

Luftdruckverhältnissen unterworfen. Der Druck, welcher von 100 zu 100 mm gesteigert wurde, begann bei - 600 mm und stieg bis + 200 mm.

Um zunächst festzustellen, wie sich die Chronometergänge gemäss dem Drucke der sie umgebenden Luftschicht verändern, brachte man sieben Schiffschronometer von 49,63 mm Durchmesser unter die Luftpumpe und setzte sie regelmässig wachsenden Druckverhältnissen aus. Die Chronometer blieben 24 Stunden unter demselben Drucke, wurden unter diesem beobachtet, dann aufgezo-gen und unter neuen Druck gebracht.

Die Mittel aus den doppelten Werten des Druckes und des täglichen Ganges wurden in Diagrammen graphisch niedergelegt; aus denselben ist deutlich zu ersehen, dass, soweit die Chronometer Genauigkeit zulassen, die Gangveränderungen proportional den Luftveränderungen sind.

Bei Ableitung dieses Gesetzes fiel es auf, dass der Veränderungskoeffizient für jedes Chronometer ein verschiedener war, trotzdem man Instrumente von nahezu gleicher Bauart und gleichen Dimensionen benutzt hatte.

Dr. Guillaume schob diese Tatsache auf die Veränderungen der Schwingungsweiten der Unruh, veranlasst durch die Veränderungen der Lichtdichtigkeit, mit anderen Worten auf den Isochronismusfehler der Chronometer, d. h. auf den Unterschied der Dauer der grossen und der kleinen Unruh-schwingungen, wie sie sich beim Aufziehen der Chronometer, bzw. wenn die Feder beinahe abgelaufen ist, zeigen.

Herr Ditisheim stellte nun gemäss der Ueberlegung des Herrn Guillaume Tabellen der unmittelbaren Resultate aus den Beobachtungen der Druckverhältnisse auf, die er wiederum herleitete aus den Beobachtungen, welche während der ersten 12 und der letzten 12 Stunden des täglichen Ganges gemacht waren und welche er auf 24 Stunden brachte.

Man ersah daraus eine in die Augen springende Aehnlichkeit zwischen den beiden so erhaltenen Zifferreihen. Als Gleichung für die berechnete Gerade erhielt Ditisheim folgende Formel:

$$Mp + \frac{i}{750} = 0,0162;$$

wobei Mp die Aenderung in 24 Stunden für 1 mm Quecksilber-Druckänderung, und i den Fehler des Isochronismus.

Die Werte des Ausdrucks $Mp + \frac{i}{750}$ in der letzten Spalte der folgenden Tabelle eingetragen, zeigen, dass die so errechneten Zahlen gleich den Fehlern bei den Beobachtungen und den Gängen der Instrumente sind.

Druckveränderungen für 1 mm Quecksilber Mp	Isochronismus (Vorgehen auf kleinen Schwingungsbogen) i	$Mp + \frac{i}{750}$
0,0158 Sekunden,	0,4 Sekunden,	0,0163 Sekunden,
0,0138	1,2	0,0154
0,0141	1,2	0,0157
0,0145	1,6	0,0156
0,0117	3,0	0,0157
0,0126	3,2	0,0169
0,0120	3,4	0,0165

Die aus den Aufzeichnungen abgeleitete Formel ergibt unmittelbar folgende Auslegung:

Für Instrumente von der Grösse des Versuchskalibers ist die Gangveränderung von 1 mm Quecksilber = 0,0162 Sekunden für 24 Stunden, wenn der Isochronismus vollkommen ist, und es ist, wie Dr. Guillaume bemerkt, eine Verzögerung vorhanden, die sich um so deutlicher zeigt, je mehr sich der Isochronismus eines Instrumentes der Null nähert. Hierin, meint obiger Gelehrter, liegt der Kern der Frage und der Unterschied, welcher bei der theoretischen Prüfung und bei der praktischen Untersuchung der Chronometer unter Druck gefunden wird.

Dr. Guillaume äussert sich in „La Nature“, bzw. in dem der Akademie der Wissenschaften zu Paris vorgelegten Bericht über diese Erscheinung ungefähr, wie folgt:

Die Erfahrung des Herrn Ditisheim scheint mir zum ersten Male auf deutliche Weise die deutliche Wirkung darzustellen, die

durch das Element hervorgebracht wird, in welchem sich der schwingende Teil des Chronometers bewegt. Die Haupterscheinung ist eine Verzögerung, da die Luft eine Widerstand leistende Masse ist und so die Schwingungsweite vermindert, um so mehr, je dichter sie ist. Sie vermehrt in demselben Verhältnis die Wirkung des Isochronismusfehlers und hat daher gleichzeitig eine entgegengesetzte Wirkung bei den Chronometern, welche so gebaut sind, dass sie bei kleinen Schwingungen vorgehen. Auf dieser Wirkung fussten Villarceau und Caspara.

Eine zweite Wirkung, welche den Hauptanteil an der beobachteten Erscheinung ausmacht, ist eine offenbare Verzögerung, die grösser ist als der Einfluss des Isochronismus in den beobachteten Instrumenten. Die Ursache ist nicht schwer zu finden. Die schwingende Unruh reisst die Luft mit sich, erteilt ihr kinetische Energie und vermehrt so selbst die von der Spiralfeder zu bewegendende Masse, mithin auch ihr Trägheitsmoment und ihre Schwingungsdauer. Wenn man annimmt, dass eine Taschenuhr nur eine Luftmenge von $\frac{1}{2}$ mg mitreisst, so kann man sich schon die festgestellten Gangabweichungen erklären.

Durch dieses Mitreiszen der Luft ist die erste Frage gelöst. Dass die Luft wirklich mitgerissen wird, bestätigt ein Versuch des Herrn Ditisheim, welcher in der Nachbarschaft der in Bewegung befindlichen Unruh sehr leicht geschlagene Goldplättchen aufhing; hierbei fand er, dass sich die Goldplättchen noch in einer Entfernung von 4 bis 5 mm von dem Unruhstreifen wellenförmig unter dem Einfluss der Luftströmung bewegten.

Bemerkt sei noch, dass die Wirkung der umgebenden mitgerissenen Luftschicht nicht allein von ihrer Dichtigkeit, sondern auch von ihrer Anhängungs-fähigkeit an die Unruh abhängt. Die Unruhränder reissen nämlich nur einen geringen Teil des luftförmigen Körpers mit sich, während die von der Peripherie zurückgeschleuderten Luftmassen sich zu einem etwa 5 mm breiten Ring ausbreiten, welcher die Unruh umgibt und sich an dieselbe anhängt.

Es ist schon vorher erwähnt worden, dass die von Ditisheim geprüften Chronometer ein Zurückbleiben in 24 Stunden von 0,0162 Sekunden für jeden Millimeter Druckänderung ergaben, bzw. dass der Druckeinfluss = Null ist, wenn der Isochronismusfehler 12 Sekunden ausmacht. Hiernach könnte man eine Uhr herstellen, welche vom Druck nicht beeinflusst wird. Da dann aber der Isochronismusfehler zu gross, die Unregelmässigkeit im Gange demgemäss unerträglich sein würde, so empfiehlt es sich nicht, dieses Mittel anzuwenden, sondern man sollte im Bedürfnis-falle den Chronometern Verbesserungen für den Druck mitgeben.

Ausser der soeben gelösten Frage gab es noch eine zweite zu untersuchen: Wie verändern sich die barometrischen Koeffizienten mit der Grösse der Chronometer?

Diese Frage wurde durch die Beobachtung von Chronometern verschiedenen Durchmessers gelöst, von dem Kaliber der Marine-Chronometer bis zu dem bedeutend kleineren der Taschenuhren, bei denen es noch möglich war, genügend genaue Beobachtungen zu erreichen.

Eine Tabelle, aus den Ergebnissen der Untersuchung nach der Bezeichnung von $Mp + \frac{i}{750}$ aufgestellt, ergibt das Folgende:

Art der Chronometer	Durchmesser des Triebwerks mm	Durchmesser der Unruh mm	Veränderung in 24 Stunden für 1 mm Druckveränderung $Mp + \frac{i}{750}$
Marine	86,10	37,2	0,0102 Sekunden,
22 Linien	49,62	20,7	0,0162
19	42,86	17,4	0,0200
17	38,35	15,5	0,0217
14	31,58	13,2	0,0223
10	22,56	9,4	0,0225

Daraus ist zu ersehen, dass der Einfluss des atmosphärischen Druckes sich vermehrt und um so deutlicher auftritt, je kleiner der Durchmesser der Unruh ist. Für eine Damenuhr tritt er zweimal so stark auf, als für ein Marine-Chronometer.