

# Neuere Bestrebungen zur Verbesserung der Uhr

Nach einem Vortrage in der Dresdener Innung

Von Dr. K. Giebel (Glashütte)

Wenn man vor 15 Jahren über dieses Thema hätte sprechen sollen, so hätte man vielleicht etwas über die Armbanduhr gesagt und über elektrische Uhren. Man hätte mit leisem Zweifel das Schieferstein-Pendel und das Tel-System behandelt. Unsere Präzisionsuhren aber würde man wohl nicht erwähnt haben. Da glauben wir zu einem gewissen Abschluß gekommen zu sein. Wir halten die vorzüglichen Pendeluhren von Riefler, Strasser, Pfeiffer, die nahe an die astronomische Beobachtungsgenauigkeit herankamen. Und unser Sechronometer war bis in die letzten Feinheiten durchgearbeitet, zumal vor dem Kriege durch die Einführung der Nickelstahl-unruhren der sekundäre Fehler auch noch fast vollständig ausgemerzt war. Zudem glauben wir, daß es den Höhepunkt seiner Bedeutung schon überschritten hätte und durch die Einführung des funktelographischen Zeitzeichens mehr oder weniger überflüssig geworden sei.

Inzwischen hat sich das Bild wesentlich gewandelt. Es sind gewaltige Fortschritte gemacht, von denen ich nur die Synchronuhren und vor allem die Uhren mit schwingendem Kristall erwähne, durch die die Genauigkeit auf rund das Zehnfache gesteigert ist. In anderen Bereichen der Uhrmacherei sind Forderungen aufgetreten, die man früher als Phantasien abgelehnt hätte, deren Erfüllung heute, zwar noch nicht sichergestellt, schon in greifbare Nähe gerückt ist.

Zunächst einiges über das Chronometer. Es ist auch heute noch nicht für die Schiffahrt überflüssig geworden, ja, es hat sich neue Gebiete erobert, denen es sich allerdings anpassen muß. Für eine rauhe Behandlung ist die Chronometerhemmung zu zart. Auch hat sie den wesentlichen Nachteil, daß sie nicht von selbst angeht und deshalb bei schnellen Drehbewegungen, die bisweilen unvermeidlich sind, unter Umständen stehenbleiben kann. Deshalb wird heute das Chronometer mit Ankerhemmung gefordert. Diese Hemmung ist ja in der Taschenuhr zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht; man nimmt an, daß sie auch für das Chronometer reif sei. Die Bestätigung kann nur die Erfahrung bringen. Immerhin muß man bedenken, daß die Wucht, mit der der Hebelstein in den Gabeleinschnitt schlägt, etwa 50mal so groß ist wie bei der Taschenuhr. Die Prüfung der ersten Versuchsstücke hat geradezu glänzende Ergebnisse gebracht. Auf jeden Fall werden diese Versuche unsere Kenntnis der Ankerhemmung wesentlich erweitern. Ob aber die Einführung der Ankerhemmung (und das Fortlassen der Schnecke) die erhoffte Verbilligung bringen wird, bleibt noch dahingestellt.

Eine wichtige Forderung für Chronometer und Taschenuhr ist heute die Unempfindlichkeit gegen Magnetismus und gegen Anfrassung (Korrosion). Beide Forderungen sind berechtigt.

Es läßt sich nicht vermeiden, daß die Uhren in einer Umgebung kommen, die mit Säurenebeln, Abgasen usw. geschwängert ist. Nun meint vielleicht mancher, daß ein gut schließendes Gehäuse gegen Luftaustausch schütze. Das ist irrig. Wenn die Temperatur um 27° C sinkt, so zieht sich die Luft im Gehäuse um 10%<sub>100</sub> zusammen, während das Gehäuse sich weniger als 1%<sub>100</sub> zusammenzieht. Es entsteht also im Gehäuse ein Unterdruck von 10%<sub>100</sub>, dem auch dicke Schlüsse nicht gewachsen sind; die Außenluft dringt in die Uhr ein. Jedes Uhrgehäuse „atmet“.

Die Gefahr des Magnetismus betrachten wir bis vor einigen Jahren als nicht sehr groß. Vor 60 Jahren, als die ersten Dynamomaschinen und Elektromotoren aufkamen, bestand sie. Aber inzwischen halten diese

Maschinen durch geeignete Kapselführung ihre Schrecken verloren, so daß man mit Recht über jenen Professor lächeln konnte, der seiner Taschenuhr zuliebe niemals eine elektrische Straßenbahn benutzte. Aber seit wenigen Jahren ist die Gefahr in erhöhtem Maße aufgelaucht. Es werden heute nicht nur in physikalischen Versuchsstellen, sondern auch in technischen Werken und im Verkehrswesen sehr starke magnetische Felder verwandt. Man spricht von 500 bis 800 Gauß. Ich bemerke dazu, daß 20 Gauß genügen, um eine gewöhnliche Uhr mit Stahlspiralfeder und Stahl-Messing-Unruh zum Stehen zu bringen. Weshalb es bisher nicht gelungen ist, diese Magneten entsprechend zu kapseln, entzieht sich meiner Kenntnis. Ihre Wirkung auf Uhren habe ich leider feststellen können. Uhren, die auch nur vorübergehend in ein solches Feld hineingeraten, behalten einen starken Magnetismus, so daß sie auch nachher die frühere Gangleistung nicht wieder aufnehmen.

Gegen diese beiden Mängel der guten Uhr muß etwas geschehen. Aber was? Die schädlichen Gase könnte man fernhalten, indem man das Gehäuse luftdicht abschließt und das Werk unter Unterdruck setzt, ähnlich wie man es bei feinen Pendeluhren macht. Eine solche Einrichtung würde aber eine Reihe von Erschwerungen bringen, besonders beim Aufzug. Taschenuhren würden damit zu plump werden.

Auch den Magnetismus könnte man von dem Werk fernhalten durch ein Gehäuse aus einem Stoff, der hoch durchlässig für magnetische Kraftlinien ist. Dann würden die Kraftlinien sich diesen bequemerem Weg aussuchen und nicht in das Innere des Gehäuses eindringen. Solche hoch durchlässige Stoffe hat unsere neuere Metallkunde herausgebracht in Dermalloy- und Mu-Metall (74% Nickel, 20% Eisen, 5%<sub>10</sub> Kupfer, 1%<sub>10</sub> Mangan). Aber erstens müßte dieser Panzer allseitig geschlossen sein, zum anderen geht aber auch dann noch ein kleiner Teil der Kraftlinien durch den umschlossenen Hohlraum, und endlich sind die Eigenschaften dieser Stoffe in hohem Grade abhängig von der Art der Behandlung. Man ist also nicht sicher, ob sie nicht durch einen Schlag od. dgl. einen Teil ihrer guten Eigenschaften eingebüßt haben.

Dieser äußere Schutz kann also nur als ein unvollkommener Notbehelf angesehen werden. Besser wäre es, wenn man die Teile des Uhrwerkes, die gegen Anfrassungen und Magnetismus empfindlich sind, ersetzen könnte durch unempfindliche; d. h. also praktisch, daß man den Stahl durch einen anderen Werkstoff ersetzen müßte.

In einem Taschenuhrwerk sind aus Stahl die Spiralfeder und teilweise die Unruh, die Zugfeder, die Aufzugräder, die Aufzugwelle, die Triebe, Unruhwellen mit Rollen, Rückzeiger, Schrauben und unter Umständen noch kleine Kloben, Brücken, Zeiger und Gehäuse Teile. Sie bestehen sämtlich aus hartem Stahl, halten also den Magnetismus gut fest. Die verderbliche Wirkung des Magnetismus äußert sich in einer Beeinflussung der Schwingungsdauer des Gangreglers. Bringt man die Uhr in ein starkes magnetisches Feld, so kleben die Umgänge der Spiralfeder aneinander, und die Uhr bleibt stehen. Aber auch wenn dieser schlimmste Fall nicht eintritt und die Uhr nur dem Einfluß ihrer eigenen, magnetisch gewordenen Stahlmassen unterliegt, kommt es zu mehr oder weniger starken Störungen des Ganges. Wenn die Schwingungswerte immer dieselbe wäre, und wenn die Pole der vielen kleinen Magneten immer an

derselben Stelle blieben, so wäre der Einfluß immer derselbe und würde sich nicht schädlich äußern. Aber nicht nur die Schwingungsweise ändert sich, sondern es wandern auch eine Reihe von Polen. So wandern die Zeiger, und ihre Pole sind einmal entgegengesetzt, das andere Mal gleichgerichtet; immerhin erfolgt dies in einem gewissen Rhythmus. Die Zugfeder wandert auch, aber sie ist in sich ziemlich geschlossen. Am häufigsten ändern sich die Aufzugräder. Jeden Tag wird ihre gegenseitige Lage zueinander geändert; infolgedessen ist jeden Tag ihr Einfluß auf den Gangregler anders. Daher die oft rätselhaften Unregelmäßigkeiten im Gange magnetisch gewordener Uhren. So lange man den Gangregler noch nicht eisenfrei machen kann, wird man also zunächst danach streben, Zeiger und vor allem die Aufzugräder aus unmagnetischen Stoffen herzustellen.

Gibt es nun Stoffe, die dem Stahl gleichwertig sind? Bis vor kurzem mußte man diese Frage glatt verneinen. Der Stahl hat so viele gute Eigenschaften, die wir nicht entbehren können. Er ist hochelastisch, läßt sich leicht auf jeden gewünschten Härtegrad bringen, ist leicht bearbeitbar, nimmt hohe Polierur, verfrägt sich gut mit Öl. Einen Stoff zu finden, der all diese guten Eigenschaften in sich vereinigt und dazu noch die dem Stahl fehlenden hat, nämlich Unempfindlichkeit gegen Anfrassungen und gegen Magnetsismus, das erscheint ausgeschlossen. Aber die gewaltigen Fortschritte, die unsere Metallkunde in den letzten Jahren gemacht hat, haben uns gewisse Legierungen geliefert, die an dieser und jener Stelle der Uhr mit Erfolg an die Stelle des Stahles werden treten können.

Ich muß es mir versagen, hier auf unsere neuere Metallurgie näher einzugehen, und erwähne nur drei Punkte. Erstens die Vergütung von Legierungen, die zuerst von Wilms beim Duraluminium angewandt wurde. Man versteht darunter die Verbesserung gewisser Eigenschaften (z. B. Festigkeit und Elastizität) durch eine nachträgliche, mehr oder weniger unvollständige Wärmebehandlung. Zweitens das Schmelzen und Gießen im Vakuum (1923 durch Heraeus eingeführt). Indem man nicht nur den Luftzutritt verwehrt, sondern beim Schmelzen auch noch die in den Metallen gelösten Gase herauszieht, kann man das Mengenverhältnis in den Legierungen viel genauer einhalten (kein Abbrand). Dadurch, daß keine Metalloxyde in der Schmelze sind, ist der Zusammenhalt der einzelnen Kristalle der Legierung viel fester. Gewisse Stoffe lassen sich überhaupt nur im Vakuum zulegieren. Drittens durch sehr langwierige und mühevollere Reihenuntersuchungen sind neue Legierungen mit besonders wertvollen Eigenschaften gefunden worden. Eine der ersten Reihenuntersuchungen erfolgte durch Guillaume, und eines ihrer Ergebnisse war das Invar. Für die Zulegierung erwiesen sich als besonders wirksam außer Nickel und Mangan die Metalle Wolfram, Chrom, Molybdän, dann Magnesium und Aluminium, und endlich das zwischen diesen stehende Beryllium.

Einige der für Uhren in Betracht kommenden Legierungen seien hier genannt. Das Kupferberyllium und besonders das Contracidberyllium (60% Nickel, 15% Eisen, 15% Chrom, 7% Molybdän, 0,7% Beryllium) kommt an Härte und Elastizität dem Stahl nahe; es ist korrosionsfest und in hohem Grade unmagnetisch. Versuche mit Zugfedern waren sehr befriedigend. Es eignet sich auch für andere Federn und für Aufzugräder, ob auch für Wellen und Triebe, muß noch festgestellt werden. Da die Elastizitätsverhältnisse in der Wärme ähnlich denen des Stahles sind, kann man Spiralfedern aus diesem Stoff nur mit aufgeschnittener Unruh verwenden.

Bei Spiralfedern stellt man schon seit längerer Zeit die Forderung auf, daß sie in dem praktisch vorkommenden Temperaturbereich bei zunehmender Erwärmung keine Erschlaffung zeigen sollen. Man will sich also freimachen von der zarten und immer gefährdeten Ausgleichsunruh. Den ersten Erfolg auf diesem Wege brachte uns die Elinvar-Spiralfeder von Ch. E. Guillaume (57% Eisen, 32% Nickel, 11% Chrom). Sie befriedigte aber — wie bei einem solchen ersten Versuch zu erwarten war — nicht reslos. Sie war sehr weich, und obgleich es gelang, sie etwas härter zu machen, war sie bei der Reparatur doch noch immer ziemlich empfindlich. Sie machte auch einen matten Gang, was wohl auf starke innere Reibung zurückzuführen war. Ein weiterer Fortschritt ist die Nivarox-Spiralfeder von Straumann (61% Eisen, 30% Nickel, 7,3% Wolfram, 0,9% Beryllium, 0,5% Mangan, 0,1% Silizium), die in ihrer Federkraft dem Stahle nahekommt, aber unempfindlich gegen Wärme ist. Jedoch ist ihr sekundärer Fehler ziemlich groß, deshalb erstellte Straumann das Wolfram durch Molybdän, und zwar mit gutem Erfolge. Diese Spiralfeder ist praktisch unmagnetisch. Schon Elinvar war etwa sechsmal so unempfindlich gegen Magnetsismus als Stahl. Nivarox ist noch rund zehnmal unempfindlicher. Diese Spiralfedern müssen nach der Formgebung vergütet werden, nachher läßt sich an der Form nur noch wenig ändern.

Wenn solche Spiralfedern auch mit einmetallischen Unruhen leidliche Ergebnisse zeigen, so ist es doch erwünscht, daß man noch geringe Ausgleichsmöglichkeiten hat. Schon vor dem Kriege hatte Volet eine solche Unruh angegeben. Sie war zweimetallisch, aber unaufgeschnitten. Der durchgehende Schenkel bestand aus Messing, der unaufgeschnittene Reifen aus Stahl. Da Messing sich in der Wärme stärker ausdehnt als Stahl, wird der kreisrunde Reifen in der Wärme verformt zu einer Ellipse. Die senkrecht zum Schenkel liegenden Punkte des Reifens nähern sich der Unruhswelle, was man zum Ausgleich benutzen kann.

Straumann erreicht dasselbe auf anderem Wege: Zink hat die Eigentümlichkeit, daß seine Kristalle in der Hauptachse eine erheblich stärkere Wärmeausdehnung haben als senkrecht dazu. Walzt man nun eine Platte aus Zink (dem auch etwas Kupfer zulegiert sein kann) ziemlich stark aus, so legt sich ein großer Teil der Zinkkriställchen mit der Hauptachse in die Walzrichtung. Slanzt man nun aus der Platte Unruhen heraus, deren Schenkel in der Walzrichtung liegt, so hat man dasselbe wie bei der Voletschen Unruh. Obgleich diese Zinkunruh sich vorläufig doch nicht recht einführen scheint, so wird doch, da das Bedürfnis nach einer einfachen Unruh mit schwachem Ausgleich sich immer stärker bemerkbar machen wird, vermutlich dieser oder ein ähnlicher Weg weiter beschriften werden müssen.

Aus der Fülle der Probleme habe ich einige der wichtigsten herausgegriffen. Vollständig gelöst sind sie noch nicht, aber die Lösung scheint nicht mehr fern. Insbesondere ist zu vermuten, daß die unmagnetische Taschenuhr, für die sicher ein großes Bedürfnis besteht, nicht mehr allzulange auf sich warten lassen wird.