

Man darf in der Tat behaupten, dass zur genauen Regulierung einer Präzisionsuhr ein grösseres Mass von Scharfsinn und vorzugsweise praktischer Geschicklichkeit notwendig ist, als zur Herstellung solcher Kunstuhren.

Gehen wir nunmehr zur Sache selbst über und betrachten zunächst die Präzisions-Taschenuhren. Zunächst scheint es mir notwendig, den Begriff einer solchen Uhr klar zu legen. Man ist vielfach geneigt, eine jede gut gearbeitete, also in allen ihren Teilen sorgfältig ausgeführte Uhr als eine Präzisionsuhr zu bezeichnen. Dies ist nicht richtig; eine sorgfältig gearbeitete Uhr wird erst dadurch zu einer Präzisionsuhr, wenn sie in verschiedenen Lagen und Temperaturen möglichst genau reguliert wird. In Bezug auf die Lagenregulierung unterscheidet man auch noch, ob die Uhr nur in ihrer horizontalen und hängenden Lage, also Bügel oben, oder ob sie in sechs verschiedenen Lagen, Rückenlage, Zifferblattlage, Bügel oben, rechts, links und unten reguliert wurde.

Die regulierenden Teile der Uhr bestehen bekanntlich aus der sogen. Unruh, einem ringförmigen, auf seiner Achse genau ins Gleichgewicht gebrachten Körper, und der Spirale, deren eines Ende an der auf der Unruhachse befindlichen Rolle und deren anderes Ende gewöhnlich an dem Unruhkloben befestigt ist. Beobachtet man den Gang einer Uhr, deren Spirale ohne Berücksichtigung der für Präzisionsuhren geltenden Regeln aufgesetzt ist, bei gleicher Temperatur, wenn die Uhr horizontal liegt und wenn sie aufgehängt ist, so ergeben sich im allgemeinen wesentliche Gangunterschiede. Da nun, wenn die Uhr hängt, die Zapfenreibung der Unruhachse am grössten und bei horizontaler Lage der Uhr am kleinsten ist und sich deshalb ein bedeutender Unterschied in der Grösse der Unruherschwingungen in diesen zwei verschiedenen Lagen der Uhr zeigt, so glaubte man, dass die Zapfenreibung die Ursache der beobachteten Gangdifferenzen sei, welche Ansicht man auch heute noch öfter vertreten findet. Man hat sich deshalb früher bemüht, den Unterschied der Zapfenreibung in diesen beiden Lagen so gering als möglich zu machen, in der Meinung, dadurch diese Gangdifferenzen zu beseitigen. Der Erfolg blieb jedoch aus. Hätte man sich die Mühe genommen, die Uhr in verschiedenen vertikalen Lagen, also Bügel rechts, links oder unten, zu beobachten, so würde man gefunden haben, dass die Differenzen in diesen verschiedenen Vertikalen verschieden sind, trotzdem die Zapfenreibung dieselbe geblieben war. Hieraus folgt, dass die Zapfenreibung keinen oder doch nur einen sehr geringen Einfluss auf die Genauigkeit des Ganges bei horizontaler und hängender Lage der Uhr haben kann.

Stellt man sich nun vor, die Unruh hätte einen Gleichgewichtsfehler, so würde der Schwerpunkt der Unruh bei verschiedenen Lagen der Uhr ebenfalls verschiedene Lagen einnehmen und daher auch der Einfluss auf den Gang der Uhr ein verschiedener sein. Nun befindet sich aber die Unruh im Gleichgewicht, folglich müssen die beobachteten unterschiedlichen Differenzen in der Hauptsache von dem Schwerpunkt der Spiralfeder herrühren. Die Spiralfeder verändert bekanntlich ihre Gestalt während einer Unruherschwingung bedeutend; liegt nun der Schwerpunkt derselben ausserhalb der Unruhachse, so wird derselbe auch seine Lage während der Schwingung der Unruh bedeutend verändern und einen entsprechenden Einfluss auf die Regelmässigkeit des Ganges ausüben.

Ein Ingenieur, Phillips, hat nun durch seine hervorragenden wissenschaftlichen Untersuchungen festgestellt, dass die Enden der Spiralfeder nach bestimmten Gesetzen geformt sein müssen, so dass die Schwerpunkte dieser Enden mit dem Schwerpunkte der Spiralfeder im Gleichgewicht sein müssen. Ist dies der Fall, so bleibt auch der Schwerpunkt des Ganzen während der Unruherschwingung in der Unruhachse, und die Uhr wird in allen Lagen ihren gleichförmigen Gang beibehalten, falls nicht noch andere Ursachen auf die Schwingung einwirken. Dies ist nun allerdings der Fall; da ist z. B. der Einfluss der Hemmung, der sich bei grossen und kleinen Schwingungen in verschiedener Weise äussert. Um diesen Einfluss besser beurteilen zu können, zerlegen wir die Unruherschwingung in eine aufsteigende, wenn die Spirale gespannt, und in eine herabsteigende Schwingung, wenn die Spiralspannung abnimmt. Ein Widerstand, z. B. die Zapfenreibung, verkürzt die

Zeitdauer der aufsteigenden und verlängert die Zeitdauer der absteigenden Schwingung; das Entgegengesetzte wird durch einen Antrieb bewirkt. Betrachtet man nun eine Ankeruhr, so findet während der absteigenden Schwingung die Auslösung statt, wodurch eine Verzögerung der Schwingungsdauer entsteht; der grösste Teil des Antriebes findet jedoch bei der aufsteigenden Schwingung statt, wodurch wiederum eine verzögernde Wirkung entsteht. Der Einfluss der Hemmung ist also im ganzen ein verzögernder in Bezug auf die Zeitdauer der Schwingungen. Da nun dieser Einfluss bei kleinen Schwingungen sich stärker äussert, als bei grossen, so folgt, dass der Einfluss der Hemmung ein Vorgehen bei grösseren Schwingungen bewirkt. Betrachtet man hingegen den Einfluss der Kompensationsunruh oder richtiger, den der Centrifugalkraft, so findet die entgegengesetzte Wirkung statt. Der Reif einer Kompensationsunruh ist bekanntlich aufgeschnitten und die Centrifugalkraft zieht deshalb die freien Enden nach aussen, und zwar bei grossen Schwingungen mehr, als bei kleinen, weshalb durch den Einfluss dieser Kraft ein Nachgehen bei grossen Schwingungen entsteht. Es kann nun vorkommen, dass sich die entgegengesetzten Einflüsse der Hemmung und der Centrifugalkraft gegenseitig vollständig aufheben. Uhren, bei denen dies der Fall ist, werden bei verschieden grossen Schwingungen einen besonders gleichförmigen Gang zeigen.

Nachdem ich Ihnen bei der Kürze der Zeit nur in grossen Zügen den Einfluss der Lage und der grossen und kleinen Schwingungen gezeigt habe, wollte ich nun noch den Einfluss der Temperatur besprechen. Durch die Wärme werden bekanntlich alle Körper ausgedehnt; jedoch übt die Wärme auch noch einen anderen Einfluss aus, der gewöhnlich weniger beachtet, aber in Bezug auf den genauen Gang der Uhren von besonderer Wirkung ist. Alle Körper sind bekanntlich auch bis zu einem gewissen Grade elastisch. Durch die Wärme wird nun der sogen. Elastizitätskoeffizient der verschiedenen Materialien wesentlich beeinflusst, so dass also die elastische Kraft einer Feder bei zunehmender Wärme abnimmt, und umgekehrt. Es ist nun vielfach die irrthümliche Ansicht vorhanden, dass eine Uhr in der Wärme nur deshalb zu spät geht, weil die Wärme den Unruhdurchmesser vergrössert und die Spirale verlängert. Obwohl der Unruhdurchmesser durch die Wärme wirklich grösser wird, so übt doch die Veränderung des Elastizitätskoeffizienten der Spirale den allergrössten Einfluss auf das Zuspätgehen bei zunehmender Temperatur aus.

Um diesen Einfluss unschädlich zu machen, hat man bekanntlich die Kompensationsunruh in Anwendung gebracht. Der ringförmige Reif der Unruh besteht aus zwei durch Schmelzung miteinander innig verbundenen Metallringen, wovon der äussere einen grösseren Ausdehnungskoeffizienten besitzt, als der innere. Der Körper der Unruh besteht gewöhnlich aus Stahl, also auch der innere Reif, während der äussere Reif aus Messing besteht. Infolge der grösseren Ausdehnung, die der letztere hat, biegen sich die freien Enden der Unruhreifen bei zunehmender Wärme nach innen und bei abnehmender Wärme nach aussen, so dass also die Unruh bei zunehmender Wärme um so viel kleiner wird, dass der verzögernde Einfluss, den die Wärme auf die Spirale ausübt, dadurch aufgehoben wird. Seit längerer Zeit wendet man auch Palladiumspiralen und Unruhen aus Palladium an, deren äusserer Reif aus Silber, statt aus Messing besteht. Solche Uhren können nicht durch magnetische Wirkungen im Gange beeinflusst werden.

In neuester Zeit hat Prof. Guillaume, der Direktor des Instituts für Mass und Gewicht in Paris, eine Metall-Legierung gefunden, auf die die Veränderung der Temperatur fast keinen Einfluss hat; es ist dies eine Legierung aus rund 35 Proz. Nickel und 65 Proz. Stahl. Aus dieser Legierung hat man Kompensationsunruhen für Taschenuhren und Seechronometer hergestellt, deren äusserer Reif, wie gewöhnlich, aus Messing besteht. Diese haben ausgezeichnete Gangresultate ermöglicht; der sogen. sekundäre Kompensationsfehler, der namentlich bei Seechronometern die Anwendung von Hilfskompensationen notwendig macht, fällt bei diesen Unruhen fast vollständig fort, so dass man diese Hilfskompensation entbehren kann.

Bei der Anwendung des Nickelstahles angelangt, kann ich nicht umhin, auch seiner vorzüglichen Verwendbarkeit für die