

# ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Nº 3526.

Band 147.

22.

## Ueber eine eigenthümliche Gangperiode einer Pendeluhr.

Von *J. Schreiber*, S. J.

Gelegentlich von Vorarbeiten für Schwerebestimmung, die ich im Herbst 1896 gemeinschaftlich mit P. Vendelin Ritli, Professor der Physik am hiesigen Gymnasium, vornahm, deren Weiterführung aber leider durch die Erkrankung und den Tod desselben unterbrochen wurde, machte ich einige Erfahrungen, die wohl von allgemeinerem Interesse sein dürften und deren Mittheilung ich nicht verschieben zu sollen glaubte in der Hoffnung, dass mancher Forscher dadurch zu einer eingehenden Untersuchung angeregt werden dürfte, welche selbst auszuführen mir für den Augenblick die veränderten Verhältnisse nicht gestatten.

Von Seiten der Sternwarte wurde eine gute Uhr von Cooke, jedoch nicht ersten Ranges, für die Coincidenzbeobachtungen zur Verfügung gestellt. Sie wurde in einem sehr günstigen Locale aufgestellt und eine elektrische Verbindung ermöglichte scharfe Vergleichung mit der Beobachtungsuhr im Meridianzimmer. Da am Pendel der Uhr eine kleine Aenderung vorgenommen wurde, war die Compensation nicht mehr ganz entsprechend, wurde jedoch, um nicht Zeit zu verlieren, belassen, da ja doch die ganze Arbeit nur den Charakter einer Voruntersuchung für die zweckmässigste Anordnung hatte.

Da es sich nur um den Gang der Uhr handelte, wurden, da die Unveränderlichkeit des Transitinstruments im Azimuth minder zuverlässig war, ausschliesslich Zenithsterne für die Zeitbestimmungen benutzt und die Gänge wo möglich aus den Beobachtungen desselben Sterns abgeleitet. Die ziemlich zahlreichen registrierten Zeitbestimmungen, nicht minder aber die oft von Tag zu Tag unter sonst gleichen Umständen bedeutend wechselnden Coincidenzintervalle deuteten auf starke, unregelmässige Aenderungen des Uhganges. Eine etwas sorgfältigere Vergleichung wies auf eine ganz entschiedene wöchentliche Periode hin. Es fielen nämlich die grössten Gänge in plus mit grosser Beständigkeit auf Sonntag oder doch sehr nahe, während die kleinsten auf Mittwoch und Donnerstag trafen. Ich vermuthete bald den Zusammenhang. Das treibende Gewicht der Uhr war nämlich gerade um Mitternacht zwischen Samstag und Sonntag mit dem Quecksilbercylinder des Pendels in gleicher Höhe. Die Uhr wurde wöchentlich, Mittwoch Morgens, aufgezogen, folglich waren Mittwoch und Donnerstag die Tage der grössten Entfernung des Uhrgewichtes vom Pendelcylinder. Die Raumverhältnisse der Uhr waren folgende: Unter dem unteren Ende des Pendelcylinders befindet sich in 107 mm

Entfernung ein Brett, das den Uhrkasten durchsetzt und nur mit einer Oeffnung versehen ist, die dem Triebgewichte noch weiteren Fall gestattet. Dieses Gewicht befindet sich seitlich in einem Azimuth von etwa  $35^\circ$ , bezogen auf die Schwingungsebene und die Mittellage des Uhrpendels als Ausgangspunkt. Befinden sich Gewicht und Pendelcylinder in gleicher Höhe, so nähern sich ihre Ränder bei der grössten Elongation, die hier von der Verticalen ab zwei Grade beträgt, bis auf etwa 2 cm.

Um nun den Uhgang übersichtlich darzustellen, gebe ich die täglichen Gänge, welche aus ungefähr halbwochentlichen Intervallen abgeleitet sind, deren Grenzen, wenn es die vorhandenen Zeitbestimmungen erlaubten, Dienstag und Freitag bilden. Die erste Columnne giebt das bürgerliche Datum, die zweite die entsprechenden Wochentage, die dritte den mittleren täglichen Gang für diese Halbwoche, die vierte die Differenzen je zweier auf einander folgenden Gänge (immer im Sinne: Grosser Gang minus kleiner Gang), die fünfte den mittleren täglichen Gang der ganzen Woche. Für Ende September fehlen die Beobachtungen wegen schlechten Wetters.

1896	Wochent.	Gang	Differenz	Mittl. Gg.
Sept. 4 - 8	♀ - ♂	+0.52	+0.07	+0.50
8 - 10	♂ - ♀	+0.45	+0.42	
10 - 15	♀ - ♂	+0.87	+0.25	+0.76
15 - 19	♂ - ♀	+0.62		
Oct. 6 - 9	♂ - ♀	+0.61	+0.12	+0.69
9 - 14	♀ - ♂	+0.73	+0.31	
14 - 16	♂ - ♀	+0.42	+0.60	+0.71
16 - 19	♀ - ♂	+1.02	+0.41	
19 - 22	♂ - ♀	+0.61	+0.29	+0.79
22 - 27	♀ - ♂	+0.90	+0.31	
27 - 31	♂ - ♀	+0.59	+0.11	+0.64
Nov. 0 - 3	♀ - ♂	+0.70		

Den Gang innerhalb der letzten Woche zeigt sehr anschaulich die Zusammenstellung der Gänge, welche P. Ritli aus den Angaben des frei schwingenden Pendels, welches zu diesem Zwecke Tag und Nacht in Schwingung blieb (d. h. alle 8 Stunden aufs Neue in Bewegung gesetzt wurde), ableitete:

1896	Wochent.	Gang
Oct. 20-21	♂ - ♀	+0.56
21-22	♀ - ♂	+0.59
22-23	♂ - ♀	+0.65
23-24	♀ - h	+0.83
24-25	h - ☉	+1.14
25-26	☉ - ☾	+0.96
26-27	☾ - ♂	+0.95

Diese Periode liess mich anfangs an eine Stelle in Günther's Geophysik (I. S. 160) denken, wo es sich um Attractionsprobleme handelt. »Eine merkwürdige Beobachtung Bohnenberger's, die entschieden hierher gehört, scheint noch keine Berücksichtigung gefunden zu haben. Dieser äusserst exacte und zuverlässige Forscher berichtet, dass seinen Wahrnehmungen zufolge der Gang einer Pendeluhr Störungen erleide, wenn das Uhrgewicht der Linse gegenüber zu stehen kam, — Störungen, welche man nur aus der gegenseitigen Anziehung von Linse und Gewicht erklären könne. Auch der berühmte englische Uhrmacher Emery habe derartige Störungen bemerkt u. s. w.« Ohne indess irgend welche Attractionswirkungen zu bezweifeln, bezweifelte ich dennoch, dass man in diesem Falle die Erscheinung nur oder doch hauptsächlich als Attractionswirkung erklären könne, da doch die Wirkung für diese Ursache viel zu bedeutend zu sein scheint. Ich glaubte sie vielmehr so erklären zu müssen, dass bei der Annäherung des Pendels an das Gewicht die zwischen beiden befindliche Luft zusammengepresst wird, wodurch das Pendel allerdings früher den Nullpunkt seiner Geschwindigkeit erreicht, wegen des langen Verweilens in der Elongation aber die zusammengedrückte Luft hinlänglich Zeit findet, sich mit der sie umgebenden ins Gleichgewicht zu setzen, während das Pendel beim Rückgang zwischen sich und dem Gewicht eine Verdünnung erzeugt, in welche die umgebende Luft wegen des Gewichtes nicht so leicht einströmen kann, wodurch eine Verzögerung der Pendelschwingung eintreten muss. Dass diese Erklärung der Hauptsache nach richtig war, wurde in sehr einfacher Weise bestätigt. Am 4. November 1896 setzte ich, ohne Pendel oder Werk zu berühren, beim höchsten Stande des Gewichtes ein aus Carton gefertigtes Rohr ein, in welchem eingeschlossen das Gewicht seinen Weg zurücklegt. In der That hörte von da an nicht nur die erwähnte Periode auf, sondern es wurde auch, wie dies wohl zu erwarten war, der mittlere Gang der Uhr bedeutend verlangsamt, da nun jenes Hinderniss der freien Schwingung fortwährend vorhanden, dem Pendel näher gebracht, und auch der Verticalrichtung nach vergrössert worden war.

Um nun den Einfluss dieses Schutzrohres auf den Gang der Uhr richtig beurtheilen zu können, muss ich bemerken, dass die oben angegebene Entfernung zwischen Gewicht und Pendel in seiner grössten Elongation, welche ungefähr 2 cm betrug, nach Einführung jenes Rohres auf nahezu 1 cm herabgedrückt war. Daher die bedeutende Wirkung. Denn der mittlere Gang für die ersten drei Wochen nach Einsetzung des Gewichtsrohres war:

Nov. 6-13	+1.564	+1.75 im Mittel.
13-20	+1.69	
20-26	+1.93	

Der grosse Gang von Nov. 20-26 erklärt sich durch hohen Luftdruck. Es betrug somit der mittlere Gang für November +1.75, während er im October vor Einführung des Gewichtsrohres +0.71 betragen hatte. Der absolute Einfluss dieses Rohres ist aber noch bedeutender. Werden nämlich nur jene Halbwochen berücksichtigt, in welchen vordem der Einfluss des Gewichtes seinen kleinsten Werth erreichte, so ergibt sich für October als mittlerer Gang +0.56. Diesen Gang ungefähr oder einen etwas kleineren würde die Uhr gehabt haben, wenn das Gewicht ganz ausserhalb des Uhrgehäuses sich hätte bewegen können. Es ergibt sich somit als volle Wirkung des Gewichtsrohres eine tägliche Verlangsamung des Ganges um mindestens 1.2. Damit stimmt ganz befriedigend das Resultat einer einfachen Controlle, welche ich am 18. October 1897 vornahm. An diesem Abend unmittelbar nach der Zeitbestimmung wurde, ohne die Uhr selbst zu berühren, das Gewichtsrohr sammt dem es tragenden Brettchen entfernt, am nächsten Abend aber wieder eingesetzt. Die Gänge waren nun folgende:

1897	Gang	O—M
Oct. 13-18	-0.01	-1.34
18-19	-1.35	-1.29
19-25	-0.06	

Wie sich aus den Differenzen O—M (Gang ohne Rohr minus Gang mit Rohr) ergibt, verursachte die Entfernung des Rohres eine Beschleunigung von nahezu 1.3 in 24 Stunden, was hinlänglich mit der oben angegebenen Retardation von 1.2 (im November 1896) stimmt. Ueberdiess hatte ich am 18. August 1897 ein Messingrohr von 38 cm Länge und 44 mm Durchmesser eingesetzt, welches somit den Pendelcylinder nicht nur seiner ganzen Länge nach beeinflusste, sondern noch um etwa 5 cm überragte. Ich stellte es in der zur Schwingungsebene senkrechten, den Punkt der Mittellage treffenden Linie so auf, dass die nächsten Punkte der Umfänge des Pendelcylinders und des Rohres 30 mm entfernt waren. Die dadurch in 24 Stunden bewirkte Verlangsamung des Ganges war 1.74. Das Gewichtsrohr war nicht entfernt worden. Dieser trotz der beträchtlichen Entfernung grosse Werth findet einerseits in der Länge des Rohres, andererseits in dem Umstande seine Erklärung, dass das Pendel bei jedem Vorübergange zweifach beeinflusst wurde, indem seine Geschwindigkeit sowohl bei der Annäherung an das Rohr, als bei seiner Entfernung eine Verminderung erlitt.

Aus diesen Versuchen allein schon müsste man, wenn auch diese »Gewichtsperiode« nicht selbst aufgefallen wäre, auf einen nothwendigen Einfluss des Gewichtes bei Annäherung an den Pendelcylinder, wenigstens bei einer gewissen Minimalentfernung, und eine hieraus folgende Gangänderung schliessen.

Da ich nun über eine derartige vom Stande des Gewichtes, somit von der Gangzeit oder der Aufziehzeit der Uhr abhängige Periode, die doch bei Uhren von gleichen Constructionsverhältnissen wie die beschriebene, auftreten muss, in der mir zu Gebote stehenden einschlägigen Literatur

nirgends eine Erwähnung fand, untersuchte ich einige mir zugängliche Angaben über den Gang astronomischer Uhren. Leider aber sind in diesen Mittheilungen die Gänge zumeist aus Zeitbestimmungen erhalten, welche ungefähr eine Woche einschliessen. Selbstverständlich fällt dadurch diese Gewichtsperiode, auch wenn sie vorhanden wäre, heraus, wenn die betreffende Uhr jede Woche aufgezogen wird. Indess glaubte ich doch eine Andeutung einer derartigen Periode bei einer Uhr der Capsternwarte zu finden, obschon ich ihre Bauart nicht kenne und nicht weiss, ob bei ihr überhaupt eine solche Periode möglich ist. Sie ist angegeben als »Transit Clock by Hardy«. Ich benutzte die »Cape Meridian Observations«, welche für manche Monate ziemlich zahlreiche, aus nicht zu langen Intervallen hergeleitete Gänge bringen, welche allerdings an sich schon sehr klein und nach dortiger Angabe nur mit Auge und Ohr erhalten sind. Durch einfache Interpolation suchte ich die Tage der grössten Gänge in plus zu ermitteln, wobei ich trotz Strebens nach Objectivität gewisse Willkürlichkeiten nicht vermeiden konnte. Die Sache ist übrigens nicht von Belang und kann leicht aus den Originalangaben überprüft werden. Folgende kleine Tabelle giebt die so erhaltenen Werthe. Es sind die Mittelwerthe der der angegebenen Zeit entsprechenden Intervalle der langsamsten Gänge. Als Gewicht für die Bildung des allgemeinen Mittels nahm ich die Zahl der für die Einzelmittel in Betracht gezogenen Monate.

Jahr		Zeit	Tage
1879	Juli	2 – Sept. 30	14.7
1879	Oct.	1 – Dec. 30	15.5
1880	Aug.	1 – Nov. 21	12.0
1882	Juli	1 – Aug. 31	12.8
1883	Jan.	2 – April 22	13.9

Als allgemeines Mittel ergibt sich 13.74 Tage. Man möchte daher vermuthen, dass diese Uhr jede zweite Woche aufgezogen wird. Von anderen Uhren liegen mir zu wenig brauchbare Daten vor.

Seit der Einführung des Gewichtsrohres schien es mir, als ob die Variationen des Luftdruckes bedeutend grössere Gangänderungen veranlassten, als vordem. In der That genügte den Gängen im November 1896 am besten der Barometercoefficient 0.028 für 1 mm Luftdruckänderung, ein bedeutend grösserer als der sonst für Uhren solcher Bauart angenommene Mittelwerth von 0.015. Ich versuchte, aus dem mir noch zu Gebote stehenden, für diesen Zweck allerdings nicht sehr günstigen Materiale noch einige Bestimmungen zu gewinnen und erhielt so für März und April 1897: 0.034; für September 1897 aber 0.028. Der Mittelwerth 0.03 für 1 mm dürfte von der Wahrheit nicht allzu sehr abweichen. Da nun aber durch die Einführung des Gewichtsrohres der Barometercoefficient sicher vergrössert worden ist, so ergibt sich, dass bei solchen Uhren, wo die Annäherung des Gewichtes an das Pendel den Gang beeinflusst, dieser Coefficient überhaupt keine unveränder-

liche Grösse sein könne, sondern von der Stellung des Gewichtes in Bezug auf den Pendelcylinder abhängt.

Diese Erfahrungen, an deren Realität ich wohl nicht zweifeln kann, obschon meine diesbezüglichen Untersuchungen einen etwas primitiven Charakter an sich tragen, glaubte ich doch der Oeffentlichkeit übergeben zu sollen in der Hoffnung, dass tüchtigere und mit besseren Mitteln versehene Kräfte sie zum Gegenstande genauerer Untersuchung machen werden.

Noch sei es mir gestattet, auf einige praktische Folgerungen hinzuweisen, die sich aus dem Gesagten wie von selbst ergeben.

1. Es muss das Uhrgewicht so angebracht werden, dass jede Beeinflussung oder Störung des Ganges ausgeschlossen ist.

2. Das Princip, den Gang eines Pendels ohne jegliche Belastung oder Berührung des letzteren zu beeinflussen, welches obigen Thatsachen zu Grunde liegt, liesse sich vielleicht mit Vortheil bei jenen Uhren anwenden, deren Stand vorschriftsgemäss gewisse Grenzen nicht überschreiten darf. Prof. Foerster beklagt sich (V. J. S. 1888 S. 79) über die besondere Mühewaltung, welche die Innehaltung der vorgeschriebenen Grenzen von  $\pm 0.5$  bei Tiede 387 verursachte, weil der Gebrauch der kleinen Regulirgewichte nach seiner Erfahrung »ausser der rechnermässigen Einwirkung auf den Gang eine Störung desselben bewirkt«. Durch einen im Uhrkasten angebrachten, von aussen um die nothwendigen empirisch zu ermittelnden Beträge verstellbaren »Regulirkörper« dürfte meiner Vermuthung nach obiger Zweck in einfacher und sicherer Weise, ohne selbst den Uhrkasten zu öffnen, erreicht werden. Hierzu dürften sich wohl am besten zwei Cylinder eignen, die in der durch die Mittellage des Pendels gehenden zur Schwingungsebene senkrechten Linie vor und hinter dem Pendel in gleicher Entfernung angebracht werden, deren Höhe von aussen nach Bedürfniss verändert werden kann, so dass sie dem Pendelcylinder seiner ganzen Länge oder nur einem Theile nach gegenüber zu stehen kommen, um von einer Mittelstellung aus, für welche die Uhr zunächst regulirt ist, in beschleunigendem oder verzögerndem Sinne auf das Pendel einzuwirken. Diese Stellung des Regulirkörpers scheint mir von Wichtigkeit, weil durch einseitige Einwirkung das Pendel aus seiner Ebene gebracht werden könnte.

3. In gleicher Weise wäre eine automatische Luftdruckcompensation denkbar, die vielleicht jener Vorwurf nicht treffen würde, den man im Allgemeinen gegen barometrische Compensationen ausspricht, dass »dadurch das ganze Pendelsystem in gewisser Beziehung verschlechtert wird, indem dadurch nicht nur die thermische Compensation eine Complication erfährt, sondern überhaupt die Beweglichkeit und Wandelbarkeit innerhalb des schwingenden Systems vergrössert wird« (Astr. Nachr. Bd. 91 S. 354). Jedenfalls dürfte sie der Regulirung durch Magneten, wie dies in Greenwich geschah, vorzuziehen sein, insofern als eben keine neue, ganz heterogene Kraft herbeigezogen, sondern nur eine schon vorhandene, der Widerstand des Mittels, nach Bedürfniss ausgenutzt und geregelt wird.