</b>	<b>Entwicklung von Arbeitshilfen zur Lagerung von Werkzeugen Ersatzteilen und Uhren</b> .....	73
5.1.	Regale .....	73
5.2.	Konsolen.....	73
5.3.	Roste.....	74
5.4.	Förderband.....	74
5.5.	Kennzeichnung von Behältern durch Farbe, Bilder, Text.....	75
<b>6.</b>	<b>Empfehlungen zum Drehen mit Hilfe des Kreuzschlittens</b> .....	76
6.1.	Erfahrungswerte für Schnittgeschwindigkeiten an blauhartem Stahl und anderen Werkstoffen.....	76
6.2.	Geeignete Formgebung an Drehmeißeln, Anwendungsbeispiele.....	78
6.2.1.	Seitenmeißel.....	78
6.2.2.	Schlichtmeißel.....	79
6.2.3.	Stechmeißel, Bohrmeißel.....	81
6.3.	Drehmeißel-Werkstoffe.....	81
6.3.1.	Auswählen und Prüfen.....	81
6.3.2.	Eigenschaften und Einsatz.....	82
6.3.2.1.	In Wasser härtpbarer Stahl.....	82
6.3.2.2.	Schnellarbeitsstahl.....	82
6.3.2.3.	Hartmetall.....	82
6.4.	Anfertigen von Drehmeißeln.....	83
6.4.1.	Anfertigen des Rohlings.....	83
6.4.2.	Härten und Entspannen.....	84
6.4.3.	Schleifen des Drehmeißels.....	87
6.4.3.1.	Empfehlungen zu den Schneidenwinkeln.....	87
6.4.3.2.	Schleifen des Rohlings.....	87
6.4.3.3.	Schleifen der Schneide an Werkzeugstahl-Drehmeißeln.....	88
6.4.3.4.	Schleifen und Läppen von Drehmeißelschneiden aus Hartmetall.....	89
6.4.4.	Erproben der Drehmeißel an ungehärteten und gehärteten Werkstoffen.....	90
6.5.	Beispiele für Fertigungs- und Instandsetzungsarbeiten.....	91
6.5.1.	Herstellen einer Unruhwellen aus blauhartem Stahl.....	91
6.5.1.1.	Auswählen und Härten des Werkstoffs.....	91
6.5.1.2.	Arbeitsstufen.....	92
6.5.2.	Herstellen einer Aufzugwellen aus ungehärtetem Stahl.....	96
6.5.2.1.	Auswählen und Prüfen des Werkstoffes.....	96
6.5.2.2.	Arbeitsstufen.....	96

6.5.3.	Herstellen einer Federwelle.....	99
6.5.3.1.	Auswählen und Prüfen des Werkstoffs.....	99
6.5.3.2.	Arbeitsstufen.....	99
6.5.4.	Drehen von Trieben.....	107
6.5.4.1.	Werkstoff und Form der Drehmeißel.....	107
6.5.4.2.	Empfehlungen für das Einspannen der Triebe.....	108
6.5.5.	Ersetzen von Zapfen.....	108
6.5.5.1.	Allgemeine Grundsätze.....	108
6.5.5.2.	Arbeitsstufen beim Ersetzen des Zapfens einer Festminutenwelle.....	108
6.5.6.	Empfehlungen für das Seriidrehen.....	111
6.5.6.1.	Allgemeine Grundsätze.....	111
6.5.6.2.	Drehmeißel für das Seriidrehen.....	112
6.5.6.3.	Einstellen der Drehmeißel.....	113
6.5.6.4.	Arbeitsstufen beim Drehen eines Ansatzteiles.....	113
6.5.6.5.	Arbeitsstufen beim Drehen einer Aufzugwelle.....	114
<b>7.</b>	<b>Empfehlungen zur Auswahl, Prüfung und Behandlung von Werkstoffen für Uhrenteile.....</b>	<b>118</b>
7.1.	Auswählen und Prüfen von Messing.....	118
7.2.	Ursachen und Verhinderung des „Wachsens“ von Messing.....	119
7.3.	Berücksichtigen der Erscheinung des Alterns von Werkstoffen.....	119
7.4.	Ursache und Verhinderung des Zugfederbruchs.....	122
7.4.	Ursache und Verhinderung des Zapfenbruchs.....	123
<b>8.</b>	<b>Empfehlungen für das Organisieren der Werkstattarbeit.....</b>	<b>124</b>
8.1.	Einzelreparatur.....	124
8.2.	Serienreparatur.....	128
8.2.1.	Einsatzbedingungen.....	128
8.2.2.	Arbeitsorganisation und Einsatz von Geräten.....	128
8.3.	Gruppenreparatur.....	132
8.3.1.	Einsatz von Transportmitteln.....	132
8.3.2.	Arbeitsorganisation.....	132
<b>9.</b>	<b>Organisationshilfsmittel.....</b>	<b>134</b>
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis.....</b>	<b>137</b>
	<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>138</b>

# **1. Empfehlungen für die rationelle Einrichtung einer Uhrmacherwerkstatt**

## **1.1 Größe und Aufteilung des Raums**

Für eine moderne Uhrmacherwerkstatt ist eine ausreichende Fläche erforderlich; denn in ihr steht der Mensch mit seiner Arbeit als Mittelpunkt. Zu geringe Bewegungsfreiheit erzeugt Unbehagen und mindert die Leistungsvoraussetzungen. Die im Verhältnis zum repräsentativen Laden viel zu kleine Uhrmacherwerkstatt, die in vergangenen Zeiten häufig wegen des Kundendienstes eingerichtet wurde, ist den Anforderungen nicht mehr gewachsen. Einen Teil eines großen Ladens zur Erweiterung der Werkstatt zu verwenden, ist als erste, aber nur vorübergehende Lösung zu betrachten. Für später ist eine umsichtige, Werkstatterweiterung vorzusehen, die auch in Altbauten unter Umständen durch Beseitigen von Trennwänden, Vereinigen von zwei Räumen oder im Erdgeschoss durch eine Erweiterung nach außen erreicht werden kann. Für Neubauten ist ein Werkstatttraum zu planen, der modernen Erfordernissen entspricht.

Der Bruttoflächenbedarf beträgt 5 - 6 m<sup>2</sup> je Arbeitskraft. Die Gesamtfläche soll jedoch nicht kleiner als 10 m<sup>2</sup> sein. Auch ein Alleinarbeiter braucht diese Mindestfläche für eine komplette Werkstatt. Einrichtungen und Maschinen sind übersichtlich, leicht zugänglich und vor allem so unterzubringen, dass die Arbeit erleichtert wird. Dabei müssen allerdings Größe, Form und Lichtverhältnisse des Raums berücksichtigt werden.

Unerlässlich ist in einer Uhrmacherwerkstatt ein fugenfreier Fußboden. Er erleichtert das Suchen heruntergefallener kleiner Teile. Weiterhin soll er glatt sein, damit der Staub nicht haftet. Der günstigste Fußbodenbelag ist Linoleum. Am wichtigsten ist das Ausfüllen der Fugen in den Ecken und an der Wand. Hier kann die Scheuerleiste entfernt und der Fußbodenbelag bis an die Wand gelegt werden.

## **1.2 Farbgestaltung und Arbeitsfreude**

Versuche haben ergeben, dass eine Leistungssteigerung durch dynamische Farbgebung der Werkstatteinrichtungen möglich ist. Helle Anstriche in verschiedenen Farbtönen verhindern vorzeitiges Ermüden und steigern die Arbeitsfreude. Wände und Decken sind mit Farbe zu streichen, die mittels Schwamm oder Tuch und Wasser gesäubert werden kann. Dadurch ist das Entfernen von Staub möglich, der sonst immer wieder aufgewirbelt wird und in offene Uhrwerke gerät. Solche Farben können Latex, Risimo matt oder Marolit sein. Letztere ist vorzuziehen, da sie atmungsfähig ist und kein Kondensat an den Wänden bildet. Vorteilhaft ist ein Wandfliesensockel. Er kann leicht gereinigt werden, ist unempfindlich gegen Schmutz und dauerhaft. Für einen solchen Sockel eignen sich am besten grüne Fliesen.

Luftabzüge über oder an Schleif- und Poliergeräten und über Reinigungseinrichtungen sollten selbstverständlich sein. Dabei sind entsprechende gesetzliche Regelungen zu beachten.

## **1.3. Zweckmäßige Lichtführung**

### **1.3.1. Fenster**

Fenster sollen viel Licht durchlassen, die Luft abschließen, Wärme halten, wasserdicht und leicht zu putzen sein. Metallene Fensterrahmen lassen wegen ihrer schmalen Sprossen bis zu 30 % mehr Licht hindurch als hölzerne. Sie isolieren jedoch die Temperatur weniger als gutgearbeitete

Holzrahmen. Zu kleine, wenig Licht durchlassende Fenster sind zu vergrößern, falls eine Veränderung der Fassade zulässig ist. Hofseitig ist eine Fenstererweiterung meistens möglich.

Wesentlich lichtdurchlässiger werden die Fenster, wenn bewegliche Flügelrahmen, Querhölzer und Pfosten entfernt werden und dafür eine Glasscheibe (Thermopen) direkt in den Falz des Blendrahmens eingesetzt wird. Arbeitsaufwand und Kosten sind hierbei im Verhältnis zum Nutzen gering. Es müssen jedoch außerdem eine ausreichende Belüftung und ein leichtes Reinigen von zwei Seiten – wie beim Schaufenster – möglich sein.

Direkte Sonneneinstrahlung in die Werkstatt blendet und erwärmt Uhren und Messgeräte stark oder ungleichmäßig; deshalb bevorzugt man für die Uhrmacherwerkstatt einen Raum, der in Nordrichtung liegt. Bei einem Südraum ist ein Sonnenschutz (Rollzug oder Sonnenbrecher) anzubringen.

Nicht ausreichendes Seitenlicht von senkrechten Fenstern kann auch – falls es möglich ist – durch Installieren von Oberlicht ergänzt oder fast ganz ersetzt werden. Dieses schwächt außerdem die Schatten ab. In den Shedbauten sind Fenster in die Deckenkonstruktion, in Nordrichtung senkrecht oder bis zu 60° geneigt, eingefügt; jedoch sind gute Seitenfenster hinsichtlich Dichtheit, Vermeidung von Schwitzwasser usw. einem Oberlicht vorzuziehen. Gase, besonders von der Reinigungsflüssigkeit, ermüden und schädigen die Mitarbeiter gesundheitlich. Deshalb ist ein Abzug erforderlich.

### **1.3.2. Künstliche Beleuchtung**

Zur Beleuchtung des Arbeitsplatzes eignen sich besonders Leuchtstofflampen mit gelber Lichttönung. Man hängt sie etwa 50 cm über dem Arbeitstisch auf. Sie geben ein fast schattenfreies Licht, das dem Tageslicht nahekommt und die Farben natürlich erscheinen lässt. Bei ihrer Verwendung wird kein Zwielicht empfunden. Sie sind auch nicht schädlich für die Augen. U-förmige Leuchtstofflampen mit Schirm sind geraden Lampen vorzuziehen, weil sie konzentriertes Licht spenden. Ein Blendschutz (Schirm) muss unbedingt vorhanden sein.

Es gibt auch Leuchtstoffröhren, die schon im Inneren des Glasrohres mit einem Reflektor versehen sind. Leuchtstofflampen verbrauchen bei gleicher Leuchtkraft weniger Energie als Glühfadenlampen. Bei Verwendung von Leuchtstofflampen ist zu beachten, dass jedes Einschalten auf die Lebensdauer ebenso einwirkt wie eine etwa dreistündige Brenndauer.

## **1.4. Heizung des Raums**

Die Beheizung einer Uhrmacherwerkstatt erfordert wegen des Umgangs mit explosiblen Flüssigkeiten (Benzin, Petroleum, Spiritus usw.) besondere Vorsicht. Die Sicherheitsvorschriften verbieten den Umgang mit Feuer und offenem Licht. Daher ist eine Kohleheizung innerhalb der Uhrmacherwerkstatt nicht zulässig (häufige Bedienung, Staubentwicklung und Explosionsgefahr).

Eine Warmwasserheizung ist vorteilhaft. Das Heizen mit Elektroöfen verursacht hohe Betriebskosten. Günstig ist allerdings, dass sie sofort Wärme mit voller Leistung abgeben. Freiliegende Heizelemente sind verboten. Wirtschaftlicher sind Elektro-Wärmespeicheröfen, die mit verbilligtem Nachtstrom erwärmt werden und am folgenden Tage, durch Klappen regulierbar, ihre Wärme abgeben.

## **1.5 Anordnung der Plätze für manuelle Arbeiten**

Das Aufstellen der Arbeitstische mit ihren Nebentischen ist in einer Reihe nebeneinander, zu Paaren hintereinander oder auch kombiniert möglich (Bilder 1.1 bis 1.4). Bild 1.3 zeigt, wie zwei

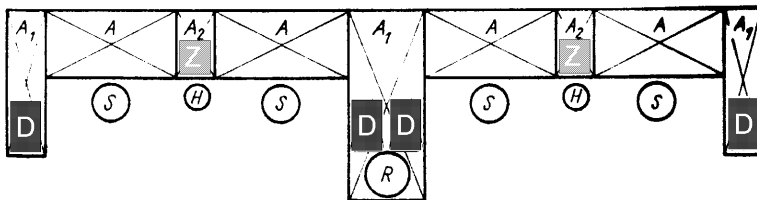


Bild 1.1. Arbeitstische, paarweise nebeneinander

A Arbeitstisch, A<sub>1</sub> Tisch für Drehmaschine und Zubehör, A<sub>2</sub> Zwischentisch für die Zeitwaage oder die Reinigungsmaschine, A<sub>3</sub> Ablagetisch, D Drehmaschine, F Furnituren, H Hängemotor mit biegsamer Welle, M Schleif- und Poliermotor, R Reinigungsmaschine, S Arbeitsschemel, Z Zeitwaage

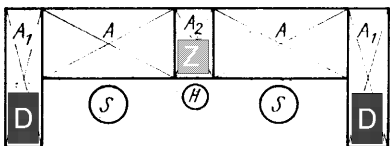
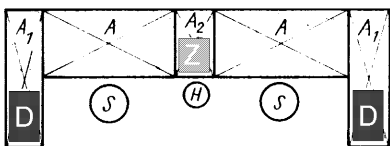
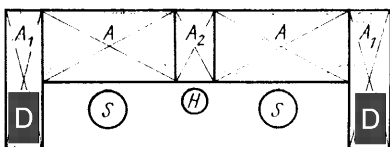


Bild 1.2. Arbeitstische, paarweise hintereinander

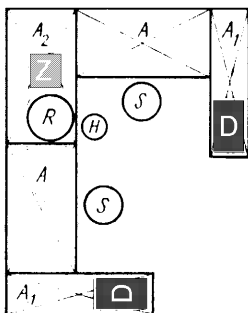


Bild 1.3. Arbeitstische, winklig zueinander

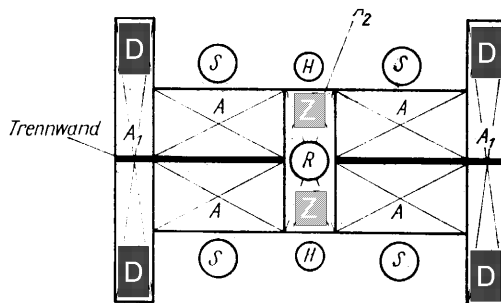


Bild 1.4. Vier zusammenstehende Arbeitstische Trennwand

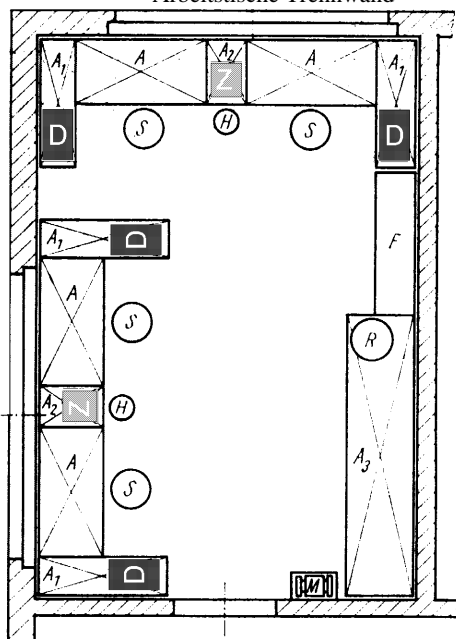


Bild 1.5. Eingerichtete Uhrmacherwerkstatt

Arbeitstische auch winklig zueinander stehen können. Reinigungsmaschine, Hängemotor und Drehmaschine sind auch hier vom Sitz aus erreichbar. Wegen der besseren Sicht soll der rechts-

händige Arbeiter das Tageslicht von links erhalten und umgekehrt. Im Bild 1.4 sind vier Arbeitstische zusammengestellt. Das ermöglicht eine günstige Raumausnutzung und ist anwendbar, wenn in einem entsprechend großen Raum nicht für alle vier Arbeitstische Fensterplätze vorhanden sind.

Die Tischplatte des Arbeitstisches muss allseitig mit überstehenden Leisten (Bordleisten) versehen sein. Sie verhindern das Herunterrollen von Teilen. Die vordere Leiste (aus Hartholz, oben verrundet) lasse man, um die Hände noch bequem auflegen zu können, etwa 6 mm und die anderen etwa 20 mm überstehen. Auch Kunststoffumleimer können als Bordleisten verwendet werden. Armstützen an den Tischen verhindern das vorzeitige Ermüden der Arme.

## **1.6. Aufstellung der Maschinen und Prüfmittel**

Arbeitstische stellt man vorteilhaft so, dass zwischen ihnen Platz für die Zeitwaage oder für die Reinigungsmaschine bleibt. Das ermöglicht eine gemeinschaftliche Benutzung von Maschinen und Geräten auf kürzestem Wege oder sogar vom Sitzplatz aus. Wenn Zeitwaage und Reinigungsmaschine nebeneinanderstehen, muss die Zeitwaage durch Hilfsmittel vor Spritzern geschützt werden.

Den Hängemotor mit biegsamer Welle hängt man, wenn er nicht für jeden Arbeitsplatz vorhanden ist, ebenfalls in der Mitte zwischen zwei Arbeitsplätzen auf. Auf diese Weise können Zeitwaage, Reinigungsmaschine und Hängemotor von beiden Arbeitsplätzen aus benutzt werden.

An die Arbeitstische schließen sich an der anderen Seite, sitzend erreichbar, schmale Tische mit Fächern und Kästen zum Aufstellen für die Drehmaschine und zum Aufbewahren des Zubehörs an. So braucht sich der Arbeitende nur auf seinem Arbeitsschemel zu drehen, und er kann ohne Zeitverlust eine Arbeit an der Drehmaschine fortsetzen.

Die meisten Teile einer Uhr sind bei der Herstellung durch Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen, Polieren entstanden. Demzufolge können diese Uhrenteile rationell auch nur auf die gleiche Art nachgearbeitet oder ausgebessert werden. Dazu ist die Drehmaschine am besten geeignet, die folglich ihren ständigen Platz in der Nähe des Arbeitstisches haben muss. Auf dem Arbeitstisch selbst ist sie schwer unterzubringen, es ist aber zweckmäßig, sie so aufzustellen, dass man sich nur um 90° auf dem Arbeitsschemel zu drehen braucht, um sie bedienen zu können. Dass jeder Arbeitende eine eigene Drehmaschine zur Verfügung hat, ist in einer modernen Werkstatt selbstverständlich.

Zum rechtshändigen Bedienen der Drehmaschine muss der Kreuzschlitten rechts vom Spindelstock angebracht sein. Die Drehspindel soll in Kinnhöhe stehen. So kann im Sitzen in bequemer Körperhaltung sicher gearbeitet werden.

Bei einer größeren Anzahl von Mitarbeitern muss wenigstens eine Zeitwaage zur Verfügung stehen, die zentral aufgestellt wird. Dadurch werden Laufen und Wartezeit vermieden. Aus Gründen einer höheren Wirtschaftlichkeit ist jedoch für je zwei zusammenliegende Arbeitsplätze eine Zeitwaage zu empfehlen.

## 2. Empfehlungen zur Entwicklung und zum Einsatz von Maschinen und Prüfgeräten

### 2.1. Antriebe für die Uhrmacherdrehmaschine

#### 2.1.1. Antriebsmotoren, ihre Pflege und Wartung

Einen günstigen Wirkungsgrad haben Gleichstrommotoren, die meistens für Spezialzwecke hergestellt werden. Zum Treiben von Uhrmacherdrehmaschinen werden Hauptstrom- und Repulsionsmotoren oder Kurzschlussläufer verwendet. Hauptstrom- und Repulsionsmotor sind am besten geeignet. Die Motoren müssen zum Treiben einer Uhrmacherdrehmaschine eine Leistung von etwa 75 W haben. Sie müssen funkentstört sein und den Sicherheitsvorschriften entsprechen. Jeder Motor muss nach bestimmter Betriebsdauer bzw. in regelmäßigen Abständen gepflegt werden.

Tafel 1.1. Antriebsmotoren und deren Einsatz bei Uhrmacherdrehmaschinen

Benennung	Vorteile	Nachteile	Einsatz
Käfigankeromotor	Sehr Leistungsfähig kein Vorgelege erforderlich	Drehzahl nicht verstellbar	Uhrmacherdrehmaschine mit Handradanwurf, mit Hilfsfasenwicklung selbstanlaufend
Reihenschlussmotor	großes Anzugsvermögen, stufenlos durch Widerstand regulierbar	Drehzahlverminderung bewirkt Leistungsabfall	für Gleich- und Wechselstrom, für Maschinen mit geforderter gleichbleibender Leistung ungeeignet
Nebenschlussmotor	gleichbleibende Leistung bei veränderbarer Drehzahl	Vorgelege notwendig	nur für Gleichstrom
Repulsionsmotor	Drehzahl und Drehrichtung veränderbar	Drehzahlverminderung bewirkt Leistungsabfall	für Gleich- und Wechselstrom, für Maschinen mit geforderter gleichbleibende Leistung ungeeignet

Haben Kollektormotoren zu viel Bürstenfeuer (Funkenbildung), dann ist zu überprüfen, ob die Kollektorbürsten noch brauchbar und nicht zu kurz sind oder in der Führung klemmen. Ferner ist zu kontrollieren, ob der Kollektor nicht verschmutzt oder eingelaufen ist. Zu starkes Bürstenfeuer kann auch dann entstehen, wenn der Entstörkondensator oder die Ankerwicklung Kurzschluss hat. Ein solcher Motor weist eine zu starke Stromaufnahme und übermäßige Erwärmung auf. Zu kurze

Bürsten sind zu ersetzen, klemmende nachzufilen. Ein verschmutzter Kollektor wird mit Schmirgelleinwand gereinigt, ein eingelaufener übergedreht. Ein defekter Kondensator muss ersetzt und ein Anker mit Wicklungsschluss neu gewickelt werden. Bei Serienmotoren ist die Neuanschaffung meist rentabler als das Erneuern der Wicklung.

Lager müssen auf gute Laufeigenschaften überprüft werden. Sie dürfen nicht trocken oder mit verhartetem Öl laufen. Solche Lager werden mit Benzin ausgewaschen und mit dem vorgeschriebenen Öl geölt.

Kugellager sind wartungsfreier als Gleitlager. Sie werden, wenn sie nicht durch zu hohe Geräusche auffallen, erst nach 1000 Betriebsstunden ausgewaschen und mit frischem Fett versehen. Es ist ratsam, die Lager lieber einmal öfter als zu wenig zu kontrollieren. Wartungsfreie Wälzlager werden bei Bedarf erneuert.

### 2.1.2. Riemenvorgelege

Ein Riemenvorgelege garantiert gute Kraftübertragung vom Motor zur Drehspindel. Die Nachteile des Hauptstrom- und Repulsionsmotors werden gemindert. Wird die Drehzahl des Hauptstrommotors durch einen Schiebewiderstand verändert, bleibt die Leistung an der Arbeitsspindel trotzdem annähernd konstant. In den Bildern 2.1 und 2.2 ist ein derartiger Antrieb mit Vorgelege dargestellt. Im Bild 2.1 ist der Schiebewiderstand rechts vom Motor angeordnet. Die Vorgelegewelle ist nach rechts verlängert, so dass man mittels Riemen eine Schleif- oder Fräsvorrichtung antreiben kann, die in den Kreuzschlitten eingespannt wird. Jeder Riemen hat eine federnde, einstellbare Spannrolle. Die Drehzahl der Arbeitsspindel ist zwischen 350 und 3500  $\text{min}^{-1}$  verstellbar. Riemen müssen endlos oder geklebt/verschweißt sein, um den notwendigen ruhigen Lauf der Drehspindel zu erreichen.

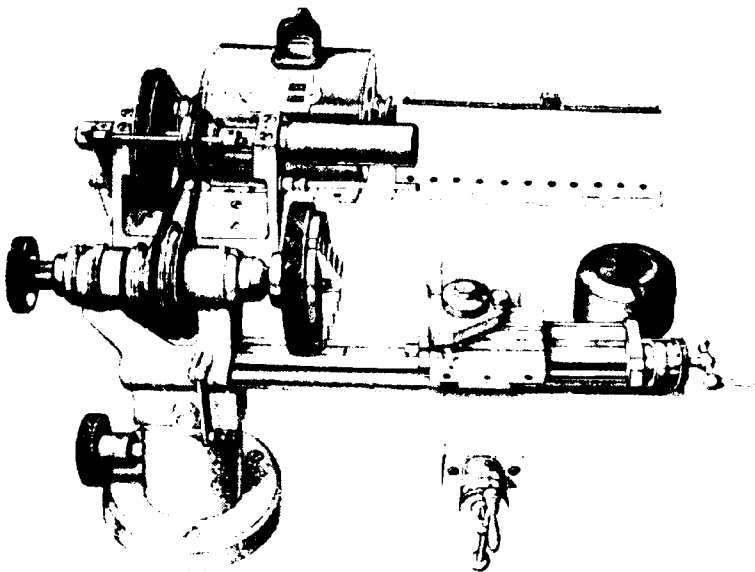


Bild 2.1. Drehmaschine mit Vorgelege

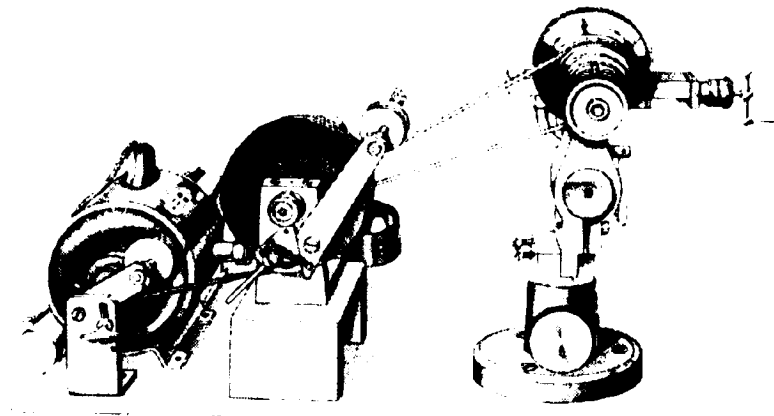


Bild 2.2. Drehmaschine mit Vorgelege (Seitenansicht)

### 2.1.3. Stufenlos verstellbares Reibradgetriebe

Die Drehzahl der Uhrmacher-Drehmaschine kann während des Betriebes stufenlos verstellt werden. Bild 2.3 zeigt eine Uhrmacher-Drehmaschine (8 mm-Arbeitsspindelstock), die durch eine ausrückbare Kupplung 1 mit einem Reibradgetriebe starr verbunden ist. Es wird keinerlei radiale Kraft auf die Arbeitsspindel ausgeübt. Infolgedessen läuft die Maschine auch bei hohen Drehzahlen vibrationsfrei. Eine bessere Spanleistung, glatte und riefenfreie Oberflächen können erreicht werden. Die Nutzleistung des Reibradgetriebes ist bei jeder Drehzahl annähernd konstant.

Wenn mit kleineren Drehzahlen gearbeitet wird, vergrößert sich das Drehmoment und umgekehrt. Die Arbeitsspindel wird demnach im nachfolgend beschriebenen Getriebe bei ihrer niedrigsten Drehzahl mit etwa fünfzehnfachem Drehmoment getrieben. Es können Teile gedreht werden, die weit über die Abmessungen einer Unruh- oder Aufzugwelle hinausgehen. Auch gehärtetes Material kann man bearbeiten. Mit Hilfe von zwei Hebeln sind die Drehzahlen stufenlos zwischen 300 und 4500  $\text{min}^{-1}$  einstellbar. Mit einem Schalter ist Rechts- oder Linkslauf schaltbar. Der selbstanlaufende Kurzschlussmotor leistet etwa 75 W. Die Drehzahl der am Getriebe angebrachten biegsamen Welle ist ebenfalls stufenlos verstellbar. Mit ihr kann man nach dem Ausrücken der Kupplung auch ohne mitlaufende Drehmaschine arbeiten.

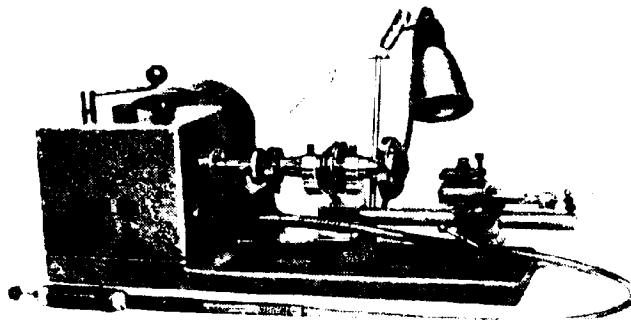


Bild 2.3. Drehmaschine mit Reibradgetriebe und biegsamer Welle

Das Reibradgetriebe (Bild 2.4) besteht aus dem treibenden Rad 1, dem getriebenen Rad 2 und dem Stützrad sowie zwei achsgeführten Tellerscheiben 4 und 5, zwischen denen die Räder laufen. Die Tellerscheiben haben eine Dreipunktaufgabe. Sie werden durch Federn angedrückt und drehen sich in entgegengesetzter Richtung zueinander. Die Tellerscheibe 4 nimmt die Welle 6 und den Drucklagerring 7 in gleicher Drehrichtung mit. Die gegenläufige Tellerscheibe 5 wird vom Drucklagerring 7a in Mitte der Welle 6 geführt.

Das Verstellen der Räder 1 und 2 bewirkt die Drehzahländerung. Rad 2 ist kugelgelagert und auf dem verzahnten Bolzen 10 befestigt, der durch den Hebel 9 verschiebbar ist. Im Flansch der Welle 8 sind vier gehärtete Stifte befestigt die im Rad 2 gleiten und die Kraft über eine ausrückbare starre Kupplung auf die Drehmaschine übertragen.

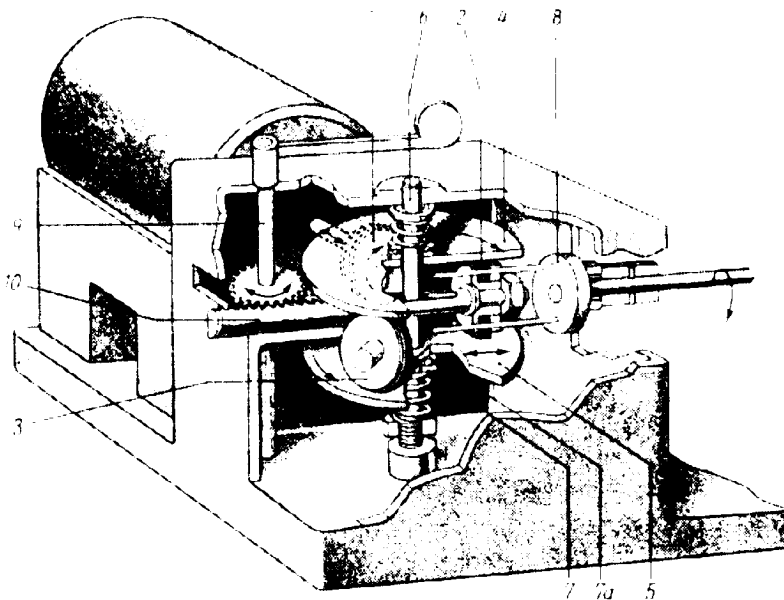


Bild 2.4. Aufbau des Reibradgetriebes

## 2.2. Pflege- und Wartungshinweise für die Uhrmacherdrehmaschine

### Der Kreuzschlitten

Der Kreuzschlitten muss gut gleiten. Die Befestigungsschrauben müssen so eingestellt werden, dass beim Drehen ein geringer Druck fühlbar wird. Das Flankenspiel der Gewindespindeln ist kein Fehler. Die Führungsbahnen sind sauber zu halten und leicht zu ölen. Der Längsschlitten (Bett-schlitten) muss parallel zur Arbeitsspindelachse liegen. Die Auflagefläche für den Drehmeißel ist zu säubern, damit der Drehmeißel seine Mittenlage nicht verändert.

### Der Spindelstock

Die einstellbare Lagerung der Arbeitsspindel ist so zu justieren, dass sie einen leichten, aber spielfreien Lauf hat. Die im Bild 2.5 abgebildete Arbeitsspindel ist vorn keglig und hinten

zylindrisch gelagert. Das hintere Lager 5 ist axial geschlitzt, außen keglig und mit zylindrischem Gewinde versehen. Axiale Kräfte werden durch die kegliche Lagerbuchse 6 und den Spannring 1 aufgenommen.

Nachstellen der Lagerung

Den geschlitzten Spannring 1 durch die Schraube 2 lockern; den Spannring 1 soweit anziehen, bis kein axiales Spiel mehr vorhanden ist; die Schraube 2 wieder anziehen; die Mutter 3 lösen, und die Mutter 4 wieder anziehen; die mit 7 und 8 bezeichneten Ölstellen mit dem erforderlichen Spezialöl (nicht Uhrenöl) ölen.

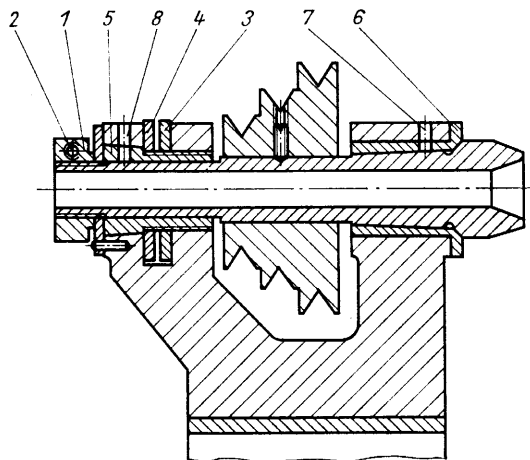


Bild 2.5 Spindelstock mit kegligzylindrischer Arbeitsspindel

Eine weitere Möglichkeit zur Lagerung der Arbeitsspindel zeigt Bild 2.6. Sie hat den Vorteil, dass mit verhältnismäßig großem Vorschub gearbeitet werden kann, ohne dass sich ihre Lager festsetzen. Die Arbeitsspindel ist zylindrisch gelagert. Die Lagerbuchsen 7 und 8 sind axial geschlitzt und außen keglig. Axiale Kräfte werden durch das Lager 6 und den Spannring 5 aufgenommen.

Nachstellen der Lagerung

Die Mutter 1 und das Lagergehäuse 2 lockern; die Muttern 3 und 4 anziehen, bis das radiale Spiel in beiden Lagern beseitigt ist; den geschlitzten Spannring 5 durch die Schraube 11 lockern und soweit anziehen, bis kein axiales Spiel mehr vorhanden ist; die Schrauben 11 wieder anziehen; die mit 9 und 10 bezeichneten Ölstellen mit dem erforderlichen Spezialöl ölen.

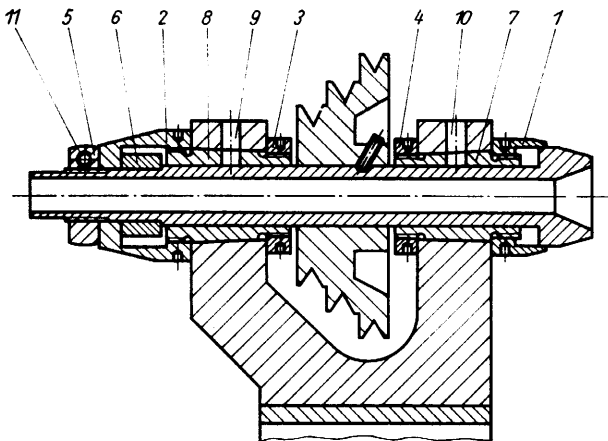


Bild 2.6. Spindelstock mit glatt zylindrischer Arbeitsspindel

Die Lager der Drehmaschine sind mit Benzin von unbrauchbar gewordenem Öl und Schmutzteilchen zu reinigen. Dazu muss die Arbeitsspindel ausgebaut werden.

## 2.3. Rationalisierungsmittel und Vorrichtungen zur Arbeit an der Drehmaschine

Viele Arbeiten, die der Uhrmacher ausführen muss, erfordern spezielle Einrichtungen und Werkzeuge als Zusatz für die Uhrmacher-Drehmaschine. Im folgenden werden nur die wirtschaftlichsten Einrichtungen aufgeführt, die für die meisten Fertigungs- und Reparaturarbeiten ausreichen.

### 2.3.1. Violdrehmeißelhalter

Mit der Uhrmacher-Drehmaschine können auch Drehteile in Serie gefertigt werden. Es lassen sich Teile herstellen, die mehrere Ansätze haben. Bei Verwendung nur eines Drehmeißels muss jeder Ansatz einzeln gedreht werden. Bei gleichzeitiger Anwendung von 2 Drehmeißeln kann man mit einem Anstellen 2 Ansätze drehen. Wenn mehrere Drehmeißel im Kreuzschlitten eingespannt werden sollen, ist ein besonderer Drehmeißelhalter erforderlich. Dieser ist mit 4 Schrauben bestückt, von denen jeweils zwei einen Drehmeißel halten (Bild 2.7).

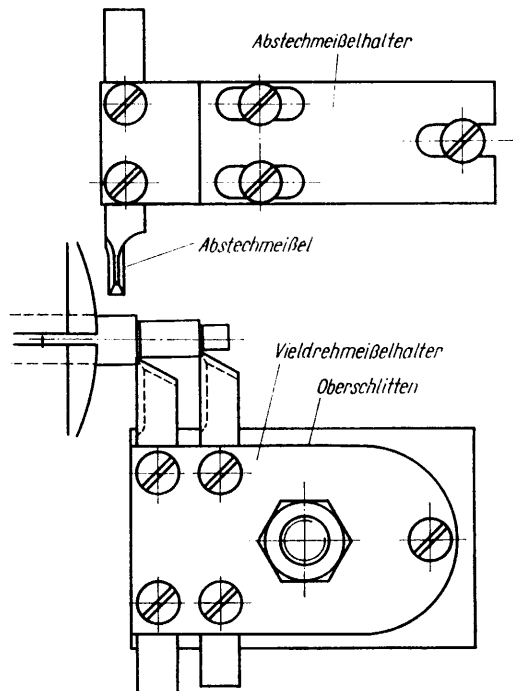


Bild 2.7. Hilfseinrichtungen für das Serierendrehen

### 2.3.2. Abstechmeißelhalter

Der Abstechmeißelhalter dient zum Abstechen in Serienarbeit vorgefertigter Teile. Auf dem Querschlitten wird er mit mindestens 3 Schrauben befestigt (Bilder 2.7 und 2.8). Die erforderlichen Gewindelöcher müssen nach Bedarf gebohrt werden. Der Abstechmeißel wird so eingespannt, dass er mit der Hauptschneide der Arbeitsbewegung des Werkstücks entgegenzeigt. Die Auflagefläche des Abstechmeißelhalters muss in Höhe der Werkstücklängsachse stehen.



Bild 2.8. Drehmaschine mit Abstechmeißelhalter

### 2.3.3. Höhengschlitten

Der Höhengschlitten wird zur vertikalen Verstellung benutzt. Die Werkstücke werden mit Klauen, Schrauben (in schwalbenschwanzförmigen Nuten geführt) und Muttern befestigt. Zur Bearbeitung des Werkstückes, z. B. einer Werkplatte, werden die Bearbeitungswerkzeuge, Bohrer, Fräser, Schleifkörper usw., in die Arbeitsspindel der Drehmaschine eingespannt. Das Werkstück im Höhengschlitten ist in drei Richtungen verstellbar (Bild 2.9).

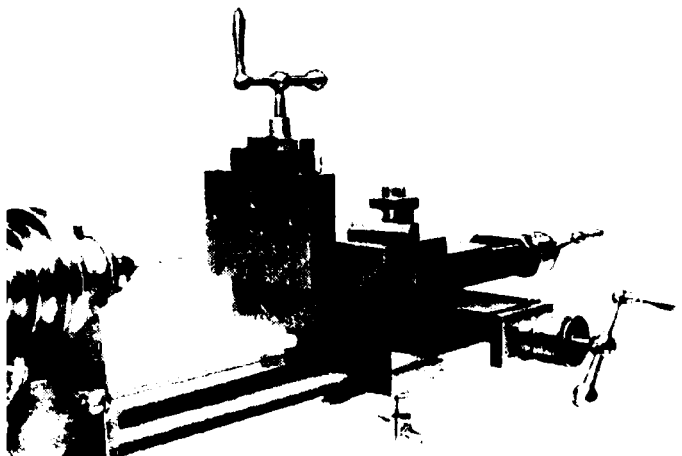


Bild 2.9. Höhengschlitten

### 2.3.4. Winkelstück zum Umspannen des Kreuzschlittens

Oft ist es einfacher, anstelle des Höhengschlittens ein Winkelstück zu verwenden. Es wird an die Wange der Uhrmacher-Drehmaschine angeschraubt und kann mit dem Kreuzschlitten vertikal verstellt werden. Das Winkelstück ist im Bild 2.10 voll dargestellt. Zusätzlich ist auf den Kreuz-

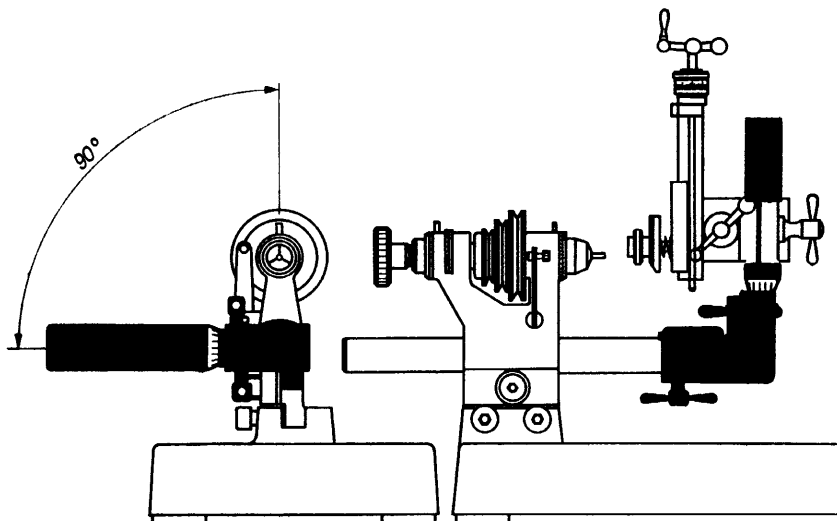


Bild 2.10. Wange mit Winkelstück

schlitten ein Halter aufschraubbar, der eine Arbeitsspindel mit Schnurrolle trägt (Bild 2.11). In die Arbeitsspindel lassen sich verschiedene Werkzeuge einspannen. Die Verstellbarkeit des Kreuzschlittens, der je nach den Erfordernissen auf der Wange horizontal oder auf dem Winkelstück vertikal befestigt ist ermöglicht, den Halter in die erforderliche Höhen- oder Seitenstellung zu bringen.

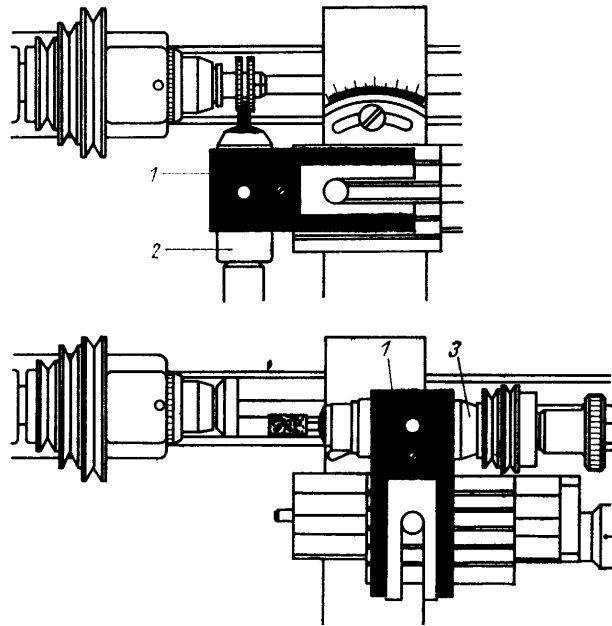


Bild 2.11. Arbeitsspindel mit Schnurrolle

### 2.3.5. Handstückhalter

Wenn die Hilfsvorrichtungen (Bilder 2.9 und 2.10) nicht ausreichen, kann zusätzlich ein Handstückhalter verwendet werden. Er macht es durch seine allseitige Verstellbarkeit auf der Uhrmacherdrehmaschine möglich, z. B. Bohr-, Fräs- und Schleifarbeiten, Facettenpolieren usw. auszuführen. Der Handstückhalter wird in den Schlitten der Uhrmacher-Drehmaschine eingespannt. Das in ihm befestigte Handstück einer biegsamen Welle kann in jede erforderliche Arbeitsstellung gebracht werden. Es ist durch den Höhenschlitten auch vertikal verstellbar. Schrägstellung des Höhenschlittens ist auch möglich. Bild 2.12 zeigt das Anschleifen eines Körners.

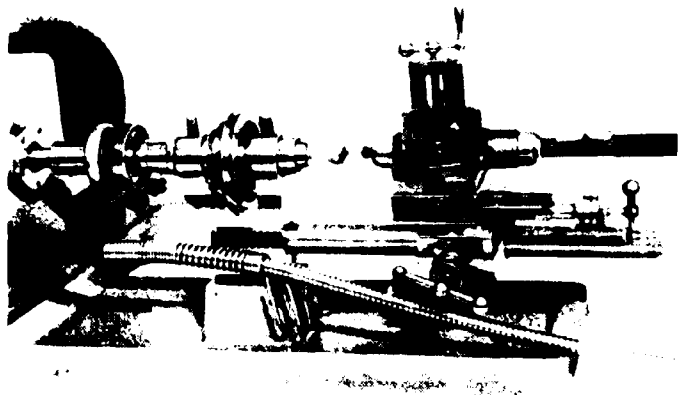


Bild 2.12. Schleifen eines Körners mittels Handstückhalter und biegsamer Welle

Im Bild 2.13 ist das Fräsen eines Zahnrads dargestellt, das eigens für diese Arbeit an einen Bolzen aufgelötet ist. Zum Fräsen eines Zahnrades mit vorgegebener Teilung wird eine Teilscheibe auf das hintere Ende der Drehspindel aufgesteckt und mit einer Schraube festgezogen.

Nach jeder gefrästen Zahnücke wird die Teilscheibe eine Teilung weitergestellt. Bei kleineren Rädern ist es einfacher, anstelle der fertigen Zahnücke einen Schlitz zu fräsen, der nur wenig schmaler sein muss als die spätere fertige Zahnücke. Die Zahnform und der Durchmesser des Rades werden anschließend in der Wälzmaschine hergestellt.

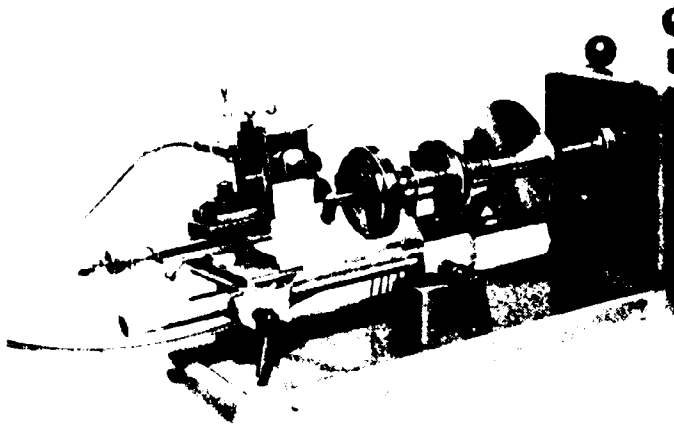


Bild 2.13. Fräsen eines Zahnrades mittels Handstückhalter und biegsamer Welle

### 2.3.6. Einstellbare Lünette

Die einstellbare Lünette wird beim Drehen zur Unterstützung des Rundlaufs von Wellen und Trieben verwendet, z. B. beim Drehen eines Triebzapfens. Einen dünnen Triebzapfen (Bild 2.14) ohne Bruchgefahr nachzusetzen (verlängern), ist nur möglich, wenn das Trieb am Wellenbaum von der einstellbaren Lünette geführt wird. Durch diese erhält es eine stabile Rundführung, so dass das Nachdrehen ohne Zapfenbelastung sicher ausgeführt werden kann. Auch eingebaute Zapfen, die zum Wellenbaum rundlaufen müssen, kann man nach dieser Methode überdrehen. Bei Unruhwellen ist das unerlässlich. Der Einsatz des Kreuzschlittens ist dadurch möglich.

Eine einstellbare Lünette kann aus 10 mm Rundstahl gefertigt werden. Der Werkstoff wird zwischen den Körnerspitzen oder im Dreibackenfutter eingespannt. Im letzteren Falle ist eine Körnerspitze als Stütze gegenzusetzen. Zuerst wird der Kegel und dann der übrige Teil (Bild 2.14) des Werkstückes gedreht. Die fertige Form wird durch Feilen hergestellt. Zum Bohren des Führungsloches wird die einstellbare Lünette im Reitstock befestigt und von der Arbeitsspindel aus angekört und gebohrt. Durch den mit einer Laubsäge eingearbeiteten

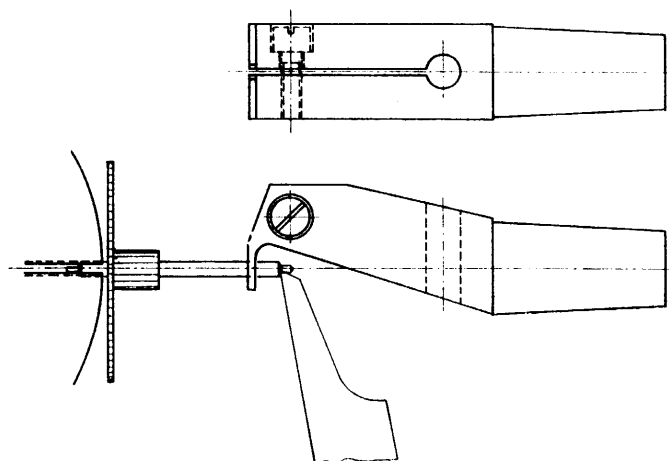


Bild 2.14. Einstellbare Lünette

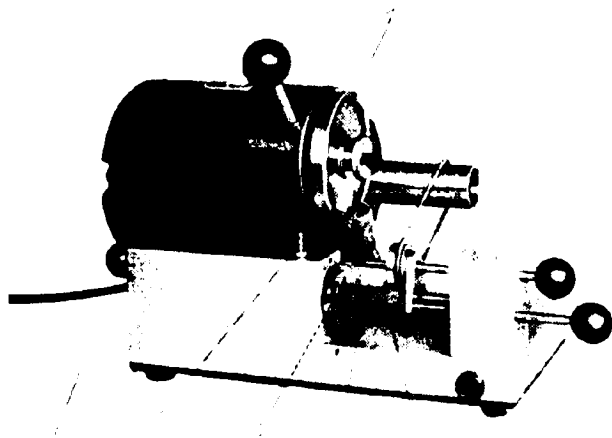
Schlitz, ist die Weite des Führungslochs mittels einer Schraube einstellbar. Nach dem Härten wird die Lünette gelb angelassen. Die Verstellbarkeit beträgt etwa 0,2 mm. Für die allgemeinen Dreharbeiten genügen 10 Lünetten mit einem Spannungsbereich von etwa 0,3 – 2,2 mm. Die Führungsbohrung muss geschliffen sein, damit das Werkstück nicht beschädigt wird. Einen Zapfen oder auch eine Welle in der Spannange zu spannen und das andere Ende in der Gegenspitze des Reitstockes laufen zu lassen ist gefährlich, wenn die Mittelachse des Spindelstockes nicht genau mit der Achse des Reitstockes fluchtet. Es muss geprüft werden, ob der Reitstock auf der z. T. runden Wange (Bett) nicht radial verspannt ist. Zu diesem Zweck ist der Körnerspitzenhalter etwas zu lockern und mit der Lünette an das Drehteil heranzuführen. Wenn die Führungsbohrung und das Drehteil nicht in einer Achse liegen, ist der Sitz des Reitstockes zu korrigieren.

## 2.4. Zapfenrolliermaschine

### 2.4.1. Beschreibung des Aufbaus

Im Grundschemata entspricht diese Maschine einem Zapfenrolliergerät. Das Rollieren wird jedoch von einer rotierenden Scheibe aus gehärtetem Stahl mit Querschliff, von Hartmetall mit Querschliff oder von einer Sinterrubinscheibe (gemahlener, keramisch gebundener Rubin) übernommen. Letztere ist gut griffig und verschleißfest, erzeugt jedoch weniger Politur.

Bild 2.15. Elektrische Zapfenrolliermaschine  
 1 Motor,  
 2 Zapfenlagerbrosche,  
 3 Hohlkörner  
 4 Mitnehmer,  
 5 Kippschalter,  
 6 Riegel,  
 7 verstellbarer Anschlag



Ein ölgetränkter Filz überzieht die Rollierscheibe beim Rollieren fortwährend mit Öl. Ein ruhig laufender kräftiger Motor treibt die Rollierscheibe und die Mitnehmerrolle mittels endloser Schnüre an.

Die Zapfenlagerbrosche dieser Maschine hat 20 Lager, in denen Zapfen von 0,3 – 5,6 mm Durchmesser rolliert werden können. Bei Serienarbeit dient eine Anschlagschraube zum Einstellen der Zapfenstärke.

Zu der Zapfenrolliermaschine (Bild 2.15) gehören zwei Stahlrollierscheiben, die auf ihrer Welle umgedreht werden können und daher zweiseitig verwendbar sind. Sie erhalten durch Abziehen mittels einer Schleiffeile aus Korund oder Siliziumkarbid neuen Querschliff.

Sinterrubin- oder Hartmetallscheiben werden auf Wunsch vom Hersteller dieser Maschine geliefert.

### 2.4.2. Erläuterung der Wirkungsweise

Bild 2.16 zeigt, wie die Maschine mit der erforderlichen Haltung der Hände bedient wird. Das Zapfenlager wird so gewählt, dass der Zapfen nur wenig Spiel hat. Bei zu großem Zapfenlager wird der Zapfen keglig. Nachdem das Zapfenlager nach oben gestellt worden ist wird die Brosche verriegelt. Die linke Hand hält den Griff und drückt die Rollierscheibe auf den Zapfen. Als Gegenlager der zu rollierenden Welle dient ein Hohlkörper, den man mit dem rechten Zeigefinger an die Welle bzw. an den Zapfen heranschiebt. Nachdem der Mitnehmer zwischen die Schenkel des Rades eingeführt worden ist, kann der Kippschalter mit dem rechten Daumen betätigt werden. Vor dem Loslassen der Rollierscheibe und des Hohlkörpers muss erst der Motor durch den Kippschalter abgeschaltet werden.



Bild 2.16. Elektrische Zapfenrolliermaschine im Einsatz

### 2.4.3. Einsatzbeispiele

Die Zapfenrolliermaschine nach Bild 2.15 ist anwendbar bei der Reparatur von Groß- und Taschenuhren, für die Einzel- und Serienreparatur. Ein Zapfen und dessen Stirnfläche am Wellenbaum sind schon nach wenigen Sekunden auf Hochglanz poliert. Tief eingelaufene Großuhrzapfen, die sonst nachgedreht werden mussten, können innerhalb von nur einer Minute riefenfrei poliert werden.

Zum Rollieren von tief eingelaufenen Zapfen ist eine gut greifende und bei besonders dünnen Zapfen eine schon gebrauchte Rollierscheibe zu verwenden. Für harte oder tief eingelaufene Zapfen eignen sich besonders Rollierscheiben aus Hartmetall. Diese mit Diamantscheiben geschärften Rollierscheiben sind wegen ihrer hohen Standzeit sehr wirtschaftlich.

Die Maschine nach Bild 2.17 ist für serienweises Rollieren gleicher Räder in Produktions- und Reparaturwerkstätten verwendbar.

Sie hat die anstelle der Mitnehmerrolle eine Schnellspannvorrichtung 1 für Spannanzgen der Uhrmacherdrehmaschine und ist dadurch für die Serienproduktion von Laufwerkkrädern geeignet. Ihre Schnellspanneinrichtung ermöglicht eine flotte Arbeitsfolge.

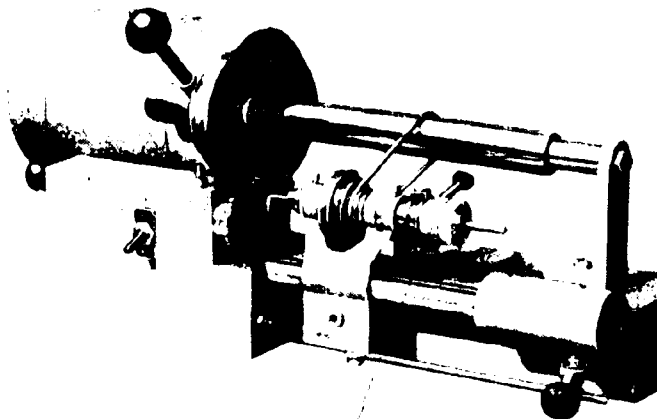


Bild 2.17. Elektrische Zapfenrolliermaschine mit Schnellspanneinrichtung

#### 2.4.4. Pflege- und Wartungshinweise

Die Zapfenrolliermaschine hat wegen ihrer einfachen und kompakten Bauweise nur wenige Stellen, die geölt oder geschmiert werden müssen. Vor allem die Lagerung der Mitnehmerrolle soll geölt werden, aber dann nur soviel, dass der Riemen trocken bleibt. Die Pflege des Motors s. Abschn. 2.1.1. Die Zapfenlagerbrosche und ihr Riegel, der Hohlkörper und die Führungsbolzen für die Mitnehmerrolle sind leicht einzuölen oder einzufetten.

### 2.5. Metallkreissäge

Mit einer von einem Motor angetriebenen Kreissäge und Auflage, wie sie auch die Goldschmiede verwenden, können die verschiedensten Werkstoffe und Gegenstände schnell, gerade und sauber getrennt werden. Dabei sind beide Hände zum Halten frei.

Eine solche Metallkreissäge kann in den meisten Werkstätten aus schon vorhandenen Mitteln gefertigt werden, z.B. aus dem ausgedienten Spindelstock einer Drehmaschine und einem Kurzschlussläufermotor mit etwa 75 W und 1400 min<sup>-1</sup>. Beides ist durch Riementrieb verbunden und auf einen Tisch oder ein Brett montiert. Das Kreissägeblatt, das etwa 40 mm Durchmesser hat, wird mittels Muttern auf einem Bolzen befestigt und dieser in den Spindelstock eingesetzt.

Damit die Kreissäge mit etwa 1000 min<sup>-1</sup> getrieben wird, ist das Getriebeverhältnis entsprechend zu bestimmen. Diese niedrige Drehzahl, die zwar zum Trennen von Buntmetall höher sein könnte, aber nicht höher sein muss, ist erforderlich, um auch Stahl trennen zu können. Ein Hauptstrommotor ist wegen seiner zu hohen oder bei Belastung stark schwankenden Drehzahl zum Antreiben dieser Kreissäge nicht geeignet (s. auch Tafel 1.1).

Die Kreissäge findet auch Verwendung zum Kürzen der Metallansätze an Kordel- oder Metallarmbändern. Wenn diese jedoch nur wenig zu breit sind, verwendet man eine grobkörnige Schleifscheibe, die nicht zu klein sein darf und mit der wirtschaftlich hohen Drehzahl getrieben werden muss. Sägeblätter unter 40 mm Durchmesser können wegen der Härte und der feinen Verzahnung kaum geschärft werden. Sie sind durch neue zu ersetzen. Größere Sägeblätter lassen sich besser an der scharfen Kante einer feinkörnigen Schleifscheibe schärfen als mit einer Feile.

### 2.6. Zur Arbeit mit der Zeitwaage

Die Zeitwaage (Bilder 2.18 bis 2.21) ermöglicht eine kurzzeitige Gangmessung und, je nach ihrer Konstruktion, das Auffinden verborgener Fehler und Vorgänge im Uhrwerk. Mit Hilfe der Zeitwaage kann der Gang in kurzer Zeit bestimmt werden.

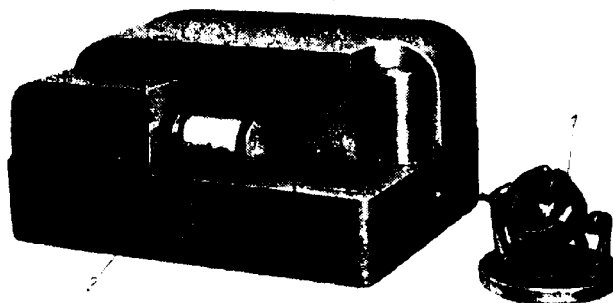


Bild 2.18. Sowjetische  
Zeitwaage PP Tsch-4  
1 Ständermikrophon, 2 Trommel

Bild 2.19. Moderne sowjetische  
Zeitwaage mit  
Ständermikrophon,  
Prinzip „Vibrograph“,  
Schweiz

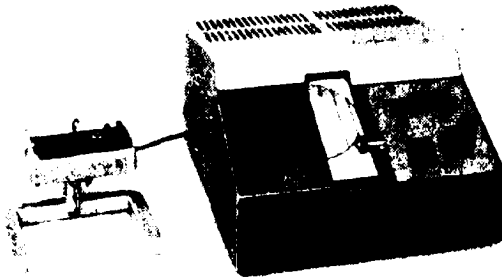


Bild 2.20. Schweizer Zeitwaage  
mit Ständermikrophon

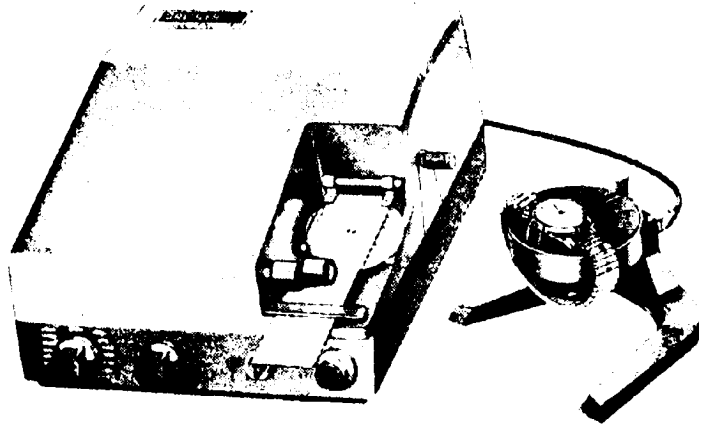
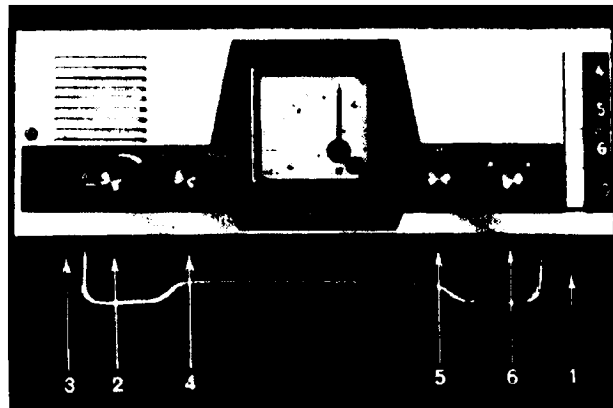


Bild 2.21. Chronotest  
1 Thyatron,  
2 Einstellknopf,  
3 Kontrolllampe,  
4 Abfallmessung,  
5 Lautsprechereinschaltung,  
6 Nulleinstellung



Ein Oszillograph und der Chronotest zeigen den Gang sofort an. Die schreibende Zeitwaage registriert den Gang auf einem Papierstreifen, einer Trommel oder einer Papierscheibe, so dass er sich unmittelbar danach in Minuten und Sekunden je 24 Stunden auswerten lässt. Außerdem können Funktionsfehler, z. B. Prellen der Unruh, Spiralfederstörungen, fehlerhafte Hemmung, unregelmäßige Kraftübertragung des Räderwerks usw., erkannt werden. Das Beseitigen von Störungen ist daher schnell möglich.

### 2.6.1. Beschreibung des Aufbaus

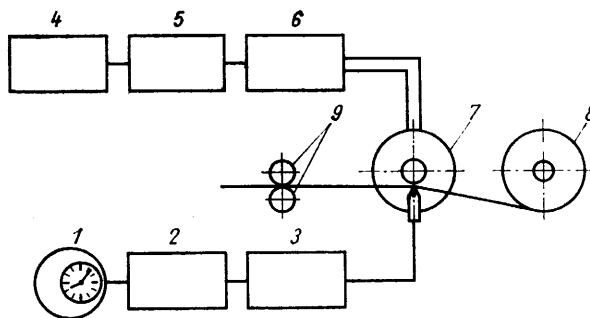
Zeitwaagen machen die Schläge einer Uhr hörbar, ablesbar oder auf andere Weise auswertbar. Sie bestehen aus einem Aufnahmeteil, einem Zeitnormal, einer Vergleichs- und Auswerteinrichtung und gegebenenfalls Hilfseinrichtungen. Praktisch verwirklicht sind folgende Zeitwaagen-Arten.

1. Streifenschreiber, Trommelschreiber, Scheibenschreiber
  - a) Aufzeichnung durch Funken
  - b) Aufzeichnung durch Farbschreiber
2. Oszillograph
3. Nullpunkt-Messwerk (Chronotest).

Im Bild 2.22 ist eine streifenschreibende Zeitwaage schematisch dargestellt. Ihr Aufbau wird nachstehend erläutert.

Bild 2.22. Schema einer streifen-schreibenden Zeitwaage

- 1 Mikrophon,
- 2 Verstärker,
- 3 Thyatron,
- 4 Quarz,
- 5 Frequenzteiler.
- 6 Kraftverstärker,
- 7 Vergleichseinrichtung,
- 8 Papierrolle,
- 9 Transportrollen



#### Aufnahmeteil

Es besteht aus einem Mikrophon, einem Mikrophonverstärker und einem Thyatron (elektronischer Schalter).

#### Zeitnormal

Das Zeitnormal, mit dem die zu prüfende Uhr verglichen werden soll, enthält ein Schwingquarz, einen Frequenzteiler und einen Kraftverstärker, der den Synchronmotor der Vergleichseinrichtung speist. Manche Ausführungen benutzen anstelle des Schwingquarzes eine Stimmgabel.

#### Vergleichs- und Auswerteinrichtung

Sie besteht aus einem Synchronmotor, der Schreibeinrichtung und den Transportrollen. Bei Oszillographen und beim Chronotest wird der Vergleich elektronisch vorgenommen und bei letzterem auf einem Nullpunkt-Messwerk angezeigt.

#### Klemmmikrophon

Anstelle des drehbaren Ständermikrophons kann ein Klemmmikrophon verwendet werden (Bild 2.23). Es eignet sich besonders zum Prüfen von Weckern, Großuhren und dgl. Das Mikrophon soll

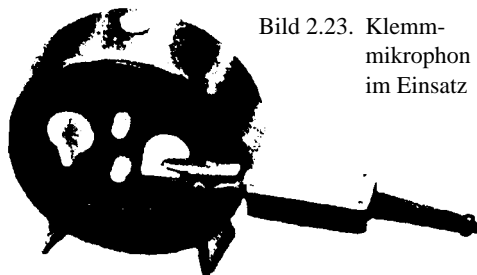


Bild 2.23. Klemm-mikrophon im Einsatz

möglichst nahe an der Hemmung, bei Weckern z. B. am Schlüssel, nicht aber an der Minutenwelle (Kraftverlust im Laufwerk) angeklemt werden.

Hörer

Mit dem Hörer (Kopfhörer) der Zeitwaage können außer dem Schlag auch Nebengeräusche gehört werden (s. Abschn. 2.6.3.3.).

### **2.6.2. Erläuterung der Wirkungsweise**

Messen bedeutet Vergleichen mit einem Normal. Die Zeitwaage vergleicht den zeitlichen Abstand der Schläge mit einem Zeitnormal. Der Schwingquarz schwingt mit einer hohen Frequenz, die durch einen Frequenzteiler herabgesetzt und dann zum Betreiben eines Synchronmotors verstärkt wird. Dieser Synchronmotor ist also unabhängig von der Spannung und Frequenz des Netzes. Er dreht sich mit einer konstanten, von äußeren Einflüssen unabhängigen Drehzahl und bewirkt, je nach Konstruktion, die Drehung der Schreibeinrichtung, den Transport des Diagrammstreifens oder – bei der sowjetischen Zeitwaage PP Tsch-4 – den Antrieb der mit Diagrammpapier überzogenen Trommel.

Einige Zeitwaagen bieten die Möglichkeit, verschiedene Drehzahlen einzustellen, so dass auch Uhren mit unterschiedlichen Schlagzahlen geprüft werden können. Durch das Mikrophon werden die Schläge der zu prüfenden Uhr aufgenommen und in elektrische Impulse umgewandelt; diese werden verstärkt und einem Thyatron zugeführt, das als elektronischer Schalter dient.

Bei jedem Tickgeräusch überschreitet die Steuerspannung eine gewisse Größe, so dass die Gasfüllung des Thyatrons leitend wird und in der Vergleichseinrichtung elektronisch die Schreibvorrichtung betätigt oder einen Funken erzeugt. Da die Richtung des Papiervorschubs und die Bewegungsrichtung der Schreibvorrichtung stets senkrecht aufeinanderstehen, entsteht als Aufzeichnung die bekannte Punktreihe der Zeitwaage. Bei der Zeitwaage mit Papierstreifen rotiert die Schreibvorrichtung auf einer Scheibe oder Schnecke schnell über dem sich langsam vorschiebenden Papier. Bei der sowjetischen Zeitwaage dagegen schiebt sich die Schreibvorrichtung langsam über die schnell rotierende Trommel. Das Thyatron ist also der elektronische Schalter für das Aufzeichnen der Punkte. Für jeden einzelnen Punkt muss das Thyatron zünden und anschließend wieder löschen. Das Zünden und Löschen des Thyatrons geht einerseits so schnell vor sich, dass die 4, 5, 6 oder bei Schnellschwingern auch 10 Schläge je Sekunde von der Zeitwaage einwandfrei einzeln aufgezeichnet werden; andererseits ist das Löschen des Thyatrons aber doch noch mit einer solchen Trägheit behaftet, dass die einzelnen Teilgeräusche, aus denen sich der Schlag einer Uhr zusammensetzt (s. Abschn. 2.6.3.1.), nicht getrennt werden können.

Der Abstand der Schläge wird in der Vergleichseinrichtung elektronisch mit dem Frequenznormal in Beziehung gebracht.

Bei einer streifenschreibenden Zeitwaage entsteht nur dann eine fortlaufende Aufzeichnung (Linie oder Linienpaar), wenn die Schreibeinrichtung im Rhythmus eines ganzzahligen Vielfachen des Uhrenschlages registriert. Dadurch können mehrere, jedenfalls alle normalen Schlagzahlen mit nur einer Einstellung der Drehzahl des Synchronmotors gemessen werden.

Die sowjetische Zeitwaage mit ihrer sich fünfmal in der Sekunde drehenden Trommel zeichnet nur dann eine einzige Diagrammlinie auf, wenn die Schwingungsdauer (hin und her) 0,4 s beträgt; das sind 18 000 Halbschwingungen (Schläge) je Stunde. Bei einer Uhr mit 6 Schlägen je Sekunde zeichnet sie 6 Linien, bei einer Uhr mit 4 Schlägen je Sekunde 4 Linien auf, die gleichmäßig auf der Trommel verteilt sind. Diese sind fast ebenso gut auswertbar wie die Aufzeichnungen in einer einzigen Linie. Nur der Abfall ist, wenn er sehr schief ist, nicht zu erkennen.

Der Chronotest ist einstellbar zum Messen von 4, 5, 6 und 10 Schlägen je Sekunde.

Bei Zeitwaagen mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen ist die Anzeige auf dem Bildschirm, beim Chronotest durch Zeigerauslenkung sichtbar. Scheibenschreiber registrieren kreisförmig auf einer Papierscheibe.

### 2.6.3. Einsatzbeispiele

Die Zeitwaage muss nahe am Arbeitsplatz stehen, am besten zwischen 2 Arbeitstischen. Hier kann sie von beiden Seiten her im Sitzen bedient werden. Dadurch entfällt besonders bei Fehlersuche und Korrektur viel unnötige Lauferei. Um rationell zu arbeiten, prüfe man die Uhren in Serie. Während ein Werk auf dem Mikrophon liegt, können andere ins Gehäuse eingebaut oder kleine Arbeiten vorgenommen werden.

#### 2.6.3.1. Aufnahme von Impulsen

Das von den Hemmungsteilen verursachte Tick-Geräusch wird vom Ohr als ein einziger Schlag empfunden. Prüft man jedoch beispielsweise eine Ankerhemmung im Kathodenstrahl-Oszillographen, so werden im Laufe einer Schwingung 3 Hauptstöße sichtbar (Bild 2.24). Der vom Ohr aufgenommene einzige Ton ist also in Wirklichkeit aus drei Geräuschen zusammengesetzt, die aber so schnell aufeinander folgen, dass unser Ohr sie nicht zu trennen vermag.

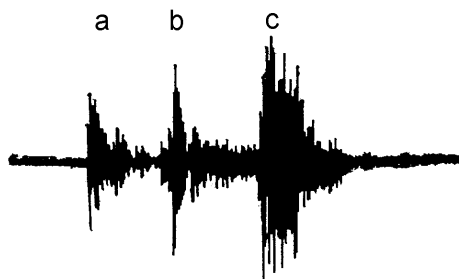


Bild 2.24 Kathodenstrahl-Oszillogramm  
a Auslösung, b Antrieb, c Fall

Die Aufzeichnung a (Bild 2.24) ist am schwächsten und entsteht bei der Auslösung, wenn die Ellipse auf die Ankergabel schlägt; b wird erzeugt vom Gleiten der Hebefläche des Ankersteins auf dem Ankerradzahn (Antrieb ist der Impuls) sowie hauptsächlich durch das Einholen des Spiels der Ellipse im Ankergabeleinschnitt; c ist am lautesten und entsteht durch den Aufprall des Anker-rad-Zahns auf die Ruhefläche des Ankersteins (Fall) und fast gleichzeitig durch den Aufprall des Gabelstiels auf einen Begrenzungsstift.

Bei Benutzung eines Thyratrons wird die Schreibeinrichtung erst dann ausgelöst, wenn der Ton die Ansprechgrenze erreicht hat (Bild 2.25). Daraus ergeben sich wichtige Konsequenzen, und es ist notwendig, die Arbeitsweise der Zeitwaage genau kennenzulernen. Das geschieht folgendermaßen: Zuerst wird der Verstärker von Null soweit aufgedreht bis die Aufzeichnung beginnt. Dabei erscheint als erstes der lautstarke Ton c und schließlich bei weiterem Aufdrehen der schwächere Ton a, während c verschwindet. Demnach wird das Tickgeräusch in umgekehrter zeitlicher Folge, also von c nach a, aufgezeichnet. Der Ton b fällt meist aus, da er in seiner Lautstärke so wenig von a und c abweicht, dass er sich bei den meisten Zeitwaagen auch bei noch so feiner Regelung der Verstärkung praktisch nicht von a oder c trennen lässt.

Als Beispiel zeigt Bild 2.25, wie die Aufzeichnung des Tones a oder c durch Regelung des Verstärkers gewählt werden kann. Im Oszillogramm A ist die Verstärkung nur so weit aufgedreht,

dass c die Ansprechgrenze erreicht und dadurch das Registrieren der Punkte auslöst. Die Töne a und b sind schwächer und bleiben vorläufig noch wirkungslos. Durch weiteres Aufdrehen der Verstärkung erreicht auch a die Ansprechgrenze (Oszillogramm B). Die nachfolgenden Töne b und c werden nicht aufgezeichnet, da sie so dicht hinter a folgen, dass das Thyatron noch nicht wieder gelöscht ist.

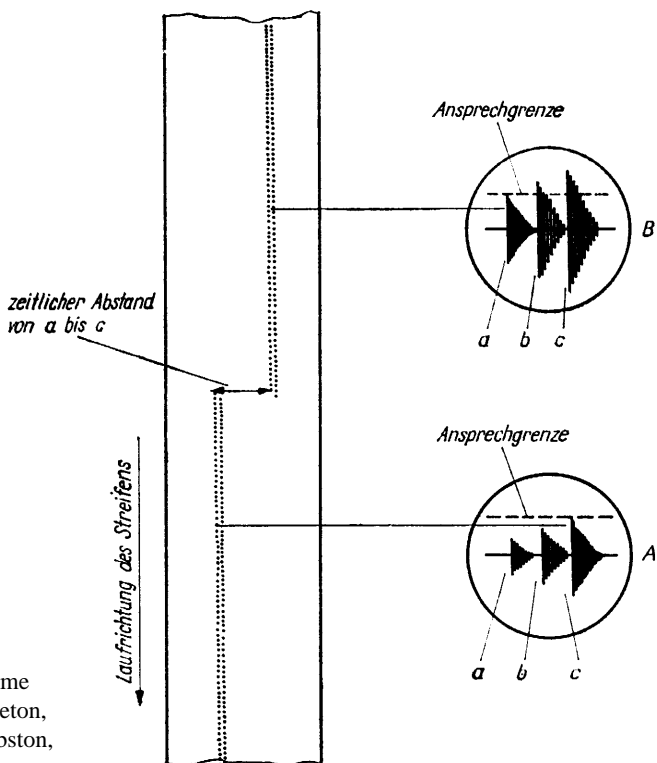


Bild 2.25. Diagramme  
a Auslöseton,  
b Antriebston,  
c Fallton

### 2.6.3.2. Messen der Amplitude der Unruh

Mit einer erregungsempfindlichen Zeitwaage kann die Amplitude bei geschlossenem Uhrgehäuse bestimmt werden. Das ist besonders beim Überprüfen von wasserdichten Uhren vorteilhaft. Sieht man zunächst vom Isochronismusfehler (s. Abschn. 2.6.3.4.) ab, so durchläuft die Unruh große und kleine Amplituden immer in gleichen Zeiten. Sie muss also, je größer die Amplitude ist eine größere Wegstrecke mit um so größerer Geschwindigkeit zurücklegen, d. h., sie muss stärker beschleunigt werden, damit sie in der Mittellage eine bedeutend größere Geschwindigkeit erreicht als bei kleineren Amplituden. Die Geschwindigkeit ist aber nur an einer bestimmten konstanten Strecke messbar, die man auch erhält, wenn die beiden Geräusche a und c mit der Zeitwaage nacheinander gemessen werden (Bild 2.25). Diese Strecke a bis c wird Führung der Unruh genannt und in Winkelgraden ausgedrückt (Führungswinkel).

Im Bild 2.25 ist zu sehen, wie durch eine schwache Verstärkung der Fall c, durch eine etwas stärkere der Auslöseton a aufgezeichnet wird. Dadurch entsteht eine Rechtsverschiebung der doppelten Punktereihe. Die Größe des Sprungs in der Punktereihe misst man mit einem Messstab und erhält somit einen Wert, der ein Maß für die Durchlaufgeschwindigkeit der Unruh durch den Führungswinkel darstellt. Ein größerer Sprung auf der Zeitwaage entspricht also einer kleineren Amplitude.

Zum Ermitteln der Amplitudengröße sind Tabellen zu verwenden, die die Amplituden für verschiedene Führungswinkel angeben. Der Führungswinkel (Abstand) von a bis c wird bei der Konstruktion der Uhr festgelegt. Er beträgt bei den meisten Armbanduhren etwa 50° und bei Taschenuhren 360°. Abweichungen hiervon in den einzelnen Uhren sind zwar im Verhältnis zur Größe der Amplitude gering, müssen aber bei der Messung berücksichtigt werden.

Das Messen der Amplitude ist bei voll aufgezogener Zugfeder in einer horizontalen und einer vertikalen Lage vorzunehmen. In der horizontalen Lage soll die Amplitude nicht unter 270° liegen; in der vertikalen Lage verringert sie sich bei guten Uhren um 45°, bei weniger guten Uhren bis zu 90°. Beispielsweise beträgt die Diagrammverschiebung bei einer Amplitude von 270° etwa 13,5 mm und bei einer Amplitude von 200° etwa 18 mm.

### **2.6.3.3. Prüfen von Hemmungen**

Zum Prüfen der Ankerhemmung ist der Ton a (Bild 2.25), also die Auslösung, zu benutzen, denn sie ist am genauesten. Die Töne b und c sind verhältnismäßig unstabil, auch bei tadellosen Hemmungen. Um sicher die Auslösung a aufzuzeichnen, ist die Verstärkung von Null an langsam aufzudrehen, bis die Aufzeichnung c (Bild 2.25) einsetzt, dann wird die Verstärkung weiter aufgedreht bis der Sprung von c nach a sicher erreicht ist. Danach darf nicht mehr viel weiter aufgedreht werden, weil sonst durch die zu hoch geregelte Verstärkung Nebengeräusche aus der Uhr oder dem Raum ein unklares und falsches Diagramm erzeugen.

Zur Untersuchung der Ankerradfunktion muss der Fall, d. h. der Ton c (s. Bild 2.25), benutzt werden.

Beim Prüfen von Stiftankerhemmungen erhält man Diagramme unterschiedlicher Deutlichkeit je nach der Konstruktion der Gabelbegrenzung. Stiftankeruhren werden besser mit dem Uhrenprüfgerät „künstlicher Arm“ (s. Bilder 2.35 und 2.36) kontrolliert.

Zylinderhemmungen erzeugen andauernde Nebengeräusche. Sie entstehen durch die Reibung der Zylinderradzähne auf der Zylinderwandung. Deshalb darf die Verstärkung nur soweit aufgedreht werden, bis lediglich der Fallton c aufgezeichnet wird. Trotzdem erhält man von Zylinderuhren meistens nur sehr unklare Aufzeichnungen besonders bei kleinen und älteren Uhren.

Diagramme von Pendelhemmungen können um so unklarer ausfallen, je langsamer das Pendel schwingt. Nach jedem Berichtigten an der Pendelmutter muss gewartet werden, bis sich das Pendel beruhigt und seinen normalen Schwingungsbogen wieder eingenommen hat. Deshalb ist eine längere Beobachtungszeit erforderlich. Für diese Uhren wird ein Klemmmikrofon benutzt, das an das Uhrwerk angeklemt wird (Bild 2.23). Außerdem hat jeder einzelne Zahn seine eigene Charakteristik, so dass ein Zickzackband entsteht, dessen markante Zacken sich, z. B. bei einer Sekundenpendeluhr, nach 60 s einigermaßen wiederholen.

Die Chronometerhemmung erzeugt beim Prüfen eine klare Aufzeichnung. Hier wird die Verstärkung auf den Antrieben b (s. Bild 2.25) eingeregelt, weil der Auslöseton a überaus schwach ist; denn der in der kleinen Rolle sitzende Auslösestein berührt die Goldfeder geradezu sanft; ganz im Gegensatz zu dem harten Aufprall der Ellipse hin Gabeleinschnitt der Ankerhemmung.

Allgemein wird die Lautstärke zur Prüfung von Hemmungen so weit aufgeregelt, bis ein klares Bild des Tickgeräusches entsteht. Falls das nicht erscheint ermittelt man Nebengeräusche mit dem Kopfhörer. Nach einiger Übung kann man im Kopfhörer Fehler hören, z. B. Streifungen der Hemmungsteile (erzeugen schlagende Geräusche), Ankerklauen ohne Öl, einen an den Begrenzungsstiften klebenden Ankerstiel (erzeugt ein Hacken oder ein Anschlagen der Spiralfeder) erzeugt ein Nachklingen.

Zur Ermittlung nur zeitweilig auftretender Störgeräusche, z. B. Prellen, dreht man die Verstärkung voll auf und legt oder hängt den Kopfhörer nahe genug, um den Ton gut hören zu können; das ermöglicht ein Weiterarbeiten am Werkstück bei gleichzeitigem Abhören.

#### **2.6.3.4. Messen des Isochronismusfehlers**

Nach der herkömmlichen Methode wird der Gang einer Uhr mit etwa 36 h Laufzeit durch Vergleichen mit einer Normaluhr im Abstand von 24 h vorgenommen. Dadurch erhält man einen mittleren täglichen Gang vom Vollaufzug bis zum etwa 2/3 abgelaufenen Zustand der Zugfeder. Während dieser Zeit können kurzzeitige Vor- oder Nachgänge, die zur Beurteilung einer Uhr erforderlich sind, nicht ermittelt werden.

Die Zeitwaage jedoch misst denjenigen Gang, der während der kurzen Messzeit vorherrscht. Würde dieser Gang während der folgenden 24 h ganz gleich bleiben, so wäre das Gemessene wirklich der Gang in 24 h. Hierbei müssten sämtliche Schwingungen, ganz gleich, ob von großer oder kleiner Amplitude, zeitgleich, d. h. isochron sein. Diese Eigenschaft ist aber praktisch mit keiner Hemmung zu erreichen. Der Gang der Uhren ist amplitudenabhängig, die dadurch entstehenden Abweichungen werden als Isochronismusfehler oder als Anisochronismus bezeichnet. Durch diesen Anisochronismus entsteht bei kleineren Schwingungen der Unruh ein Nachgehen, das den Sprung von a bis c auf der Zeitwaage vergrößert.

Zur Bestimmung des Isochronismusfehlers zieht man die Uhr so weit auf, dass der Gang bei den Amplituden von  $180^\circ$  und  $270^\circ$  gemessen wird. Dabei wird die Uhr zur Ausschaltung eines etwaigen Gleichgewichtsfehlers der Unruh horizontal gelegt (Lage Zifferblatt oben). Wenn die Gangmessung, z. B. bei  $180^\circ - 10$  s/d und bei  $270^\circ + 10$  s/d ergibt, beträgt der Isochronismusfehler zwischen  $180^\circ$  und  $270^\circ$  20 s/d. Zur vollständigen Bezeichnung dieses Fehlers gehört deshalb die Angabe des Amplitudenbereichs.

#### **2.6.3.5. Messen des Temperaturfehlers**

Ein Temperatureinfluss ist an einer weniger gut kompensierten Uhr schon feststellbar, wenn sie vom Arm genommen und auf das Mikrofon der Zeitwaage gelegt wird. Sie geht in den nächsten Minuten in dem Maße vor, wie sie sich abkühlt. Außerdem beeinflusst die Temperatur die Viskosität des Öls und ändert mit der Reibung die Amplitude der Unruh.

Es kommt daher zu einem Isochronismusfehler, der unter Umständen durch den Temperaturkoeffizienten der Spirale ausgeglichen werden kann. Der Temperatureinfluss auf den Gang, d. h. der Temperaturkoeffizient, kann ermittelt werden, indem die Uhr auf dem Mikrofon etwa eine Stunde lang in einen Haushaltskühlschrank gestellt wird. Infolge der weichen Gummidichtung wird das Mikrofonkabel bei geschlossener Tür nicht beschädigt. Eine genaue Temperaturmessung im Inneren des Kühlschranks (auf ganze Grade genau) ist nicht einfach. Die Quecksilberkugel des Thermometers muss sehr nahe an der Uhr, zumindest aber in Höhe der Uhr liegen (im Kühlschrank kann eine Temperaturdifferenz von mehr als  $5^\circ$  C vorkommen). Nach dem Öffnen des Kühlschranks muss als erstes die Temperatur abgelesen werden, und zwar äußerst schnell, da das Quecksilber sehr leicht zu steigen beginnt. Es ist zu empfehlen, die Quecksilberkugel mit Papier zu umwickeln. Dadurch dauert es zwar länger, bis sich das Thermometer vollständig abkühlt, aber umgekehrt nimmt das Quecksilber die Wärme auch wieder langsamer an, so dass nach dem Öffnen des Kühlschranks in Ruhe abgelesen werden kann. Heute kann die Temperatur mit einem Digitalthermometer mit externem Fühler gemessen werden. So braucht der Kühlschrank nicht geöffnet werden.

Die Messungen zur Bestimmung des Temperaturkoeffizienten werden in der Lage Zifferblatt

oben (Zo, s. 2.6.4.5.) vorgenommen, damit etwaige Gleichgewichtsfehler (Übergewichtsfehler) der Unruh ausgeschaltet werden.

Der Temperaturkoeffizient ist die Änderung des Ganges in Sekunden je Grad und Tag (s/grd · d). Die gemessene Gangdifferenz muss also durch die Anzahl der Temperaturgrade dividiert werden. Dabei wird auf die Zimmertemperatur (Raumtemperatur) bezogen (Bezugstemperatur), die nach Möglichkeit 20° C betragen soll. Bei einem positiven Temperaturkoeffizienten geht die Uhr in der Wärme schneller, in der Kälte langsamer; bei einem negativen ist es umgekehrt.

Bei +5° C geht die Uhr 40 s/d und bei +20° C 10 s/d vor.

$$\text{Messung 1} \quad T_1 = + 51^\circ \text{ C} \quad t_1 = + 40 \text{ s/d}$$

$$\text{Messung 2} \quad T_2 = + 20^\circ \text{ C} \quad t_2 = + 10 \text{ s/d}$$

$$\text{Differenzen} \quad T = T_2 - T_1 \quad t = t_2 - t_1$$

Temperaturkoeffizient

$$T' = \frac{\Delta t}{\Delta T} = \frac{t_2 - t_1}{T_2 - T_1} = \frac{10 - 40}{20 - 5} = \frac{-30}{15} = -2 \frac{\text{s}}{\text{grad} \cdot \text{d}}$$

Es ergibt sich ein Temperaturkoeffizient von -2 Sekunden je Grad Temperaturanstieg und Tag.

## 2.6.4. Erfahrungen aus dem Einsatz der Zeitwaage

Zeitwaagen zeichnen alle hörbaren Geräusche auf. Sind das Tick- und das Tackgeräusch gleich laut, so sind beide in der Aufzeichnung nicht zu unterscheiden; ist das aber nicht der Fall, z. B. bei der Chronometerhemmung, so besteht die Möglichkeit durch Zurückdrehen der Verstärkung nur den lauterem Schlag (Tick oder Tack) aufzuzeichnen. Folgen Tick und Tack in genau gleichem zeitlichen Abstand aufeinander, so greifen die Punkte der Punktreihe genau ineinander, und es entsteht eine einzige Linie. Wenn aber zwischen dem Tick-Tack und dem Tack-Tick ein geringe zeitliche Differenz besteht greifen die Punkte nicht genau ineinander, sondern es entsteht eine Doppelreihe, bei der die Tick-Geräusche die eine Reihe, die Tack-Geräusche die andere Reihe liefern (s. auch Abschn. 2.6.4.2.).

### 2.6.4.1. Vor- und Nachgangkorrektur

#### • Diagramm

Wenn eine Uhr zur Zeit der Prüfung genau geht, verläuft die Punktreihe parallel zum Papierrand. Hierbei ist der Abstand vom Papierrand ohne Bedeutung. Ein Vor- oder Nachgehen ist aus der Neigung der Punktreihe mit Hilfe einer Skale sofort in Sekunden und Minuten je Tag ablesbar.

Die sowjetische Zeitwaage registriert den Gang einer Uhr durch eine horizontale Aufzeichnung, die parallel zur Achse der Trommel verläuft. Bei einem Vorgehen verläuft die Punktreihe nach oben, beim Nachgehen nach unten. Schneidet die Punktreihe auf ihrem Wege von links nach rechts eine der Diagrammlinien des Diagrammpapiers, so bedeutet das jedesmal ein Vor- oder Nachgehen von 4 Sekunden je Tag. Steigt die Punktreihe um 15 Diagrammlinien, so geht die Uhr 1 Minute je Tag vor.

#### • Regulieren auf mittleren täglichen Gang

Das Regulieren des mittleren „täglichen Ganges“ ist bei etwa 2/3 Aufzug und nach dem mittleren Wert der verschiedenen Lagen und unter Berücksichtigung des entsprechenden Temperaturkoeffizienten vorzunehmen. Sodann lasse man die Uhr zur Kontrolle in der vertikalen Hauptlage, bei Taschenuhren Ko und bei Armbanduhren Ku, ablaufen. Qualitätsuhren zeigen in dieser Lage gar keine oder nur geringe Abweichungen.

Das Regulieren auf mittleren täglichen Gang kann auch bei einer Schräglage von  $45^\circ$ , Werkseite nach hinten geneigt, vorgenommen werden. Dabei nehme man bei Armbanduhren Ku und Taschenuhren Ko. Stoppuhren sind vorzugsweise in der Schräglage zu regulieren.

• Dynamisches Auswuchten der Unruh

Gleichgewichtsfehler des Schwingsystems Unruh-Spirale und zum Teil auch der Anker beeinflussen die Dauer der Periode (Isochronismusfehler) in allen von der Waagerechten abweichenden Lage. Dieser Einfluss ist von der Größe des Übergewichts (Schwerpunkt), seiner Lage zur Senkrechten und von der Amplitude abhängig. Ein Übergewicht unten erzeugt Vorgehen und ein Übergewicht oben Nachgehen. Liegt es genau senkrecht über oder unter der Achse, so ist die Wirkung am größten. Dagegen hebt sich die Wirkung auf, wenn das Übergewicht genau horizontal rechts oder links liegt.

Bei geringer Schwingungsweite ist die Einwirkung des Übergewichts auf die Schwingungsdauer am größten, mit wachsender Schwingungsweite nimmt sie ab und wird schließlich bei  $220^\circ$  gleich Null ( $220^\circ$  entspricht einer Halbschwingung, gemessen vom Nullpunkt bis zum Umkehrpunkt der Unruh, das entspricht einem Gesamtschwingungsweg von  $440^\circ$ ). Mit noch weiter ansteigender Amplitude tritt wieder eine Gangbeeinflussung auf, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen: Aus dem Vorgehen wird ein Nachgehen und umgekehrt.

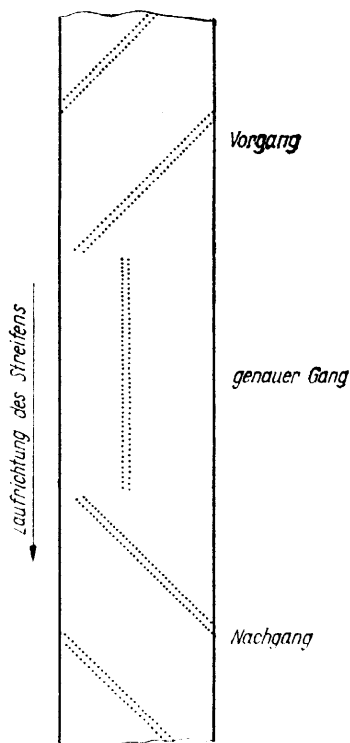


Bild 2.26. Diagrammstreifen mit Aufzeichnungen des momentanen Gangs einer Uhr

Ein Übergewicht kann sich nicht nur in der Unruh befinden, sondern auch von der Spiralfeder, von deren Rolle oder von der Einwirkung des Ankers herrühren. Deshalb ist ein peinlich genaues Auswiegen der Unruh allein nicht ausreichend; immerhin bildet es nach wie vor die Grundlage jeder Reglage (Feinstellung).

Zur Bestimmung des Übergewichts sucht man mit Hilfe der Zeitwaage diejenige senkrechte Lage auf, in der das größte Vor- oder Nachgehen registriert wird. Dadurch erfasst man nicht nur das statische Übergewicht der Unruh, sondern auch das durch die Bewegung hervorgerufene Übergewicht des Schwingsystems und der Hemmung. Diese Methode nennt man dynamisches Auswuchten Sie entspricht jedoch nicht dem dynamischen Auswuchten eines großen Rotationskörpers, z. B. einer Autofelge mit Reifen. Nach dem dynamischen Auswuchten des Schwingsystems und der Hemmung zeigt sich an der Unruh meistens das Gegenteil; denn diese zeigt, allein (ohne Spirale usw.) auf der Unruhwaage geprüft, Unwucht.

Das Aufsuchen des Übergewichts geht in den vertikalen Lagen vor sich. Man spanne das Uhrwerk in einer beliebigen vertikalen Lage zwischen die Spanngabeln des Mikrophons und bringe die Unruh-Amplitude durch entsprechenden Federzug zwischen  $150^\circ$  und  $180^\circ$ . Sodann wird eine Diagrammaufzeichnung von etwa 4 cm Länge vorgenommen. Nun ist das Mikrophon im Uhrzeigersinn um  $45^\circ$  zu drehen und eine weitere 4 cm-Diagrammaufzeichnung vorzunehmen. Das wird von  $45^\circ$  zu  $45^\circ$  fortgesetzt, bis die Ausgangslage wieder erreicht ist.

Diese merkt man sich an der Kronenlage und beginnt deshalb am besten mit Krone oben. Schon während der Diagrammaufzeichnung kann die Kronenstellung auf das jeweilige 4 cm-Diagramm mit einem Bleistift notiert werden. Aus den entstandenen 8 Diagrammaufzeichnungen wird diejenige Lage herausgesucht in der das größte Vorgehen oder, wenn alle Lagen Nachgehen zeigen, das kleinste Nachgehen vorhanden ist (Bild 2.27).

Das Verfahren kann abgekürzt werden, wenn die Lage erreicht ist, in der das Vorgehen gegenüber der vorhergehenden Lage wieder weniger wird, dann ist das gesuchte größte Vorgehen überschritten, nachfolgende Lagenprüfungen können weggelassen werden. Im Bild 2.27 z. B. sind die Aufzeichnungen Nr. 6, 7 und 8 nicht mehr erforderlich. Das größte Vorgehen ist in der Aufzeichnung Nr. 4 erreicht. Hier ist in der senkrechten Lage das Übergewicht der Unruh unten. Die betreffende Stelle an der Unruh wird nun gefunden, wenn diese in dieser Lage auf Nullstellung angehalten wird.

Die Beseitigung des Schwerpunktes wird an den Abgleichschrauben der Unruh vorgenommen. Wenn diese nicht vorhanden sind, so legt man bei Vorgang in mittlerer Rückerstellung der der Unwucht diametral gegenüberliegenden Gewichtsschraube Folienscheibchen unter. Geht die Uhr bei mittlerer Rückerstellung nach, so wird die Schraube dort erleichtert, wo sich das Übergewicht befindet. Wenn der Gang in dieser Rückerstellung Null ist, dann korrigiert man die beiden diametral gegenüberliegenden Gewichtsschrauben je zur Hälfte; die mit Übergewicht wird erleichtert und die andere beschwert.

Bei Uhren ohne Gewichtsschrauben kann das Übergewicht nur durch Anbringen von Senkungen ohne Rücksicht auf die mittlere Rückerstellung beseitigt werden. Hiernach ist die Uhr durch Rückerverschiebung wieder zu regulieren.

Nach der Korrektur ist wieder eine Diagrammaufzeichnung in den 45°-Stellungen vorzunehmen. Dieses Verfahren muss bis zur Erreichung des Zieles ein oder mehrere Male wiederholt werden.

Bei Verwendung einer sowjetischen Zeitwaage sind während des Ablaufens einer gesamten Aufzeichnung zwei senkrechte 45°-Lagen zu prüfen, das sind je Lage 15 Sekunden Beobachtungsdauer. Die Aufzeichnungen sind rechtsherum in den senkrechten 45°-Lagen, wie oben beschrieben, so lange vorzunehmen, bis das größte Vorgehen überschritten ist.

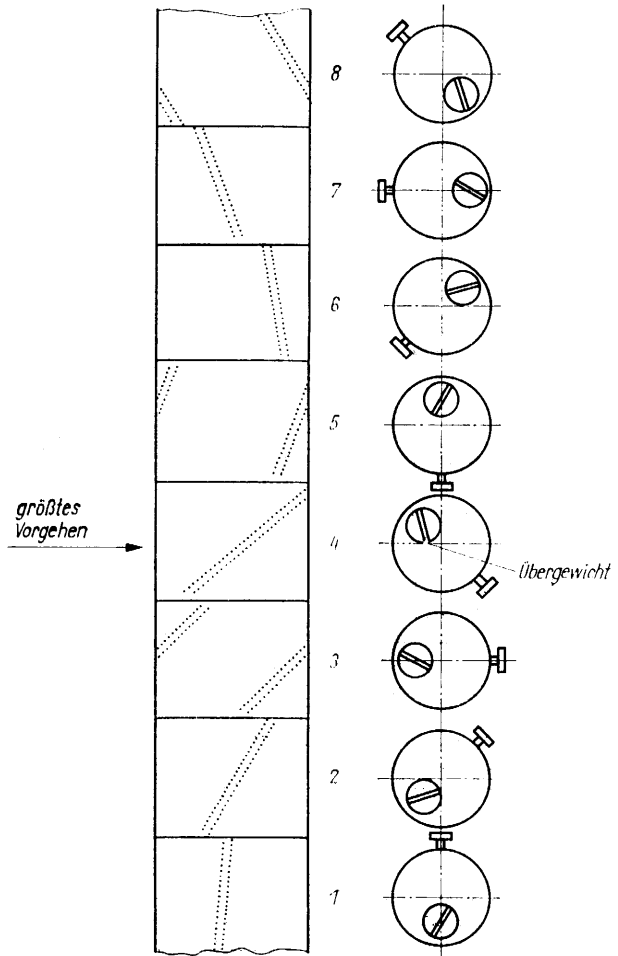


Bild 2.27 Dynamisches Auswuchten der Unruh