

# Präzisionspendeluhren der Firma Zenith in Le Locle

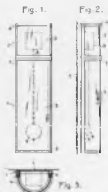
Christoph Allemann

In den Jahren von 1920 bis 1940 stellte die Firma Zenith in Le Locle eine Serie von etwa 100 Präzisionspendeluhren von sehr hoher Ganggenauigkeit her, ausgestattet mit einem Kompensationspendel mit Invarstab. Die genaue Zahl der in dieser Serie fabrizierten Uhren läßt sich heute nicht mehr angeben, da die Herstellerfirma ihre Dokumente darüber leider nicht aufbewahrt hat.

Der Regulator wurde in zwei Gehäuseformen geliefert. Die eine, vermutlich frühere Version aus Nußbaumholz ist rechteckig und hat eine durchgehend verglaste Front mit einem abgerundeten Abschluß. Der Radius der Abrundung ist so bemessen, daß er bei geschlossener Tür die obere Hälfte des Zifferblattes einfaßt. Für die zweite, spätere und häufigere Version reichte die Firma Zenith am 10. Oktober 1922 unter dem Titel »Cabinet pour indicateur de temps« und der Nummer 101853 ein Patentgesuch ein [Abb. 1].

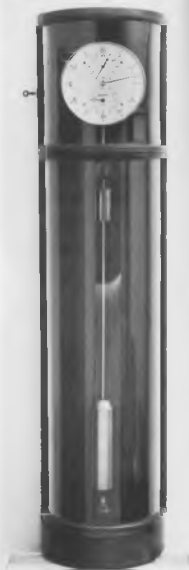
Dieses Gehäuse hat eine Grundplatte aus Nußbaumholz, auf der das Werk befestigt ist, und eine gläserne Front in Form eines der Länge nach halbierten Zylinders [Abb. 2]. So kann man das Werk übersichtlich von vorn und von beiden Seiten einsehen. Der Halbzylinder ist unterhalb des Zifferblattes unterteilt. Dies ermöglicht, wahlweise nur den oberen oder den unteren Teil des Gehäuses zu öffnen. An der Rückwand des Gehäuses befindet sich der Werkstuhl, also die Vorrichtung zur Aufnahme des Werkes einschließlich der Pendelaufhängung. Die Grundplatte mit dem Werkstuhl wird mit nur einer Ankerschraube an der Wand befestigt.

Das Zifferblatt besteht aus einer runden, mit einem Messingring eingefassten, weißlackierten Metallscheibe von 20 cm Durchmesser. Es hat eine klare, gut lesbare Einteilung mit arabischen Zahlen, angeordnet in der Art eines Regulator-Zifferblattes, also mit großem zentralem Minutenzeiger, darüber der Sekundenzeiger und darunter der Stundenzeiger auf Neben-Zifferblättern. Der Sekundenzeiger besitzt ein Gegengewicht, der Minutenzeiger hat eine einfache, nach vorn



1. Ansicht aus dem Patentgesuch für das Gehäuse der Zenith-Uhr vom 10. 10. 1922

2. Gesamtansicht des Regulators, hier in der Ausführung mit Gewichtsauflage (Front: Ankerbauhaus Juretsch, Zürich)



zusammenlaufende Stabform, der Stundenzeiger ist als »Breguetzeiger« ausgebildet. Das Werk [Abb. 3, 4] hat zwei massive, feingeschliffene Platinen von 4 mm Dicke mit einer Höhe von 153 mm, einer Breite von 109 mm und einer Gesamttiefe von 46 mm. Der Platinenabstand beträgt also 38 mm. Bei der Ausführung mit Gewichtsaufzug besitzt es ein mit einem Gegengespierr ausgestattetes Walzenrad, das direkt in das Minutenradtrieb eingreift. Über das Minutenrad wird das Drehmoment an das Kleinbodenrad und an das Ankerrad weitergegeben. Die sehr fein ausgeführte Grahamhemmung hat ein Hemmrad mit 30 Zähnen. Der Ankerübergriff beträgt  $7\frac{1}{2}$  Zähne. Der Anker besitzt zwei in den aus Messing hergestellten Ankerkörper eingeschraubte Stahlpaletten, in die an den Hebellflächen Rubinpaletten eingelassen sind. Anker und Ankerrad laufen in geschraubten Rubinlagern mit Decksteinen und haben entsprechend konische Zapfen, dies mit Ausnahme des verlängerten zifferblattseitigen Ankerradzapfens, der den Sekundenzeiger trägt und in einem geschraubten Rubin-Lochstein gelagert ist.

Die Anzeige der Minuten erfolgt mittels des ebenfalls verlängerten zifferblattseitigen Zapfens des Minutenrades, der das Minutenrohr trägt, auf dem der Zeiger sitzt. Das Minutenrohr greift in das darunter auf einem Lagerstift sitzende Wechselrad und dieses in das ebenfalls auf einem Stift gelagerte Stundenrad, welches den Stundenzeiger trägt. Bei der Ausführung mit Gewichtsaufzug wird der Aufzugsvierkant der Walze durch den durchbohrten Lagerstift des Stundenrohres geführt, so daß der Aufzugschlüssel zum Aufziehen der Uhr in das Zentrum des Stundenzeigers gesteckt werden muß.

Bei einer modifizierten Ausführung mit elektrischem Aufzug fehlt das Walzenrad. Das Gewicht wirkt hier direkt auf das Minutenrad. In den Platinen finden wir noch Lagerbohrungen für das nicht vorhandene Walzenrad und den Gegengespierrhebel. Das Werk ist sehr sorgfältig ausgeführt, um die Reibungsverluste so gering wie möglich zu halten. Dies wird auch durch die Steinlager und die einfache Zeigerwerksanordnung begünstigt.

Bei der weniger häufigen Aufzugsart mit Gewichtsaufzug läuft das Antriebsgewicht über eine lose Rolle vor dem Pendel ab. Durch den Flaschenzug erreicht man eine Gangdauer von acht Tagen.

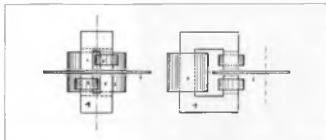
Häufiger hergestellt wurden jedoch die Uhren mit elektrischem Aufzug. Ihrem Antrieb



3. Seitenansicht des Werkes mit elektrischem Aufzug. Zwischen den Platinen das Räderwerk mit Hemmung, auf der vorderen Platte das Zeigerwerk.



4. Ansicht der Rückseite des Werkes. Deutlich sichtbar die zwei Lagerlöcher für Walze und Gegengespierrhebel, die mit elektrischem Aufzug vorhanden sind.

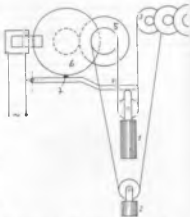


5. Schematischer Aufbau des Ferrarismotors. Erklärungen im Text

dient ein Ferrarismotor (benannt nach dem gleichnamigen italienischen Physiker). Der Ferrarismotor [Abb. 5] ist ein – mit Wechselstrom betriebener – sogenannter Wirbelstrommotor. Er besteht aus einem Stator (1) aus lamelliertem Eisen, einer Spule (3) und aus einem Rotor (2) aus Kupfer- oder Aluminiumblech. Der Rotor läuft im engen Luftspalt des Stators. Die beiden Statorhälften sind aufgespalten und kreuzweise gegenüberliegend mit Kurzschlußbringen (4, 5) aus Kupfer versehen. Diese Kurzschlußbringe bewirken in den Statorteilen eine Phasenverschiebung im magnetischen Feld, die so ein Drehfeld bildet.

Die Rotorscheibe hat nur ein sehr kleines Drehmoment und kann deshalb ohne Abschaltung des Stroms mechanisch abgebremsst werden. Weitere Vorteile dieser Motorbauart sind ein sehr geringer Stromverbrauch (bei der hier beschriebenen Uhr beträgt er nur 0,7 Watt) und der einfache, praktisch wartungsfreie Aufbau.

6. Der unterhalb des Werkes angeordnete Ferrarismotor



7. Schematischer Aufbau des elektrischen Aufzugs. Erklärungen im Text

Um den Ferrarismotor als Aufzugsmotor für ein Uhrwerk verwenden zu können, ist eine große Untersetzung seiner Drehzahl erforderlich. Sie wird durch ein Reduktionsgetriebe in drei Stufen erreicht. Das Untersetzungsverhältnis beträgt dann 512:1.

Der elektrische Aufzug wurde bei der Zenith-Uhr unterhalb des Werkes angeordnet [Abb. 6]. Sein Aufbau ist aus Abb. 7 ersichtlich. Das Gewicht (1) und dessen Gegengewicht (2) sind an einer endlosen Schnur aufgehängt. Diese läuft über eine Rolle am letzten Rad des Reduktionsgetriebes (5) und über die an der Minutenradwelle befestigte Antriebsrolle (3). Durch den Rotor (6) angetrieben, wird das Gewicht (12) über das Reduktionsgetriebe nach oben gezogen, bis es an den Stopphebel (4) stößt. Dieser trägt ein kleines Stück Filz (7), mit dem der Rotor (6) abgebremst wird. Sobald das Gewicht etwas abläuft und der Stopphebel den Rotor wieder freilässt, dreht sich dieser von neuem, wird aber bald wieder abgestoppt, wenn das Gewicht den Stopphebel wieder nach oben drückt. Dadurch befindet sich das Gewicht praktisch immer an der gleichen Stelle. Bei Stromausfall garantiert die mögliche Fallhöhe des Gewichtes eine Gangreserve von 16 Stunden.

Der Ferrarismotor ermöglicht demnach einen über praktisch unbegrenzte Zeit konstanten Antrieb des Uhrwerkes. Das Pendel wird dabei nicht durch das manuelle Aufziehen des Gewichtes in seinem Schwingungsverlauf gestört. Weil das Gewicht direkt auf das Minutenrad wirkt, ist es sehr leicht ausgeführt. Dadurch sind auch Abnützungen am Werk äußerst gering. Das Drehmoment

auf der Minutenachse beträgt nur 32 g/cm. Als Gangregler verwendete Zenith das von Riefler eingeführte Kompensationspendel mit einer Stange aus Invar, einer Eisen-Nickel-Legierung mit etwa 36% Ni, die einen sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten besitzt. Das Pendel ist mittels Feder an seiner Aufhängung befestigt.

Das Pendelgewicht besteht aus verchromtem Messing, es hat die Form eines Zylinders mit oben und unten abgeschägten Kanten. Zur Kompensation des restlichen Temperaturfehlers liegt es nicht direkt auf der Reguliermutter, sondern auf einer individuell bestimmten Kombination von Kompensationsrohren aus Stahl und Messing auf. Diese wiederum sitzen auf der Reguliermutter und sind soweit in das Pendelgewicht versenkt, daß sie von außen unsichtbar sind. Das Gesamtgewicht des Pendels beträgt 76 kg. Seine Schwingungswerte (Amplitude) liegt in der Größenordnung von  $1^{\circ} 30'$ . Die Steigung des Reguliergewindes beträgt 1 mm, eine Umdrehung der Reguliermutter entspricht einer täglichen Gangvariation von etwa 40 sec.

Zur Verwendung der Uhr als Hauptuhr, die eine gewisse Anzahl Nebenuhren steuert, wurden zwei verschiedene Sekundenkontaktvorrichtungen angeboten. Einmal war dies der mechanische Kontakt mittels eines Kontaktrades, das auf der Welle des Ankerades angebracht war. Durch dieses Kontaktrad wird jede Sekunde ein Hebel angehoben, so daß ein Stromkreis geschlossen wird und die Nebenuhren einen Impuls erhalten.

Die zweite Variante war die Lichtkontakt-einrichtung mit Fotozelle. Hier trägt das Pendel am Ende der Stange einen Arm aus Leichtmetall mit einem kleinen horizontalen Spalt. Dieser Spalt wandert mit der Schwingung zwischen Projektionslampe und Fotozelle. Dadurch erhält die Fotozelle im Sekundenrhythmus einen Lichtimpuls, der an die Nebenuhr weitergegeben wird. Um einen genauen Sekundenimpuls zu erhalten, muß die Fotozelle genau im Nulldurchgang des Pendels montiert sein.

Im Museum für Zeitmessung Beyer in Zürich befindet sich eine Zenith-Sekundenpendeluhr, die ursprünglich mit einem Kontaktrad ausgestattet war. Diese Einrichtung wurde später von der Chronometrie Beyer entfernt und gegen eine Lichtkontakt-einrichtung ausgetauscht. Sie steuert die Weltzeituhr, die sich in einem der Geschäftsräume befindet. Zusätzlich wurde eine Einrichtung angebaut, durch die eine danebenstehende Funkuhr die Pendel-

schwingungen der Zenith-Uhr steuert und, wenn nötig, korrigiert. Die Ganggenauigkeit dieser Anlage wird mit  $\pm 0.1$  sec/Tag angegeben. Vom ursprünglichen mechanischen Kontakt ist nur noch das Kontaktrad vorhanden. Als vermutlich einzige besitzt diese Uhr kein weißes, sondern ein schwarzes Zifferblatt, das die Nummer 106 trägt. In sehr kleiner Anzahl, wenn nicht sogar als Einzelstück, stellte man mit dem gleichen Werk eine astronomische Sekundenpendeluhr im druckdichten Glastank her. Die einzige bekannte Uhr dieser Art hängt im Uhrenkeller der Firma Ulysse Nardin in Le Locle [Abb. 8]. Die Uhrenanlage wurde vor ungefähr 50 Jahren in Betrieb genommen und diente lange Jahre als Zeitnormal zur Reglage und Kontrolle der von Nardin fabrizierten Marinechronometer und Präzisionstaschenuhren.

Die Raumtemperatur des Uhrenkellers wurde mit einer elektrischen Heizung konstant gehalten. Sie wurde durch einen Thermostaten gesteuert und besaß Noth Batterien, die bei Stromausfall die Energie lieferten. Der Glaszylinder ist fast luftleer, und man hat die Möglichkeit, durch geringe Luftzufuhr oder Luftentzug eine Gangkorrektur vorzunehmen. Der Impuls für die Nebenuhr wird hier mit einer Lichtkontakt-einrichtung mit Fotozelle erzeugt. Nach Angaben eines Technikers der Firma Ulysse Nardin weist die Uhr noch heute eine Ganggenauigkeit von  $\pm 0.05$  sec/Tag auf.

Im Jahr 1928 brachte Zenith eine solche Präzisions-Pendeluhr in normaler Ausführ-

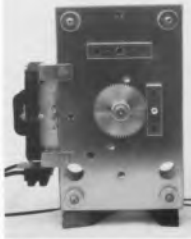
8. Uhr im druckdichten Glastank der Firma Ulysse Nardin in Le Locle



9 Gesamtansicht eines in der Uhrmacherschule Solothurn hergestellten Regulators



10 Werkansicht der Schuluhr: Links Stator und Rotor des Ferraris-Motors



rung zur Gangprüfung an das kantonale Observatorium in Neuenburg. Es handelte sich um die Nummer 59, die während dreier Monate in den Prüfungen der Kategorie »Pendules B« untersucht wurde. Die Kategorie B beinhaltete jene Uhren ohne Vorrichtung zur Erhaltung eines konstanten Luftdruckes.

Die Uhr brachte folgende Resultate (in Klammern jene Werte, die zum Erhalt des Gangscheines vorgeschrieben waren):

Mittlere tägliche Gangabweichung	+ 0.051 s ( $\pm 0.15$ s)
Differenz der mittleren Gänge zwischen der ersten und letzten Woche der Prüfung	+ 0.110 s ( $\pm 1,00$ s)
Mittlere tägliche Gangdifferenz bei einer Temperaturänderung von 1°C	+ 0.0174 s ( $\pm 0.03$ s)

Die erreichten Resultate liegen also deutlich unter jenen, die für den Gangschein gefordert wurden. Sie erreichen fast die für Kategorie A (Uhren mit Luftdruckkompensation) vorgeschriebenen Werte.

Im Jahre 1944 wurde in der Uhrmacherschule Solothurn mit der Konstruktion und der Herstellung einer auf 10 Stück begrenzten Serie von prinzipiell gleichen Regulatoren wie jenen der Firma Zenith begonnen [Abb. 9]. Als einzige Abweichung wurde der Ferrarismotor ins Werk integriert [Abb. 10]. Trotzdem wurde das Werk nur unwesentlich größer. Für die Zeitanzeige wurde die meist übliche Anordnung mit Minuten- und Stundenzeiger aus der Mitte gewählt. Als Gehäuse fand die frühe Form der Version Zenith Verwendung. Verantwortlich für die Konstruktion war der damalige Direktor der Schule, Max Bossart. Er war bis zu seiner Berufung an die Schule (1941) Techniker bei Zenith und dürfte bei der Herstellung der Zenith-Uhr maßgeblich beteiligt gewesen sein.

Für die Unterstützung beim Verfassen dieses Artikels danke ich den Herren Jean-Jacques Haldimann, Ulysse Nardin, Le Locle; G. Jornoel, Observatoire cantonale, Neuchâtel; Roland Wyss, Uhrmacherschule Solothurn; Franz Schmidlin, Solothurn; Thomas Engel, Aesch; der Firma Beyer, Zürich; der Firma Meister-Uhren, Zürich.

#### Literatur

- R. Gasser/M. Bossart, *Horlogerie Electrique*, Lausanne, 1957.  
D. Riefler, *Riefler Präzisionspenduluhren*, München, 1981.  
F. Schwablin, *Lehrmittel Fach elektrische Uhren*, Uhrmacherschule Solothurn.