

saugplatte an, auf welche Sie eine normale Taschenuhr stellen, daneben hinter einem Vergrößerungsglas stellen Sie eine Balance mit Spiralfeder auf. Zur Rückwand verwenden Sie eine Kulissee, die eine Straßenlandschaft darstellt und davor stellen Sie aus Pappe geschnitten und schwarz bezogen den Umriss eines Autos auf. Ans Fenster schreiben Sie oben mit gelben Buchstaben: „Mit diesem Auto – und dieser Taschenuhr – um die Welt.“ Vom Auto und von der Taschenuhr zeigt ein schmales rotes Band nach der Schrift. Unter dem Gummisauger, auf dem sich die Taschenuhr befindet, bringen Sie ein Schildchen an, das Sie mit folgendem Text versehen: „Diese Taschenuhr kostet 40 RM. Das Werk dieser Uhr enthält eine Unruh, wie Sie solche rechts hinter der Lupe sehen. Diese Unruh ist auf einer Welle befestigt, deren Zapfen einen Durchmesser von $\frac{1}{10}$ mm hat. Durch die Zugfeder der Uhr und die auf der Unruh befestigte Spiralfeder wird die Unruh in einer kreisenden Bewegung gehalten. Bei guten Uhren beträgt diese Umdrehung $1\frac{1}{2}$ Kreise. Zu unserer Berechnung nehmen wir an, daß sich die Unruh nur einmal ganz herumdreht; wir nehmen weiter an, daß sie sich nicht hin und her, sondern geradeaus fortbewegen würde. In einer Sekunde macht die Unruh fünf Schwingungen, das sind in der Minute 300, in einer Stunde 18000, an einem Tage 432000 und im Jahre 157680000 Schwingungen. Der Durchmesser dieser Unruh beträgt 18 mm, der Umfang mithin 56,52 mm. Bei einer fortlaufenden Bewegung wird also die Unruh in

einer Sekunde die Strecke von 28,25 cm, in einer Minute eine solche von 16,95 m, in der Stunde 1,17 km, am Tage 24,408 km und im Jahre 8908,92 km zurücklegen. Wenn wir den Erdumfang zu 40000 km annehmen, so wandert diese kleine Unruh in knapp $4\frac{1}{2}$ Jahren einmal um die Erde. Das Werk der Uhr geht Tag und Nacht. Im ganzen Werk befinden sich ungefähr zehn Tropfen besonders guten Oles. Wenn Sie eine Taschenuhr sorgfältig behandeln, so wird sich eine Reparatur während der Zeit, in der die Unruh einmal um die Erde gehen wird, als nicht nötig erweisen.

Das Auto!

Es ist zunächst eine wesentlich größere Maschine als diese Uhr. Es ist auch viel grober konstruiert. Es verbraucht auf 100 km 9 l Benzin je 35 Pf., das sind für die Weltreise 3600 l zu 1260 RM. Es verbraucht ferner auf 3000 km 1 l Öl je 1,75 RM., zusammen also 13 l für 24,75 RM. Überlegen Sie sich bitte selbst, welche Reparaturen bei einer solchen Weltreise an dem Auto vorkommen werden und welches Geld sie kosten.“

Eine solche Dekoration wird ohne weiteres seinen Zweck, die Kunden anzuziehen, erfüllen aber noch mehr: sie wird auch dem Beschauer etwas Respekt vor unserem Beruf und unseren Waren einflößen. Also auf, ans Werk! Vielleicht bekomme ich bald einmal eine solche Photographie in der UHRMACHERKUNST zu sehen. Magut.

(I/876)

Die Reibungsverluste im Räderwerk

Die Uhr ist keine Maschine für Kraftübertragung als Selbstzweck; deshalb ist der sonst von der Technik so viel und gern betonte Begriff des Wirkungsgrades bei ihr bisher stark vernachlässigt worden, vielleicht mehr, als es zweckmäßig ist. Unter Wirkungsgrad versteht man bekanntlich die Energiemenge, die in einer Maschine nutzbar zum Ausdruck kommt, dividiert durch die zum Betrieb aufgewandte. So beträgt z. B. der Wirkungsgrad einer vorzüglichen großen Dampfturbinenanlage etwa 20%; das soll heißen: Von der in der zugeführten Kohle steckenden Arbeitsfähigkeit (was dasselbe ist wie Energie) kommen an der Turbinenwelle im besten Falle 20 oder ein wenig mehr Prozent zur mechanischen Wirkung. Der Techniker mißt die Energie meistens in Meterkilogramm, und das ist diejenige Arbeit, die 1 kg 1 m hoch zu heben vermag. Da 1 PS in jeder Sekunde 75 kg 1 m heben kann, 1 kW aber 102 kg, so umfaßt die „Pferdestunde“ 75·3600 oder 270000 und eine Kilowattstunde (kWh) 367200 Meterkilogramm, oder anders ausgedrückt 367,2 Meter-tonnen. Der Physiker dagegen rechnet stets nach „Erg“, worunter aus hier nicht näher zu erörternden Gründen 0,00102 Grammzentimeter verstanden werden. Der Uhrenspezialist wird gut tun, einfach mit Grammzentimeter als Energieeinheit zu arbeiten, also derjenigen Arbeit, die 1 g 1 cm hochzuheben vermag.

Und woher stammt nun der sich durch das Uhrwerk ergießende „Energierstrom“? Da nämlich Energie nach einem der wichtigsten und bislang stets und überall bestätigten Naturgesetze weder neu entstehen, noch auch verschwinden kann, genau wie z. B. irgendeine Flüssigkeit, so dürfen wir, wie bei dieser, von einem Energiestrom sprechen, der natürlich Nebenflüsse und -arme besitzen kann, wie wir später genauer sehen werden. Die Quelle dieses durch das Uhrwerk fließenden Energiestromes ist, wie leicht ersichtlich, die Zugfeder bzw. das Zuggewicht. Das sind die Energiespeicher, die alle Tage oder alle 8 bis 14 Tage neu „aufgeladen“ werden müssen.

Der vom Energiebehälter (Feder mit „Formenergie“ oder Gewicht mit „Lagenenergie“) gespeiste Strom ergießt sich nun in das Räderwerk, wobei er sofort nach rechts und links „Nebenflüsse“ abzugeben hat, deren Aufgabe es ist, die Verluste zu decken. Diese werden beim Räderwerk der Uhr lediglich durch die Reibung verursacht, durch die an den Zapfen und die an der Verzahnung. Aber Energie kann ja nicht verschwinden, wie wir gesehen haben. Wo bleibt also die Verlustarbeit? Sie geht restlos auf dem Umwege über die Reibung in Wärme über, und zwar entsteht aus je 42700 Grammzentimeter Verlustarbeit eine „Kalorie“, das ist diejenige Wärmemenge, die 1 g Wasser um 1° zu erwärmen vermöchte. Wie man sieht, ist die Gefahr des Heißlaufens bei einer feinmechanischen Konstruktion nicht gerade groß. Ganz verkehrt ist die Ansicht, die Reibungsarbeit diene zur Bewerkstelligung der Abnutzung; zur Vollziehung der mit der Abnutzung verbundenen Materialzerreibung ist natürlich Arbeit erforderlich, aber diese erscheint eben als Wärme. Näher beweisen können wir das hier nicht.

Nach genauen Messungen entstehen auf dem Wege vom Federhaus zur Hemmung ungefähr 21% Verlust, von denen 16% auf die Zahn- und 5% auf die Zapfenreibung entfallen. Weil bei der Taschenuhr zwischen Federhaus und Gangrad vier hintereinandergeschaltete Zahneingriffe vorhanden sind, so kommt auf jeden Zahneingriff im Durchschnitt ein Wirkungsgrad von $\sqrt[4]{1 - 0,16} = \sqrt[4]{0,84} = 0,96$. Mit anderen Worten: In jeder Verzahnung gehen 4% der durch sie übertragenen Energie verloren.

Man wird einwenden, diese Rechnung könne nicht stimmen, da die großen Räder doch mehr Reibung hätten als z. B. das Gangradtrieb. Gewiß, für eine Umdrehung ist die Reibung bei ihnen weit größer, aber das gilt nicht für die Reibungsarbeit je Sekunde; denn die großen Räder drehen sich ja auch entsprechend langsamer, so