

Laboruntersuchungen am Zeiteiler 432 des VEB Glashütter Uhrenbetriebe

Ing. E. Frankenstein, Glashütte

Wenn in dem auf den Seiten 34 und 35 veröffentlichten Aufsatz die Neukonstruktion eines Zeiteilers beschrieben wurde, die sich im wesentlichen eine Qualitätsverbesserung und eine Angleichung an Verbraucherforderungen zum Ziel setzte, so wurden diese Arbeiten nicht nur vom theoretischen Standpunkt ausgeführt, sondern gingen Hand in Hand mit Laborversuchen. Umfangreiche Überprüfungen der Funktions- und Nullserienmuster unter Berücksichtigung der verschiedenen Typen müssen im übrigen bei derartigen Entwicklungen die Gewähr geben, daß die der Konstruktion vorausgesetzten Parameter wirklich erreicht werden.

Ganggenauigkeit

Die Ganggenauigkeit hängt im wesentlichen vom Temperatur- und Amplitudenverhalten des Schwingers ab. Diese Parameter sind bei der Verwendung in Geräten, wo in bezug auf Temperatur und Drehmoment oft extreme Bedingungen vorliegen, von besonderer Bedeutung.

Der Gang als Funktion der Amplitude muß mit und ohne Antrieb bestimmt werden, um die Einflüsse der Hemmung

und der Spirale einzeln erfassen zu können. Im ersten Fall wird das Ankerrad mit verschiedenen, aber während der Messung konstanten Drehmomenten angetrieben und die Amplitude wird mit dem Amplitragen, der Gang g mit der Zeitwaage bestimmt. Bild 1 zeigt typische Werte des normalen Zeiteilers. Analoge Untersuchungen ohne Antrieb werden an einer frei und ohne Hemmung auspendelnden Unruh vorgenommen, bei der ein Signal zur Auslösung der Zeitwaage mit einer Lichtschranke gewonnen wird. Die Amplitude wird mit einer Marke auf der Unruh bestimmt, deren Stellung im Umkehrpunkt gegenüber einer Kreisskala abzulesen ist. Erreicht die Marke bestimmte Skalenergebnisse im Abstand von 30° , so unterbricht der Beobachter

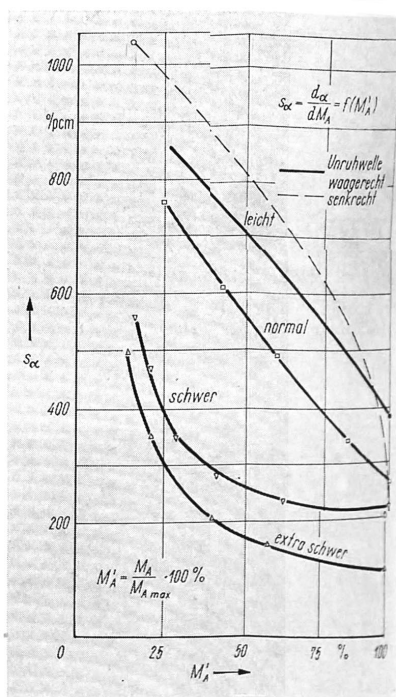
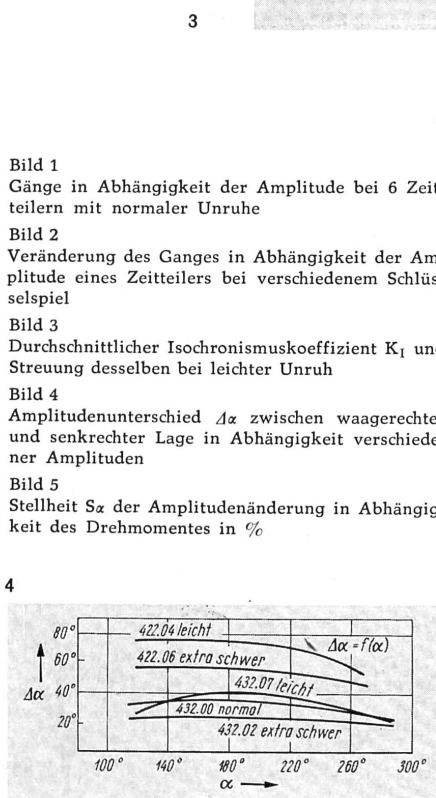
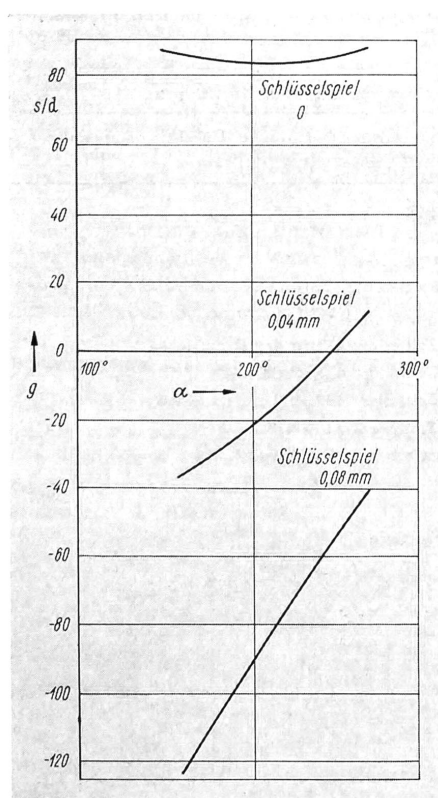
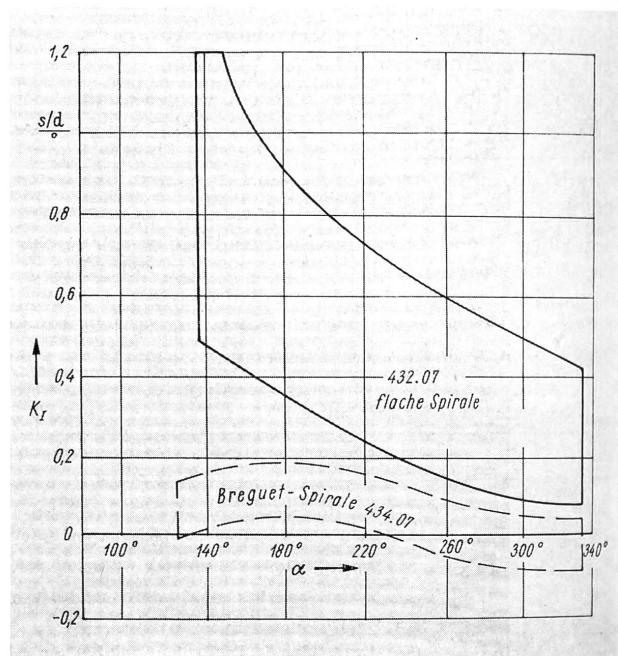
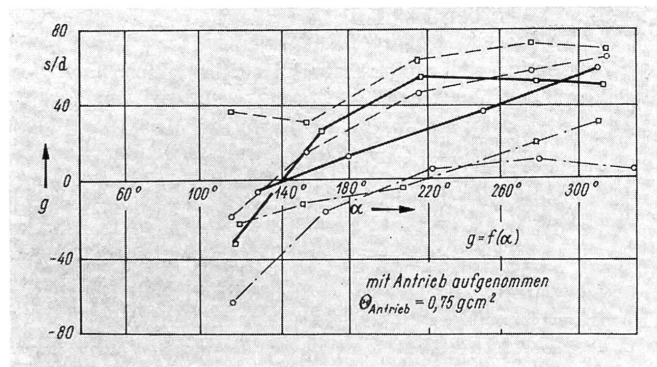


Bild 1 Gänge in Abhängigkeit der Amplitude bei 6 Zeiteilern mit normaler Unruhe
 Bild 2 Veränderung des Ganges in Abhängigkeit der Amplitude eines Zeiteilers bei verschiedenem Schlüsselspiel
 Bild 3 Durchschnittlicher Isochronismuskoeffizient K_I und Streuung desselben bei leichter Unruh
 Bild 4 Amplitudenunterschied $\Delta\alpha$ zwischen waagerechter und senkrechter Lage in Abhängigkeit verschiedener Amplituden
 Bild 5 Stellheit S_α der Amplitudenänderung in Abhängigkeit des Drehmomentes in %

mit einem Taster das Zeitwaagensignal und markiert so auf dem Zeitwaagendiagramm selbst die jeweilige Amplitude.

Gerade letztere Untersuchungen sind in umfangreichem Maße durchzuführen, denn mit ihnen sind die Einflüsse verschiedenen Materials und verschiedener Dimensionierung der Spiralen, verschiedener Spiralrollengröße und -ausführung, verschiedenen Schlüsselspiels, wie auch die Lageninflüsse bei verschiedener Stellung des inneren Ansteckungspunktes zu ergründen. Bild 2 zeigt als Beispiel den großen Einfluß des Schlüsselspiels auf den Gang eines Zeitteilers. Das verkleinerte Spiel verringert den Isochronismusfehler wesentlich.

Noch klarere Auskunft als aus der Abhängigkeit des Ganges von der Amplitude erhält man, wenn man den Isochronismuskoeffizienten

$$k_I = \frac{dg}{d\alpha}$$

aus der Steigerung der Kurven $g = f(\alpha)$ durch grafische Differentiation gewinnt und über α aufträgt. Bild 3 zeigt eine derartige Gegenüberstellung von flacher und Breguet-Spirale. Man erkennt deutlich, daß bei niedrigen Amplituden sich k_I , d. h. die Abhängigkeit des Ganges von der Amplitude bei flacher Spirale enorm vergrößert, gute Gangergebnisse also wesentlich vom großen Schwingungsbogen abhängen, während die Breguet-Spirale von vornherein besseren Gang garantiert.

Die Lagenabhängigkeit, d. h. der Amplitudenunterschied $\Delta\alpha$ beim Wechsel aus der senkrechten in die waagerechte Lage ist, wie Bild 4 zeigt, bei dem neuen Zeitteiler durch den dünneren Unruhzapfen wesentlich gemindert und liegt in durchaus vertretbaren Grenzen.

Interessanten Aufschluß über die Reglagefähigkeit gibt schließlich noch die im Bild 5 dargestellte Amplitudenstabilität. Es ist die Steilheit S_α des Verlaufs $\alpha = f(M)$ als

$$S_\alpha = \frac{d\alpha}{dM}$$

über dem Drehmoment M bei verschiedenen Unruhgrößen aufgetragen. Eine große Steilheit S_α bedeutet, daß die Amplitude und damit, je nach dem Isochronismuskoeffizienten, auch der Gang auf Drehmomentschwankungen stark reagiert. Es zeigt sich der bekannte vorteilhafte Einfluß großer Amplituden und schwerer Unruhen mit großem Energieinhalt.

Interessant ist die Gegenüberstellung der gestrichelten Kennlinie für senkrechte Unruhwelle mit der ausgezogenen für waagerechte Welle. Dieser Kennlinienverlauf, der für die anderen Unruhen aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen wurde, beweist, daß bei senkrechter Unruhwelle wesentlich größere Amplitudenschwankungen auftreten als bei waagerechter, wo die größere Zapfenreibung ausgleichend wirkt. Wenn trotzdem bei senkrechter Unruhwelle bessere Reglageergebnisse zu erzielen sind, so ist dies auf die verringerten Auswirkungen der Unruhwucht und des „Grossmann-Fehlers“ der Spirale sowie auf die vergrößerte Nennamplitude zurückzuführen.

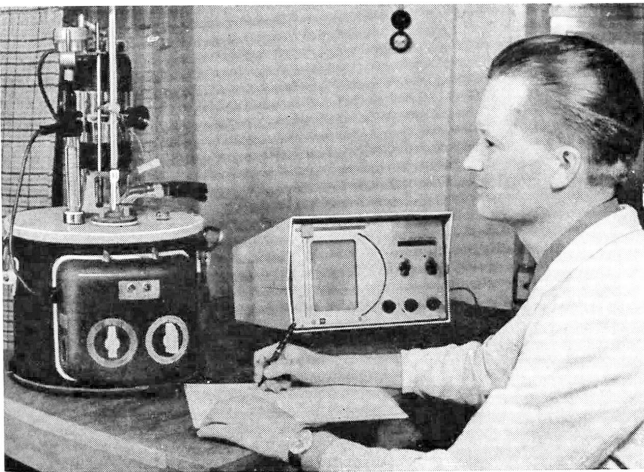
Schließlich ist das Temperaturverhalten der selbstkompensierenden Spiralen von Interesse. Um dieses zu bestimmen, wird eine Uhr mit der zu prüfenden Spirale in einem gekühlten Höppler-Thermostat untergebracht (Bild 6), dessen Temperatur durch ein motorisch verstelltes Kontaktthermometer gleichmäßig von $+4$ bis $+36$ °C geregelt wird. Der gleichzeitig mit der Zeitwaage beobachtete Gang ermöglicht es, die Abhängigkeit des Ganges g von den verschiedenen Temperaturen ϑ zu bestimmen, wobei durchaus zufriedenstellende Werte (vgl. Bild 7) erreicht werden. Aus den im Bild gestrichelten Gradn ergibt sich der Temperaturkoeffizient

$$K_T = \frac{\Delta g}{\Delta \vartheta}$$

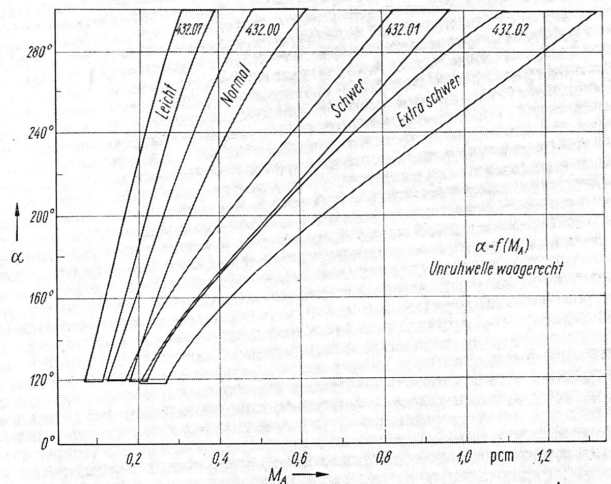
der überwiegend vom Spiralenmaterial abhängt.

Drehmomentverhalten

Insbesondere bei der Anwendung des Zeitteilers in feinmechanischen Geräten wird häufig sichere Funktion in sehr



6

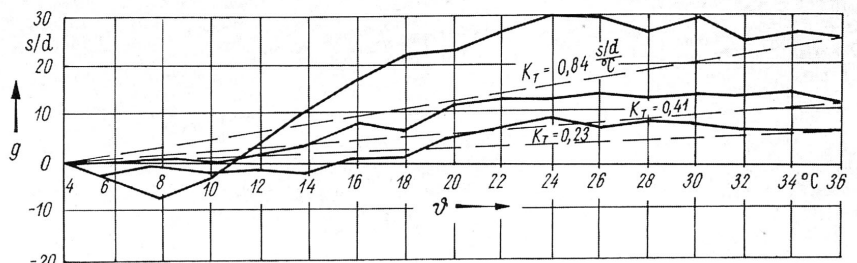


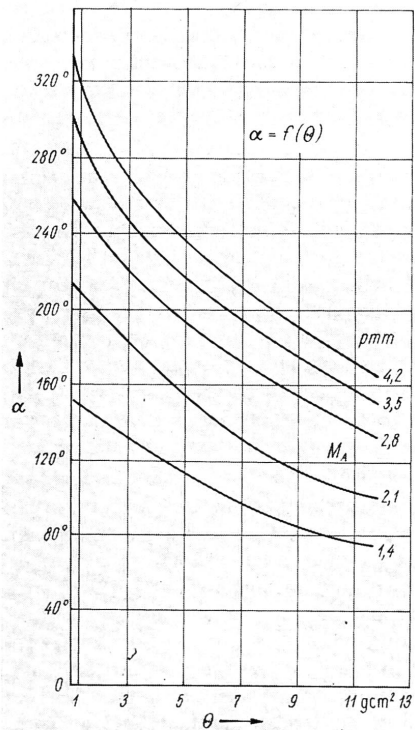
8

Bild 6
Prüfung des Temperaturkoeffizienten mit Höppler-Thermostat und Zeitwaage

Bild 7
Typische Verläufe des Ganges in Abhängigkeit der Temperatur und die sich ergebenden Temperaturkoeffizienten

Bild 8
Amplitude und zu erwartender Streubereich in Abhängigkeit des Drehmomentes der verschiedenen Zeitteilerarten





9

weiten Drehmomentbereichen gefordert. Beispielsweise sind die Momente, die Uhrwerke zum Antrieb von Diagrammstreifentransportwerken abgeben müssen, sehr unterschiedlich, je nachdem etwa der Papiervorschub von 5 mm/h auf 120 mm/h verändert wird und Papiersorten mit verschiedenen Reibungskoeffizienten angewandt werden. Die Kenntnis der Abhängigkeit der Amplitude α vom Drehmoment M_A am Ankerrad ermöglicht dem Gerätehersteller, den günstigsten Zeitteiler auszuwählen. Bild 8 zeigt diese Abhängigkeit $\alpha = f(M)$ und die zu erwartenden Streuungen. Evident ist auch der Vorteil des Zeitteilers mit extra schwerer Unruh, einen relativ großen Drehmomentenbereich zu überstreichen. Trotzdem müssen vier Größen von Unruhen gefertigt werden, um eine optimale Anpassung an das jeweilige Gerät zu ermöglichen und die Unruh mit großer Amplitude betreiben zu können.

Weitere Rückschlüsse sind aus der mit Ausschwingversuchen zu ermittelnden Dämpfung der Unruh zu ziehen.

Mechanische Stabilität

Der für ortsfeste Geräte bestimmte Zeitteiler besitzt keine Stoßsicherung und kann daher nicht den Bedingungen unterworfen werden, die üblicherweise für eine stoßsichere Armbanduhr vorgesehen sind, nämlich einem Fall aus 1 m Höhe auf Hartholzfußboden. Es wurde eine Reihe von Stoßversuchen durchgeführt, mit der die zu erwartende größte Beanspruchung in feinmechanischen Geräten, insbesondere in Bandschreiber-Transportwerken imitiert wurde. Die Versuche ergaben, daß auch der neuerdings verwandte Unruhzapfen von 0,15 mm Durchmesser der auftretenden Belastung gerecht wird.

Verhalten im Uhrwerk

Häufig wird eine Aussage über die Ganggenauigkeit eines Zeitteilers gefordert, ohne daß ausreichend erkannt wird, daß dieselbe wesentlich vom antreibenden Uhrwerk abhängt. Wie schon bemerkt, ist es wichtig, daß mit gleichmäßig hohem Drehmoment eine große Amplitude erreicht wird. Ist unerwartet der gewünschte Schwingungsbogen nicht zu erzielen, obwohl bei statischer Messung das Dreh-

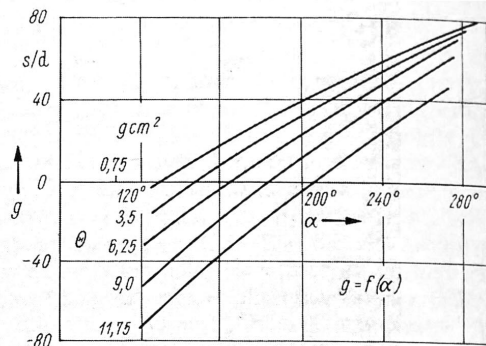


Bild 9. Einfluß des Trägheitsmoments θ im Antrieb auf die Amplitude bei verschiedenen Antriebsmomenten bei leichter Unruh

Bild 10. Veränderung des Gang-Amplitudenverhaltens bei unterschiedlichen Trägheitsmoment θ im Antrieb

Bild 11. Typischer Verlauf des Ganges über den Wochenverlauf bei Zeitteilern mit leichten Unruhen in der Schiffswanduhr

moment des Antriebswerkes ausreichend erscheint, so ist häufig die Ursache in zu großen Trägheitsmomenten im Antrieb zu suchen. Ein großer, zentraler Sekundenzeiger wirkt sich hier sehr stark aus. Auch sollten das Sekundenrad und das vorhergehende Zwischenrad leicht und geschlenkelt ausgeführt sein. Da der Energieinhalt

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

eines bewegten Rades mit dem Quadrat seiner Umfangsgeschwindigkeit abnimmt, haben die weiteren, langsamer laufenden Räder nur wenig Einfluß. Bild 9 zeigt die Abnahme der Amplitude α bei steigendem Trägheitsmoment θ des Räderwerkes, bezogen auf das Sekundenrad bei verschiedenem Drehmoment.

Nicht unbeachtet darf bleiben, daß der Isochronismus sich mit steigendem Trägheitsmoment im Antrieb in geringem Maße verschlechtert. Das Ankerrad macht bekanntlich beim Übergang von der Ruhe auf die Heblfläche einen Sprung, der sich bei großer Trägheit vergrößert, so daß der Impuls noch mehr nach der Mittellinie erteilt wird. Die größere Steigung der Kennlinien $g = f(\alpha)$, die bei verschiedener Trägheit im Antrieb (Bild 10) aufgenommen wurde, beweist dies.

Bild 11 zeigt typische Gangwerte von Schiffswanduhren mit leichten Unruhen und flacher Spirale über den Wochenverlauf. Die vom DAMW geforderten Grenzen von $V_{\text{max}} = 25 \text{ s/d}^2$ und $\bar{g} = +20 \text{ s/d}$ werden mit Sicherheit garantiert.