

fang nicht mehr. Man verwendet vielmehr den Hipschen Stimmgabel-Regler, der folgendermaßen arbeitet: In die Zahnücken des Gangrades s ragt um einen kleinen Betrag die Federklinge t hinein, die — einmal angestoßen — so regelmäßig schwingt wie eine Stimmgabel. Ein Zahn des Gangrades kann nur in dem Augenblick durchlaufen, in dem gerade die Feder t nach außen geschwungen ist. Wird das Durchlaufen der Zähne schneller als die Schwingungen der Feder, so trifft diese auf einen Zahn des Gangrades, hält dieses um einen praktisch unmerklichen Betrag an und erhält gleichzeitig von diesem Zahn einen neuen Antriebsimpuls. Mit dieser Einrichtung ist es möglich, auf dem Registrierstreifen absolut genaue Sekundenlängen zu bekommen.

Oszillograph von Siemens-Blondel

Sehr rasch verlaufende Vorgänge, z. B. der Verlauf eines Wechselstromes oder eines Induktionsstromes werden mit

Hilfe des Oszillographen aufgezeichnet. Ein Teil des zu messenden Stromes fließt durch eine Schleife von äußerst dünnem Draht, die zwischen den Polen eines sehr starken Elektromagneten ausgespannt ist. Beim Stromdurchgang wird diese Schleife mehr oder weniger verdreht, ähnlich wie das Meßsystem beim Drehspul-Instrument. Mit der Meßschleife bewegt sich ein kleines Spiegelchen von nur 1 Quadratmillimeter Größe. Von einer Beleuchtungseinrichtung fällt ein intensiver Lichtstrahl auf den Spiegel. Bei der Bewegung des Spiegels wird auch der Strahl abgelenkt, so daß die Bewegung der Meßschleife durch den Lichtstrahl in stark vergrößertem Maßstab auf einer Mattscheibe sichtbar gemacht oder auf einer rasch umlaufenden Trommel, die mit lichtempfindlichem Bromsilber-Papier bespannt ist, aufgezeichnet werden kann. Je nach der Geschwindigkeit, mit welcher der zu messende Vorgang abläuft, wird die Drehzahl der Papiertrommel, die durch einen Elektromotor angetrieben wird, eingestellt.

Gehäuseschwingungen und ihre Rückwirkung auf den Gang der Taschenuhr

Von Prof. Dr.-Ing. H. Bock



ber den Einfluß äußerer Bewegungen und Erschütterungen auf den Gang von Taschenuhren und Chronometern ist schon mancherlei bekannt geworden. Man spricht vom „Seegang“ der Chronometer, von der Gangänderung der Präzisionstaschenuhren beim Wechsel des Besitzers, vom Verhalten der Uhren, die von Lokomotivführern, Reitern usw. getragen werden, kennt den besonders schädigenden Einfluß rhythmischer Bewegungsvorgänge und zergliedert ihn in von der Impuls-Änderung und von der Kreiselwirkung herrührende Anteile. Auf Einzelheiten dieser vielbesprochenen Dinge wollen wir heute nicht eingehen, sondern unser Interesse einer verwandten Frage zuwenden: Wie verhält sich eine Uhr, wenn sie nicht fest gelagert ist? Neuere experimentelle Versuche von Jaquerod und Mügeli haben das Interesse an diesen nicht unwichtigen Dingen belebt.

Daß eine in der Nacht am Haken schwingungsfähig aufgehängte Taschenuhr ihren Gang nicht ungestört durchhalten kann, sagt schon das praktische Gefühl; daß aber eine Taschenuhr schon dann falsch geht, wenn sie auf eine elastische Gummiplatte oder mit ihrer kugelförmigen Glaskalotte auf einen glatten Tisch gelegt wird, haben die meisten wohl noch nicht richtig bedacht. Und dabei sind die beiden Fälle voneinander prinzipiell verschieden, denn die Gummiunterlage übt auf das Gehäuse ein dirigierendes Drehmoment aus, das bestrebt ist, dieses in die Normallage zurückzuführen, während die frei, aber drehbar auf ihrem Glase ruhende Uhr zwar des Momentes entbehrt, dagegen aber eine dämpfende Reibung erleidet.

Bei solchen Erscheinungen sind drei verschiedene Dinge streng voneinander zu unterscheiden:

1. Die Eigenschwingungsdauer des Uhrgehäuses. Die am Haken freihängende Taschenuhr bildet ein kleines Pendel, d. h. sie vermag, einmal angestoßen, Schwingungen von ganz bestimmter, ihr eigentümlicher Dauer zu vollziehen; daher eben der Name Eigenschwingung. Hat z. B. eine größere Herrentaschenuhr eine „reduzierte“ Pendellänge von 5 cm, verhält sie sich also hinsichtlich ihrer Schwingungsfähigkeit wie ein mathematisches Pendel von eben dieser Länge, so beträgt die Eigenschwingungsdauer nach bekanntem Gesetz:

$$T_1 = \pi \sqrt{\frac{0,05}{9,81}} = 0,224 \text{ Sekunden, ein Wert also, der in be-}$$

denklicher Nähe der Unruh-Schwingungszeit liegt. Natürlich dauert eine solche Eigenschwingung nicht wie lange, sondern sie schläft gar bald ein, wenn nicht

ständig neue Impulse hinzukommen. Man sagt dann, die Schwingung klinge wegen der „Dämpfung“ ab, wobei unter Dämpfung der Einfluß des Luftwiderstandes, die rollende Reibung am Haken usw. verstanden wird. Auch die auf den Radiergummi gelegte Uhr vermag Eigenschwingungen auszuführen; aber diese sind wegen der Größe der dirigierenden Kraft von sehr kurzer Dauer und klingen vermöge der starken Dämpfung im Gummi sehr schnell ab. Auch ist ihre Weite, „Amplitude“ genannt, sehr klein, so daß man sie mit bloßem Auge kaum richtig wahrnehmen können; andernfalls rutscht das Gehäuse auf dem Gummi mit „bohrender Reibung“, was nicht programmäßig ist. Man merke sich also: Jede Eigenschwingung schläft wegen der Dämpfung über kurz oder lang ein; sie ist also an sich keine gefährliche Erscheinung.

2. Die erzwungene Schwingung des Gehäuses. Jedermann, der einmal eine Seefahrt gemacht hat, wird eine solche am eigenen Leibe erfahren haben: Gewisse Stellen des Schiffes geraten unter dem Einfluß der arbeitenden Maschinen in starke Schwingungen, die erst dann aufhören, wenn die Maschinen gestoppt werden. Auch die Taschenuhr trägt eine solche Maschine in sich, die Unruh nämlich, die vermöge der am Klöbchen befestigten Spirale auf ihr Gehäuse ein abwechselnd rechts und links gerichtetes Drehmoment ausübt, dessen Wirkung sich das Gehäuse nicht entziehen kann, wenn es nicht gerade in den Schraubstock eingespannt oder sonstwie unverrückbar gelagert ist. Wie man sieht, hört die erzwungene Schwingung trotz der Dämpfung nicht auf, obschon letztere auf ihre Amplitude natürlich nicht ohne Einfluß ist. Ebenfalls nicht ohne Einfluß ist die Dauer der Eigenschwingung; stimmt sie zufällig mit der der erzwungenen überein, so tritt ein ganz besonders heftiger Bewegungszustand ein, den man bekannterweise als Resonanz bezeichnet.

Das originelle Zusammenspiel der erzwungenen und der Eigenschwingung läßt sich leicht studieren, wenn man eine Taschenuhr passender Größe frei an einen Nagel hängt. Hält man das Gehäuse zunächst in senkrechter Lage einen Augenblick fest und läßt es dann los, so bemerkt man zunächst ein eigentümliches An- und Abswellen der Bewegung, das sich aber nach einiger Zeit verliert, weil nach Abklingen der Eigenschwingung nur noch die durch die Unruh erzwungene Gehäusebewegung übrig bleibt. Sehen wir für eine entsprechend kurze Zeitdauer von dem langsamen Verklängen der Eigenschwingung ab, betrachten sie also als von unveränderlicher Amplitude, so läßt sich der Vorgang leicht rechnerisch verfolgen. Dabei ergibt sich folgendes: Die Eigenschwingung verläuft ganz selbständig, als ob sie allein vorhanden wäre; d. h. sie klingt, nachdem sie durch Anstoß erregt worden ist, langsam ab, um nach