

ist, denn es kann nur in Ansehung solcher Gegenansprüche geltend gemacht werden, die auf demselben Fundamente beruhen, wie die Forderung des Arbeiters auf Lohn. Den praktischen Unterschied zeigt im Gegensatze zu dem oben gewählten Beispiele etwa folgender Fall: Dem Arbeitgeber A. ist von seinem Arbeiter B. mutwillig eine Fensterscheibe in der Behausung eingeworfen worden; der Schaden stellt sich auf 6 Mk. Hier hat A. nicht die Möglichkeit, einen entsprechenden Betrag von dem Lohne, den B. verdient hat, zurückzubehalten, denn das, was er zu zahlen verpflichtet ist, ergibt sich aus dem Dienstvertrage, seine Schadensersatzforderung aber stellt sich dar als ein Anspruch aus einer unerlaubten Handlung.

Dr. B.

Einfluss des Luftdrucks auf den Gang der Chronometer.

Mit dieser Frage beschäftigten sich zuerst 1826 Jürgensen und 1888 der Astronom Hilfiker von der Sternwarte in Neuenburg. Letzterer wies ein Nachgehen der Uhren beim Steigen des Luftdrucks nach. Die Triebkraft der Luft vermindert in einer dichten widerstandsfähigen Umgebung die Wirkung der Schwere der Unruh und infolgedessen ihr statisches Moment. Wenn diese Wirkung auch vorherrscht, so steht sie doch nicht allein da.

Die von der Unruh mit fortgezogene Luft verstärkt ihr Trägheitsmoment, das Nachlassen der Schwingungen wirkt auf den Isochronismus ein, und aus diesen drei im Zusammenhang stehenden Einflüssen entsteht ein Nachgehen der Uhren, wenn die Dichtigkeit der Atmosphäre zunimmt.

Die Tätigkeit der mit fortgezogenen Luft haben Buat, Bessel, Stokes und kürzlich Oberst G. Defforges untersucht. Die Gesamtwirkung dieser drei Elemente ist seit langem so bekannt, dass man die astronomischen Uhren in einem hermetisch schliessenden Futteral aufbewahrt. Andernfalls machen sich alle atmosphärischen Einflüsse auf den Gang der Uhr fühlbar, wie Tissard dies bezüglich der Normaluhr der Pariser Sternwarte nachgewiesen hat. Yvon Villarceau schrieb in den „Annales de l'Observatoire de Paris“ über „die Ausgleichung der Chronometer“, er berechnete darin die Abweichungen des Pendels in dichter Atmosphäre, schrieb aber das Nachgehen mechanischen Ursachen zu. Caspari gab als Ursache der gleichen Erscheinung bei Marinechronometern die Feuchtigkeit der Luft an, während nach seiner Ansicht ein gesteigerter Luftdruck ein Vorgehen herbeiführen müsste. Bei diesen Widersprüchen sind die Studien von Paul Ditisheim von Interesse. Derselbe wollte von neuem die Zeitdifferenz zwischen den Sternwarten von Paris und Neuenburg bestimmen. Er beabsichtigte natürlich nicht, mit der jetzt allgemein üblichen telegraphischen Vergleichung zu konkurrieren, sondern nur zu sehen, welcher Grad von Genauigkeit sich erzielen lässt, wenn man alle Mittel anwendet, welche die heutige Vervollkommnung der Chronometrie gestattet.

Zu diesem Zwecke wurde eine Anzahl Marine-Uhren in La Chaux-de-fonds (1017 m hoch), Neuenburg (489 m) und Paris (67 m) beobachtet und dann bezüglich der Beobachtungsorte ausgewechselt. Die Uhren gingen dabei regelmässig nach, je tiefer die betreffenden Orte lagen. Die Wahl eines vierten Ortes Chasseral, der noch höher lag (1586 m), bestätigte nur diese Erfahrung. Guillaume vom „Bureau international des poids et mesures“ in Paris, der über die Experimente fortgesetzt auf dem Laufenden erhalten wurde, riet Ditisheim und seinen Mitarbeitern Bigourdar-Paris, Arndt-Neuenburg und Berner in La Chaux-de-fonds die Verwendung einiger spezieller Apparate, welche ohne jede Mühe gestatteten, die Uhren schrittweise in La Chaux-de-fonds Drucken bis 200 mm unter dem Normaldruck auszusetzen. Der Apparat besteht in einer Glasglocke mit zwei Etageren, in welcher man mit Hilfe von Wasser einen luftleeren Raum herstellt, und wurde von Chaleaud-Paris konstruiert. Für Drucke, die höher als die gewöhnliche Atmosphäre sind, waren die Uhren statt in einen Glasbehälter in ein Stahlgefäss gelegt worden, das ein kleines Fenster von starkem Glas besass. Ein Barometer, Thermometer und Monometer gestatteten, die verschiedenen nötigen Ziffern ab-

zulesen. Der gewünschte Druck wurde durch eine Fahrradpumpe erzeugt.

Zur Lösung der Frage: Welches Verhältnis besteht zwischen dem Gang der Uhren und der Dichtigkeit der Luft? wurden sieben Chronometer von 49,6 mm Durchmesser schrittweise um je 100 mm steigenden Drucken ausgesetzt, die sich im ganzen auf 800 mm verteilen. Aus den Werten der Luftdrucke und dem täglichen Gange hat man für jede Uhr graphische Zeichnungen aufgestellt; das Resultat derselben für die sieben Chronometer ist, dass innerhalb der erreichbaren Grenzen von Vollkommenheit der Uhren die Aenderung im Gange genau im Verhältnisse zum wechselnden Luftdrucke steht. Die Abweichungen sind indessen sehr gering, ein Beweis für die Vollkommenheit der untersuchten Stücke.

Während aber die Aenderungen bei ein und derselben Uhr einen feststehenden Koeffizienten ergeben, so ist derselbe bei verschiedenen Uhren, wenn auch von anscheinend ganz gleicher Fabrikation, verschieden. Guillaume war nun der Ansicht, dass diese Abweichung in dem ungleichen Isochronismus, d. h. dem Unterschied der Schwingungsdauer in den grossen und kleinen Schwingungsbögen liege, welche entstehen, wenn die Uhr aufgezogen ist oder ablaufen will. Die graphische Prüfung dieser Theorie durch Ditisheim bestätigte deren Richtigkeit vollkommen. Die Luft als widerstandsfähiges Milieu vermindert die Schwingungswerte (Amplitude) um so stärker, je grösser ihre Dichtigkeit ist, und sie verschärft gleichzeitig die Fehler im Isochronismus, wie schon Villarceau und Caspari nachgewiesen hatten. Nach Ansicht Ditisheims zieht die Unruh eine gewisse Luftmenge mit sich, welcher sie Bewegungskraft mitteilt, dadurch die infolge der Wirkung der Spirale schwingende Masse vermehrt und infolgedessen gleichzeitig ihr eignes Trägheitsmoment und ihre Schwingungsdauer. Im vorliegenden Falle genügt die Annahme eines imaginären Lufringes von 3 qmm, um das Nachgehen völlig zu erklären. Durch die Zentrifugalkraft wird die Luft aus der Mitte nach der Peripherie getrieben. Sie kommt dort mit einer Radialgeschwindigkeit an, wo sie dann bald eine tangentialer erhält und dadurch ihre Masse vermehrt wird.

Die Versuche Ditisheims haben somit dieses Problem theoretisch und praktisch gelöst. Die Luftbewegung wurde von Genanntem durch Aufhängen eines Stückchens Blattgold, 6 mm von der Unruh entfernt, festgestellt, das kleine Schwankungen zeigte.

Die Wirkung der Luft hängt aber nicht nur von deren Dichtigkeit, sondern auch von ihrer Anhaftungsfähigkeit ab; da beide Faktoren von der Temperatur abhängig sind, so hat diese auch ihren Einfluss auf die Zeitgleichung.

Für die beobachteten Uhren betrug das Nachgehen in 24 Stunden für jeden Millimeter Quecksilber 0,0162 Sekunden, und die Wirkung des Druckes ist gleich 0, wenn der Unterschied im Isochronismus 12 Sekunden beträgt. Man könnte daher Uhren herstellen, welche unempfindlich gegen den Luftdruck wären, dann würde aber der mangelnde Isochronismus grosse Unregelmässigkeiten im Gange verursachen, die weit schlimmer wären, als der Einfluss des Luftdrucks.

Die Koeffizienten der Veränderungen im Gange der Uhren infolge des Luftdrucks sind verschieden je nach der Grösse der Uhren. Kleine Damenuhren gehen doppelt so viel nach, wie Marinechronometer. Bei ersteren kommt dieser Fehler natürlich weniger in Betracht, da man von ihnen auch keine mathematische Genauigkeit fordert.

Was sind nun die praktischen Folgen der Beobachtungen Ditisheims? Nehmen wir als Typus ein Schiffchronometer, das bei Forschungsreisenden, Seeleuten und Luftschiffern gebräuchlichste Instrument, das in einem Tage um 1,62 Sekunden nachgeht, wenn die Zunahme der Luftdichtigkeit einem Steigen des Barometers um 100 mm entspricht. Wird eine solche Präzisionsuhr von einem Naturforscher in die Hochebene von Tibet mitgenommen, die im Durchschnitt 4000 m hoch liegt, so wird die Uhr täglich 5 Sekunden vorgehen, was nach einem Monat 2½ Minuten ausmacht.

Will man nun innerhalb dieses Monats eine Gradmessung vornehmen, so wird man dann einen Irrtum von 37 Bogenminuten begehen, eine Strecke, die unter der Breite der asiatischen Hochebene nicht weniger als 100 km beträgt. Dies ist allerdings ein