

# **PTB-Prüfregeln**

**Stoppuhren  
17.01-72**

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**



# **PTB-Prüfregeln**

## **Stoppuhren 17.01-72**

Bearbeitet von Prof. Dr. rer. nat. Sigmar German

Herausgegeben von der  
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)  
in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

33 Braunschweig · Bundesallee 100

Die PTB-Prüfregeln sollen als Unterlage und Richtlinie für die Prüfung von Meßgeräten und Betriebsmitteln dienen. Den wesentlichen Teil einer Prüfregel bildet demnach die ausführliche Beschreibung der Prüfverfahren, der benötigten Normalgeräte und anderer Prüfmittel. Soweit es zum besseren Verständnis nützlich erscheint, wird auch auf die Ausführung der Gerätearten und auf Besonderheiten, die bei ihrer Anwendung zu beachten sind, eingegangen. Das Gebiet der PTB-Prüfregeln umfaßt nicht nur die eich- und beglaubigungsfähigen Meßgeräte, sondern auch Meßgeräte und Objekte anderer Art, die im Bereich der PTB geprüft werden. Die Prüfregeln wenden sich sowohl an die Eichbehörden, staatlich anerkannten Prüfstellen und Überwachungsorgane als auch an die Prüflaboratorien von Industrie und Wirtschaft. Sie werden ferner für die Einrichtung von Prüfstellen und Meßräumen sowie für Lehrzwecke von Nutzen sein.

Schriftleitung: Dipl.-Phys. *H. Klages*, 33 Braunschweig, Bundesallee 100

PTB-Prüfregeln Band 8

Alle Rechte vorbehalten

Copyright © 1972 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig

Satz und Druck: E. Hunold, Braunschweig

Printed in Germany

# Inhaltsverzeichnis

## Vorbemerkung

### ERSTER TEIL

#### Erläuterungen und Begriffsbestimmungen

1. Allgemeine Grundlagen
  - 1.1. Zeitmeßtechnische Begriffe
    - 1.1.1. Der Fehler der Anzeige
    - 1.1.2. Der Gang einer Uhr über ein Zeitintervall
    - 1.1.3. Die relative Frequenzabweichung
    - 1.1.4. Der Temperaturkoeffizient des Ganges
  - 1.2. Veränderlichkeit des Ganges
  - 1.3. Lagenbezeichnungen
  - 1.4. Einheiten
  - 1.5. Qualitätskennzeichen einer Uhr
    - 1.5.1. Zeitmeßtechnische Qualitätskennzeichen
    - 1.5.2. Die genormten Begriffe zur Qualitätskennzeichnung
      - 1.5.2.1. Die Stoßsicherheit bei Kleinuhren
      - 1.5.2.2. Die antimagnetische Uhr
      - 1.5.2.3. Die Wasserdichtheit von Kleinuhren
      - 1.5.2.4. Die Zahl der Uhrsteine
2. Eigenschaften der Stoppuhren
  - 2.1. Einteilung der Stoppuhren
  - 2.2. Die Anzeige
  - 2.3. Bezeichnungen und Aufschriften
  - 2.4. Die Betätigung der Handstoppuhr
    - 2.4.1. Betätigungseinrichtungen
    - 2.4.2. Die Betätigung der Handstoppuhr von Hand
    - 2.4.3. Betätigungsgeräte für Stoppuhren
3. Fehlerquellen bei Stoppuhren
  - 3.1. Der Anfangsfehler
  - 3.2. Der Gang der Stoppuhr über ein Zeitintervall

## **ZWEITER TEIL**

### **Prüfung und Meßgeräte**

- 4. Prüfung und Prüfverfahren
  - 4.1. Die Beschaffenheitsprüfung
    - 4.1.1. Die Prüfung auf Betriebssicherheit
    - 4.1.2. Zur Eichung zugelassene Bauarten
  - 4.2. Die meßtechnische Prüfung
    - 4.2.1. Grundsatz
    - 4.2.2. Vorbereitung zur Prüfung
    - 4.2.3. Die Bestimmung des Anfangsfehlers
    - 4.2.4. Die Prüfung über lange Zeitintervalle mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät
    - 4.2.5. Die Prüfung über lange Zeitintervalle mit anderen Normalgeräten
  - 4.3. Fehlergrenzen bei Stoppuhren
  - 4.4. Die Stempelung der Stoppuhren
  
- 5. Prüfmittel und Prüfeinrichtungen
  - 5.1. Das Normalgerät (automatisches Stoppuhrprüfgerät)
  - 5.2. Andere Normalgeräte
    - 5.2.1. Die Normalstoppuhr
    - 5.2.2. Die Normalsekundenuhr
    - 5.2.3. Die Zeitwaage
  - 5.3. Die Fehlergrenzen der Normalgeräte
  - 5.4. Hilfsmeßgeräte
    - 5.4.1. Kraftmesser
    - 5.4.2. Meßmikroskop
    - 5.4.3. Thermometer
  - 5.5. Hilfseinrichtungen

## **DRITTER TEIL**

### **Die Anwendung von Handstoppuhren**

- 6.1. Allgemeine Bemerkungen
- 6.2. Die Anwendung von Handstoppuhren bei der Zeitmessung beim Sport

### **Schrifttum**

## **ANHANG**

- Anlage 1 Formblatt: Bestimmung des Anfangsfehlers mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät
- Anlage 2 Meßergebnisse bei einer Stoppuhr mit kleinem Anfangsfehler
- Anlage 3 Meßergebnisse bei einer Stoppuhr mit großem Anfangsfehler
- Anlage 4 Formblatt: Bestimmung des Anfangsfehlers mit einer Normalstoppuhr
- Anlage 5 Formblatt: Prüfung langer Zeitintervalle
- Anlage 6 Meßergebnisse bei der Prüfung einer Stoppuhr guter Qualität über lange Zeitintervalle
- Anlage 7 Formblatt: Prüfung langer Zeitintervalle mit einer Zeitwaage
- Anlage 8 Angaben zum Sender DCF 77/77,5 kHz





## **Vorbemerkung**

Zur Messung von Zeitintervallen werden häufig Stoppuhren verwendet. Die nachfolgenden Ausführungen sollen dazu dienen, den Benutzern von Stoppuhren als Präzisionsmeßgeräten und den mit der meßtechnischen Prüfung von Stoppuhren beauftragten Stellen die Eigenschaften dieser Meßgeräte zu erläutern und die mit der Prüfung im Zusammenhang stehenden meßtechnischen Probleme verständlich zu machen. Bei Stoppuhren, die geeicht werden sollen, müssen die Bauarten von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zur Eichung zugelassen werden. <sup>1)</sup>

Elektronische Zähler werden hier nicht behandelt.

## **ERSTER TEIL**

Erläuterungen und Begriffsbestimmungen

### **1. Allgemeine Grundlagen**

#### **1.1. Zeitmeßtechnische Begriffe**

Das Meßergebnis einer Uhr wird im allgemeinen ihrer Anzeige entnommen. Hierbei ist die Anzeige meist die auf dem Zifferblatt abgelesene Position der Zeiger. Auch andere Arten der Anzeige sind möglich, wie beispielsweise digitale Anzeige in Ziffernschritten. Aus der Anzeige lassen sich u.a. die in den Abschnitten 1.1.1 bis 1.1.4 aufgeführten zeitmeßtechnischen Begriffe ableiten (s. DIN 8236 "Zeitmeßtechnische Begriffe" Blatt 1: Anzeige, Gang; Blatt 2: Frequenz, Periodendauer; Blatt 3: Koeffizienten des Ganges.). Diese müssen wegen der im allgemeinen schrittweise fortschreitenden Anzeige der Uhren als Differenzenquotienten angegeben werden. Die Annehmlichkeit der bei stetigen Vorgängen möglichen Bildung von Differentialquotienten entfällt hier also. Erschwerend kommt noch hinzu, daß bei Uhren der Wert eines solchen bestimmten Differenzenquotienten verschieden groß ist, je nachdem, ein wie großes Beobachtungszeitintervall verwendet wird und wie lange die Uhr seit ihrem Vollaufzug bereits gelaufen ist. Dies führt zu einer unumgänglichen auch sprachlichen Umständlichkeit bei der exakten Benennung der charakteristischen Größen.

<sup>1)</sup>siehe Eichordnung (im folgenden EO abgekürzt) in der Fassung der 14. Verordnung zur Änderung der EO vom 18. Juni 1970 (Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 112 vom 25. Juni 1970)

### 1.1.1. Der Fehler der Anzeige

Der Fehler der Anzeige  $t_e^*$  einer Uhr (Stand einer Uhr) ist gleich ihrem angezeigten Wert  $t_x$  minus ihrem richtigen Wert  $t_n$

$$t_e = t_x - t_n \quad (1)$$

Hieraus ergibt sich, daß der Fehler der Anzeige einer Uhr positiv ist, wenn ihr angezeigter Wert größer ist als ihr richtiger Wert ( $t_x > t_n$ ) (s. *Bild 1*) und negativ, wenn ihr angezeigter Wert kleiner ist als ihr richtiger Wert ( $t_x < t_n$ ). Diese Vorzeichenwahl entspricht der in DIN 1319 (Grundbegriffe der Meßtechnik) für den Fehler festgelegten. Sie ist auf dem Gebiet der Uhrentechnik in mehreren Staaten üblich. Es ist jedoch zu beachten, daß es auf verschiedenen Gebieten, so in der Navigation, Astronomie und Geodäsie teilweise üblich ist, die Korrektur der Anzeige ( $-t_e$ ) als Stand zu bezeichnen.



Bild 1

Positiver Fehler der Anzeige einer Uhr ( Gl. ( 1 ) \*\*)

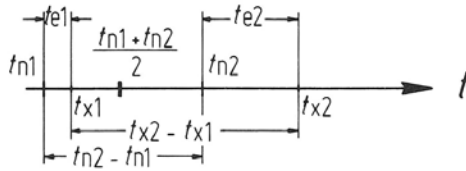
### 1.1.2. Der Gang einer Uhr über ein Zeitintervall

Der Gang  $G$  einer Uhr über das Zeitintervall von  $t_{n1}$  bis  $t_{n2}$  ist durch folgende Gleichung definiert (s. *Bild 2*)

$$G = G(t_{n2}, t_{n1}) = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{t_{n2} - t_{n1}} = \frac{(t_{x2} - t_{x1}) - (t_{n2} - t_{n1})}{t_{n2} - t_{n1}} \quad (2)$$

\*) Es wird hier und im folgenden unter dem Formelzeichen  $t$  immer ein Zeitintervall verstanden. Dieser Standpunkt ist insbesondere für Stoppuhren sinnvoll, da deren Anzeige nahezu immer etwas über die Dauer eines Zeitintervalls aussagen soll.

\*\*) In den Bildern 1b bis 3 ist zur besseren Übersicht von den Zeitintervallen  $t_{ni}$  und  $t_{xi}$  jeweils nur der rechte Endpunkt gezeichnet. Diese Zeitintervalle haben weiter links einen gemeinsamen Anfangspunkt. Die Bilder 1a und 1b zeigen den nur äußerlichen Unterschied in der Darstellungsweise. Sie haben denselben sachlichen Inhalt.



**Bild 2**

Zur Definition des Ganges einer Uhr über ein Zeitintervall  
(Gl. (2)) (Uhr mit positivem Gang) \*)

Die Indizes 1 und 2 beziehen sich auf den ersten und zweiten Beobachtungszeitpunkt. Im allgemeinen wird der Gang einer Uhr über das Meßzeitintervall  $(t_{n2} - t_{n1})$  für den Zeitpunkt am Ende des Zeitintervalls  $\frac{t_{n2} + t_{n1}}{2}$  geltend betrachtet (also für die Mitte des Meßzeitintervalls). Jeder Zahlenwert des Ganges einer Uhr über ein Zeitintervall bedarf der Ergänzung durch die Angabe des dazugehörigen Ablaufzustandes der Uhr.

Der Gang einer Uhr über ein Zeitintervall ist nach Gl. (2) positiv, wenn ihr zeitlich zweiter Fehler der Anzeige größer ist als ihr zeitlich erster Fehler der Anzeige ( $t_{e2} > t_{e1}$ , vorgehende Uhr).

Der rechts stehende Teil der Gl. (2) macht deutlich, daß der Gang einer Uhr über ein Zeitintervall nicht nur aus zwei Fehlern der Anzeige ( $t_{e2}, t_{e1}$ ) gebildet werden kann, sondern auch direkt aus zwei Anzeigen ( $t_{x2}, t_{x1}$ ).

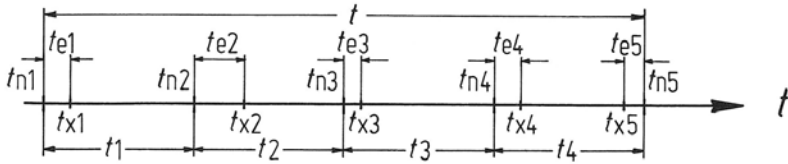
Der Gang einer Uhr über ein bestimmtes Zeitintervall wird beispielsweise wie folgt bezeichnet:

$G_d$  für den Gang über einen Tag

$G_h$  für den Gang über eine Stunde.

In der Umgangssprache wird häufig für eine Uhr mit beispielsweise positivem

\*) In den Bildern 1b bis 3 ist zur besseren Übersicht von den Zeitintervallen  $t_{ni}$  und  $t_{xi}$  jeweils nur der rechte Endpunkt gezeichnet. Diese Zeitintervalle haben weiter links einen gemeinsamen Anfangspunkt. Die Bilder 1a und 1b zeigen den nur äußerlichen Unterschied in der Darstellungsweise. Sie haben denselben sachlichen Inhalt.



**Bild 3**

Zur Berechnung des durchschnittlichen Ganges einer Uhr über ein Zeitintervall ( Gl. ( 3 ) ) \*)

Fehler ihrer Anzeige der Ausdruck "vorgehende Uhr" benutzt. Dies ist vom meßtechnischen Standpunkt aus eine unrichtige Bezeichnung. Das Wort "vorgehend" ist vom Wort "Gang" abgeleitet und kann daher nicht zur Bezeichnung eines Anzeigefehlers benutzt werden.

Aus Gl. ( 2 ) folgt, daß die Größe des Ganges einer Uhr über ein Zeitintervall immer den Charakter eines Durchschnittswertes hat. Der durchschnittliche Gang  $G$  einer Uhr über ein bestimmtes Zeitintervall  $t$ , der aus  $k$  Gängen  $G_i$  der Uhr über gleich lange, unmittelbar aufeinanderfolgende Meßzeit-

intervalle  $t_i$  mit  $\sum_i t_i = t$  gewonnen wird (s. *Bild 3*), ergibt sich zu

$$G(t) = \frac{\sum_{i=1}^k G_i}{k} = \frac{t_{e, k+1} - t_{e, 1}}{t_{n, k+1} - t_{n, 1}} \quad (3)$$

Die Gl. ( 3 ) hat dieselbe Form wie Gl. ( 2 ).

### 1.1.3. Die relative Frequenzabweichung

Verschiedene Meßverfahren bezüglich des zeitlichen Verhaltens einer Uhr gehen nicht von ihrer Anzeige aus, sondern von ihrem Tickgeräusch. Die hintereinander kommenden "Ticks" ergeben eine Frequenz. Daher kann man die relative Frequenzabweichung des Schwingensystems einer Uhr bilden:

$$\frac{\text{angezeigter Wert der Frequenz} - \text{richtiger Wert der Frequenz}}{\text{richtiger Wert der Frequenz}}$$

\*) In den Bildern 1b bis 3 ist zur besseren Übersicht von den Zeitintervallen  $t_{n_i}$  und  $t_{x_i}$  jeweils nur der rechte Endpunkt gezeichnet. Diese Zeitintervalle haben weiter links einen gemeinsamen Anfangspunkt. Die Bilder 1a und 1b zeigen den nur äußerlichen Unterschied in der Darstellungsweise. Sie haben denselben sachlichen Inhalt.

Die relative Frequenzabweichung des Schwingsystems einer Uhr entspricht nach Vorzeichen und Zahlenwert mit folgender – im allgemeinen vernachlässigbarer – Einschränkung dem Gang einer Uhr über dasselbe Meßzeitintervall: Der aus der Anzeige gewonnene Gang einer Uhr über ein Zeitintervall ist vom Schwingsystem, dem Räderwerk (Integration) und der Anzeige beeinflusst, während die – im allgemeinen kleinen – Fehlermöglichkeiten der beiden letzteren Uhrenteile bei der relativen Frequenzabweichung entfallen.

#### 1.1.4. Der Temperaturkoeffizient des Ganges

Die Abhängigkeit des Ganges einer Uhr von der Temperatur kann mit Hilfe des Temperaturkoeffizienten des Ganges angegeben werden:

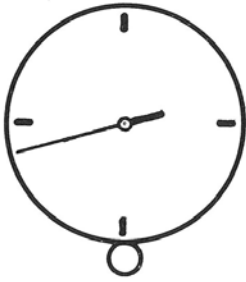
$$C(\vartheta_1, \vartheta_2) = \frac{(G \text{ bei der Temperatur } \vartheta_2) - (G \text{ bei der Temperatur } \vartheta_1)}{\vartheta_2 - \vartheta_1}$$

Die Indizes 1 und 2 beziehen sich auf die beiden bei der Messung verwendeten Temperaturen (meist  $\vartheta_2 = 35^\circ\text{C}$  und  $\vartheta_1 = 5^\circ\text{C}$ ).

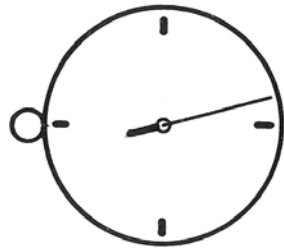
#### 1.2. Veränderlichkeit des Ganges

Eine Uhr ist veränderlichen inneren und äußeren Betriebsbedingungen ausgesetzt. Zu den äußeren rechnet man beispielsweise die Temperatur, den Luftdruck, die Luftfeuchte, die Lage und das Magnetfeld, zu den inneren das während des Ablaufs der Uhr abnehmende Drehmoment der Uhrfelder (bzw. die abnehmende elektrische Spannung bei einer elektrischen Uhr mit Batterie), Schwerpunktfehler der Unruhe, die von der unvollkommenen Verzahnung der Zahnräder und von Eingriffsfehlern stammenden Drehmomentchwankungen, die Alterung des Öls und den variierenden Antriebsimpuls. Häufig bewirken diese Einflüsse in recht komplexer Weise eine Änderung der Winkelamplitude der Unruhschwingung und damit eine Änderung der Schwingungsdauer und somit des Ganges.

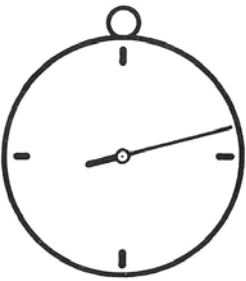
Bei der Messung des Ganges sind daher möglichst definierte Betriebsbedingungen zu realisieren (insbesondere bezüglich Lage, Temperatur und Aufzugszustand). Ferner sollte sich die Messung des Ganges einer Uhr über ein Zeitintervall mindestens über ein solches Zeitintervall erstrecken, dessen Dauer gleich der kürzesten Periode der üblicherweise vor-



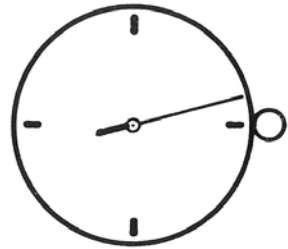
6 o



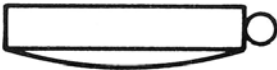
3 o



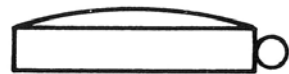
12 o



9 o



B o



Z o

Bild 4

Die sechs Hauptlagen einer Uhr

kommenden Drehmomentschwankungen ist. Das ist bei Stoppuhren im allgemeinen die Dauer von beispielsweise ca. 50 s (Dauer des Eingriffs eines Zahnes des Federhausrades bei einer häufig verwendeten Bauart). Wesentlich besser ist aber ein Zeitintervall, das mehrere solcher Perioden einschließt. Ferner sind zur Charakterisierung des Verhaltens einer Uhr mehrere Messungen des Ganges über ein Zeitintervall mit fortschreitendem Ablauf der Uhr notwendig, um auch das Nachlassen des Drehmoments der Uhrfeder zu erfassen.

### 1.3. Lagenbezeichnungen

Der Gang einer Uhr über ein Zeitintervall ist abhängig von ihrer Orientierung zur Richtung der Fallbeschleunigung (unterschiedliche Reibung in den Lagern der Achse des Schwingsystems, Unwucht des Schwingsystems, s. auch Abschnitt 1.2). Daher ist es notwendig, bei jeder Messung des Ganges die Uhr in eine bestimmte Lage zu bringen und diese anzugeben. Für die sechs Hauptlagen (*Bild 4*) sind folgende Bezeichnungen und Abkürzungen üblich:

Zifferblatt oben	Z O
Gehäuseboden oben	G O
Ziffer 3 oben	3 O
Ziffer 12 oben	12 O
Ziffer 9 oben	9 O
Ziffer 6 oben	6 O

Beliebige Lagen werden zweckmäßig mit Hilfe von geeignet eingeführten Kugelkoordinaten gekennzeichnet.

### 1.4. Einheiten

Die gesetzliche Einheit der Zeit ist die Einheit der Zeit des Internationalen Einheitensystems (SI-Einheit), die Sekunde :

Die Sekunde (s) ist das 9 192 631 770fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids  $^{133}\text{Cs}$  entsprechenden Strahlung.

Die Anzeige der Uhren wird im allgemeinen in Sekunden und/oder Vielfachen oder Teilen davon angegeben. Gebräuchliche Vielfache oder Teile sind beispielsweise die Minute (1 min = 60 s), die Stunde (1 h = 60 min = 3600 s), der Tag (1 d = 24 h = 86 400 s). 1/1000 s = 1 ms.

Der Fehler der Anzeige einer Uhr (Stand einer Uhr) wird ebenfalls in Sekunden und/oder Vielfachen oder Teilen davon angegeben. Die abgeleitete Einheit des Ganges einer Uhr über ein Zeitintervall ist die Sekunde/Sekunde ( $s/s$ ). Häufig wird allerdings die Einheit Sekunde/Tag ( $s/d$ ) benützt. Es ist

$$86\,400\ s/d = 1\ s/s.$$

Der Temperaturkoeffizient des Ganges einer Uhr wird im allgemeinen in der Einheit Sekunde/Tag  $\cdot$  Kelvin ( $s/(d \cdot K)$ ) angegeben.

Die abgeleitete Einheit der relativen Frequenzabweichung des Schwingensystems einer Uhr ist die Sekunde/Sekunde ( $s/s$ ). Häufig werden dezimale Teile hiervon benützt, beispielsweise die Millisekunde/Sekunde ( $ms/s$ ) oder die Mikrosekunde/Sekunde ( $\mu s/s$ ).

## **1.5. Qualitätskennzeichen einer Uhr**

### **1.5.1. Zeitmeßtechnische Qualitätskennzeichen**

Von einer Uhr, insbesondere einer Stoppuhr, verlangt man, daß sie einen möglichst kleinen Gang hat. Diese Eigenschaft ist aber hauptsächlich eine Angelegenheit der Feinregulierung und weniger der Qualität. Die Qualität einer Uhr kommt darin zum Ausdruck, daß sich ihr Gang mit abnehmendem Aufzugszustand (also abnehmendem Drehmoment der Zugfeder) möglichst wenig ändert und daß häufig wiederholte – gleichwertige – Messungen des Ganges über dasselbe Zeitintervall (bei gleichem Aufzugszustand) eine möglichst kleine Streuung zeigen. Diese Eigenschaft muß über längere Zeit erhalten bleiben. Dies ist nur dann möglich, wenn alle Teile der Stoppuhren aus Werkstoffen hinreichender Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Unveränderlichkeit bestehen (s. auch § 1202 EO).

Hinzu kommt die Forderung nach einem möglichst kleinen Temperaturkoeffizienten des Ganges und nach einer möglichst kleinen Abhängigkeit des Ganges von der Lage der Uhr.

Die Zulassung einer Stoppuhr zur Eichung ist eine Qualitätskennzeichnung bezüglich ihres zeitmeßtechnischen Verhaltens und ihrer meßtechnischen Brauchbarkeit.



## **1.5.2. Die genormten Begriffe zur Qualitätskennzeichnung**

In DIN 8235 werden die Uhren eingeteilt in

Kleinuhren  
Großuhren  
Zeitlaufwerke.

In dieser Einteilung gehören die Stoppuhren zu den Kleinuhren, die im allgemeinen zum Tragen am Körper bestimmt sind, wie beispielsweise Armbanduhren und Taschenuhren. Für Kleinuhren sind einige der gebräuchlichen Begriffe zur zusätzlichen Kennzeichnung der Qualität genormt. Da diese Begriffe gelegentlich auch auf Stoppuhren angewandt werden, sollen sie im folgenden kurz behandelt werden. Den zitierten deutschen Normen entsprechen weitgehend von der ISO empfohlene Festlegungen nahezu gleichen Inhalts.

### **1.5.2.1. Die Stoßsicherheit bei Kleinuhren**

Kleinuhren sind stoßsicher im Sinne von DIN 8308, wenn sie einen freien Fall aus 1 m Höhe in beliebiger Lage auf einen Hartholzboden oder eine dementsprechende Beanspruchung ertragen, ohne daß dabei funktionsstörende Beschädigungen von Werkteilen und des Gehäuses eintreten, und ohne daß sich dadurch der Gang der Uhr über zwei Minuten um mehr als 60 Sekunden je Tag ändert.

Die genau festgelegte Prüfung ist eine Bauartprüfung und wird daher nur an wenigen Exemplaren einer Type ausgeführt. Kleinuhren, die den diesbezüglichen Anforderungen genügen, dürfen als "stoßsicher" bezeichnet werden. Gleichwertige Begriffe sind beispielsweise stoßgesichert, stoßgeschützt, anti-shoc, shock-proof, shock-resistant, shock-protected.

### **1.5.2.2. Die antimagnetische Uhr**

Kleinuhren sind antimagnetisch im Sinne von DIN 8309, wenn sie während und nach einer bestimmten Magnetfeldeinwirkung nicht stehen bleiben und wenn sich bei Werkdurchmessern über 20 mm nach der Magnetfeldeinwirkung der Gang der Uhr über zwei Minuten um nicht mehr als 30 Sekunden je Tag gegen den vorherigen Zustand geändert hat. Die Uhr wird hierbei in voll aufgezo-genem Zustand in verschiedenen Lagen 60 Sekunden lang einem homogenen Magnetfeld mit der magnetischen Feldstärke von ca. 4800 A/s ausgesetzt. Die genau festgelegte Prüfung ist eine Bauartprüfung (s. Abschnitt 1.5.2.1). Kleinuhren, die den diesbezüglichen Anforderungen genügen, dürfen

als "antimagnetisch" bezeichnet werden. Gleichwertige Begriffe sind anti-magnetic und antimagnétique.

### 1.5.2.3. Die Wasserdichtheit von Kleinuhren

Kleinuhren sind im Sinne von DIN 8310 wasserdicht, wenn ihre Leckrate kleiner als  $2 \cdot 10^{-5}$  Torr l/s (bezogen auf Luft von 60 % relativer Feuchte bei 20° C und einer Druckdifferenz von  $10^5$  Pa =  $10^5$  N/m<sup>2</sup> = 1 bar) ist. \*) Die Uhr wird zur Messung einer von Verfahren zu Verfahren unterschiedlichen Druckdifferenz ausgesetzt, wobei die Menge der in die Uhr hineinströmenden Umgebungssubstanz (Gas, Flüssigkeit) oder die Menge der aus der Uhr herausströmenden Luft festgestellt wird.

Die genau festgelegte Prüfung ist eine Individualprüfung und muß daher an jedem einzelnen Exemplar ausgeführt werden. Kleinuhren, die den diesbezüglichen Anforderungen genügen, dürfen als "wasserdicht" bezeichnet werden. Gleichwertige Begriffe sind water-protected und étanche.

Außer den wasserdichten Uhren gibt es noch sog. wassergeschützte Uhren. Sie erheben nicht Anspruch auf den Qualitätsbegriff "wasserdicht". Sie enthalten Dichtungen, die ein schnelles Eindringen von Wasser verhindern.

### 1.5.2.4. Die Zahl der Uhrsteine

Die Anzahl der in Uhren verwendeten Uhrsteine läßt eine grobe Einteilung der Uhren nach ihrer Qualität zu. Uhrsteine sind Konstruktionselemente, die aufgrund ihrer besonderen Vorzüge, wie geringe Reibung und Abnutzung sowie gute und sichtbare Ölhaltung in der Uhr an besonders hoch beanspruchten Stellen, wie z.B. Lagern, verwendet werden. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik werden für Uhrsteine vorwiegend Rubin, Saphir und Spinell verwendet.

Nach DIN 8305 darf im Geschäftsverkehr, bei der Werbung sowie bei der Kennzeichnung nur die Zahl der Funktionssteine angegeben werden, d.h. solcher Uhrsteine, die im Uhrwerk an funktionswichtigen Stellen so angebracht sind, daß ihnen eine deutlich erkennbare uhrentechnische Funktion zugewiesen ist. Die hierfür in Frage kommenden Uhrsteine sind in DIN 8305 im einzelnen aufgeführt.

---

\*) Die gesetzliche Einheit des Druckes ist das Pascal (Pa)

## 2. Eigenschaften der Stoppuhren

Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf äußerlich sichtbare oder von außen meßbare Eigenschaften von Stoppuhren.

### 2.1. Einteilung der Stoppuhren

Stoppuhren sind Meßgeräte, die Zeitintervalle mittels eines Frequenzgenerators (dem Zeitteiler) und mittels eines Integrators (dem Räderwerk mit der Anzeige) feststellen. Stoppuhren sind also digitale Zähler. Der Frequenzgenerator (die Unruhe) wird zum Zwecke der Messung in Bewegung gesetzt. Folgende Halbschwingungsdauern der Unruhe sind gebräuchlich:

0,2 s      0,1 s      1/30 s      0,01 s.

Man unterscheidet

- a) Stoppuhren, die ausschließlich unmittelbar von Hand betätigt werden – Handstoppuhren (Gattung 121 nach § 1201 EO)
- b) Stoppuhren, die mittels eines Elektromagneten betätigt werden können (Gattung 122 nach § 1201 EO), sog. Großstoppuhren. Meist ist eine zusätzliche mechanisch wirkende Handbetätigung möglich.

Der Durchmesser des Uhrgehäuses liegt bei Handstoppuhren meist zwischen 50 und 65 mm, bei Großstoppuhren bei 150 mm.

Häufig sind Stoppuhren stoßsicher, antimagnetisch, wasserdicht oder wassergeschützt und enthalten eine Anzahl Uhrsteine. Diese Angaben sind meistens auf dem Zifferblatt oder dem Gehäuseboden vermerkt.

### 2.2. Die Anzeige

Aufgrund langjähriger meßtechnischer Erfahrungen sind an die Anzeige einer guten Stoppuhr folgende Forderungen zu stellen, damit eindeutige Meßresultate erzielt werden können (bei zur Eichung zugelassenen Stoppuhren ist die Einhaltung dieser Forderungen nach § 1203 EO vorgeschrieben):

- A Anforderungen bezüglich der Skala
- a) Die Einteilung der Skalen soll gleichmäßig fortschreiten sowie eindeutig und übersichtlich beziffert sein.

- b) Für die Einteilung der Skalen sind nur Teilstriche zu verwenden.
- c) Die Teilstriche sollen gerade und in sich gleich breit sein. Einzelne Teilstriche können durch Strichlänge, Strichbreite oder Bezifferung hervorgehoben sein. Die Breite der verschiedenen Teilstriche soll sich höchstens um den Faktor 2 unterscheiden. Das Hervorheben einzelner Teilstriche durch ihre Strichbreite ist nur dann sinnvoll, wenn eine notwendige Interpolation dadurch nicht behindert wird.
- d) Die Teilstriche müssen sich vom Untergrund ausreichend abheben.
- e) Der kleinste Teilstrichabstand der Skala mit der kleinsten Teilung soll dem Wert der Halbschwingungsdauer, jedoch nicht einem kleineren Wert als 0,1 s entsprechen und mindestens eine Länge von 0,5 mm haben.
- f) Die Einheit der Anzeige auf den Skalen ist anzugeben (z.B. in s, min oder h).

#### B Anforderungen bezüglich der Zeiger

- a) Die Spitze des Zeigers jeder Skale soll über die Teilstriche nicht hinausragen; er soll sie jedoch erreichen. Die Spitze des Zeigers soll, soweit er die Teilstriche überdeckt, nicht breiter als die kleinste Teilstrichbreite seiner Skale sein.
- b) Der Abstand zwischen Zeiger und Skalenfläche soll einen halben Teilstrichabstand nicht überschreiten. Wenn mit Hilfe eines eingebauten Spiegels parallaxenfrei abgelesen werden kann, darf der Abstand bis zu 1 mm betragen.
- c) Der Zeiger soll bei Stoppuhren mit 0,1 s und 0,2 s Halbschwingungsdauer entsprechend den abgelaufenen Schwingungen von Teilstrich zu Teilstrich fortschreiten. Bei Stoppuhren mit 1/30 s bzw. 1/100 s Halbschwingungsdauer soll der Zeiger jeweils nach 3 bzw. 10 Halbschwingungen wieder auf einem Teilstrich stehen (s. auch Buchstabe A Absatz c)

### 2.3. Bezeichnungen und Aufschriften

Auf dem Zifferblatt oder dem Uhrgehäuse sollen angegeben sein (bei zur Eichung zugelassenen Stoppuhren sind diese Angaben vorgeschrieben – § 1208 EO)

- a) Name oder Firmenzeichen des Herstellers

- b) eine Fabriknummer und das Baujahr
- c) die Halbschwingungsdauer unter Beifügung der Zeiteinheit "Sekunde" oder deren Kurzzeichen s
- d) der Meßbereich, wenn seine Angabe bei der besonderen Zulassung der einzelnen Bauarten gefordert wird.
- e) die Zulassungsbezeichnung

Eine Angabe über den Meßbereich ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn er entweder kleiner ist als der Anzeigebereich oder wenn er ein Mehrfaches des Anzeigebereichs beträgt.

Für den bei der Eichung anzubringenden Hauptstempel nach § 12 Nr. 2 Abs. 1 Buchstabe b der EO (Eichzeichen für Präzisionsmeßgeräte und Jahreszeichen) ist eine Stempelstelle nach § 1210 EO vorzusehen (Sicherungsstempel s. Abschnitt 4.4).

## **2.4. Die Betätigung der Handstoppuhr**

### **2.4.1. Betätigungseinrichtungen**

Die Betätigungsknöpfe der Stoppuhr müssen für die sichere Betätigung genügend groß sein. Man unterscheidet sog. "Dreitakt"-Stoppuhren und sog. "Zweitakt"-Stoppuhren. Die ersteren betätigt man nur mit der Krone. Die drei Funktionen "Starten", "Stoppen" und "Nullstellen" kommen in zwangsläufiger Reihenfolge. Bei den zweiten ist ein zusätzlicher Betätigungsknopf für das Nullstellen vorhanden, so daß mit der Krone nur die beiden Funktionen "Starten" und "Stoppen" möglich sind. Solche Stoppuhren benötigt man beispielsweise, wenn verschiedene Teilintervalle aufsummiert werden sollen. Die Krone hat meist einen Durchmesser von 6 mm bis 9 mm. Die Hübe der Betätigungsknöpfe liegen meist zwischen 1,5 mm bis 2,5 mm.

Die Betätigungskräfte liegen meist zwischen 5 N und 30 N. \*) Bei der Prüfung und beim praktischen Gebrauch der Uhr werden Meßfehler vermieden, wenn die zum Starten und zum Stoppen notwendigen Betätigungskräfte etwa gleich groß sind.

Bei zur Eichung zugelassenen Stoppuhren müssen nach § 1203 EO folgende Größen eingehalten werden:

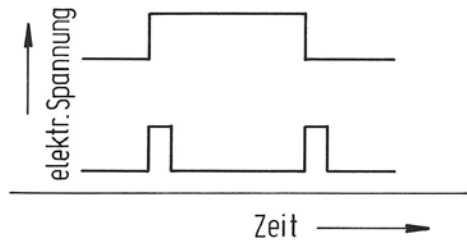
Durchmesser der Betätigungsknöpfe: mindestens 9 mm

Betätigungshübe: 1,5 mm bis 2,5 mm

\*) Die gesetzliche Einheit für die Kraft ist das Newton (N).  $9,806\ 65\ \text{N} = 1\ \text{kp}$

Betätigungskräfte: 5 N bis 30 N.

Die Handstoppuhren können im allgemeinen mit **Kraftstößen** von wenigen Millisekunden Dauer betätigt werden. Die elektromagnetisch zu betätigenden benötigen zur sicheren Funktion meist **Stromstöße** von einigen Zehntel Sekunden Dauer. Allerdings gibt es auch elektromagnetisch zu betätigende Stoppuhren, die nur während eines Dauerstromes in der Betätigungseinschaltung laufen (*Bild 5*).



**Bild 5**

Verschiedene Betätigungsarten elektromagnetisch zu betätigender Stoppuhren

#### **2.4.2. Die Betätigung der Handstoppuhr von Hand**

Um eine Handstoppuhr zu betätigen (Starten, Stoppen, Nullstellen), drückt man meist mit dem Daumen auf den dafür vorgesehenen Bedienungsknopf – im allgemeinen die Krone. Hierbei hat man eine Kraft zu überwinden, die einerseits von Stoppuhr zu Stoppuhr unterschiedlich ist, teilweise auch von Betätigung zu Betätigung (z.B. Starten und Stoppen). Die zu überwindende Kraft rührt vom Spannen von Federn und Bewegen von Hebeln in der Stoppuhr her. Die sich beim langsamen Niederdrücken der Krone ergebenden Kraft-Weg-Kurven (Kraftverlauf längs des Betätigungsweges der Krone) sind in *Bild 6* für zwei Stoppuhren verschiedener Bauart wiedergegeben.

Bei der Handbetätigung wird die notwendige Kraft vom Daumen auf die Stoppuhr übertragen. Zum Verständnis des Ablaufs dieses Vorgangs ist es von Interesse, den Kraftverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (Kraft-Zeit-Kurve) zu kennen, den ein kräftiger Daumendruck auf einen Kraftaufnehmer ergibt. Hierbei zeigt sich, daß der Kraftanstieg im Bereich von 5 bis 25 N etwa mit einer Steilheit von ca. 850 N/s erfolgt. Die Anstiegszeit der Kraft auf 5 N ist allerdings einer beträchtlichen Streuung unterworfen, da die

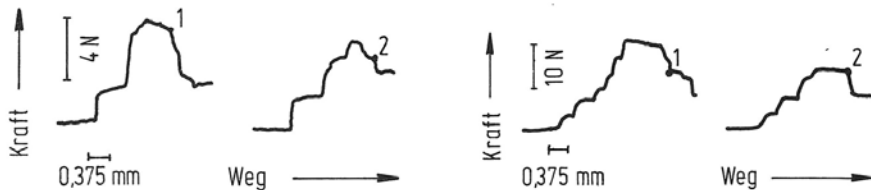


Bild 6

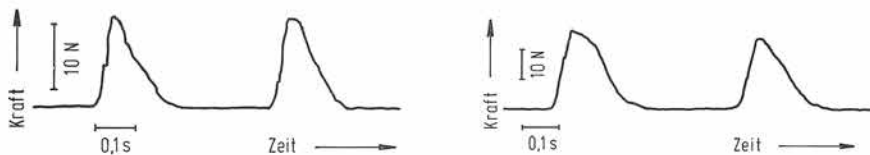
Kraft-Weg-Kurve für zwei Stoppuhren verschiedener Bauart beim Starten und Stoppen. (Bei 1 erfolgt der Start, bei 2 der Stopp. Links Stoppuhr A 2, rechts Stoppuhr B 2).

Geschwindigkeit, mit der man mit dem Daumen niederzudrücken beginnt, offensichtlich etwas ungleichmäßig ist. Die kürzesten Zeiten für diesen Teil des Kraftanstiegs betragen ca. 15 ms, die am häufigsten vorkommenden Zeiten liegen zwischen 15 ms und 25 ms, in Einzelfällen kommen auch Zeiten zwischen 35 ms und 40 ms vor. Die Handbetätigung einer Stoppuhr mit 8,5 N Betätigungskraft wird daher eine Zeit zwischen 25 ms und 50 ms erfordern.

In *Bild 7* sind Kraft-Zeit-Kurven der beiden Stoppuhren aus Bild 6 bei Betätigung von Hand wiedergegeben. Solche Registrierkurven werden aufgezeichnet, wenn man die Stoppuhr auf dem Kraftaufnehmer befestigt und sie dann von Hand betätigt. Die Zacken in den ansteigenden Kurventeilen zeigen die Betätigung an. Wie man Bild 7a entnehmen kann, betrug bei der einen Uhr die zum Starten notwendige Zeit ca. 35 ms, die zum Stoppen notwendige ca. 20 ms. (Systematische Fehler infolge der fehlerhaften menschlichen Reaktion (s. Abschnitt 6) bleiben hier unberücksichtigt, da für diese Messungen der Beginn des Kraftanstiegs als der exakt richtige Zeitpunkt zum Starten und Stoppen angesehen wird.) Dem Bild 7b kann man die zum Starten der anderen Stoppuhr notwendige Zeit von ca. 35 ms entnehmen. Da bei dieser Uhr jedoch die zum Stoppen notwendige Maximalkraft niedriger liegt als die zum Starten erforderliche, erfolgt das Stoppen immer etwas zu früh (in Bild 7b um ca. 10 ms).

### 2.4.3. Betätigungsgeräte für Stoppuhren

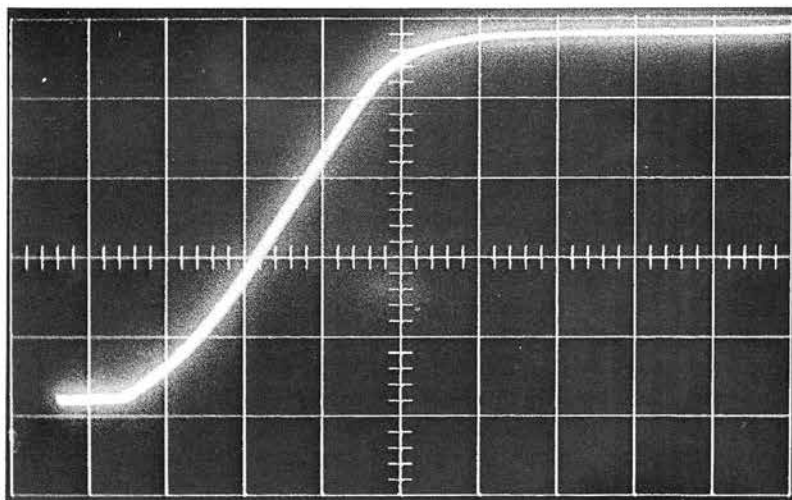
Zum Betätigen von Handstoppuhren (Starten, Stoppen, Nullstellen) gibt es Betätigungsgeräte im Fachhandel. Sie erzeugen die erforderlichen Kräfte mit Hilfe von Elektromagneten. Mit ihrer Hilfe können also Handstoppuhren auch mit elektrischen Signalen gestartet und gestoppt werden. Die einzelnen



**Bild 7**

Registrierung der Kraft-Zeit-Kurven beim Starten und Stoppen von Hand (a: Stoppuhr A 2 aus Bild 6, b: Stoppuhr B 2 aus Bild 6)

Betätigungen erfolgen gegenüber dem elektrischen Signal mit einer konstanten, für das einzelne Betätigungsgerät individuellen Verzögerungszeit von meist 10 ms bis 20 ms. Sie wird zum Aufbau des elektromagnetischen Feldes in der Spule des Elektromagneten benötigt.



**Bild 8**

Oszillogramm der Kraft-Zeit-Kurve eines Stoppuhrbetätigungsgeräts ( Teilstrichabstand auf der Abszissenachse 10 ms, auf der Ordinatenachse ca. 6 N )

In den **Bildern 8 und 9** sind die Kraft-Zeit-Kurven zweier verschiedener Betätigungsgeräte wiedergegeben. Die beiden Registrierkurven beginnen in dem Augenblick, in dem der Betätigungskontakt geschlossen wird. Dem Bild 8 kann man entnehmen, daß die Verzögerungszeit ca. 10 ms beträgt. Der



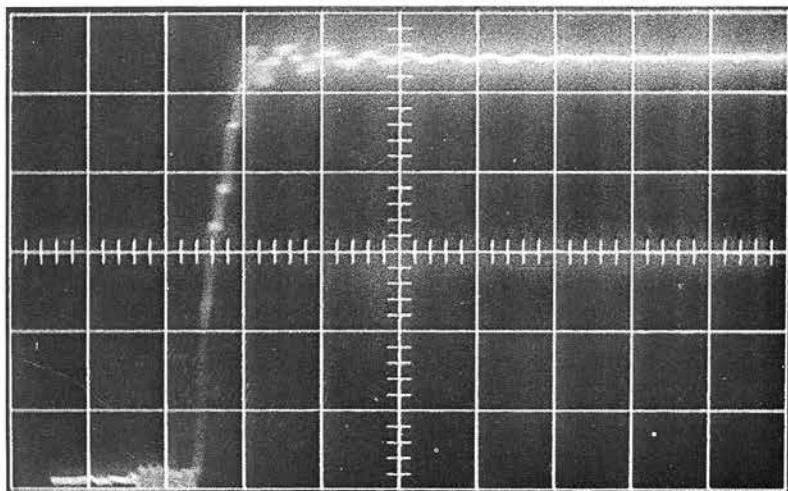


Bild 9

Oszillogramm der Kraft-Zeit-Kurve eines Stoppuhr- Betätigungsgeräts (Teiistrichabstand auf der Abszissenachse 10 ms, auf der Ordinatenachse ca. 9 N)

Kraftanstieg erfolgt dann mit einer Steilheit von ca. 800 N/s (die Maximalkraft beträgt ca. 28 N). Bild 9 kann man dagegen entnehmen, daß hier die Verzögerungszeit ca. 20 ms beträgt. Der Kraftanstieg erfolgt mit einer Steilheit von ca. 7000 N/s (Maximalkraft ca. 50 N). Eine Differenz zwischen der zum Starten und Stoppen erforderlichen Kraft von beispielsweise 14 N würde bei der Verwendung dieses Geräts einen Fehler von 2 ms ergeben.

Bei der Verwendung von Stoppuhr-Betätigungseinrichtungen ist darauf zu achten, daß diese ca. zweimal soviel Kraft aufbringen als die Stoppuhr maximal benötigt, um keine Rückwirkung von der Stoppuhr auf das Betätigungsgerät zu erhalten. Ferner muß dieses Gerät eine solche Steilheit des Kraftanstiegs aufweisen, daß verschieden große Kräfte beim Starten und Stoppen keinen nennenswerten Einfluß haben.

### 3. Fehlerquellen bei Stoppuhren

#### 3.1. Der Anfangsfehler

Eine schrittweise fortschreitende Anzeige, wie normalerweise bei der Stoppuhr, enthält einen systematischen Fehler, wenn sie – wie in *Bild 10* dargestellt – erst dann von Null auf Eins springt, wenn eine ganze Zählerleinheit (Halbschwingung) abgelaufen ist. Eine Anzeige ohne solchen systematischen Fehler erfordert den in *Bild 11* dargestellten Fall: Die Anzeige stimmt im Mittel mit dem richtigen Wert nur dann überein, wenn sie bereits nach der ersten halben Zählerleinheit fortschaltet. Dies kann bei Stoppuhren beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die Unruhe nicht aus der Nulllage, sondern aus der maximalen Auslenkung gestartet wird. Die Prüfung des Anfangsfehlers bedeutet also nichts anderes als die Kontrolle des "Sprungpunktes" der Fortschaltung der Anzeige. Dies erfolgt am bequemsten im Bereich 1 s bis 2 s, da hier der Gang der Uhr noch keine Rolle spielt und Meßzeitintervalle unter 1 s nur unbequem realisierbar sind. Man benötigt hierbei Zeit-

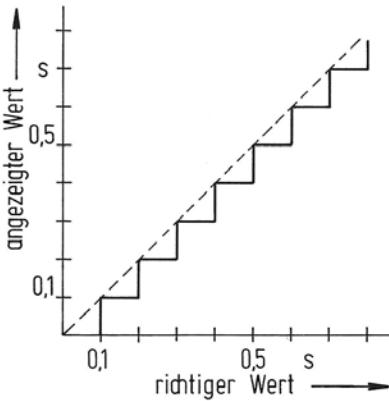


Bild 10

"Treppenkurve" einer Stoppuhr mit einer Halbschwingungsdauer von 0,1 s bei fehlerhafter Anzeige

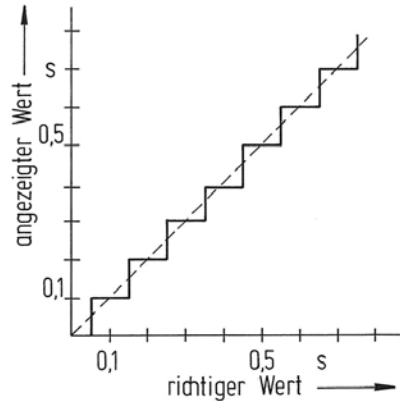


Bild 11

"Treppenkurve" einer Stoppuhr mit einer Halbschwingungsdauer von 0,1 s bei richtiger Anzeige

intervalle, deren Dauer Bruchteile einer Halbschwingungsdauer enthält. Bei einer Stoppuhr mit einer Halbschwingungsdauer von 0,1 s wird man daher beispielsweise der Reihe nach die Zeitintervalle 1,000 , 1,010 , 1,020 , 1,030 , 1,040 , . . . 1,190 Sekunden abstoppen. Bei "fehlerfreiem" Ver-

halten muß die Stoppuhr aufgrund ihrer Bauart bei einem Meßzeitintervall von 1,04 s noch 1,0 s anzeigen, bei einem Meßzeitintervall von 1,06 s aber bereits 1,1 s. Bei einer Häufung von Messungen mit Zeitintervallen von 1,04 s oder 1,06 s wird es natürlich trotzdem einige Fälle geben, in denen bei 1,04 s bereits 1,1 s und bei 1,06 s noch 1,0 s angezeigt wird. Um diese Streuung zu erfassen, ist es zweckmäßig, jede Messung mit einem bestimmten Zeitintervall mehrere Male auszuführen. Beim Zeitintervall 1,05 s sollten die Anzeigen 1,0 s und 1,1 s gleich häufig sein.

Für eine derartige Untersuchung könnten selbstverständlich auch die Zeitintervalle 1,200 , 1,210 , 1,220 , . . . , 1,390 Sekunden oder 1,400 , 1,410 , 1,420 , . . . , 1,590 Sekunden verwendet werden.

### **3.2. Der Gang der Stoppuhr über ein Zeitintervall**

Wie jede Uhr hat auch eine Stoppuhr einen Gang, der teils von nicht optimaler Regulierung, teils von Drehmomentschwankungen herrührt (s. Abschnitte 1.2 und 1.5). Um ihn zu erfassen, führt man im allgemeinen zwei Beobachtungen der Fehler der Anzeige im Abstand von einer Stunde aus. Da hierzu die Stoppuhr gestartet wird, ist der Fehler der Anzeige beim ersten Beobachtungszeitpunkt Null.

Bei der Festlegung einer oberen Grenze für den zulässigen Gang über ein Zeitintervall muß beachtet werden, daß er mittels einer Einzelbeobachtung bestimmt wird. Infolge des schrittweisen Fortschreitens der Anzeige ist jede Einzelbeobachtung (beim Anfangsfehler Null) um eine halbe Halbschwingungsdauer unsicher. Läßt man für diese Messung auch noch den maximal möglichen Anfangsfehler von ebenfalls einer halben Halbschwingungsdauer zu, so ist es sinnvoll, bei den Anforderungen an den Gang als zusätzliche Unsicherheit diejenige einer vollen Halbschwingungsdauer zuzulassen (s. Abschnitt 4.3).

## ZWEITER TEIL

Prüfung und Meßgeräte

### 4. Prüfung und Prüfverfahren

#### 4.1. Die Beschaffenheitsprüfung

##### 4.1.1. Die Prüfung auf Betriebssicherheit

Zunächst ist das äußere Aussehen der Stoppuhr zu untersuchen. Hierbei ist auf folgendes zu achten:

- a) Die Zeiger müssen fest sitzen und ihre Spitzen dürfen nicht abgebrochen sein.
- b) Die Anzeige darf nicht durch offensichtliche Mängel behindert oder verfälscht sein.
- c) Der Zeitpunkt der letzten Reinigung und Überholung des Werkes ist, wenn möglich, festzustellen. Auf äußerlich erkennbare Anzeichen übermäßiger Abnutzung wie beispielsweise lose Teile in der Uhr oder schlecht schließender Gehäuseboden ist besonders zu achten. Gegebenenfalls muß die Stoppuhr vor der Prüfung von einem Fachmann in einen einwandfreien Zustand gebracht werden.

Im Zweifelsfall sind nachzuprüfen

- d) die Betätigungskräfte,
- e) die Strichbreiten auf dem Zifferblatt.

Die Prüfung auf Betriebssicherheit ist in der folgenden Weise vorzunehmen (die angegebene Reihenfolge ist einzuhalten):

- f) Aufziehen der Stoppuhr bis zum Vollaufzug.
- g) Mit Hilfe eines Sekundentaktgebers 10 mal ein Zeitintervall von mehreren Sekunden abstoppen und kontrollieren, ob die Anzeige annähernd stimmt.
- h) Die Stoppuhr starten und 90 % der angegebenen Laufdauer möglichst ohne Unterbrechung laufen lassen und dann stoppen. Ist die Laufdauer nicht bekannt, so ist sie vorher festzustellen.
- i) Wiederholen von g).

- k) Bei den Prüfungen ist darauf zu achten, ob immer eine eindeutig ablesbare Einstellung der Zeiger zu beobachten ist und ob sich die Zeiger beim Betätigen der Nullstelleinrichtung stets genau auf die Nullage einstellen. Auf Geräusche beim Schütteln der Uhr ist zu achten.

#### **4.1.2. Zur Eichung zugelassene Bauarten**

Vor einer Eichung ist nach § 46 der Anweisung für die eichamtliche Behandlung von Meßgeräten –Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften – EA AV – in der Fassung vom 16. Dezember 1958 (Amtsbl. PTB Nr. 2(1959) ) folgendes zu prüfen:

- a) Gehört die Stoppuhr einer zur Eichung zugelassenen Bauart an.
- b) Sind die in § 1208 EO aufgeführten Bezeichnungen und Aufschriften (s. auch Abschnitt 2.3) auf dem Zifferblatt oder dem Uhrgehäuse angegeben.
- c) Im Zweifelsfall: Sind die in § 1203 EO aufgeführten Einrichtungen (s. auch Abschnitte 2.2 und 2.4.1) vorhanden und sind ihre Maße eingehalten.
- d) Besteht Betriebssicherheit gemäß Abschnitt 4.1.1.
- e) Ist eine Stempelstelle vorhanden (bezüglich der Stempelung s. Abschnitt 4.4).

Bei der Nacheichung ist wie bei der Neueichung zu verfahren.

## **4.2. Die meßtechnische Prüfung**

### **4.2.1. Grundsatz**

Die meßtechnische Prüfung mit einem automatischen Stoppuhrprüfgerät als Normalgerät (s. Abschnitt 5.1) erstreckt sich über verschiedene Zeitintervalle, Lagen, Temperaturen und Aufzugszustände einer Stoppuhr. Sofern ein solches Prüfgerät nicht vorhanden ist, können die Messungen mit anderen Normalgeräten (s. Abschnitt 5.2) ausgeführt werden.

### **4.2.2. Vorbereitung zur Prüfung**

Die Stoppuhr ist voll aufgezogen in das automatische Stoppuhrprüfgerät einzusetzen. Die richtige Einstellung des Hubes ist sorgfältig nachzuprüfen

und durch mehrfaches Betätigen der Auslösevorrichtung festzustellen, ob die Stoppuhr richtig gestartet, gestoppt und auf Null gestellt wird. Danach ist das Prüfgerät zu schließen und die Temperaturregelung einzuschalten. Liegt die jeweilige Prüftemperatur über bzw. unter der Raumtemperatur, so empfiehlt sich im Interesse eines schnelleren Erreichens der Prüftemperatur, zunächst einen um 5 grd über bzw. unter der Prüftemperatur liegenden Wert einzustellen, aber unmittelbar nach Erreichen dieser Temperatur auf den Sollwert zurückzustellen. Mit den Messungen kann 15 Minuten nach Erreichen der Prüftemperatur begonnen werden. Die vorgesehene Lage des Prüflings kann noch unmittelbar vor der Messung eingestellt werden.

#### **4.2.3. Die Bestimmung des Anfangsfehlers**

Der Anfangsfehler ist vorzugsweise bei Raumtemperatur in der Lage Zifferblatt oben und bei etwa 90 % Vollaufzug zu prüfen. Es sind zu messen

- a) bei Stoppuhren mit einer Halbschwingungsdauer von 0,2 Sekunden die Sollzeitintervalle von 1,00; 1,02; 1,04; . . . , 1,38 Sekunden mindestens je zweimal
- b) bei Stoppuhren mit einer Halbschwingungsdauer von 0,1 oder 1/30 oder 0,01 Sekunde die Sollzeitintervalle von 1,00; 1,01; 1,02; . . . , 1,19 Sekunden mindestens je zweimal.

Aus allen am Prüfling abgelesenen Zeitintervallen ist das arithmetische Mittel zu bilden. Hiervon ist das arithmetische Mittel der Sollzeitintervalle bei a) 1,190 s, bei b) 1,095 s abzuziehen. Das auf hundertstel Sekunden gerundete Ergebnis ist der sog. Anfangsfehler. Im Anhang ist als Anlage 1 ein für die zweckmäßige Darstellung der Meßergebnisse bei der Bestimmung des Anfangsfehlers geeignetes Formblatt abgebildet. Im Anhang sind als Anlage 2 und 3 die Meßergebnisse einer Stoppuhr mit kleinem und einer Stoppuhr mit großem Anfangsfehler wiedergegeben.

Der Anfangsfehler kann behelfsmäßig mit Hilfe einer Normalstoppuhr (s. Abschnitt 5.2.1) bei gleichzeitigem Starten und Stoppen des Prüflings und des Normalen bestimmt werden. Hierbei werden nach Möglichkeit die beiden Uhren Krone gegen Krone durch schnelles Zusammendrücken gestartet und gestoppt. Die Meßunsicherheit dieses Prüfverfahrens ist wegen eines eventuell vorhandenen Anfangsfehlers der Normalstoppuhr und durch beim Starten und Stoppen hinzutretende Fehler größer als bei der Verwendung eines automatischen Stoppuhrprüfgeräts. Es sind mindestens 40 Zeitintervalle im Bereich von 1 bis 2 Sekunden zu messen. Die Summe der Anfangsfehler beider Uhren ergibt sich entsprechend zu oben als Differenz des arith-

metischen Mittels der angezeigten Werte und der richtigen Werte. Im Anhang ist als Anlage 4 ein zur Darstellung der Meßergebnisse bei der Bestimmung des Anfangsfehlers mit einer Normalstoppuhr geeignetes Formblatt abgebildet.

#### **4.2.4. Die Prüfung über lange Zeitintervalle mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät**

Bei der Messung langer Zeitintervalle haben die Lage, der Aufzugszustand und die Temperatur der Uhr einen merklichen Einfluß auf ihre Anzeige. Alle drei Parameter sind daher bei einer Prüfung zu erfassen. Das Verhalten der Stoppuhr kann entweder mit Hilfe des Fehlers der Anzeige nach einer bestimmten Laufdauer (z.B. eine Stunde) angegeben werden, da beim Start der Fehler der Anzeige Null ist, oder mit Hilfe des Ganges über das betrachtete Zeitintervall. Bei der Messung mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät wird der erste Weg bevorzugt.

Die Stoppuhren sind in den Gebrauchslagen zu prüfen. Sofern diese nicht besonders festgelegt sind, müssen die Lagen "Ziffer 12 oben" und "Zifferblatt oben" gewählt werden.

Als kleinstes Meßzeitintervall sollte ein solches mit 900 s gewählt werden. Es muß bei verschiedenen Aufzugszuständen gemessen werden, und zwar mindestens einmal im Bereich des Vollaufzuges und einmal kurz vor dem Ende des Meßbereichs. Wenn der Meßbereich der Uhr mehrere Stunden umfaßt, ist es zweckmäßig, Zeitintervalle von je 1 Stunde vom Vollaufzug an so oft zu messen, wie der Meßbereich es zuläßt. Die verschiedenen Aufzugszustände können entweder vom Vollaufzug aus mittels sukzessivem Ablauf realisiert werden oder vom abgelaufenen Zustand aus mittels sukzessivem Aufzug. Kommen bei der Anwendung von Stoppuhren bestimmte Zeitintervalle besonders häufig vor, so ist es zweckmäßig, diese bei der Prüfung bevorzugt zu messen.

Als Prüftemperatur sind  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  und  $35^{\circ}\text{C}$  üblich. In besonderen Fällen muß auch bei  $-5^{\circ}\text{C}$  oder  $-10^{\circ}\text{C}$  gemessen werden.

Die Qualität von zur Eichung zugelassenen Stoppuhren ist in der Regel so gut, daß eine Prüfung in der Lage Zifferblatt oben und bei Raumtemperatur ausreicht. Auf die Erfassung der verschiedenen Aufzugszustände kann allerdings nicht verzichtet werden.

Nach der Prüfung bei erniedrigter Temperatur sollen die Stoppuhren auf

25° C bis 35° C erwärmt werden, ehe sie aus dem Prüfgerät herausgenommen werden, um Korrosionsschäden zu vermeiden.

Steht kein Thermostat zur Verfügung, in dem die Stoppuhren betätigt werden können, so ist wie folgt zu verfahren. Die Uhren werden zunächst in einem temperaturgeregelten Behälter gemäß Abschnitt 4.2.2 auf die jeweilige Prüftemperatur gebracht. Dann sind sie herauszunehmen und in die Betätigungseinrichtung des automatischen Stoppuhrprüfgeräts einzuspannen und zu starten. Anschließend müssen sie wieder in richtiger Lage in den Thermostaten gebracht werden. Entsprechend ist beim Stoppen zu verfahren. Dabei ist darauf zu achten, daß die Aufenthaltszeit der Stoppuhren bei Raumtemperatur so kurz wie möglich gehalten wird. Dies gilt besonders dann, wenn die Messung fortgesetzt wird.

Um den relativen Einfluß der beim derartigen Betätigen der Stoppuhr unvermeidlichen Temperaturabweichungen möglichst klein zu halten, sind zur Prüfung möglichst lange Zeitintervalle anzuwenden, z.B. mindestens eine Stunde, oder bei kürzerer Zeit der ganze Meßbereich.

Im Anhang ist als Anlage 5 ein zur Darstellung der Meßergebnisse bei der Prüfung langer Zeitintervalle geeignetes Formblatt abgebildet. Als Anlage 6 sind die Meßergebnisse einer Stoppuhr guter Qualität wiedergegeben.

#### **4.2.5. Die Prüfung über lange Zeitintervalle mit anderen Normalgeräten**

Steht kein automatisches Stoppuhrprüfgerät zur Verfügung, so ist eine behelfsmäßige Prüfung des Verhaltens der Stoppuhr über lange Zeitintervalle möglich.

##### **a) Verwendung einer Normalsekundenuhr**

Die Stoppuhr wird bei einer bestimmten Phase einer Schwingung des Pendels einer Pendeluhr gestartet und bei derselben Phase einer späteren Schwingung wieder gestoppt. Als Meßzeitintervall sollten wenigstens 1800 s verwendet werden.

Bei diesem Verfahren ist es zweckmäßig, von den Schwingungen des Pendels auszugehen und nicht von der Anzeige auf dem Zifferblatt. Benützt man als Startzeitpunkt beispielsweise den Nulldurchgang des Pendels, so kann man diesen Zeitpunkt infolge der kontinuierlichen Bewegung des Pendels besser erfassen als die des plötzlich springenden Zeigers auf dem Zifferblatt. Es hat sich bewährt, ab 5 s vor dem Betätigungszeitpunkt phasenrichtig einen



“count down“ mit gleichzeitigen “taktrichtigen“ Bewegungen der Hand zu machen, um dann beim Startzeitpunkt die Krone der Stoppuhr mit dem Daumen schnell niederzudrücken. Mit einiger Übung läßt sich eine Meßunsicherheit von weniger als 0,1 s erreichen.

Eine Synchronuhr (1 Zeigerumdrehung entspricht 1 s) kann als Normalsekundenuhr nur dann verwendet werden, wenn eine geeignete Normalfrequenz (z.B. 50 Hz) zur Verfügung steht. Die schwankende Netzfrequenz von 50 Hz verursacht bei Synchronuhren gelegentlich einen Gang über einen Tag von bis zu 40 s/d. Da die zu messenden Gänge von derselben Größenordnung sind, kommt ein solches Meßverfahren nicht in Frage.

#### b) Verwendung einer Zeitwaage

Mit Hilfe der Zeitwaage wird der Gang der Stoppuhr über mindestens 100 s bei verschiedenen Aufzugszuständen gemessen. (Über die Auswertung der Zeitwaagediagramme s. Abschnitt 5.2.3). Im Anhang ist als Anlage 7 ein zur Darstellung der Meßergebnisse geeignetes Formblatt abgebildet.

Zur Prüfung bei anderen Temperaturen als Raumtemperatur bringt man die Stoppuhr mit dem Mikrophon der Zeitwaage in den Thermostaten. (Es ist darauf zu achten, daß die Temperatur nicht zu hoch ansteigt, damit das Mikrophon keinen Schaden erleidet).

### 4.3. Fehlergrenzen bei Stoppuhren

In § 1209 der EO sind für die Eichung von Stoppuhren Fehlergrenzen festgelegt, die allgemein als sinnvoll gelten können.

Die Fehlergrenzen gelten für einen Temperaturbereich von +5° C bis +35° C und für den bei der besonderen Zulassung der einzelnen Bauarten festgelegten Meßbereich.

Bei Stoppuhren mit festgesetzter Gebrauchslage gelten die Fehlergrenzen für alle Lagen, die um nicht mehr als 15 Winkelgrade von der festgelegten Gebrauchslage abweichen. Bei anderen Stoppuhren gelten die Fehlergrenzen für alle Lagen, die um nicht mehr als 30 Winkelgrade von den Lagen “Ziffer 12 oben“ und “Zifferblatt oben“ abweichen.

Die Eichfehlergrenzen für den Fehler der Anzeige betragen, wenn  $t_B$  das Zeitintervall, das dem kleinsten Teilstrichabstand der Skalen entspricht und  $(t_{n2} - t_{n1})$  das Meßzeitintervall sind:

a) für den Anfangsfehler: <sup>\*)</sup>  $\frac{t_B}{5}$

b) für lange Zeitintervalle:  $\pm \left( t_B + \frac{t_{n2} - t_{n1}}{2000} \right)$  .

Für die sehr gebräuchlichen Stoppuhren mit  $t_B = 0,1$  s ergibt sich also ein maximal zulässiger Anfangsfehler von 0,02 s und bei einem Meßzeitintervall von 1 h ein maximal zulässiger Fehler der Anzeige von 1,9 s.

Infolge der geringeren Meßsicherheit bei der Prüfung des Anfangsfehlers mit einer Normalstoppuhr darf man die Eichfehlergrenze als eingehalten betrachten, wenn sich für den Anfangsfehler ein Wert kleiner als  $t_B$  ergibt.

Bei der Prüfung langer Zeitintervalle mit einer Normalsekundenuhr sollte der

Fehler der Anzeige nicht größer als  $\pm \left( t_B + \frac{t_{n2} - t_{n1}}{2000} + 0,1 \text{ s} \right)$  sein. Ver-

wendet man eine Zeitwaage, so sollte der Gang der Stoppuhr über 100 s bei jeder Einzelmessung (also bei den verschiedenen Aufzugszuständen und Lagen) nicht größer als 43 s/d sein (  $1,8 \text{ s/h} \approx 43 \text{ s/d}$  ).

#### 4.4. Die Stempelung der Stoppuhren

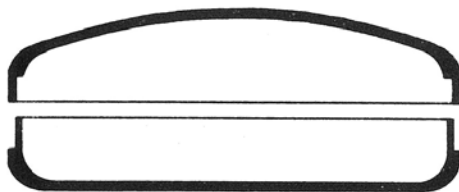
Geeichte Stoppuhren müssen nach § 1210 EO durch Sicherungstempel gegen Eingriffe, das Auswechseln von Teilen oder andere Änderungen gesichert werden können (s. auch Abschnitte 2.3 und 4.1.2). Meist wird der Ausdruck "verschließende Stempelung" verwendet.

Stoppuhren lassen sich jedoch nur schwierig für die verschließende Stempelung herrichten. Eine Plombe mit Draht, der durch den Gehäuseboden und den Glashaltering geht, stört beim Gebrauch der Stoppuhr und kann leicht beschädigt werden.

Ein in der Praxis heute vielfach beschrittener Weg besteht im Anbringen einer Kunstharzplombe in einer am Gehäuse ausgefrästen Nut. In Bild 13 ist sie an der der Krone gegenüberliegenden Stelle erkennbar. Die Nut erstreckt sich über das Gehäuse und den Gehäuseboden und wird zur verschließenden Stempelung mit Kunstharz ausgegossen, wobei zur Verstärkung ein Drahtbügel eingelegt wird. Will man anschließend den Gehäuseboden wieder öffnen, so muß man die Plombe entfernen, wobei im allgemeinen der

\*) entfällt gemäß der 12. Verordnung zur Änderung der Eichordnung vom 1.4.1968

Drahtbügel bricht. Dieses Verfahren ist nicht ganz so zuverlässig wie ein anderes, bei dem die Stoppuhr in eine Kapsel aus Plexiglas eingelegt und diese verschlossen wird. Das zweite Verfahren hat zwar den Vorteil, daß die Uhr dadurch besser geschützt ist, gleichzeitig aber den Nachteil, daß durch eine geringe Lose der Uhr in der Kapsel das Uhrglas auf der Kapsel reibt und im Laufe der Zeit an der Kontaktstelle aufgeraut und undurchsichtig wird.



**Bild 12**

Querschnitt durch die Plexiglas-Kapsel für die verschließende Stempelung

Die Kapsel besteht aus zwei Schalen aus Plexiglas mit einem 4 mm breiten Rand, der dazu dient, die beiden Schalen ineinanderzuschieben und miteinander zu verbinden (s. *Bild 12*). Etwas Mühe bereitet allerdings das Verschließen der Kapsel. Am einfachsten ist es, die beiden Kapselhälften miteinander zu verkleben. Gegen lösungsmittel-haltige Kleber bestehen allerdings Bedenken wegen des Einwirkens schädlicher Dämpfe auf die Uhr während der meist langen Erstarrungszeit. Außerdem kann das Uhrglas der Stoppuhr leicht durch einen Lösungsmitteltropfen beschädigt werden. Unter den mittels Polymerisation oder Polyaddition erstarrenden Klebern ohne Lösungsmittel haben sich beispielsweise die Cyanacrylat-Kleber bewährt. Die beiden Kapselhälften werden sicher und dauerhaft verklebt. Als weiteres sicheres Verfahren für das Verschließen der Kapsel ergab sich das Verschweißen. Das hierzu erforderliche Schweißgerät ist in Abschnitt 5.5 beschrieben.

Die verschließende Stempelung geht folgendermaßen vor sich:

- a) Die Kapsel wird für das Verschweißen hergerichtet. Hierzu wird ein geeigneter Widerstandsdraht (z.B. "Söding"-Spezialdraht von 0,3 mm Durchmesser) in eine im 4 mm breiten Rand der einen Kapselhälfte vorhandene Nut so eingelegt und verklebt, daß man die Drahtenden an der für die Krone vorgesehenen Ausfräsung überstehen läßt (s. *Bild 13*). Das Verkleben ist zweckmäßig, damit der Widerstandsdraht beim Zusammenschieben der Schalen nicht verrutscht. Als Kleber eignet sich beispielsweise ACRIFIX 92. Der Durchmesser der überstehenden Enden des Widerstandsdrahtes muß vor dem Einlegen

mittels galvanischem Verkupfern vergrößert werden (z.B. auf 0,4 mm), um beim Schweißen eine Überhitzung zu vermeiden, die zur Beschädigung oder Zerstörung der Kapsel führen kann.

- b) Auf der Rückseite der Stoppuhr wird der Eichstempel – beispielsweise auf einer selbstklebenden Marke mit Reißlinien – aufgebracht.

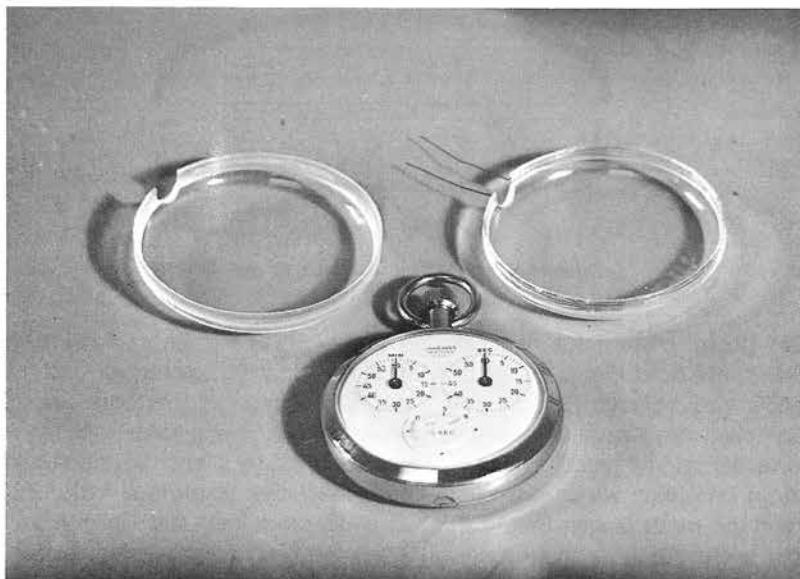


Bild 13

Die beiden Kapselhälften mit eingelegtem Schweißdraht

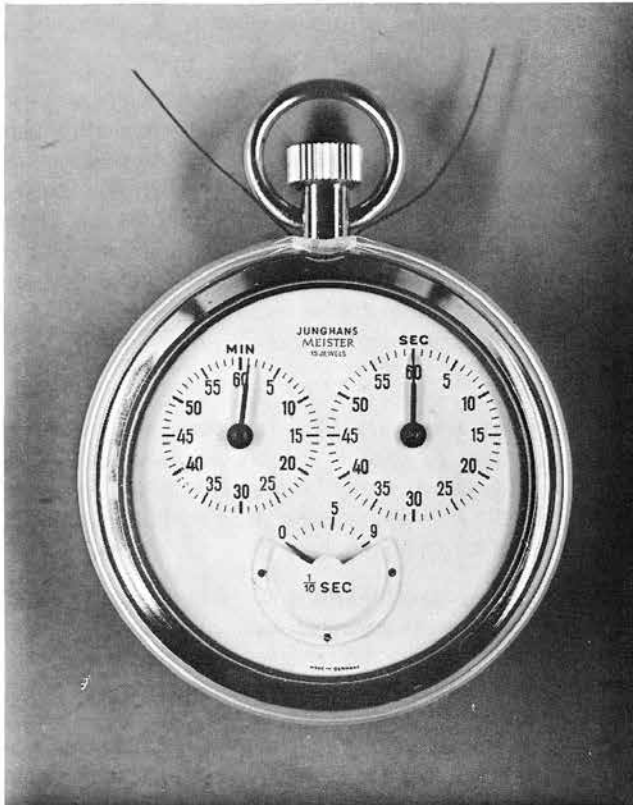
Anschließend wird das Uhrgehäuse und die Kapsel mit einem Lederlappen gereinigt. Nachdem die Uhr in die untere Kapselhälfte eingelegt und die obere Schale aufgedrückt ist, wird die Kapsel (mit Uhr) in die Halteeinrichtung des Schweißgeräts gelegt.

- c) Die Enden des Widerstandsdrahtes werden mit den Stromanschlußschrauben festgelegt. Nachdem das Schweißgerät an die Netzspannung (220 V) angeschlossen ist, wird der Druckknopf 5 s lang niedergedrückt (der zum Schweißen notwendige Strom fließt). Während dieses Vorgangs muß auf die obere Schale ein mäßiger Druck ausgeübt werden.

Anschließend schraubt man die Enden des Widerstandsdrahtes wieder los, nimmt die Kapsel aus der Halterung und überzeugt sich durch

manuelle Prüfung, ob die Schalen einwandfrei verschweißt sind. **Bild 14** zeigt eine in die Kapsel eingeschlossene Stoppuhr. Die überstehenden Drahtenden werden abgeschnitten.

Das Öffnen einwandfrei verschweißter Kapseln ist zerstörungsfrei nicht möglich.



**Bild 14**

In Kapsel eingeschlossene Stoppuhr

## 5. Prüfmittel und Prüfeinrichtungen

### 5.1. Das Normalgerät (automatisches Stoppuhrprüfgerät)

Als Normalgerät zur Prüfung von Stoppuhren dient ein automatisches Stoppuhrprüfgerät. Hierunter versteht man eine Zeitmeßeinrichtung, mit der die Stoppuhr vollautomatisch betätigt wird, d.h. bei der ein geeignetes Zeitintervall vorher eingestellt werden kann und mit einem Knopfdruck der Start und der Stopp der Uhr ausgelöst wird. Das Gerät muß folgende Einrichtungen haben:

- a) einen Zeitintervallgeber, an dem die Prüfzeitintervalle eingestellt werden können. Es ist zweckmäßig, ihn mit einer Normalfrequenz von 1000 Hz zu betreiben, die entweder einem zur Verfügung stehenden Normalfrequenznetz, einem in das Gerät eingebauten Normalfrequenz-generator oder dem Normalfrequenzgenerator eines elektronischen Zählers entnommen wird. Die abzugebenden Zeitintervalle müssen von 0,001 zu 0,001 Sekunde einstellbar sein. Anfang und Ende der Zeitintervalle müssen durch elektrische Impulse geeigneter Form eingegrenzt werden. Das größte einstellbare Zeitintervall sollte ca.  $10^{-4}$  s betragen.

Um Uhren mit den in Abschnitt 2.4.1 aufgezählten verschiedenen Betätigungsarten prüfen zu können, enthält der Zeitintervallgeber zweckmäßigerweise als Endstufe einen Leistungsverstärker. Dann kann man entweder direkt die Betätigungseinrichtung ansteuern oder Relais mit geeignetem Verhalten betätigen.

- b) eine Stoppuhrbetätigungseinrichtung, die von den elektrischen Impulsen des Zeitintervallgebers gesteuert wird. Sie muß auf den Betätigungsknopf der Stoppuhr Kräfte von geeigneter Größe und Dauer ausüben, ohne daß dabei die Stoppuhr unnötig beansprucht oder magnetisch beeinflusst wird. Für die Stoppuhren der verschiedenen Hersteller sind geeignete elektromagnetische Betätigungsgeräte im Fachhandel. Auch mechanische und pneumatische Betätigungseinrichtungen haben sich bewährt. Die Steilheit der Kraft-Zeit-Kurve der Betätigungseinrichtung darf nicht zu groß sein, da sonst Teile in der Stoppuhr zu Bruch gehen; sie darf aber auch nicht zu flach sein, damit infolge der gelegentlich unterschiedlichen Start- und Stoppkräfte kein unzulässig großer Meßfehler entsteht. Einzelne Stoppuhren benötigen eine Steilheit der Kraft-Zeit-Kurve von 800 N/s bis 1000 N/s. Schließlich muß die Maximalkraft so groß sein, daß die Stoppuhr mit Sicherheit betätigt wird und diese nicht auf die Betätigungseinrichtung zurückwirkt. Es

empfiehlt sich, ihre Maximalkraft etwa gleich der doppelten Betätigungskraft der Stoppuhr zu machen.

Die Betätigungseinrichtung enthält im allgemeinen eine Einspanneinrichtung für die Stoppuhr, mit der sie in alle Prüflagen und auf alle Temperaturen (im Klimaschrank) gebracht werden kann. Zweckmäßig ist u.U. eine Einspanneinrichtung, in der gleichzeitig mehrere Uhren betätigt werden können.

- c) einen von der Betätigungseinrichtung gesteuerten Kontrollzähler, mit dem gemessen wird, ob die Stoppuhr tatsächlich mit dem am Zeitintervallgeber eingestellten Zeitintervall betätigt wurde.
- d) einen Thermostaten, in dem die Uhren verschiedenen Temperaturen ausgesetzt und betätigt werden können. Entweder können die Uhren im Thermostaten in die verschiedenen Lagen gebracht werden oder sie sind im drehbaren Thermostaten in bestimmter Lage fixiert. Der Thermostat muß im Bereich von  $+5^{\circ}\text{C}$  bis  $+35^{\circ}\text{C}$  die Temperatur auf  $\pm 0,5$  grad konstant halten. Für besondere Untersuchungen ist gelegentlich auch der Temperaturbereich bis  $-5^{\circ}\text{C}$  notwendig.

## **5.2. Andere Normalgeräte**

### **5.2.1. Die Normalstoppuhr**

Die Messung des Anfangsfehlers kann auch mit einer geeigneten Normalstoppuhr ausgeführt werden. Für Stoppuhren mit einer Halbschwingungsdauer von 0,1 s und mehr kann hierzu eine solche mit einer Halbschwingungsdauer von  $1/30$  s benützt werden. Für Stoppuhren mit einer Halbschwingungsdauer von  $1/30$  s ist dieses Verfahren nicht ratsam, da die Stoppuhren mit einer Halbschwingungsdauer von  $1/100$  s erfahrungsgemäß häufig nicht genauer sind.

Der Anfangsfehler der Normalstoppuhr muß mit Hilfe eines automatischen Stoppuhrprüfgeräts bestimmt werden.

### **5.2.2. Die Normalsekundenuhr**

Als Normalsekundenuhr kann entweder eine gute Pendeluhr oder eine Synchronuhr verwendet werden. Die Synchronuhr muß dafür eingerichtet sein, daß man mit ihrer Hilfe Zeitintervalle von ganzen Vielfachen von Sekunden stoppen kann, beispielsweise durch Integration der Zeigerumdrehungen mit einer Anzeige. Die Pendeluhr ( $T_{1/2} = 1$  s oder  $1/2$  s) muß einen Sekun-

denzeiger und eine Einrichtung zur Korrektur des Ganges haben. Meist ist für letzteres an der Pendelstange eine Auflagefläche angebracht, auf die in s/d kalibrierte Auflegemassen störungsfrei aufgelegt werden können. Der Gang der Pendeluhr über einen Tag sollte den Betrag von 4 s/d nicht überschreiten.

Der Gang der Normalsekundenuhr über einen Tag wird durch tägliches Bestimmen des Fehlers der Anzeige mit Hilfe der akustischen Wiedergabe von Zeitmarken oder Zeitzeichen bestimmt. (S. auch "Technische Richtlinien für die Eichung und amtliche Beglaubigung von Elektrizitäts-Meßgeräten", Nr. 23 <sup>\*)</sup> ). Der Fehler der Anzeige der Pendeluhr wird mit einer Stoppuhr guter Qualität gemessen. Hierzu startet man die Stoppuhr gleichzeitig mit dem Zeitzeichen (volle Minute) und stoppt sie, wenn die Pendeluhr eine volle Minute anzeigt (oder umgekehrt). Das beim Betätigen der Stoppuhr anzuwendende Verfahren ist analog zu dem in Abschnitt 4.2.5 unter a) beschriebenen. Allerdings besteht insofern ein Unterschied, als dort die Koinzidenzen zweier optisch wahrgenommener Vorgänge festgestellt werden, hier dagegen von akustisch wahrgenommenen mit optisch wahrgenommenen Erscheinungen.

Zeitzeichen und Zeitmarken (*s. Bild 15 und 16*) werden über Funk oder Leitungen verbreitet. Eine Zeitmarke entsteht durch Austasten oder Modulation der Trägeramplitude. Der Beginn der Austastung oder Modulation kennzeichnet den der Zeitmarke zugeordneten Zeitpunkt. Ein Zeitzeichen besteht aus mehreren Zeitmarken.

Es wird empfohlen, möglichst die vom Sender DCF 77 (77,5 kHz) ausgestrahlten amtlichen Zeitmarken der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) zu verwenden. Angaben über das Sendeprogramm sind im Anhang als Anlage 8 zusammengestellt.

Sollte der Empfang von DCF 77 schwierig sein, so wird empfohlen, die Ausstrahlungen folgender Sender, die ebenfalls im Dauerbetrieb arbeiten, zu empfangen:

1. OMA (Tschechoslowakei, 50 kHz)
2. MSF (England, 60 kHz)
3. HGB (Schweiz, 75 kHz)

Auf Kurzwelle sind auf 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz und 25 MHz Emissionen von Normalfrequenz- und Zeitmarkensendern zu empfangen.

---

<sup>\*)</sup> Deutscher Eichverlag GmbH, Braunschweig



Die mit den Nachrichtendiensten ausgesandten Zeitzeichen haben im allgemeinen eine Unsicherheit von weniger als eine Zehntel Sekunde. Sind keine Empfangsmöglichkeiten gegeben, so kann auch der telephonische Zeitansagedienst der Bundespost in Anspruch genommen werden. Die von der Bundespost hierbei zugelassene Unsicherheit beträgt  $\pm 1$  s, meist liegt sie innerhalb  $\pm 0,5$  s. In Einzelfällen sind schon Unsicherheiten von  $\pm 1,5$  s vorgekommen.

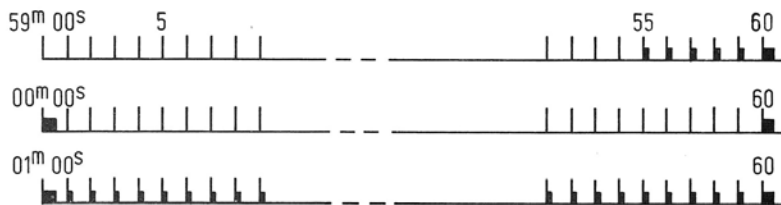


Bild 15

Anfang eines Zeitzeichens zur vollen Stunde



Bild 16

Beim Rundfunk vorkommende Zeitzeichen

### 5.2.3. Die Zeitwaage

Die Zeitwaage ist ein Gerät zum Registrieren des Fehlers der Anzeige einer Uhr (Stand). Hierbei wird die Phase der bei jeder Halbschwingung des Schwingensystems der Uhr erzeugten Tickgeräusche mit der Phase einer Vergleichsschwingung verglichen, die von einem im Gerät eingebauten Quarzoszillator abgeleitet wird. (Die Frequenz des Quarzoszillators liegt je nach Bauart meist zwischen 15 kHz und 80 kHz. Die relativen Abweichungen der Frequenz vom Sollwert liegen im allgemeinen bei ca.  $1 \cdot 10^{-6}$ .) Die Registrierspur der Zeitwaage verläuft parallel zur seitlichen Begrenzung des Registrierpapiers, wenn für die zu untersuchende Uhr der Gang über das betrachtete Zeitintervall Null beträgt. Bei einem von Null abweichenden Wert ergibt sich eine gegen die seitliche Begrenzung des Registrierpapiers geneigte Spur. Aus dem Neigungswinkel kann man auf den Gang der Uhr über das betrachtete Zeitintervall schließen.

Damit sich eine auswertbare Registrierspur ergibt, ist die Verstärkung des Tickgeräusches an der Zeitwaage richtig einzustellen und zwar so, daß dasjenige Geräusch verwertet wird, das durch das Auftreffen der sog. Ellipse auf die Anker gabel der Stoppuhr entsteht (Stoppuhren haben im allgemeinen Ankerhemmungen). Dies ist das zeitgenaueste, aber schwächste Teilgeräusch des Uhrticks. Um es für die Messung zu erfassen, muß der Verstärkungsgrad genügend groß sein.

Die an den Zeitwaagen angebrachten Ableseeinrichtungen für den Gang über ein Zeitintervall sind im allgemeinen nicht genügend genau, da sich mit ihnen nur ein recht kleines Meßzeitintervall ausmessen läßt. Es empfiehlt sich daher, ein besonderes Auswertelineal herzustellen, das sich über ein Meßzeitintervall von beispielsweise 100 s erstreckt.

Um den Registrierstreifen auszuwerten, benötigt man die Papiervorschubgeschwindigkeit  $v_1$  und die Ablenkgeschwindigkeit  $v_q$  der Zeitwaage. Diese Angaben kann man entweder der Gerätebeschreibung entnehmen oder von einem dafür eingerichteten Prüfinstitut messen lassen. (Die Papiervorschubgeschwindigkeit liegt meist in der Gegend von 100 mm/min, die Ablenkgeschwindigkeit bei 1000 mm/s.)

Einem Vorschub  $l_1$  des Registrierstreifens entspricht ein Meßzeitintervall  $t = t_{n2} - t_{n1}$ , einer Ablenkung  $l_q$  der Registrierspur (*Bild 17*) ein während des Meßzeitintervalls entstandener Fehler  $t_e$  der Anzeige. Der Gang der Uhr ist daher

$$G = \frac{l_q \cdot v_1}{v_q \cdot l_1} \quad \text{oder} \quad G = \frac{t_e}{t_{n2} - t_{n1}} \quad (4)$$

Setzt man alle Größen in SI-Einheiten ein, so ergibt sich der Wert für  $G$  in s/s. Meist wird dieser Zahlenwert mit 86 400 multipliziert. Dann erhält man den Gang in s/d. Gute Zeitwaagen haben bezüglich der Bestimmung des Ganges eine Meßunsicherheit von  $\pm 1$  s/d bis 2 s/d.

Die Ablenkung  $l_q$  der Registrierspur während des Meßzeitintervalls erhält man, indem man erst den Abstand  $s_1$  des Anfangs der Registrierspur beispielsweise vom rechten Streifenrand und anschließend den Abstand  $s_2$  des Endes der Registrierspur vom rechten Streifenrand mißt und dann die Differenz  $s_2 - s_1$  bildet. Falls die Registrierspur zwischen Anfang und Ende des Meßzeitintervalls den Streifen verläßt, sind zur Differenz  $s_2 - s_1$  u.U. ganze Vielfache der Streifenbreite (bzw. Sprungbreite) hinzuzurechnen.

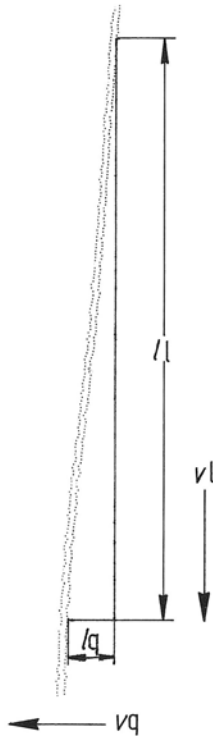


Bild 17

Zeitwaagendiagramm

### 5.3. Die Fehlergrenzen der Normalgeräte

Damit das Einhalten der in Abschnitt 4.3 angegebenen Fehlergrenzen mit ausreichender Sicherheit festgestellt werden kann, muß man von den Prüfgeräten folgende maximale Meßunsicherheit fordern:

- A. Bezüglich des Ganges über einen Tag
  - a) für das automatische Stoppuhrprüfgerät
    - $\pm 4 \text{ s/d}$  (rund  $5 \cdot 10^{-5} \text{ s/s}$ )
  - b) für die Normalstoppuhr
    - $\pm 40 \text{ s/d}$  (rund  $5 \cdot 10^{-4} \text{ s/s}$ )

c) für die Normalsekundenuhr

$$\pm 4 \text{ s/d} \quad (\text{rund } 5 \cdot 10^{-5} \text{ s/s})$$

d) für die Zeitwaage

$$\pm 4 \text{ s/d} \quad (\text{rund } 5 \cdot 10^{-5} \text{ s/s})$$

B. Bezüglich der Anzeige

a) für das automatische Stoppuhrprüfgerät

$$\pm 0,001 \text{ s}$$

b) für die Normalstoppuhr

$$\pm 1/30 \text{ s}$$

c) für die Synchronuhr

$$\pm 0,01 \text{ s}$$

## 5.4. Hilfsmessgeräte

### 5.4.1. Kraftmesser

Zur Messung der Betätigungskraft der Stoppuhr kann eine Neigungswaage geeigneter Höchstlast (z.B. bis 5 kg) verwendet werden. Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse ist hierbei allerdings nicht sehr groß, doch reicht die erzielbare Meßunsicherheit aus. Zuverlässiger, aber wesentlich aufwendiger ist die Kraftmessung mit Hilfe eines induktiven Kraftaufnehmers, auf den die Stoppuhr montiert wird und deren Krone man langsam, z.B. mit einer Schraube, herunterdrückt. Benützt man einen induktiven Kraftaufnehmer mit einer zulässigen Maximalkraft von 100 N, so kann man im Bedarfsfalle auch die vom Stoppuhrbetätigungsgerät aufgebrauchten Kräfte nachmessen.

### 5.4.2. Meßmikroskop

Zum Prüfen der Strichbreite der Skalen, der Strichabstände und der Zeigerbreite der Stoppuhr verwendet man ein Meßmikroskop, mit dem man

0,01 mm noch messen kann. Auch ein normales Mikroskop ist verwendbar, wenn es mit einem Okularmikrometer versehen ist, das mit einem Objektmikrometer kalibriert wird.

#### **5.4.3. Thermometer**

Zur Messung der Prüftemperatur ist ein Thermometer für den Temperaturbereich von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+40^{\circ}\text{C}$  mit einer Einteilung in  $0,5^{\circ}\text{C}$  notwendig.

#### **5.5. Hilfseinrichtungen**

Ein Satz Uhrmacherwerkzeug gehört zweckmäßigerweise zur Ausrüstung einer Prüfstelle. Sollte es beispielsweise notwendig sein, den Gehäuseboden zu entfernen, so erfolgt dies besser mit geeignetem Werkzeug als mit groben Zangen. Zum Uhrmacherwerkzeug gehört auch eine Lupe zum Betrachten der recht kleinen Einzelteile in einer Uhr.



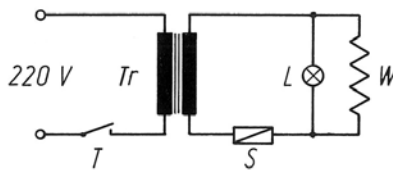
Bild 18

Ansicht des Schweißgeräts mit Halteinrichtung

Das zur verschließenden Stempelung (s. Abschnitt 4.4) notwendige Schweißgerät (**Bild 18**) besteht zweckmäßigerweise aus folgenden Teilen:

- a) Transformator 220 V primär, 12,6 V sekundär (Netz-Heiztrafo)
- b) Auswechselbare Halteinrichtung für die Stoppuhr mit Stromanschluß (passend für die jeweilige Kapsel)
- c) Druckknopfschalter
- d) Sicherung 5 A
- e) Kontrolllampe
- f) Gehäuse 150 mm x 200 mm x 100 mm

**Bild 19** zeigt ein Schaltbild des Schweißgerätes. Die Halteinrichtung hat hauptsächlich den Zweck, eine Deformation der Kapsel während des Schweißens zu vermeiden. Die beim Schweißen entstehende Wärme würde zum Abbau der inneren Spannungen der Schalen führen. Daher muß die Halteinrichtung der Kapselform angepaßt sein.



**Bild 19**

Schaltbild des Schweißgeräts

Tr	Transformator	T	Taste	S	Sicherung
L	Kontrolllampe	W	Widerstandsdraht		

## DRITTER TEIL

Die Anwendung von Handstoppuhren

### 6.1. Allgemeine Bemerkungen

Handstoppuhren werden von der Polizei zur Überwachung der Fahrgeschwindigkeit von Kraftfahrzeugen, im Sport zur Messung von Zeitintervallen bei Wettkämpfen und für vielfältige sonstige Zeitmessungen verwendet. Auf allen diesen Gebieten ist aber ein Umstellungsprozeß im Gange. Man ist bestrebt, die Stoppuhr entweder von Fehlern der subjektiven Betätigung zu befreien oder gar durch genauere, elektronische Meßgeräte zu ersetzen. Hier ist beispielsweise die Steuerung der Betätigung von Stoppuhren oder elektronischer Zähler mit Hilfe von Photozellen und das Radargerät zur Überwachung der Fahrgeschwindigkeit von Kraftfahrzeugen zu erwähnen. Die Verwendung einer Stoppuhr ist daher nur in den Fällen angebracht, in denen ihre Genauigkeit ausreicht oder in denen der wirtschaftliche Aufwand eines aufwendigen genaueren Geräts nicht lohnt. Solche Fälle gibt es noch sehr viele.

Es dürfte zweckmäßig sein, sich über die bei der Messung eines Zeitintervalls mit einer Handstoppuhr insgesamt zu erwartenden Fehler Klarheit zu verschaffen.

Im allgemeinen liegt folgendes Meßproblem vor: Man mißt das Zeitintervall zwischen den Koinzidenzen entweder zweier Marken bekannten Abstandes auf einem bewegten Körper mit einer festen Schranke oder einer Marke auf dem bewegten Körper mit zwei festen Schranken bekannten Abstandes. Bei Drehbewegungen treten an die Stelle der bekannten Abstände der Marken bzw. Schranken bekannte Winkel.

Die bei diesem Meßproblem auftretende Meßunsicherheit hängt von folgenden Gegebenheiten ab:

- a. Wie gleichmäßig bewegt sich der Körper?
- b. Wie genau sind die Marken bzw. Stationen definiert bzw. definierbar?
- c. Wie genau sind die Marken objektiv erfaßbar (äußere Umstände) ?
- d. Wie genau ist der Abstand der Marken bzw. Stationen gemessen?
- e. Wie groß ist der Fehler der Stoppuhr?
- f. Wie groß ist der bei der Messung begangene subjektive Fehler?
- g. Gibt es Ablesefehler?

Bei wissenschaftlichen Zeitmessungen gleichmäßig bewegter Körper, die mit von Hand betätigten Handstoppuhren ausgeführt wurden, sind Standardabweichungen von 0,03 s erreichbar. Bei nicht vorhersehbaren Ereignissen (z.B. Start eines Läufers) werden die Fehler erheblich größer. Selbst gute Zeitnehmer können dann um 0,2 s und mehr voneinander abweichen (Erfahrungen bei den Olympischen Spielen).

Zur Erläuterung der einzelnen Punkte kann beispielsweise folgendes gesagt werden:

- Zu a. Kraftfahrzeuge haben im allgemeinen während des Durchfahrens der Meßstrecke unterschiedliche Geschwindigkeiten.
- Zu b. Beim Durchgang von Läufern durch das Ziel gilt für den ersten das Berühren des Zielbandes mit der Brust als Signal für das Stoppen. Bei den nächsten Läufern ist der Zeitpunkt des Zieldurchganges weniger exakt erfaßbar. Durchfahren Kraftfahrzeuge festgelegte Schranken, so sind Verabredungen notwendig, welcher Teil des Autos (z.B. Vorderkante) als Marke gelten soll.
- Zu c. Unterschiedliche Geschwindigkeiten des Meßobjekts beim Durchgang durch die beiden Schranken können systematische Fehler erzeugen. Ferner kommt es darauf an, wie gut das Meßobjekt sichtbar ist (Dämmerung, Bäume).
- Zu d. Die Meßunsicherheit ist von der Art des Meßobjekts abhängig.
- Zu e. Hiermit befaßt sich der Abschnitt 4. Teilweise sind noch sehr alte Stoppuhren in Benützung (20 oder 30 Jahre alt), deren Fehler etwa innerhalb des Intervalls

$$\pm ( 0,6 \text{ s} + \frac{t_{n2} - t_{n1}}{500} )$$

liegen dürfte.

Zu f. Folgende subjektive Einflüsse auf die Genauigkeit der Zeitmessung mit Handstoppuhren sind bekannt:

- $\alpha$  ) Einfluß des gesundheitlichen Zustandes
- $\beta$  ) Ermüdung
- $\gamma$  ) Übung
- $\delta$  ) Das Startsignal wird von einem anderen Sinnesorgan aufgenommen als das Stoppsignal (z.B. akustisch und optisch).



Zu g. Beim Ablesen der Zeigerstellung und Schätzen von Zwischenstellungen entstehen erfahrungsgemäß eine Anzahl Fehler. Auch hier spielen persönliche Einflüsse wie Gesundheitszustand, Ermüdung und Übung eine große Rolle. Hinzu treten äußere Umstände wie gut beleuchtetes Zifferblatt und ob zum Ablesen Zeitnot besteht oder nicht. Erfahrungsgemäß ist die Zahl der Ablesefehler bei Zifferanzeige kleiner als beim Ablesen einer Zeigerstellung.

Die Unsicherheit der Messung eines Zeitintervalls mit einer von Hand betätigten Handstoppuhr dürfte daher im allgemeinen zwischen 0,1 s und 0,5 s liegen, in ungünstigen Fällen wird die Unsicherheit auch größer als 1 s sein. Ein großer Teil dieser Fehler entfällt bei Messungen, bei denen die Stoppuhr von einem Betätigungsgerät gestartet und gestoppt wird, das der sich bewegende Körper steuert. Je größer das Meßzeitintervall ist, umso geringer ist der beim Starten und Stoppen begangene relative Fehler.

## **6.2. Die Anwendung von Handstoppuhren bei der Zeitmessung beim Sport**

Die Zeitmessung beim Sport muß sich nach den jeweiligen diesbezüglichen nationalen bzw. internationalen Wettkampfbedingungen richten. Häufig erfolgt in diesem Rahmen die Zeitmessung subjektiv durch sog. Zeitnehmer, die Handstoppuhren mit einer Halbschwingungsdauer von  $1/10$  s von Hand betätigen. Dies wirft eine Reihe von Problemen auf, die kurz dargestellt werden.

### **1. Der Start**

Zunächst ist zu klären, wann der Wettkampf (beispielsweise ein Lauf) und wann die Zeitmessung beginnen sollen. Das Startsignal wird im allgemeinen mit einer geeigneten Pistole gegeben. Der Wettkampf beginnt für die Sportler mit der Wahrnehmung des Knalls. Die Zeitnehmer beginnen die Zeitmessung mit der Wahrnehmung der Rauchwolke. Die Pulvergase der Rauchwolke bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 m/s. Die Rauchwolke ist nach ca. 0,030 s voll entwickelt.

Wird die Startpistole seitlich von den Wettkämpfern ausgelöst, so bestehen Laufzeitunterschiede der Knallwelle von der Startpistole bis zu den verschiedenen Läufern von bis zu ca. 0,020 s. Die Zeitnehmer haben bezüglich der Wahrnehmung der Rauchwolke eine Reaktionszeit von 0,10 s bis 0,20 s mit einer von der Entfernung zur Rauchwolke abhängigen Streuung bis ca.  $\pm 0,10$  s. Im Mittel erfolgt der Beginn der Zeitmessung um 0,18 s nach dem Beginn des Wettkampfes.

Die Gleichzeitigkeit des Wettkampfbeginns und des Beginns der Zeitmessung läßt sich besser dadurch annähern, daß die Druckwelle des Startschusses einen Kontakt schließt, der die Stoppuhren startet. Es läßt sich erreichen, daß sich der Kontakt ca. 1 ms nach dem Austritt der Pulvergase aus der Mündung des Laufs schließt.

Diese Ausführungen zeigen, daß auch der Startvorgang des Sportlers exakter als bisher erfaßt werden muß, damit Fehlstarts mit Sicherheit erkannt werden. Dies läßt sich beispielsweise dadurch bewerkstelligen, daß man die von den Händen und Füßen des Sportlers auf den Boden übertragenen Kräfte in ihrem zeitlichen Verlauf mißt und sie mit der Zeit des Startschusses vergleicht.

## 2. Das Ziel ,

Ein Wettkampf ist beendet, wenn die Läufer die Ziellinie in Brusthöhe erreicht haben. Der Zeitpunkt des Zieldurchgangs wird von den Zeitnehmern im Mittel um 0,020 s zu spät mit einer Streubreite von mehreren Hundertstel Sekunden erfaßt.

## Schrifttum

- Walter, R.: Über Fehler in der Angabe von Stoppuhren  
Z.Instrum.Kde **47**, 583, 1927
- Giebel, K.: Fehler in den Angaben von Stoppuhren  
Neue Uhrmacher-Zeitung **2**, Heft 9, S. 41, 1948
- Rieckmann, E.: Stoppuhrprüfgeräte  
Jb.Dt.Ges. Chronometrie **1**, 29, 1950
- Hild, K.: Über Untersuchungen an Stoppuhren  
Jb.Dt.Ges. Chronometrie **1**, 33, 1950
- Rieckmann, E.: Funktionsuntersuchungen an Stoppuhren  
Jb.Dt.Ges. Chronometrie **5**, 35, 1954
- Armbruster, O.: Praktische Erfahrungen mit dem Junghans-Sportzeit-  
Meß- und Kontrollgerät  
Jb.Dt.Ges. Chronometrie **12**, 111, 1961
- Glaser, G.: Elektrische Sportzeitnehmer  
Die Uhr Nr. 7/1962, S. 69–73
- Armbruster, O.: Die Junghans-Sportzeitmessung  
Die Uhr Nr. 13/1966, S. 31–36
- Amberg, H.U.: Elektrische Zeitnahme für leichtathletische  
Kurzstreckenläufe  
ATM, V 142 – 18 (Sept. 1966)
- Glaser, G.: Probleme der objektiven Sportzeitmessung  
Die Uhr Nr. 23/1967 S. 17–23
- de Boer, H.  
und S. German: Kraftmessungen an Stoppuhren und Stoppuhr-  
Betätigungsgeräten  
Jb.Dt.Ges. Chronometrie **18**, 57, 1967

Viele Angaben sind auch in Firmenprospekten enthalten.



# ANHANG

Anlage 1 **Bestimmung des Anfangsfehlers mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät**

Aufzugszustand: \_\_\_\_\_ min Ablauf

Prüftemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Prüflage: \_\_\_\_\_

für $T_{1/2} = 0,2 \text{ s}$	für $T_{1/2} = 1/10, 1/30, 1/100 \text{ s}$	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t = \frac{\sum t_x}{m}$	
1,00	1,00						
1,02	1,01						
1,04	1,02						
1,06	1,03						
1,08	1,04						
1,10	1,05						
1,12	1,06						
1,14	1,07						
1,16	1,08						
1,18	1,09						
1,20	1,10						
1,22	1,11						
1,24	1,12						
1,26	1,13						
1,28	1,14						
1,30	1,15						
1,32	1,16						
1,34	1,17						
1,36	1,18						
1,38	1,19						
		$\frac{\sum \bar{t}}{20}$ (auf 0,001 s gerechnet)				$\sum \bar{t} =$	s
		minus $\frac{\sum t_n}{20}$ für $T_{1/2} = 1/10$ und $1/30 \text{ s}$ :					- 1,095 s
		minus $\frac{\sum t_n}{20}$ für $T_{1/2} = 1/5 \text{ s}$ :					- 1,190 s
		Anfangsfehler $\frac{\sum \bar{t}}{20} - \frac{\sum t_n}{20}$ :					s
		Anfangsfehler auf 0,01 s gerundet :					<u>          </u> s

$t_n$  Prüfzeitintervall (richtiger Wert)

$t_x$  am Prüfling abgelesenes Zeitintervall (angezeigter Wert)

$\bar{t}$  arithmetisches Mittel aus den Einzelmessungen

$T_{1/2}$  Halbschwingungsdauer des Prüflings

$m$  Anzahl der Messungen bei jedem Prüfzeitintervall

Anlage 2 **Bestimmung des Anfangsfehlers mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät**

Aufzugszustand: 15 min Ablauf

Prüftemperatur: 20 °C

Prüflage: Z0

für $T_{1/2} = 0,2 \text{ s}$		für $T_{1/2} = 1/10, 1/30, 1/100 \text{ s}$				
$t_n$ in s	$t_n$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t = \frac{\sum t_x}{m}$
1,00	1,00	1,0	1,0			1,0
1,02	1,01	1,0	1,0			1,0
1,04	1,02	1,0	1,0			1,0
1,06	1,03	1,0	1,0			1,0
1,08	1,04	1,0	1,0			1,0
1,10	1,05	1,0	1,0			1,0
1,12	1,06	1,1	1,1			1,1
1,14	1,07	1,1	1,1			1,1
1,16	1,08	1,1	1,1			1,1
1,18	1,09	1,1	1,1			1,1
1,20	1,10	1,1	1,1			1,1
1,22	1,11	1,1	1,1			1,1
1,24	1,12	1,1	1,1			1,1
1,26	1,13	1,1	1,1			1,1
1,28	1,14	1,1	1,1			1,1
1,30	1,15	1,1	1,1			1,1
1,32	1,16	1,2	1,3			1,25
1,34	1,17	1,2	1,2			1,2
1,36	1,18	1,2	1,2			1,2
1,38	1,19	1,2	1,1			1,15
		$\sum \bar{t} = 21,90 \text{ s}$				
		$\frac{\sum \bar{t}}{20}$ (auf 0,001 s gerechnet) = 1,090 s				
		minus $\frac{\sum t_n}{20}$ für $T_{1/2} = 1/10$ und $1/30 \text{ s}$ :				- 1,095 s
		minus $\frac{\sum t_n}{20}$ für $T_{1/2} = 1/5 \text{ s}$ :				<del>- 1,190 s</del>
		Anfangsfehler $\frac{\sum t}{20} - \frac{\sum t_n}{20}$ :				- 0,005 s
		Anfangsfehler auf 0,01 s gerundet :				<u>0,00 s</u>

$t_n$  Prüfzeitintervall (richtiger Wert)

$t_x$  am Prüfling abgelesenes Zeitintervall (angezeigter Wert)

$\bar{t}$  arithmetisches Mittel aus den Einzelmessungen

$T_{1/2}$  Halbschwingungsdauer des Prüflings

$n$  Anzahl der Messungen bei jedem Prüfzeitintervall

Anlage 3 **Bestimmung des Anfangsfehlers mit dem automatischen Stoppuhrprüfgerät**

Aufzugszustand: 15 min Ablauf

Prüftemperatur: 20 °C

Prüflage: Z0

für $T_{1/2} = 0,2 \text{ s}$	für $T_{1/2} = 1/10, 1/30, 1/100 \text{ s}$	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$t_x$ in s	$\bar{t} = \frac{\sum t_x}{m}$
1,00	1,00	1,0	1,0			1,0
1,02	1,01	1,0	1,0			1,0
1,04	1,02	1,0	1,0			1,0
1,06	1,03	1,0	0,9			0,95
1,08	1,04	1,0	1,0			1,0
1,10	1,05	1,0	1,0			1,0
1,12	1,06	1,0	1,0			1,0
1,14	1,07	1,0	1,0			1,0
1,16	1,08	1,0	1,0			1,0
1,18	1,09	1,1	1,0			1,05
1,20	1,10	1,0	1,0			1,0
1,22	1,11	1,0	1,0			1,0
1,24	1,12	1,0	1,1			1,05
1,26	1,13	1,1	1,1			1,1
1,28	1,14	1,1	1,1			1,1
1,30	1,15	1,1	1,1			1,1
1,32	1,16	1,1	1,1			1,1
1,34	1,17	1,1	1,1			1,1
1,36	1,18	1,1	1,1			1,1
1,38	1,19	1,1	1,1			1,1
		$\sum \bar{t} =$				20,75 s
		$\frac{\sum \bar{t}}{20}$ (auf 0,001 s gerechnet) =				1,038 s
		minus $\frac{\sum t_n}{20}$ für $T_{1/2} = 1/10$ und $1/30 \text{ s}$ :				- 1,095 s
		minus $\frac{\sum t_n}{20}$ für $T_{1/2} = 1/5 \text{ s}$ :				<del>- 1,190 s</del>
		Anfangsfehler $\frac{\sum \bar{t}}{20} - \frac{\sum t_n}{20}$ :				- 0,057 s
		Anfangsfehler auf 0,01 s gerundet :				<u>- 0,06 s</u>

$t_n$  Prüfzeitintervall (richtiger Wert)

$t_x$  am Prüfling abgelesenes Zeitintervall (angezeigter Wert)

$\bar{t}$  arithmetisches Mittel aus den Einzelmessungen

$T_{1/2}$  Halbschwingungsdauer des Prüflings

$m$  Anzahl der Messungen bei jedem Prüfzeitintervall



Anlage 4 **Bestimmung des Anfangsfehlers mit einer Normalstopuhr**

Aufzugszustand: \_\_\_\_\_ min Ablauf

Prüftemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Prüflage: \_\_\_\_\_

$t_x$ $t_N$	in Sekunden										
$t_x - t_N$											
$t_x$ $t_N$											
$t_x - t_N$											
$t_x$ $t_N$											
$t_x - t_N$											
$t_x$ $t_N$											
$t_x - t_N$											
<p><math>S_1</math> = Summe der positiven Abweichungen (<math>t_x - t_N &gt; 0</math>) : <span style="float: right;">s</span></p> <p><math>S_2</math> = Summe der negativen Abweichungen (<math>t_x - t_N &lt; 0</math>) : <span style="float: right;">s</span></p> <p>Summe der pos. Abweichungen – Summe der neg. Abweichungen <math>\Delta S = S_1 - S_2</math> : <span style="float: right;">s</span></p> <p style="text-align: center;">arithm. Mittel <math>D = \frac{\Delta S}{m}</math> : <span style="float: right;">s</span></p> <p style="text-align: center;">Anfangsfehler der Normalstopuhr : <span style="float: right;">s</span></p> <p>arithm. Mittel <math>D</math> – Anfangsfehler der Normalstopuhr = Anfangsfehler des Prüflings : <u>                    </u> <span style="float: right;">s</span></p>											

$t_N$  Anzeige der Normalstopuhr

$t_x$  Anzeige des Prüflings

$m$  Anzahl der Messungen

Anlage 7 Prüfung langer Zeitintervalle mit einer Zeitwaage

Prüftemperatur °C	Prüflage	Aufzugszustand: Ablauf von s	$S_1$ in mm	$S_2$ in mm	$l_q = S_2 - S_1 + nb$ in mm	$G_{100\text{ s}}$ in s/d
20	ZO	0				
20	ZO	3600				
20	ZO	7200				
20	12O	0				
20	12O	3600				
20	12O	7200				
35	ZO	0				
35	ZO	3600				
35	ZO	7200				
35	12O	0				
35	12O	3600				
35	12O	7200				
5	ZO	0				
5	ZO	3600				
5	ZO	7200				
5	12O	0				
5	12O	3600				
5	12O	7200				

$$G_{100\text{ s}} = \frac{l_q \cdot v_1 \cdot 86\,400}{v_q \cdot l_1} \quad \text{in s/d Gang über 100 Sekunden}$$

$v_1$  Papiervorschubgeschwindigkeit in mm/s

$v_q$  Ablenkgeschwindigkeit in mm/s

$l_1$  Vorschub des Registrierstreifens während 100 s in mm

$l_q$   $S_2 - S_1 + nb$  Ablenkung der Registrierspur während 100 s in mm

$S_1$  Abstand des Anfangs der Registrierspur vom rechten Streifenrand in mm

$S_2$  Abstand der Registrierspur nach 100 s vom rechten Streifenrand in mm

$n$  Ganze Zahl: 0, ±1, ±2, ...

$b$  Sprungbreite der Registrierspur

12O Ziffer 12 oben

ZO Zifferblatt oben

## **Sender DCF 77**

77,5 kHz / 38 kW Antennenleistung

50° 01 ' Nord

09° 00 ' Ost

Sendefunkstelle Mainflingen

### **SENDEPROGRAMM**

für

Normalfrequenzen und Zeitmarken

Stand: Januar 1973

Programm	Uhrzeit (MEZ)
Träger mit 1s-Zeitmarken	00 <sup>h</sup> – 24 <sup>h</sup> täglich
Rufzeichen	Zweimal in den Minuten 19, 39 und 59 jeder Stunde
Sendepause	Jeden zweiten Dienstag im Monat von 05 <sup>h</sup> bis 09 <sup>h</sup>

# Allgemeine Erläuterungen

## 1. Normalfrequenzen

Die Trägerfrequenz 77,5 kHz sowie die Folgefrequenz 1 Hz der Zeitmarken werden von einem Atomfrequenznormal der PTB synchron gesteuert. Die relative Abweichung der Frequenzen vom Sollwert ist meist nicht größer als  $\pm 3 \times 10^{-12}$ . Der Sollwert ist dabei auf die Einheiten von Zeit und Frequenz bezogen, wie sie sich aus der "Internationalen Atomzeitskala" TAI ergeben.

## 2. Zeitmarken

1-s-Zeitmarken werden in Form einer Verringerung der Trägeramplitude (Pulsmodulation) auf etwa ein Viertel ihres Maximalwertes für die Dauer von genau 0,1 s (normale Sekundenmarken) gegeben. Referenzpunkt ist der Beginn der Pulsmodulation. Die Ankündigung der vollen Minute (Sekunde 0 bzw. 60) erfolgt durch Unterdrückung der Pulsmodulation zur Sekunde 59.

Die Zeitmarken sind Bestandteil der amtlichen Zeitskala der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig. Es handelt sich um die in der Bundesrepublik Deutschland gültige Zeitskala. Sie gehört zum System der international am 1.1.1972 eingeführten Koordinierten Weltzeit UTC. Die auf 0,1 s gerundete Differenz DUT1 zur Weltzeit UT1 wird in kodierter Form mittels verlängerter Sekundenmarken (0,2 s) ausgestrahlt. Damit immer  $DUT1 < 0,7$  s bleibt, werden im Kalenderjahr bis zu 2 Schaltsekunden (am 1.1. und 1.7. je nach Bedarf) eingefügt. Eine kodierte Angabe des vollständigen Datums mit Angabe der jeweiligen Nummer der Stunde und der Minute ist in Vorbereitung.

## 3. Mitteilungen der PTB über DCF 77

Veröffentlichung der täglichen Zeit- und Frequenzabweichungen sowie sonstiger Ankündigungen und Bemerkungen:

- a. monatlich in der Nachrichtentechnischen Zeitschrift (NTZ)
- b. durch direkte Versendung von Bulletins auf Wunsch durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt

**4. Rufzeichen**

Zweimal DCF 77 in Morsecode, Modulationsfrequenz 250 Hz  
ohne Unterbrechung der Folge der Sekundenmarken

**5. Anfragen**

Anfragen sind zu richten an:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Laboratorium 1.22

33 Braunschweig  
Bundesallee 100

## Sachregister

Ablesefehler 41  
Anfangsfehler 18,22  
antimagnetische Uhr 9  
Anzeige 2,11,12  
Atomzeitskala 54  
Aufzugszustand 1,5,23  
automatisches Stoppuhrprüfgerät 30

Beschaffenheitsprüfung 20  
Betätigungseinrichtungen 13  
Betätigungsgeräte 15,16,30  
Betätigungskraft 14,30  
Betriebssicherheit 20

Dreitakt-Stoppuhr 13

Eichfehlergrenzen 26  
Eichordnung 1,21  
Eichung 21  
Einheiten 7  
Ermüdung 40

Fahrgeschwindigkeit 40  
Fehler der Anzeige 2,8  
Fehlergrenzen bei Stoppuhren 25,40  
Fehlergrenzen der Normalgeräte 35  
Frequenz 4,30  
Frequenzabweichung 4  
Frequenzgenerator 11

Gang 2,3,4  
Gebrauchslage 23,25  
Großstoppuhr 11  
Großuhren 9

Halbschwingungsdauer 11  
Handstoppuhr 11  
Hilfsmessgeräte 36

Kapsel 27  
Kleber 27  
Kleinuhren 9  
Koinzidenz 39  
Kraftmesser 14,36  
Krone 13

Lage 6  
Lagenbezeichnungen 7  
Laufdauer 20

Meßmikroskop 36  
Mikrophon 34

Nacheichung 21  
Normalfrequenz 30  
Normalgerät 30  
Normalsekundenuhr 24,31  
Normalstoppuhr 22,31  
Nullstelleinrichtung 13,21

Pendeluhr 31  
Phase 24  
Prüfung 20

Schweißgerät 37  
Schwingungsamplitude 5  
Sekunde 7  
Skala 11  
Sport 41  
Stempelung 26  
Stoßsicherheit 9  
Synchronuhr 25

Teilstrich 12  
Temperatur 5,23  
Temperaturkoeffizient des Ganges 5,8  
Thermometer 37  
Thermostat 31

Zeitwaage 25,33





