

Beobachtungsuhren und Tourbillons

Von H. Apel, Hamburg

Aus den vorhergehenden Abhandlungen haben wir gesehen, daß das Chronometer als transportable Uhr ganz erstaunliche Gangleistungen aufweist, und daß es daher auch heute noch in der Schifffahrt unentbehrlich ist. Bekannt ist jedoch auch seine Störanfälligkeit und Empfindlichkeit bei Transporten oder sonstigen plötzlichen Lagenänderungen und Erschütterungen. Diese Empfindlichkeit, dazu die immerhin erheblichen äußeren Abmessungen und das nicht unbeträchtliche Gewicht, machen das Chronometer als tragbare Uhr für mancherlei andere Zwecke, die ebenfalls genaueste Zeitmesser erfordern, ungeeignet. In solchen Fällen kommen die sogenannten Beobachtungsuhren — auch unter der Bezeichnung B-Uhren bekannt — zur Anwendung. Sie werden benutzt z. B. bei Forschungs- expeditionen, geodätischen Messungen, in der Luftfahrt und ebenfalls auch neben dem Chronometer bei der Marine.

Entsprechend den Anforderungen an die Gangleistung kommen als Beobachtungsuhren nur Präzisions-Taschenuhren mit Ankerhemmung in allerfeinster Ausführung in Betracht, wie sie u. a. von den Firmen Ulysse Nardin und Vacheron & Constantin hergestellt werden; in Deutschland wurden sie früher in den Fabriken von Lange & Söhne und Lacher & Co. gebaut. Sie sind in ihren Abmessungen etwas größer als normale Taschenuhren, der Werkdurchmesser beträgt 45 bis 48 mm. Alle Einzelteile sind von bester Qualität und die Funktionen in höchster Präzision aufs feinste eingestellt, was nur durch eine handwerksmäßige Nacharbeit aller Teile zu erreichen ist. Die besonders große bimetallische Nickelstahl-Unruh nach Professor Guillaume gewährleistet eine weitgehende Gleichmäßigkeit der Schwingungen, die durch Erschütterungen usw. kaum gestört wird, und vor allem ermöglicht sie eine Feinstellung der Kompensation in Wärme und Kälte bis zum fast vollkommenen Ausgleich bei gleichzeitig kleinstem sekundärem Temperaturfehler.

Ein besonderes Merkmal der Beobachtungsuhren ist das Auf- und Ab-Werk, welches anzeigt, wieviel Stunden seit dem Aufziehen der Uhr vergangen sind. Dieser Federspannungs- anzeiger stellt einen recht komplizierten Mechanismus dar. Der Zeiger muß vom Aufzug her in die Nullstellung gebracht werden, während er durch das ablaufende Werk in gegenläufiger Richtung bewegt werden soll. Diese Funktion kann hier nur durch Einbau eines Differentialgetriebes erreicht werden. In der Abbildung 1 ist die Ansicht einer Beobachtungsuhr wiedergegeben; der Zeiger des Auf- und Ab-Werkes mit seiner Skala ist links erkennbar, das Sekundenblatt ist rechts angeordnet.

Es ist selbstverständlich, daß bei Uhren, von denen ein Höchstmaß an Ganggenauigkeit gefordert wird, der Spiralfeder eine ganz besondere Sorgfalt gewidmet werden muß. Dementsprechend finden wir in den Beobachtungsuhren sehr oft eine Spiralfeder, die neben der äußeren Endkurve auch mit einer Innenkurve versehen ist. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Lagenfehler weitestgehend herabsetzen; bekanntlich ist jedoch ihre Herstellung außerordentlich schwierig und ein Erfolg nur bei allergenauester Ausführung und nur in feinsten Uhren gewährleistet, die von Natur aus schon einen guten Isochronismus aufweisen. Die Gangleistungen der Beobachtungsuhren sollen möglichst den Prüfungsbedingungen für die Sonderklasse, mindestens aber denen der I. Klasse standhalten, wie sie am Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg zur Anwendung kommen. Die Erreichung dieses Zieles erfordert daher neben der präzisesten Ausführung der Werke auch Fein-

steller, die über reiche Erfahrungen und Kenntnisse verfügen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren ist es nicht verwunderlich, daß schließlich auch der Preis solcher Uhren eine gewisse Höhe erreicht; eine Beobachtungsuhr in Silbergehäuse kostete vor dem Kriege ungefähr 650 RM.

Wenn nun auch diese hochwertigen Beobachtungsuhren ganz Erstaunliches an Ganggenauigkeit leisten, so muß man sich dennoch damit abfinden, daß sie mit einem restlichen Lagenfehler behaftet bleiben. Dieser äußert sich am unangenehmsten darin, daß die Uhren in den verschiedenen vertikalen Lagen, wie „Bügel oben“, „Bügel rechts“, „Bügel links“, „Bügel unten“ recht unterschiedliche Gänge haben und allgemein im Hängen etwas langsamer gehen als im Liegen. Diese

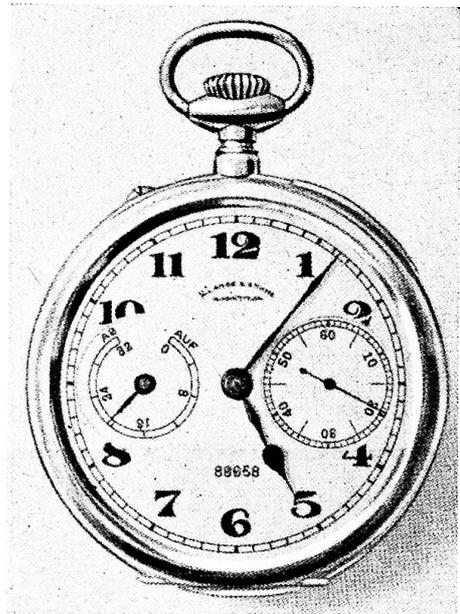


Abb. 1

Gangunterschiede haben ihre Ursache im Zusammenwirken verschiedener Einflüsse wie: Anordnung der Hemmung im Uhrwerk, Zapfenreibung, innerer Ansteckpunkt der Spiralfeder und ganz besonders ein während des Gehens entstehender außermittiger Schwerpunkt im schwingenden System Unruh—Spiralfeder. Dieser Schwerpunkt kann sich im Laufe der Zeit auch bei genauestens abgewogenen Unruhen bilden, und er kann fernerhin seine Lage wechseln. Die Entstehung solcher Fehler kann niemals völlig unterbunden werden, und man hatte ihre Ursachen auch schon frühzeitig erkannt, stand ihnen jedoch recht hilflos gegenüber.

Da erdachte zu Anfang des vorigen Jahrhunderts Breguet einen — man kann sagen wunderbaren — Mechanismus, mit dessen Hilfe er den Fehler dadurch unschädlich machte, daß er den Schwerpunkt im Verlauf einer Minute einmal um die Unruhachse herumwandern ließ, wodurch der Fehler in jeder beliebigen senkrechten Stellung der Uhr immer wieder ausgeglichen wurde. Er nannte diese Einrichtung „Tourbillon“, und sie wird heute noch in wesentlich verfeinerter Ausführung in Taschenuhren für besondere Zwecke mit hervorragendem Erfolg angewendet. Tatsächlich leisten Uhren dieser Art das Höchsterreichbare an Ganggenauigkeit in der Kategorie der Taschenuhren und erringen bei Wettbewerben die größten Rekorde.

Das Prinzip eines Tourbillons nach Breguet ist etwa folgendes: Das Sekundenrad und -trieb sind voneinander getrennt.

Das Rad ist fest auf die Unterplatte des Uhrwerkes aufgeschraubt, die Achse des Triebes ist drehbar durch den Mittelpunkt des feststehenden Rades geführt. Auf ihrem zifferblattseitigen Ende sitzt der Sekundenzeiger, während sie auf der rückwärtigen Seite eine Art Drehscheibe trägt, auf der alle Hemmungsteile untergebracht sind. Der Antrieb erfolgt vom Zwischenrad, das vollständig in der Unterplatte gelagert sein muß, auf die Drehscheibe. Diese wird in Umdrehung versetzt, wobei das in ihr gelagerte Hemmungsrade mit seinem Trieb um das feststehende Sekundenrad herum abrollt und somit der Unruh, die ebenfalls auf der Drehscheibe gelagert ist, den Antrieb übermittelt. Als Hemmung ist die Chronometerhemmung mit Ruhfeder eingebaut, somit entfällt der Anker. Die Abbildung 2 zeigt schematisch die Anordnung der Teile.

Nun hat ja das Sekundenrad einer Taschenuhr nicht viel überschüssige Kraft, und es wird ihm allerhand zugemutet, wenn es im Tourbillon fast ein Drittel des ganzen Uhrwerkes mitschleppen soll! Damit dieser Mechanismus überhaupt funktionieren kann, muß daher alles federleicht gebaut sein. Die eigentliche Hemmung und besonders die Unruh kann man natürlich nicht leichter machen, als sie in einer Präzisionsuhr erforderlich ist. Aber bei allem, was die Teile trägt und stützt, Kloben usw., muß am Gewicht aufs äußerste gespart werden. Diese Kloben erhalten darum auch nicht die gewöhnlich übliche Form, sondern es wird ein ganz zartes und feines Stahlgestell angefertigt, das so gestaltet wird, daß es bei verschwindend geringem Gewicht doch eine erstaunliche Festigkeit erhält. Die Abbildung 3 zeigt ein modernes Tourbillonwerk; hier ist das zarte Drehgestell deutlich erkennbar, und darunter sieht man das feststehende Sekundenrad. Aus der schematischen Darstellung in der Abbildung 2 ist ersichtlich, daß das Drehgestell „fliegend“ gelagert ist. Diese Anordnung ist das Resultat einer intensiven Weiterentwicklung der Breguetschen Konstruktion, wie sie von Studienrat Hellwig an der Deutschen Uhrmacherschule in Glashütte so erfolgreich durchgeführt wurde. Breguet hatte bei seinen Tourbillons das Drehgestell auch auf der Oberseite in einem Kloben nach Art eines Unruhklobens gelagert. Das brachte eine größere Bauhöhe des ganzen Werkes mit sich; viel schwerwiegender war jedoch, daß sich der Eingriffsdruck vom Zwischenrad her auf das gesamte Drehgestell übertrug, wodurch dessen zarter und leichter Ausführung einschränkende Grenzen gezogen waren.

Wie schon erwähnt, hat das Tourbillon den nicht zu über-treffenden Vorzug, daß es die denkbar besten Gangleistungen aufweisen kann. Dem steht leider ein großer Nachteil gegen-über: seine äußerst schwierige Herstellung. Schwierig des- wegen, weil alle Teile des Drehgestelles genügend fest und doch so leicht und darum so dünn wie möglich ausgeführt werden müssen. Aus diesem Grunde ist eine fabrikmäßige Herstellung

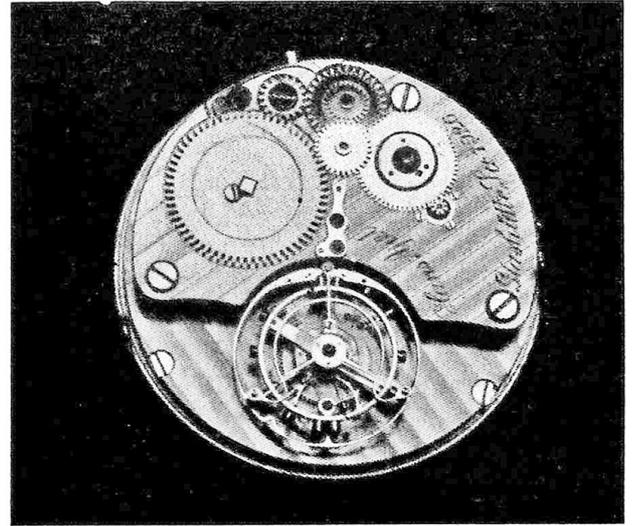


Abb. 3

kaum denkbar, sondern die Anfertigung wird immer der hand-werksmäßigen Ausführung an Schulen und Instituten vor-behalten bleiben. Um diesen Übelstand zu umgehen, hat man andere neue Konstruktionen versucht. Am bekanntesten ist die Karussell-Uhr von Bonnicksen geworden, die vorwiegend in England hergestellt wurde. Auch bei dieser Konstruktion dreht sich die Unruh mitsamt der Hemmung innerhalb der Uhr auf einem Drehgestell herum, so daß auch hier störende Einflüsse von Schwerpunktfehlern der Unruh zum Ausgleich kommen. Mangelhaft ist aber an der Konstruktion, daß der Umlauf des Drehgestelles in der langen Zeit von etwa einer Stunde erfolgt, während beim Tourbillon nach Breguet der Umlauf in einer Minute stattfindet. Bei der Umlaufdauer von einer Stunde ist eine Zeit von 30 Minuten erforderlich, ehe ein Schwerpunkt-fehler der Unruh seinen Ausgleich findet. Beim Gebrauch der Uhr ändert sich ihre Lage aber öfter als immer ungefähr von

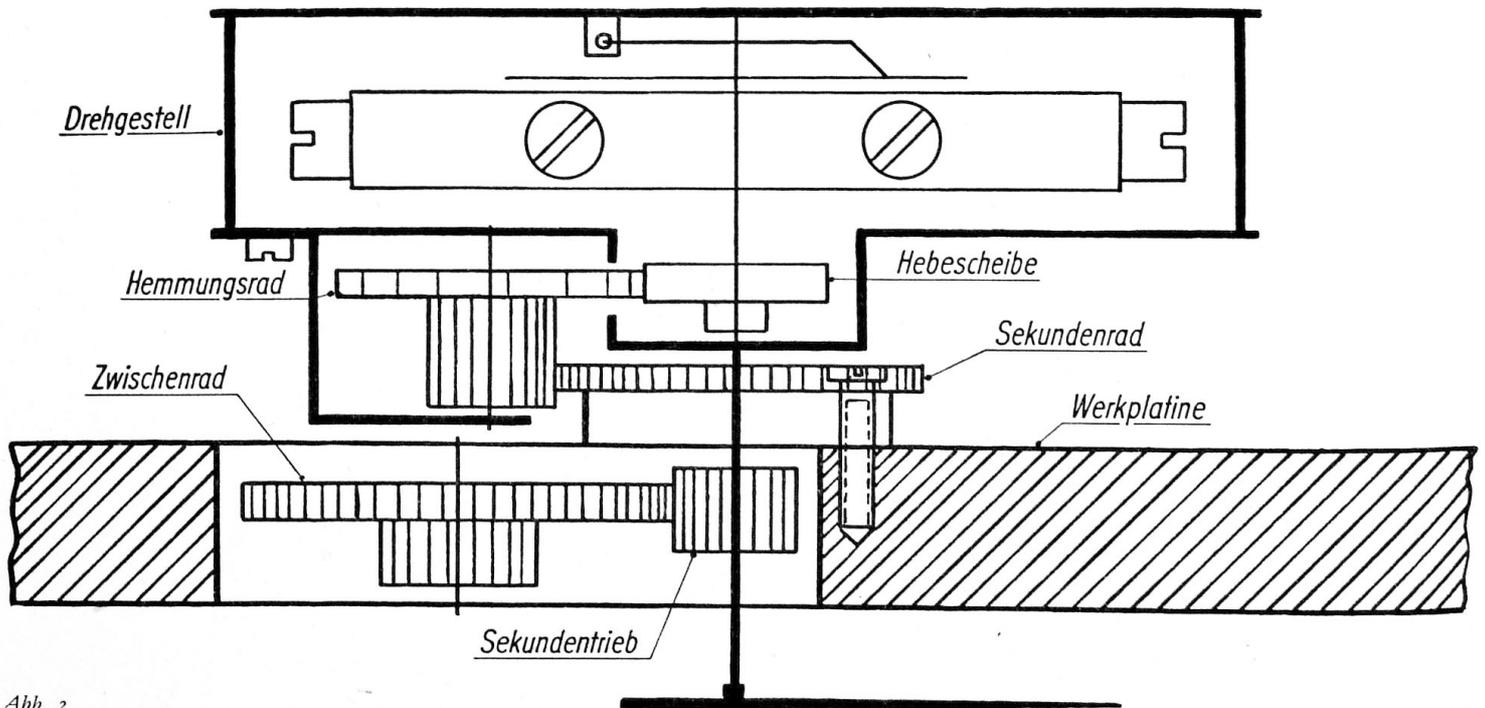


Abb. 2

einer halben Stunde zur anderen. Es ist daher einleuchtend, daß ein Breguetsches Tourbillon mit seinem Ausgleich innerhalb einer Minute wesentlich besser ist.

Die Karussell-Uhr hat aber den Vorteil, daß ihre Herstellung nicht allzu schwierig ist; denn es können ganz normale und daher ziemlich gewichtige Kloben aus Messing verwendet werden. Irgendeine feine Stahlarbeit ist nicht erforderlich, sondern alle umlaufenden Teile sitzen auf einer massiven, rotierenden Messingscheibe.

Die Firma Lange & Söhne in Glashütte hat sich dann mit besten Erfolgen um die Verbesserung dieser Karussell-Uhren bemüht. Sie hat im Gegensatz zur englischen Ausführung eine recht große Unruh eingebaut und weiterhin die Lagerung der Drehscheibe wesentlich verbessert. Dank der äußerst sorgfältigen und präzisen Ausführung in bekannter Glashütter Art ergaben die Karussell-Uhren dieser Firma Gangresultate, die über denen der normalen Ankeruhren lagen. Auch hier besteht der hauptsächlichste Vorteil darin, daß sie sich industriell herstellen lassen, sie erreichen jedoch nicht die Gangleistungen eines Tourbillons nach Breguet.

Wegen ihrer schwierigen Herstellung sind die echten Tourbillons selten anzutreffen. Die Schwierigkeiten der Anfertigung werden noch dadurch erhöht, daß als Hemmung die Chronometerhemmung zur Anwendung kommt, und es ist ja bekannt, daß diese Hemmung nicht gerade einfach und leicht herzustellen ist, ganz besonders nicht in der hier erforderlichen Kleinheit aller Teile. Die Erschwernisse durch die Chronometerhemmung hat man zu umgehen versucht, indem man Tourbillons Breguetscher Art mit der Ankerhemmung versah. Die Abbildung 4 zeigt das Drehgestell einer solchen Uhr mit Ankerhemmung. Neben dem Ankerrad ist hier auch noch das Sekundenrad im Drehgestell untergebracht. Das Sekundentrieb greift in das feststehende Zwischenrad, wobei das Drehgestell in 5 Minuten einen Umlauf ausführt. Neben dieser Konstruktion müßten noch vielerlei andere Ausführungsarten von Tourbillons erwähnt und beschrieben werden, was jedoch den hier vorliegenden Rahmen überschreiten würde.

Wie die Beobachtungsuhrn sind auch die Tourbillons mit einem Auf- und Ab-Werk ausgestattet. Als besonderes Merkmal sei erwähnt, daß die in der Abbildung 3 gezeigte Uhr durch zwei hintereinander geschaltete Federhäuser angetrieben wird. Durch diese Anordnung des Antriebes wird eine sehr günstige Federkraftkurve erzielt, die derjenigen einer Schnecke nahekommt, wobei jedoch die Nachteile der Schnecke (große Werkhöhe, erheblicher Kraftverlust) in Fortfall kommen.

Wenn nun die echten Tourbillons, wie dargelegt, auch nicht fabrikmäßig hergestellt werden können, so wird die bei der Einzelanfertigung aufgewendete Mühe dennoch aufgewogen durch so hervorragende Gangergebnisse, wie sie auf andere Weise bei Taschenuhren nicht zu erreichen sind. Hierfür mögen als Beleg einige Zahlenwerte folgen, die bei dem Tourbillon der Abbildung 3 ermittelt wurden.

Mittlere tägliche Gangschwankung bei	
„Bügel oben“	0.14 Sek.
„Zifferblatt oben“	0.27 „
Durchschnittliche tägl. Gangabweichung	
„Bügel oben“	0.07 „
„Zifferblatt oben“	0.14 „
Wärmefehler	— 0.10 „
Kältefehler	— 0.04 „
Hauptlagenfehler	1.35 „
Gesamtlagenfehler	2.30 „
Gangunterschied zwischen	
„Bügel rechts“ — „Bügel oben“	+ 0.32 „
„Bügel links“ — „Bügel oben“	+ 0.95 „
„Bügel unten“ — „Bügel oben“	+ 0.60 „

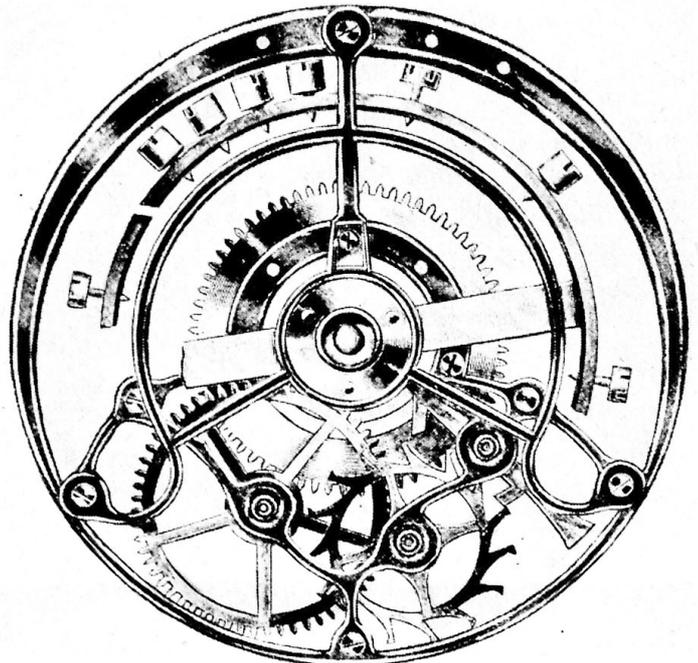


Abb. 4

Besonders die drei letzten Werte beweisen überzeugend die Überlegenheit der umlaufenden Hemmung gegenüber der feinsten normalen Taschenuhr. Es wird hiernach auch verständlich, daß ein so fein ausgeführtes und reguliertes Tourbillon für seinen Besitzer ein außerordentliches Wertobjekt darstellt, was in dem Preis zum Ausdruck kommt, der vor dem Kriege von Liebhabern solcher Uhren gezahlt wurde: er betrug ungefähr 2500 RM!

Abschließend sei bemerkt, daß die vorstehend genannten Gangergebnisse anlässlich eines Taschenuhrenwettbewerbes von der Deutschen Seewarte zu Hamburg ermittelt wurden, worüber ein amtliches Prüfungszeugnis vorliegt. Über die Durchführung solcher Uhrenprüfungen wird uns der hier anschließende Aufsatz berichten.