

Die Gangleistungen der Glashütter Chronometer

Dr. HANS VILKNER, KDT, Stralsund

In der amtlichen Chronometerprüfung werden zwei verschiedene Eigenschaften des Chronometers untersucht, der Gang über längere Zeit in der gleichmäßigen Temperatur von 20 °C und das Temperaturverhalten des Ganges in 36° und +4 °C. Im folgenden soll über die erste Eigenschaft berichtet werden, also über den gleichmäßigen Gang in 20 °C, der durch die drei Prüfgrößen S, S1 und S2 charakterisiert wird.

Für die statistischen Untersuchungen standen die Prüfergebnisse von 859 Glashütter Marinechronometern zur Verfügung, die alle in der Prüfdienststelle für technische Schiffsausrüstung des DAMW, Stralsund, die Prüfung bestanden hatten.

Wenn über „Gehen“ und „Gang“ gesprochen werden soll, muß vorher über diese Begriffe Klarheit geschaffen werden.

Die Ausdrucksweise: „Meine Uhr geht etwas vor“ ist zweideutig. Sagt man dagegen: „Meine Uhr geht immer (meistens, im Augenblick) etwas vor“, so ist der Stand gemeint. Das trifft z. B. für Bahnhofsuhr zu, wenn die Uhr außen am Gebäude grundsätzlich zwei Minuten, die Uhr in der Halle grundsätzlich eine Minute vorgeht, die Uhr auf dem Bahnsteig aber annähernd richtig anzeigt. Sagt man aber: „Meine Uhr geht täglich etwas vor“, so ist der Gang gemeint. Eine solche Uhr muß täglich etwas zurückgestellt werden. In diesem Falle sollte man besser sagen: „Meine Uhr gewinnt täglich einige Minuten“. Auf die Frage: „Wie ist der Stand Deiner Uhr?“ kommt prompt die Antwort: „Genau 7.14 Uhr“. Das ist aber nicht der Stand, sondern die Zeitanzeige. Die Antwort hätte wie oben lauten müssen: „Meine Uhr geht im Augenblick einige Minuten vor“.

Folgende fünf Begriffe sind zur Bestimmung der Gangeigenschaften einer Uhr nötig: **Normalzeit, Zeitanzeige, Stand, Gang** und **tägliche Gangänderung**.

Die **Normalzeit** wird durch die Zeitzeichen des Geodätischen Instituts der DDR, Potsdam, über den Rundfunk verbreitet.

Die **Zeitanzeige** ist das, was der Zeiger einer Uhr in jedem Augenblick auf dem Zifferblatt anzeigt.

Der **Stand** ist die Differenz zwischen Zeitanzeige und Normalzeit.

Der **Gang** ist die Differenz zweier Stände im Abstand von 24 h.

Die **tägliche Gangänderung** ist die Differenz zweier Gänge im Abstand von 24 h.

Die drei Zeitgrößen Stand, Gang und Gangänderung entsprechen den 3 Größen Standort, Geschwindigkeit und Beschleunigung, jedoch mit dem Unterschied, daß der Standort und die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges direkt angegeben werden, während der Stand nicht die augenblickliche Zeit, sondern die Abweichung davon und der Gang nicht die Geschwindigkeit der Zeit, sondern ebenfalls die Abweichung davon angibt. Nur die Gangänderung einer Uhr ist direkt mit der Beschleunigung bzw. Verzögerung von Fahrzeugen zu vergleichen.

Eine Uhr kann richtig anzeigen (Stand gleich Null), sie kann aber auch vorgehen (positiver Stand) oder nachgehen (negativer Stand). Eine Uhr kann richtig gehen (Gang gleich Null), sie kann aber auch schneller gehen (gewinnen, positiver Gang) oder langsamer gehen (verlieren, negativer Gang), als es der richtigen Zeit entspricht. Eine Uhr kann ebensoschnell gehen wie am Vortag (Gangänderung gleich Null), sie kann aber auch schneller geworden sein als am Vortag (positive Gangänderung) oder langsamer geworden sein als am Vortag

(negative Gangänderung), unabhängig davon, ob sie im Augenblick gerade gewinnt oder verliert.

Ist der Stand einer Uhr gleich Null, so zeigt die Uhr in diesem Augenblick die Normalzeit richtig an.

Ist der Gang gleich Null, so bleibt der momentane Stand erhalten, gleichgültig, ob die Uhr dem Stand nach vor- oder nachgeht.

Ist die Gangänderung gleich Null, so bleibt der Gang gleich, d. h. der Stand ändert sich gleichmäßig in der gleichen Weise wie bisher; die Uhr gewinnt oder verliert täglich den gleichen Betrag.

Beim Gang kann der Zusatz „täglich“ fehlen, weil der Gang als Geschwindigkeitsangabe stets auf eine Zeiteinheit bezogen sein muß. Welche Zeiteinheit gemeint ist, geht aus der Dimension hervor, die entweder als selbstverständlich bekannt sein muß oder hinzugesetzt wird. Für steinlose Uhren wird der Gang in min/d, für Qualitätsuhren und Chronometer in s/d, für Pendeluhren, Quarzuhren, Autouhren usw. in Sekunden (Zehntelsekunden) je Woche (Monat, Jahr) angegeben. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Genauigkeit des Ganges als Bruch anzugeben, z. B. $2 \cdot 10^{-7}$. Das bedeutet, eine Uhr gewinnt oder verliert in 1 s maximal den 20millionsten Teil einer Sekunde; man kann auch sagen, in 20 Millionen Sekunden, d. h. in sieben bis acht Monaten, gewinnt bzw. verliert sie 1 s.

Annähernd gilt für Zeitangaben:

- 10^{-5} eine Sekunde je Tag
- $\frac{1}{2} \cdot 10^{-6}$ eine Sekunde je Woche
- $3 \cdot 10^{-6}$ eine Sekunde je Monat
- $3 \cdot 10^{-7}$ eine Sekunde je Jahr.

Bei der Gangänderung sollte allerdings der Zusatz „täglich“ nicht fehlen, wenn auch aus der Dimension (s/d^2) eindeutig hervorgeht, daß es sich um eine Änderung je Tag handelt.

Die Gangänderungen von einem Tag zum nächsten unter sonst gleichen Bedingungen haben ihre Ursache in den geringen, fast zufälligen Änderungen der Zahnräder, der Reibung, des Ölzustandes usw. Wenn aber Umweltbedingungen, wie z. B. die Temperatur oder die Lage, geändert werden, so tritt ebenfalls eine Änderung des Ganges ein, die aber nicht die Dimension s/d^2 hat, sondern nur einen anderen Gang (s/d) darstellt. Solche Änderungen des Ganges (das Wort „Gangänderung“ wird hier bewußt vermieden) sind z. B. die beiden Temperaturfehler W und K, ferner die Lagenfehler Z_u (Zifferblatt unten), HL (Hauptlagenfehler = Zifferblatt oben), K_o (Krone oben), K_r (Krone rechts) usw.

Tabelle 1. Stand, Gang und tägliche Gangänderung eines Chronometers während einer Laufzeit von 10 Tagen

Stand	Gang	Gangänderung
s0 2,5		
s1 3,0	g1 + 0,5	
s2 3,6	g2 + 0,6	v2 + 0,1
s3 4,4	g3 + 0,8	v3 + 0,2
s4 5,1	g4 + 0,7	v4 - 0,1
s5 5,6	g5 + 0,5	v5 - 0,2
s6 6,1	g6 + 0,4	v6 - 0,1
s7 6,4	g7 + 0,3	v7 - 0,1
s8 6,6	g8 + 0,2	v8 - 0,1
s9 7,2	g9 + 0,6	v9 + 0,4
s10 7,7	g10 + 0,5	v10 + 0,1
Mittelwert 5,3	0,5	0,0

Neuerdings wird die Lage in sehr verständlicher Weise auch durch eine Ziffer bezeichnet. Jedoch sollte man vernünftigerweise diejenige Ziffer nennen, die sich oben befindet, also da, wo sonst die 12 steht. Das ist einfach und natürlich, denn die 12 stellt Anfang und Ende der Zahlenreihe auf der Uhr dar und ist daher für die Stelle der Bezeichnung prädestiniert. In einer anderen Lage tritt eine andere Zahl an die Stelle, wo man sonst die 12 vermutet. K_r würde also der 12₀, K_u der 9₀ entsprechen usw. Im Gegensatz dazu ist es psychologisch ungeschickt, die Lage nach der unten liegenden Zahl zu bezeichnen.

Statistische Größen

Wenn der Stand eines Chronometers täglich festgestellt wird, so entstehen 3 Zahlenreihen (Tabelle 1). In der ersten Spalte stehen die gemessenen Werte Stände s , in der zweiten und dritten Spalte die daraus berechneten Differenzen, der Gänge g und die Gangänderungen v . Die erste, mit Null bezeichnete Messung stellt den einleitenden Stand so dar. Der erste Gang kann erst nach $1 \cdot 24$ h, die erste Gangänderung erst nach $2 \cdot 24$ h berechnet werden. Jede dieser drei Zahlenreihen kann nun getrennt statistisch behandelt werden (1,2). Die statistischen Werte sind weitgehend unabhängig voneinander und lassen sich entweder gar nicht oder nur umständlich auseinander berechnen. Auf jeden Fall haben sie ganz verschiedene Bedeutungen. Wenn eine Reihe kleine oder große Werte ergibt, so läßt sich keineswegs sagen, daß dann auch die anderen Reihen ähnliche kleine oder große Werte ergeben müssen.

Die üblichen statistischen Werte sind:

1. der Mittelwert,
2. die beiden Extreme Maximum und Minimum,
3. die Differenzen Extrem minus Mittelwert,
4. die Variationsbreite oder Schwankung (Maximum minus Minimum),
5. die Standardabweichung oder Streuung.

Mathematisch ist zu diesen Begriffen wenig zu sagen. Die Variationsbreite ist als Differenz Maximum minus Minimum doppelt so groß wie die Differenz Extrem minus Mittelwert, sofern die Zahlenreihe lang genug ist. Bei beiden Differenzen kann aber noch darauf hingewiesen werden, daß sie als einfache Differenzen aus nur zwei Zahlen berechnet werden; alle übrigen Werte der langen Zahlenreihe bleiben unberücksichtigt und werden nicht genutzt. Das bedingt eine gewisse Unzuverlässigkeit dieser beiden Begriffe. Anders ist es beim Mittelwert und bei der Standardabweichung. Zur Berechnung dieser beiden Begriffe werden alle Werte der Zahlenreihe benutzt. Infolgedessen sind Mittelwert und Variationsbreite, je nach der Länge der Zahlenreihe, um ein bis zwei Zehnerpotenzen genauer als Variationsbreite und die Differenz Extrem minus Mittelwert.

Beim Mittelwert wird die Tatsache, daß jede Reihe eine ganz verschiedene Bedeutung hat, besonders auffallend (Tabelle 1).

Der Mittelwert des Standes hat keinerlei praktischen Wert; er entspricht den Werten in der Mitte des Zeitabschnittes. Werden andere Zeitabschnitte gewählt, so ergibt sich jedesmal ein anderer Mittelwert.

Der Mittelwert des Ganges ist dagegen äußerst bedeutungsvoll, weil mit ihm – in der Hoffnung, daß der Gang gleichmäßig bleibt – für eine gewisse Zeit vorausgerechnet werden kann. Der mittlere Gang läßt sich jederzeit leicht berechnen, indem die Änderung des Standes nach einer gewissen Zeit, z. B. einer Woche, 10 Tagen oder einem Monat durch die Zahl dieser Tage dividiert wird. Für die Qualität des Chronometers ist aber weniger der Mittelwert als vielmehr die Gleichmäßigkeit des Ganges von Bedeutung.

Tabelle 2. Werte für die Streuung der Zahlenreihen der Tabelle 1

	Gang			Gangänderung		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
	0,2	0,5	0,8	-0,2	0,0	+0,4
Differenz Extrem minus Mittel	0,3		0,3	0,2		0,4 (S1)
Variationsbreite (Schwankung)		0,6 (S2)			0,6	
Standardabweichung (Streuung)		0,18			0,19 (S)	

Der Mittelwert der täglichen Gangänderung schließlich ist Null oder fast Null, sofern die Meßreihe lang genug ist.

Von den drei Mitteln hat also nur das Mittel des Ganges eine Bedeutung, allerdings weniger für die Prüfung, als vielmehr für den Benutzer des Chronometers.

Für die Streuung stehen die letzten drei Begriffe zur Verfügung: Differenz Extrem minus Mittel, Variationsbreite und Standardabweichung (Tabelle 2). Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Standardabweichung mathematisch bedeutend zuverlässiger ist als die beiden ersten Begriffe.

Dem Werte nach bestehen zwischen diesen drei Begriffen die folgenden Beziehungen. Die Variationsbreite ist doppelt so groß wie die Differenz Extrem minus Mittelwert. Extreme sind etwa zwei- bis dreimal so groß wie die Standardabweichung; es liegt genau fest, wie oft bestimmte Extreme im statistischen Mittel zu erwarten sind: Zwei Drittel aller Meßwerte liegen im Bereich von Mittelwert plus/minus einmal Standardabweichung; 95 Prozent aller Werte entfernen sich bis plus/minus zweimal Standardabweichung vom Mittelwert; noch seltener sind die Werte, die bis dreimal Standardabweichung vom Mittel abweichen.

Von den drei Prüfgrößen S , $S1$, $S2$ bedeutet jede eine andere statistische Größe:

$S2$ ist ein Wert des Ganges, S und $S1$ sind Werte der Gangänderung.

S ist eine Standardabweichung und als solche mathematisch sehr genau.

$S1$ ist eine Differenz Extrem minus Mittel und ist daher 2- bis 3mal so groß zu erwarten wie S . Da das Mittel den Wert Null hat, kann für $S2$ einfach das Extrem benutzt werden.

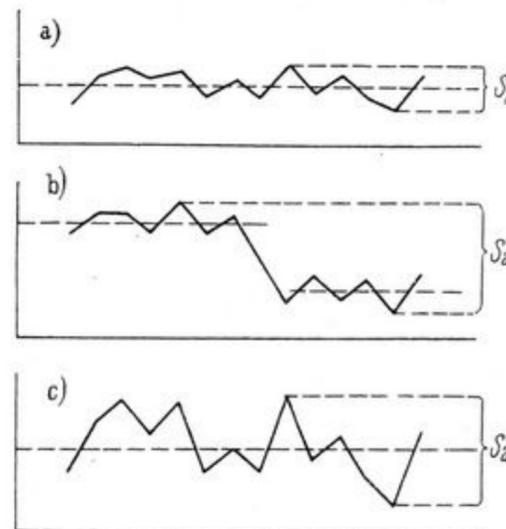


Bild 1

$S2$ ist eine Variationsbreite (Schwankung), die 4- bis 6mal so groß sein sollte wie die entsprechende Standardabweichung des Ganges, die aber in der Chronometerprüfung nicht berechnet wird.

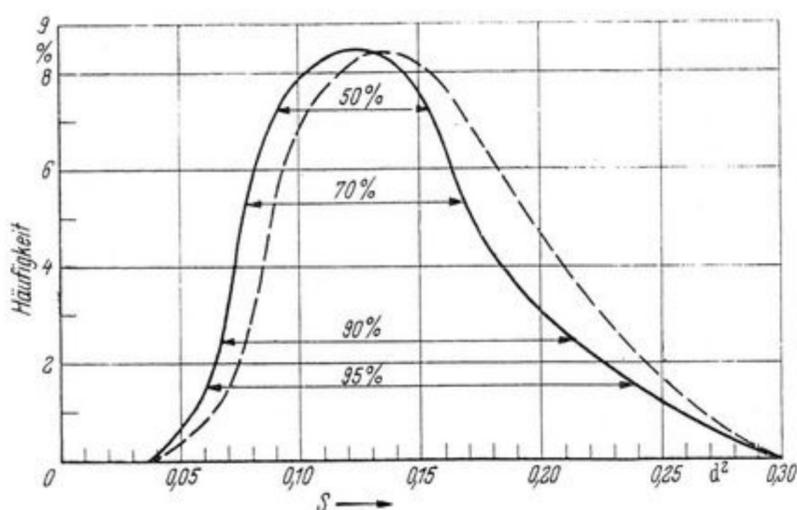
Alle statistischen Werte setzen eine gewisse Regelmäßigkeit der Zahlenreihe voraus. Von jeder Uhr wird erwartet, daß der Mittelwert des Ganges gleich bleibt (Bild 1a). Es kommt aber vor, daß sich der Gang ohne äußerlich er-

sichtlichen Grund etwas ändert (Bild 1b). Im Bild 1a entspricht der Wert von S_2 dem Verlauf der Kurve. Er ist ein Maß dafür, wie weit sich die Werte vom Mittelwert entfernen. Im Bild 1b aber ist S_2 2- bis 3mal so groß, wie es dem Verlauf der Kurve entspricht. Ein sehr viel schlechter gehendes Chronometer (Bild 1c) kann einen gleichgroßen S_2 -Fehler haben. Anders ist es bei den Werten der Gangänderung, diese sind von solchen plötzlichen Gangsprüngen oder auch langsamen Änderungen des Ganges innerhalb der Prüfzeit unabhängig. S ist für beide Kurven a und b annähernd gleich, für c dagegen bedeutend größer. Es gibt allerdings noch weitere Gesichtspunkte [1], die hier zu weit führen würden.

Ergebnisse

Zunächst wurden die Prüfergebnisse von S , S_1 und S_2 hinsichtlich ihrer Häufigkeit bearbeitet.

Die Häufigkeitsverteilung des S -Fehlers ist in Bild 2 dargestellt. Die Prüfgrenze (obere Grenze) liegt bei $S = 0,30 \text{ s/d}^2$, das beste Ergebnis eines Chronometers (untere Grenze) war bisher $0,04 \text{ s/d}^2$. Die Ergebnisse verteilen sich also auf die 26 Klassen von $0,04$ bis $0,29$. Die prozentuale



▲ Bild 2

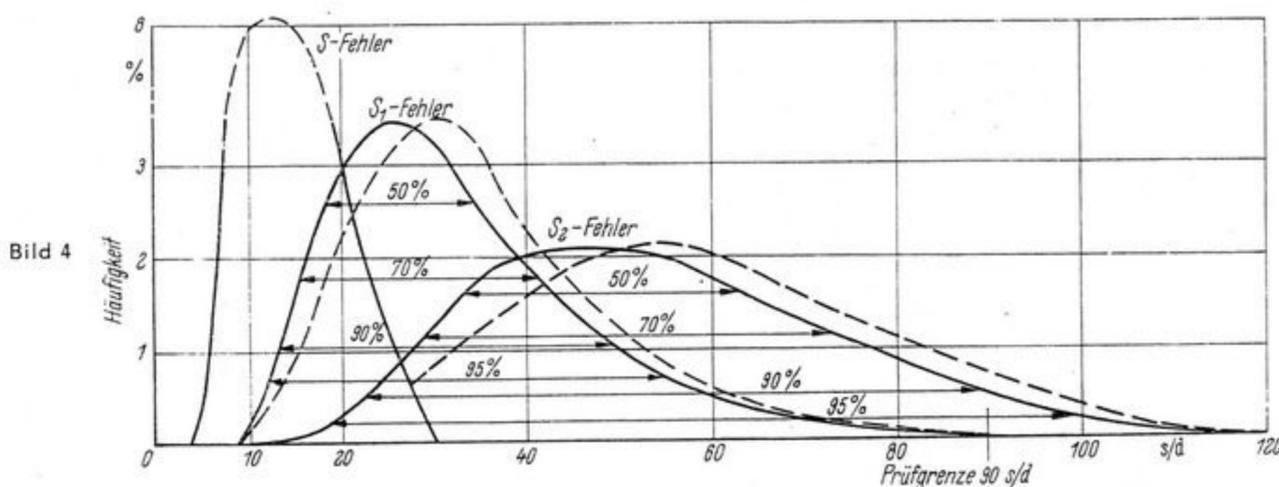
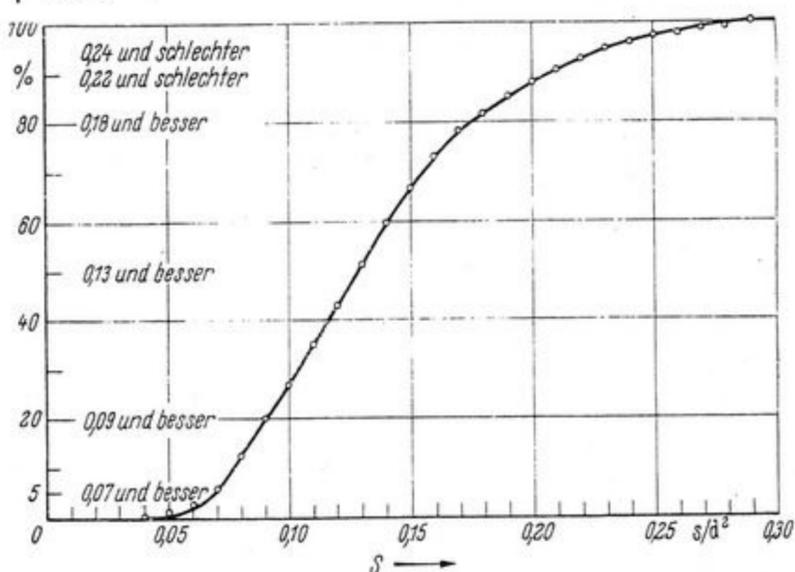


Bild 4

▼ Bild 3



Verteilung der S -Fehler der 859 Chronometer wird durch die ausgezogene Linie wiedergegeben. Die S -Werte $0,12$ und $0,13 \text{ s/d}^2$ kommen mit $8\frac{1}{2}$ Prozent am häufigsten vor. Aber auch $0,10$, $0,11$ und $0,14$ sind mit 8 Prozent fast ebenso häufig. Nimmt man noch die Werte $0,09$ und $0,15$ (7 Prozent) hinzu, so bestehen mehr als 50 Prozent aller Chronometer mit S -Fehlern, die zwischen diesen beiden Werten liegen. Entsprechend ergibt sich aus dem weiteren Verlauf der Kurve, daß z. B. mehr als 90 Prozent der Chronometer in der Prüfung S -Fehler von $0,07$ bis $0,21 \text{ s/d}^2$ aufweisen. Das Bild der Kurve zeigt deutlich, daß die Häufigkeitsverteilung nicht symmetrisch, sondern schief ist. Der Gipfel der Kurve liegt näher zu den niedrigen Werten hin als in der Mitte. Will man einen symmetrischen Verlauf der Kurve erreichen, so daß die Kurve folgende Verteilung angibt: 90 Prozent mit Ausnahme von 5 Prozent besseren und 5 Prozent schlechteren oder 70 Prozent mit Ausnahme von 15 Prozent besseren und 15 Prozent schlechteren usw., so müßte solche Kurve um 1 bis 2 Werte nach rechts verschoben werden, wie die gestrichelte Kurve zeigt. Diese 90 Prozent (70 Prozent) Chronometer ergeben in der Prüfung voraussichtlich S -Fehler von $0,08$ bis $0,23$ ($0,09$ bis $0,19$) s/d^2 .

Bild 3 zeigt dieselbe Häufigkeitsverteilung in der Darstellung einer Summenkurve. Diese Kurve gestattet, jede beliebige Häufigkeitsverteilung direkt aufzusuchen.

Die Häufigkeitsverteilung des S_1 -Fehlers ist in Bild 4 dargestellt. Die Prüfgrenze beträgt $0,90 \text{ s/d}^2$. Die besten Prüfergebnisse lagen bei $0,09 \text{ s/d}^2$. Da sich die Ergebnisse hier auf 81 Werte verteilen, sind die einzelnen Klassen entsprechend weniger besetzt. Am häufigsten (3,5 Prozent) sind Prüfergebnisse von $0,25$ bis $0,27 \text{ s/d}^2$. Häufig (3 Prozent) sind auch noch die Werte $0,21$ bis $0,32$. 50 Prozent aller Chronometer bestehen die Prüfung mit S_1 -Werten zwischen $0,18$ und $0,34 \text{ s/d}^2$. Auch diese Kurve verläuft schief. Die zugehörige symmetrische Kurve (gestrichelt) verläuft wiederum etwas weiter rechts.

Die Häufigkeitsverteilung des S_2 -Fehlers ist ebenfalls in Bild 4 dargestellt. Die Prüfgrenze beträgt $1,20 \text{ s/d}$. Die

besten Prüfergebnisse lagen bei 13 s/d . Die Ergebnisse verteilen sich demnach auf 107 Klassen, so daß die Häufigkeit in den einzelnen Klassen noch etwas geringer ist. Es fällt aber deutlich auf, daß die Kurve kein so ausgeprägtes Maximum besitzt wie die Kurven von S und S_1 . Die größte Häufigkeit (2 Prozent) findet sich beim S_2 -Fehler zwischen $0,40$ und $0,52 \text{ s/d}$. 50 Prozent aller Chronometer liegen in ihren Werten zwischen $0,33$ bis $0,63 \text{ s/d}$. Die Häufigkeit in diesen Klassen beträgt mindestens 1,5 Prozent. Wie sehr sich die S_2 -Kurve nach den größeren Werten hin verschoben hat, zeigen die folgenden Zahlen, die alle prozentual auf die Prüfgrenze bezogen sind:

Das Maximum liegt bei	S_1 -Kurve 29 Prozent	S_2 -Kurve 38 Prozent	} der Prüfgrenze
90 Prozent der Werte liegen	von 14 bis 54 Prozent	von 19 bis 72 Prozent	
95 Prozent der Werte liegen	von 14 bis 60 Prozent	von 16 bis 82 Prozent	

Während die kleinen Werte nur wenig voneinander abweichen, sind das Maximum und die hohen Werte sehr stark nach rechts ausgeweitet. Das entspricht der oben angegebenen Tatsache, daß der S2-Fehler bei geringen Änderungen des Gangmittels leicht zu große Werte annehmen kann, während die v-Werte, also S und S1, auf solche Änderungen des Ganges nicht reagieren. So bestätigt die Kurve die mathematisch-statistischen Beziehungen, die zwischen den Prüfgrößen bestehen.

Aber noch etwas anderes geht aus der Form der Kurven hervor. Alle drei Kurven, auch die von S2, sind bei der Prüfgrenze fast wieder auf Null zurückgegangen. Der Verlauf der Kurve wird also durch die Prüfgrenze in keiner Weise beeinflusst. Das zeigt, daß die Chronometer der Glashütter Uhrenbetriebe die Prüfung sehr sicher bestehen; die Kurven zeigen unmittelbar die Gangeigenschaften der Chronometer an.

Weiterhin wurde die mathematische Kopplung der drei Größen S, S1 und S2 untersucht. Dazu wurden die Chronometer nach ihren S-Werten in Gruppen zusammengefaßt. Für jede einzelne der 26 Gruppen wurden die zugehörigen S1- und S2-Werte zusammengestellt und statistisch untersucht. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in Bild 5 dargestellt.

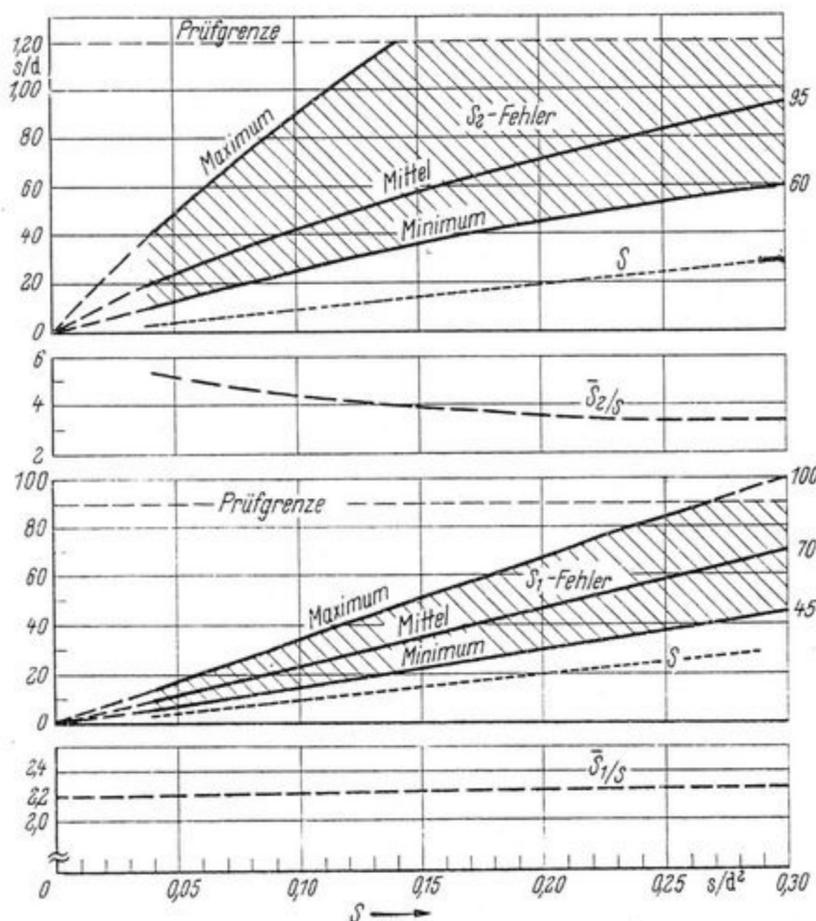


Bild 5

Die Mittelwerte und Extreme der zugehörigen S1-Werte verlaufen einigermaßen gradlinig. Die Mittelwerte S1 sind etwa $2\frac{1}{4}$ mal so groß wie die S-Werte der betreffenden Gruppe. Das Verhältnis S1/S steigt von 2,2 langsam auf 2,3 an. Die Maxima der S1-Werte sind etwa $3\frac{1}{3}$ mal, die Minima $1\frac{1}{2}$ mal so groß wie die S-Werte. Dieser gradlinige Verlauf zeigt deutlich die lineare Beziehung zwischen S und S1, die der angegebenen engen mathematischen Beziehung zwischen beiden Größen entspricht. Die mathematische Exaktheit der Prüfgröße S wird dadurch gekennzeichnet, daß Chronometer nur dann in S1 durchfallen können, wenn S mindestens 0,27 beträgt, also ebenfalls kurz vor der Durchfallgrenze liegt. Die bedeutend größere Variabilität von S1 zeigt sich darin, daß ein Chronometer schon in S durchfallen kann, wenn S1 0,45 beträgt, also erst die Hälfte der Prüfgrenze erreicht hat.

Die Mittelwerte und Extreme der zugehörigen S2-Werte verlaufen nicht gradlinig. Das liegt daran, daß das Maxi-

imum von S2 schon bei $S = 0,14$ die Prüfgrenze erreicht. Von hier aber werden diejenigen Chronometer, die wegen S2 durchfallen, ausgeschieden, sie stehen für die Mittelbildung nicht mehr zur Verfügung, so daß die Mittelwerte S2 in den Gruppen der größeren S-Werte langsamer wechseln. Insgesamt zeigen die Zahlenwerte, daß sich die Beziehungen zwischen S2 und S lange nicht so genau festlegen lassen wie zwischen S1 und S. Bei sehr kleinen S-Werten ist S2 etwa 5mal so groß wie S, bei S zwischen 0,10 und 0,15 nur noch 4mal und oberhalb von $S = 0,20$ etwa 3,5mal so groß wie S (siehe die Kurve S2/S). Das beweist aber, daß die Prüfgrenzen ($S = 0,30 \text{ s/d}^2$, $S2 = 1,20 \text{ s/d}$, also viermal so groß) richtig gewählt sind.

Aus den beiden Tatsachen, daß S2 an sich schon stärker variiert und daß die mathematische Kopplung zwischen S und S2 geringer ist als zwischen S und S1, ist die aus Bild 5 ersichtliche geringere Streuung der S1-Kurve und die größere Streuung der S2-Kurve gut verständlich.

Die größere Variabilität von S2 zeigt sich wiederum darin, daß ein Chronometer in S schon durchfallen kann, wenn S2 0,60 beträgt, also (ebenso wie bei S1) erst die Hälfte der Prüfgrenze erreicht hat.

Die geringere Kopplung zwischen S und S2 zeigt sich darin, daß es in S2 schon durchfallen kann, wenn S nur 0,14 beträgt, also noch unterhalb der Hälfte der Prüfgrenze liegt.

So sind auch hier die mathematischen Beziehungen in den Kurven deutlich wiederzuerkennen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Glashütter Marine-Chronometer beim S-Fehler ein markantes Maximum bei 0,11 bis 0,14 s/d^2 , beim S1-Fehler ein ebenso markantes Maximum bei 0,25 bis 0,27 s/d^2 haben und daß der S2-Fehler am häufigsten zwischen 0,40 und 0,52 s/d^2 liegt.

Literatur

- [1] Dr. Vilkner, H.: Mathematische Beziehungen zwischen den Ganggrößen von Uhren. Berichtsbuch des VI. Internationalen Kongresses für Chronometrie, München 1959, Bd. II, S. 551-561, Stuttgart 1960.
- [2] Dr. Vilkner, H.: Über den Gang der Uhren und seine Auswertung. Feingerätetechnik 9 (1960) H. 9, S. 405-410.

Wir notieren gern für Sie vor:

Jahrgang 1963 in Ganzleinen gebunden, zum Preise von 26,90 DM.

Geben Sie Ihre Bestellung noch heute an uns auf.

VEB Verlag Technik, Berlin

Für Interessenten an Einbanddecken unserer Zeitschrift empfehlen wir, Bestellungen an die

Buchbinderei Rudolf Bullert

P o t s d a m

Friedrich-Ebert-Straße 88

aufzugeben.

Die Kosten hierfür betragen je Decke 2,50 DM plus 0,25 DM Porto. Einzahlungen werden erbeten auf das Postscheckkonto Berlin 36 372.

Auch Bindearbeiten werden von dieser Firma ausgeführt.