

abgesehen davon, daß die neueren Pendeluhr-Konstruktionen sich auch elektrischer Einrichtungen in größtem Umfange bedienen, müssen wir gerade über diesen Punkt sehr vorsichtig urteilen, und wir hoffen, daß Dr. Scheibe in seinem Vortrage hierzu noch Stellung nehmen wird.

Wenn auch die astronomische Pendeluhr als selbständiger Zeithalter über lange Zeiträume für höchste Ansprüche keine Zukunft mehr zu haben scheint, so wird sie doch nicht vollständig verschwinden, da sich verhältnismäßig einfache Konstruktionen ausdenken lassen, die weder ungewöhnlich große Geldmittel beanspruchen noch eine nennenswerte Wartung notwendig machen, aber doch recht hohe Leistungen über lange Zeiträume versprechen. Das muß das Ziel der weiteren Entwicklung der Präzisions-Pendeluhr sein: Uhren unter Luftabschluß, ohne Öl und Kontakte im Innern, eine sehr einfache Konstruktion, keine zu großen elektrischen Einrichtungen und keine nennenswerte

Wartung — und ein geringer Preis. Solche Uhren wird man später auf wissenschaftlichen und anderen Instituten — Sternwarten, Geodätischen Instituten usw. — finden, die sich regelmäßig an die Zeitzeichen anschließen. In einigen Jahren hoffen auch wir mit einer Konstruktion hervortreten zu können. Über ein anderes Anwendungsgebiet der astronomischen Pendeluhr, nämlich das der Verwendung in Signal-Gebern, werde ich gleich selbst berichten. Hier tritt die Pendeluhr im wesentlichen als abhängige Uhr auf.

Die Herstellung der Quarzuhr schlägt mehr in das Arbeitsgebiet des Physikers als das des Uhrentechnikers; das werden manche von Ihnen bedauern. Die Quarzuhr wird der Pendeluhr empfindliche Konkurrenz bereiten und hat schon heute begonnen, die Messung der astronomisch bestimmten Zeit zu übernehmen. Sie kann ihr aber dennoch nicht den Todesstoß versetzen; nur die Zielsetzung im Uhrenbau wird eine andere sein müssen.

## Berylliumlegierungen für Uhrenteile

Vortrag von Dr. phil. Dr.-Ing. e. h. W. Rohn auf der sechsten Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik in Berlin am 4. Januar 1936

Wie in jeder Maschine, so sind auch in der Uhr die bewegten Teile, d. h. Zapfen und Lager, Zahnräder und Triebe und sonstige Gangteile einem Verschleiß unterworfen. Gegenüber der überwiegenden Mehrzahl der Maschinen sind aber die Lebensbedingungen der Uhr wesentlich schärfer; schon von einer gewöhnlichen Dreimark-Uhr verlangt man vielfach, daß sie mindestens auf eine Minute pro Tag genau gehen soll, d. h. man verlangt von ihr eine Präzision von mehr als ein Zehntel Prozent. Soll eine Uhr pro Tag nicht mehr als einen Fehler von einer Sekunde aufweisen, so verlangt man von ihr sogar eine Präzision von etwa  $\frac{1}{1000}$  Prozent. Schon daraus kann jeder Laie ermessen, welche ganz außerordentliche Präzision von den Bestandteilen einer Uhr und ihrem Zusammenarbeiten trotz winziger Dimensionen verlangt wird. Andererseits ist jedem Laien klar, daß beispielsweise ein Kraftwagen regelmäßige Wartung und insbesondere Schmierung nötig hat, während der große Durchschnitt der Besitzer von einer Uhr verlangt, daß sie einmal gekauft und in die Tasche gesteckt, ohne jede Wartung und Schmierung jahrelang unverändert ihren Dienst tut.

Schon daraus müßte sogar ein Laie einsehen, daß neben äußerster Präzision in der Herstellung für die Bestandteile einer Uhr ganz besonders ausgesuchte Werkstoffe verwendet werden müssen, um trotz mangelhafter Pflege und Schmierung den Verschleiß der bewegten Teile und die Genauigkeit des Ganges innerhalb engster Grenzen zu halten.

### Die Nachteile des härtbaren Stahles

Von jeher hat sich deshalb die Uhrenindustrie bemüht, die besten Werkstoffe ausfindig zu machen und zu benutzen. Da der Verschleiß bewegter Teile, abgesehen von der Schmierung, im allgemeinen um so kleiner wird, je härter die verwendeten Werkstoffe sind, hat man die Zapfen aus gehärtetem Stahl hergestellt, hochfein poliert und in Lagern von Rubinen oder Saphiren laufen lassen und ebenso die empfindlichen Teile aus gehärtetem Stahl hergestellt.

Härtbarer Stahl, d. h. in diesem Sinne eine Legierung aus Eisen mit 1 bis  $1\frac{1}{2}$  % Kohlenstoff, ist in ausgeglühtem Zustande weich und gut bearbeitbar. Erhitzt man dann die in ihre endgültige Form gebrachten Stahlteile auf etwa  $800^\circ$  und schreckt sie von dieser Temperatur ab, so nehmen sie eine hohe Härte an und widerstehen im gehärteten Zustand der Abnutzung und dem Verschleiß. Lästig sind dabei zwei Begleiterscheinungen:

Durch die Erhitzung auf  $800^\circ$  tritt eine mehr oder weniger starke Oxydation und Verzunderung ein, so daß man die gehärteten Teile putzen und polieren muß, um diese Oxydschicht wieder zu entfernen. Je feiner die Teile, um so kostspieliger wird die Entfernung des Oxydes, und um so mehr leiden die feinsten Teile durch den Substanzverlust infolge der Oxydation selbst und des nachträglichen Polierens. Ferner pflegt sich Stahl beim Härten etwas zu verziehen. Beides wirkt dahin, daß nach dem Härten im allgemeinen die Teile, von denen äußerste Präzision verlangt werden muß, nochmals geschliffen werden müssen.

Es ist deshalb gerade für die Uhrenindustrie sicher von besonderer Bedeutung, wenn es gelingen kann, metallischen Werkstoffen hohe Härte und hohen Widerstand gegen Verschleiß zu verleihen, ohne Oxydation und Verzunderung und ohne Verziehen bei der Vornahme der Härtung.

### Das Prinzip der „vergütbaren“ Legierungen

In dieser Richtung bedeuten die vergütbaren oder ausscheidungshärtbaren Werkstoffe einen bedeutenden Fortschritt. Der erste technisch benutzte vergütbare Werkstoff war das Duralumin, das vor etwa dreißig Jahren von Wilms erfunden wurde und seitdem von den Dürener Metallwerken hergestellt wird. Worauf die Vergütbarkeit des Duralumins und anderer ähnlicher Legierungen beruhte, ist allerdings erst im Laufe der letzten zehn bis fünfzehn Jahre durch die wissenschaftliche Forschung aufgeklärt worden. Soviel wir heute wissen, hat die Härtebarkeit durch Vergütung oder Ausscheidung zur Voraussetzung, daß in einem Grundbestandteil einer Legierung wie Eisen, Nickel oder Kupfer ein zweiter Bestandteil vorhanden ist, der sich bei höheren Temperaturen in dem Grundbestandteil zu einem höheren Prozentsatz löst als bei niedrigeren Temperaturen.

Die Abb. 1 zeigt eine Kupfer-Beryllium-Legierung, die aus 97% % Kupfer und 2% % Beryllium besteht. Das Bild zeigt deutlich, daß in einer Grundmasse ein zweiter Bestandteil als feine Teilchen verteilt ist; die Vergrößerung des mikroskopischen Bildes ist etwa 120fach, d. h. die kleinen, rundlichen, eingesprengten Teilchen, die man im Bilde sieht, haben in Wirklichkeit einen Durchmesser von etwa  $\frac{1}{100}$  bis  $\frac{1}{200}$  mm. Erhitzt man eine solche Legierung auf etwa  $700^\circ$  Grad, so gehen die feinen eingesprengten Teilchen homogen in Lösung, und wenn man die Legierung von dieser Temperatur rasch abschreckt, so hat der zweite Bestandteil keine Zeit, sich wieder aus-