

N a c h s c h r i f t.

Diese Bogen waren schon abgedruckt, als ich das Journal über den Gang eines Chronometers von den Jahren 1784. und 1785. erhielt, welches Graf *Brühl* im 3ten Bande von *Canzlers* Quartalschrift bekannt gemacht hat.

Dieses Journal ist unter allen denen, die über Chronometer sind geführt worden, bey weitem das vollständigste und genaueste; man kann daher aus diesem am sichersten über den Gang der Chronometer urtheilen. — Der Chronometer war mit freiem Stofswerke von *Thomas Mudge*, gearbeitet von *Josiah Emmerly*. Sein Gang wurde 15 Monate lang an einem Passageinstrument von *Ramsden* mit Sonnen- und Sterndurchgängen verglichen.

Die Uhr ging äußerst gleichförmig, und sie war so genau reguliert, daß ihr täglicher Gang die ganze Zeit über nie über 3" \pm oder — war. — Im ersten Vierteljahr beträgt die Veränderung ihres täglichen Ganges in zwey Tagen nie 1 Sek. Im zweyten nie 2 Sek. Im dritten nie über 1,4 Sek. Im fünften nie über 1,6 Sek. Es ist noch nicht entschieden, ob diese kleinen Anomalien im täglichen Gange ganz auf Rechnung der Uhr kommen. Einen Theil davon trägt vielleicht die Beobachtung, und einen anderen Theil die Sonnentafeln, in denen noch Fehler sind, die in 24 Stunden mehr betragen, wie die Fehler der Uhr. — Man

sieht aus den Tagebüchern des Grafen, daß die Zeit eines Sterns oft von der Sonne um mehr wie 1 Sek. abweicht.

Diese Beobachtungen des täglichen Ganges beweisen die vorzügliche Güte des Chronometers. Aber der beste Chronometer bleibt immer eine sehr zusammengesetzte Maschine, die periodische Anomalien hat, deren Gesetze weder der Künstler noch der Beobachter kennt. Beyde können zufrieden seyn, wenn diese Anomalien kurze Perioden haben und ihren Zyklus bald vollenden. — Wäre der Chronometer so daurend wie die Weltmaschine, so ließen sich durch Beobachtungen einer langen Reihe von Jahren diese Gesetze empirisch bestimmen und die Chronometrie wäre vollendet. — Aber ein Chronometer ändert durch das Verdunsten des Oels und das Abreiben seiner Theile, ohne Aufhören seinen Gang, und über 2 Jahre befolgen seine Anomalien ganz andere Gesetze wie heute.

Da der Chronometer immer nach anderen und wieder anderen Gesetzen geht, so ist das, was wir seinen *mittleren Gang* nennen, nicht sein eigentlicher mittlerer Gang, sondern etwas, was diesem in kurzen Zeitabschnitten nahe kommt. — Die Größe dieser Zeitabschnitte bestimmte das Bedürfnis. — Da die Schiffe gewöhnlich nicht über 3 Monate See halten und sie $\frac{1}{3}$ Grad bequem übersehen, so wurde hiedurch die Dauer und die Genauigkeit bestimmt. — Hierüber war man ei-

nig, — aber man war es weniger über die Länge der Zeit, die man zum Grunde legen müste, um den mittleren Gang zu erhalten. Einige Astronomen glaubten, daß hiezu der Gang von einem Monate hinlänglich sey, — andere glaubten, daß der Gang von mehreren Monaten eine größere Genauigkeit gäbe, weil, nach *Lambert*, das Mittel immer um so sicherer wäre, desto größer die Menge der Beobachtungen ist. —

Dieser Satz von *Lambert* ist völlig allgemein, und man kann sich durch ihn der Wahrheit so sehr nähern, als man nur will, so lange nämlich keine constanten Größen immer auf die nämliche Seite fallen. Aber auf die Fälle, wo etwas *gar keinem Gesetze* folgt, ist er nicht anwendbar, und man kann, wenn man ihn anwendet, durch eine größere Menge Beobachtungen, statt sich der Wahrheit zu nähern, sich von ihr entfernen.

Ich glaube, daß wegen der kleinen Anomalien der Uhr, die ihren Zyklus in einer kurzen Zeit vollenden, und wegen der unvermeidlichen Fehler der Beobachtung, es gut ist, wenn man das Mittel aus dem Gange mehrerer Monate nimmt, — aber man wird dadurch nicht *sicher*, daß man sich der Wahrheit genähert habe. — Das einzige Allgemeine, was sich hierüber bestimmen läßt, beruht darauf, daß in den nächst aufeinander folgenden Zeiten der Gang am ähnlichsten ist, und immer unähnlicher wird, je weiter sich die Zeiten von einander entfernen. — Der

Beobachter wird also wahrscheinlich der Wahrheit am nächsten kommen, wenn er rückwärts eben so lange Zeiten zur Bestimmung des mittleren Ganges annimmt, als er vorwärts bestimmen will. Z. B. der letzten 8 Wochen, wenn er über 2 Monate seine Länge bestimmen will. Dieses Verfahren gründet sich darauf, daß es wahrscheinlich ist, daß eine Menge kleiner Anomalien in denselben Zeiten denselben Zyklus vollenden; da sie dann auf den berechneten Gang den nämlichen Einfluß haben, wie auf den beobachteten, so hören sie auf Fehler zu seyn. — Aber man ist hiedurch auch nicht sicher, daß man der Wahrheit näher gekommen ist, denn es kann eine Anomalie da seyn, die nicht allein größer ist, wie alle andere, sondern auch zugleich einen größeren Zyklus hat. Diese hat dann einen *anderen* Einfluß auf den beobachteten, einen *anderen* auf den berechneten Gang. — Da die Größe des Zyklus völlig unbekannt ist, so kann es vortheilhaft seyn, große Zeitabschnitte zur Bestimmung des mittleren Ganges zu nehmen, weil man dann Hoffnung hat, die Hälfte des Zyklus in den beobachteten und die andere Hälfte in den berechneten Gang zu bekommen. Aber es kann eben so vortheilhaft seyn, kleine Zeitabschnitte zu gebrauchen, — denn wann der Zyklus sehr groß ist, so gilt das nämliche von ihm, was von großen Kreisen gilt, — kleine Stücke aus ihnen kann man als gerade Linien betrachten.

Kein freies Stofswerk kann völlig frey seyn, und das von *Mudge* ist es unter 100 Sek. nur 96. Die $\frac{1}{4}$ Sekunden, in denen es mit der Uhr in Verbindung steht, ist es all' den kleinen Anomalien unterworfen, welche die Schneckenfeder und selbst das sorgfältigst-gearbeitete Räderwerk machen. Bey der ungleichen Rechnung von Zahn und Getriebe greifen erst nach gewissen Perioden die nämlichen Zähne auf die nämlichen Stäbe. Da das Gehwerk aus mehreren Getrieben zusammengesetzt ist, da zugleich die Theile sich abschleifen, das Oel verdunstet und die Temperaturen sich ändern, so entsteht hieraus eine solche Menge kleiner Anomalien, die so durcheinander geflochten sind, daß die kühnste Analyse sich nicht durchführen könnte, — auch auf den Fall, wenn es möglich wäre eine große Reihe *völlig scharfer* Beobachtungen zu erhalten. — Jede einzelne dieser Anomalien beträgt vielleicht nur $\frac{1}{200000}$ einer Sekunde und liegt völlig jenseits der Schärfe unserer Sinne. Aber sie können sich häufen, und dann kennen wir ihre Summe nicht, weil wir die Einzelnen nicht kennen, aus denen sie zusammengesetzt ist.

Dieses sind die Ursachen, warum die Chronometer nie eine gewisse Gränze in der Genauigkeit überschreiten können. Der Chronometer befolgt unabänderliche Gesetze, — aber da wir sie nicht kennen, so ist sein Gang für uns gesetzlos, denn nur *das erkannte Gesetz ist eins*. Wären

unsere Sinne und unser Scharfsinn millionenmal schärfer, so bin ich überzeugt, daß wir mit dem nämlichen Chronometer, mit dem wir jetzt unsere Länge kaum bis auf $\frac{1}{3}$ Grad nach 3 Monaten bestimmen können, — wir sie dann bis auf 3 Sek. wissen würden.

Man übersieht den Gang eines Chronometers nie besser, als wenn man ihn verzeichnet. Ich habe dieses auf Taf. III. für den *Brühlschen* Chronometer nach den Angaben gethan, die der Graf davon bekannt gemacht hat. — Dieses Journal geht bis zum 11ten März 1785. Die späteren Beobachtungen des Grafen sind mir nicht bekannt geworden. — Diese umfassen einen Zeitraum von 440 Tagen. Die Resultate sind folgende:

Gang des Graf Brühlschen Chronometer.

1783.	Laufen- de Tage.	Gang d. Uhr.	1784.	Laufen- de Tage.	Gang d. Uhr.
Dec. 27.	0	0"	Jul. 31.	217	- 47",1
84 J. 28.	32	+ 28,0	Aug. 16.	233	- 60,1
Feb. 25.	60	+ 45,1	Okt. 15.	293	- 65,8
März 27.	91	+ 49,0	Nov. 13.	323	- 61,6
Ap. 27.	122	+ 35,7	Dec. 14.	353	- 54,2
Mai 27.	152	+ 9,8	85 Jan. 10	380	- 48,7
Jun. 27.	183	- 27,5	Feb. 11.	412	- 47,8
			März 11.	440	- 47,9

Man sieht gleich, daß man auf dieser Linie nur gewisse Stücke von gewisser Größe zu wählen braucht, um jeden gegebenen Gang zu erhalten.

Dr. Masklyne nimmt bey den Uhren, die ihm zur Prüfung von der Commission der Meeres-

länge übergeben werden, den Gang von einem Monate für *den Gang* an, der sich dem wahren Mittleren am meisten nähert. — Graf von *Brühl* und Herr von *Zach* nehmen hiezu den Gang von 5 oder 6 Monaten.

Folgende Tafeln enthalten einige von den vielen Verbindungen, die hiedurch möglich werden.

Die Ite Tafel enthält die Fehler der Uhr, nach dem Gange des ersten, mittelsten und letzten Monats. Im ersten Monate ging sie in 30 Tagen $\pm 26'$, 26 folgl. täglicher Gang $\pm 0'',875$. — Im 8ten Monat — $7'',5$ tägl. Gang — $0'',25$. — Im letzten Monate in 30 Tagen — $0'',1$ täglicher Gang $0''003$.

Fehler der Uhr.

I.	Laufende Tage.	Nach d. 1ten M.	Nach d. 8ten M.	Nach d. 15ten M.
1784.				
Jan. 28.	32	0''	+ 36''	+ 28''
Feb. 25.	60	— 7	+ 60	+ 45
März 27.	91	— 30	+ 72	+ 49
Ap. 27.	122	— 71	+ 66	+ 36
Mai 27.	152	— 133	+ 48	+ 10
Jun. 27.	183	— 188	+ 18	— 28
Jul. 31.	217	— 236	+ 7	— 47
Aug. 16.	233	— 263	— 2	— 60
Okt. 15.	293	— 321	+ 7	— 66
Nov. 13.	323	— 343	+ 18	— 62
Dec. 14.	353	— 368	+ 32	— 54
Jan. 10.	380	— 379	+ 46	— 49
Feb. 11.	412	— 407	+ 55	— 48
März 11.	440	— 430	+ 62	— 48

Man sieht aus dieser Tafel, daß der Fehler der Uhr in den 3 ersten Monaten nie bis auf 80 Sek. ging, daß sie folglich die Länge nie bis auf $\frac{1}{2}$ Grad unrichtig angab.

Die beyden folgenden Tafeln enthalten die Fehler der Uhr, wenn man das erste und zweite, — und das zweite und dritte Vierteljahr für den mittleren Gang nimmt. Im ersten und zweiten Vierteljahr war der Gang in 183 Tagen (vom 27. Dec. bis 28. Jun.) — 27", 5, folgl. täglicher Gang — 0", 15. — Im zweiten und dritten Vierteljahr war der Gang in 147 Tagen (v. 27. März bis 16. Aug.) — 109 Sek. folgl. täglicher Gang — 0", 741.

II. 1tes u. 2tes V. Jahr.

III. 2tes u. 3tes V. Jahr.

1784.	Laufen- de Tage.	Fehler d. Uhr.	1784.	Laufen- de Tage.	Fehler d. Uhr.
Jun. 28.	0	0	Jan. 28.	32	+ 51"
Jul. 31.	33	— 15	Feb. 25.	60	+ 89
Aug. 16.	49	— 26	März 27.	91	+ 116
Okt. 15.	109	— 22	Okt. 15.	60	+ 28
Nov. 13.	138	— 13	Nov. 13.	89	+ 66
Dec. 14.	169	— 2	Dec. 14.	120	+ 87
Jan. 10.	196	+ 8	Jan. 10.	147	+ 119
Feb. 11.	228	+ 14	Feb. 11.	179	+ 144
März 11.	256	+ 18	März 11.	207	+ 165

Nach Taf. II. gab die Uhr die Länge nach 3 Monaten bis auf $\frac{1}{8}$ Grad genau. Nach Taf. III. ging der Fehler am 27. März bis auf $\frac{1}{2}$ Grad. Die Anomalie der Temperatur hatte hier ihren ganzen Einfluß, da von ihrem fünfmonatlichen Gange in den heißen Monaten auf ihren Gang in den entfernten kalten geschlossen wurde. Der Beobach-

ter kann dieses leicht vermeiden, und er ist sicher, daß er weniger irrt, wenn er bey der Bestimmung des mittleren Ganges entweder gleich mittlere Temperaturen wählt oder Beobachtungen aus warmen und kalten Monaten mit einander verbindet.

Die folgenden beyden Tafeln enthalten die Fehler der Uhr, wenn man das dritte und vierte — und das vierte und fünfte Vierteljahr zur Bestimmung des mittleren Ganges nimmt. — Die IV. Taf. hat zum tägl. Gange — $0'',042$. Die Uhr ging in 170 Tagen (vom 28. Jun. bis 14. Dec.) — $7'',10$. — Die V. Taf. hat zum tägl. Gange + $0'',122$. Die Uhr ging in 147 Tagen (vom 15. Okt. 1784. bis 11 März 1785.) + $18''$.

IV. 3tes u. 4tes V. Jahr. V. 4tes u. 5tes V. Jahr.

1784.	Laufende Tage.	Fehler d. Uhr.	1784.	Laufende Tage.	Fehler d. Uhr.
Jan. 28.	32	+ 27''	Jan. 28.	32	+ 24''
Feb. 25.	60	+ 42	Feb. 25.	60	+ 38
März 27.	91	+ 45	März 27.	91	+ 38
Ap. 27.	122	+ 31	Ap. 27.	122	+ 21
Mai 27.	152	+ 4	Mai 27.	152	- 9
Jun. 27.	183	- 36	Jun. 27.	183	- 50
Jan. 10.	27	+ 5	Jul. 31.	217	- 75
Feb. 11.	52	- 1	Aug. 16.	233	- 88
März 11.	80	- 3			

In diesen beyden Tafeln macht der Fehler der Uhr in den ersten 3 Monaten nie $\frac{1}{2}$ Grad Fehler in der Bestimmung der Länge. —

Theilt man die ganze Zeit der Beobachtung in zwey Theile und berechnet aus einem den Gang für den andern, so erhält man folgende Feh-

ler der Uhr: — (In Taf. VI. liegt der Gang der ersten Hälfte vom 27. Dec. 1783. bis 31. Jul. 1784. zum Grunde.) In diesen 217 Tagen ging die Uhr — $47''$,₁ folgl. tägl. Gang — $0''$,₂₁₆. — In Taf. VII. ist der tägliche Gang — $0''$,₀₀₃₅, da sie in 224 Tagen, vom 31. Jul. bis 11. März, — $0''$,₇₉ ging.

VI. Erste Hälfte. VII. Zweite Hälfte.

1784.	Laufen- de Tage.	Fehler d. Uhr.	1784.	Laufen- de Tage.	Fehler d. Uhr.
Jul. 31.	0	0''	Jan. 28.	32	+ 28''
Aug. 16.	16	— 10	Feb. 25.	60	+ 45
Okt. 15.	76	— 2	März 27.	91	+ 49
Nov. 13.	105	+ 9	Ap. 27.	122	+ 36
Dec. 14.	136	+ 23	Mai 27.	152	+ 10
Jan. 10.	164	+ 34	Jun. 27.	183	— 27
Feb. 11.	196	+ 42	Jul. 31.	217	— 46
März 11.	224	+ 48			

In diesen beyden Tafeln geht der Fehler nie über 49 Sek., folglich der der Länge nie bis auf $\frac{1}{4}$ Grad. Man sieht zugleich aus Taf. VI., daß eine grössere Menge Beobachtungen nicht immer einen richtigeren Gang geben. — Hier liegen 217 Tage zum Grunde, und der berechnete Gang weicht zum Theil mehr von dem Beobachteten ab, wie in Taf. II., wo nur aus 183 Tagen das Mittel genommen wurde. Am Ende des Dec. ist der auf Taf. VI. $10''$ und in der Mitte des März $30''$ fehlerhafter.

Legt man endlich den Gang der Uhr von der ganzen Periode zum Grunde, so erhält man für den täglichen Gang — $0''$,₁₁, da sie vom 27.

Dec. 1783. bis 11. März 1785., also in 440 Tagen 47,9 Sek. zurückblieb.

VIII.

1784.	Laufen- de Tage.	Fehler d. Uhr.	1784.	Laufen- de Tage.	Fehler d. Uhr.
Jan. 28.	32	+ 32	Jul. 31.	217	— 23
Feb. 25.	60	+ 52	Aug. 16.	233	— 34
März 27.	90	+ 59	Okt. 15.	293	— 34
Ap. 27.	122	+ 49	Nov. 13.	323	— 26
Mai 27.	152	+ 27	Dec. 14.	353	— 15
Jun. 27.	183	— 8	Jan. 10.	380	— 7
			Feb. 11.	412	— 3
			März 11.	440	— 0

Der größte Irrthum des Chronometers war hiernach nur 59 Sek. Dieses würde in der Meereslänge noch keinen Irrthum von $\frac{1}{4}$ Grad gemacht haben, welches auf dem Aequator nur $3\frac{3}{4}$ deutsche Meilen sind.

Aus diesem allem folgt: — daß die Chronometer die Meereslänge auf den gewöhnlichen Seereisen mit einer hinlänglichen Sicherheit geben, — daß sie zwar nicht so sicher sind, wie die Mondstrecken, — daß sie aber vor diesen wieder den Vortheil haben, daß wenn der Beobachter die Zeit seines Schiffs weiß, er auch zugleich seine Länge kennt, welches bey dem Neumonde und bey bedeckten Nächten durch die Distanzen nicht möglich ist. — Ein Schiffer, der beyde Methoden mit einander verbindet, weiß seine Länge immer mit völliger Sicherheit, sobald er nur die Zeit seines Schiffs kennt.

Bey geogr. Bestimmungen der verschiedenen Orte eines Landes leistet der Chronometer, sowohl

was Schnelligkeit und Genauigkeit betrifft, mehr als jede andere Methode, und ich zweifle, daß es möglich ist, noch eine andere Methode zu erfinden, die mehr leistet, wie die der übertragenen Zeit. — Hat der Beobachter den täglichen und stündlichen Gang des Chronometers einige Monate lang in verschiedenen Temperaturen beobachtet und linearisch verzeichnet, so wird er bald über die Güte des Chronometers und über die Genauigkeit urtheilen können, die er ihm in 10, 15 bis 20 Tagen geben wird. Beobachtet und verzeichnet er bey seiner Zurückkunft wieder mit der nämlichen Sorgfalt den Gang des Chronometers, so kann er nach vier Wochen den fehlenden Theil in der Linie des Ganges mit einer solchen Sicherheit auszeichnen, daß er seiner Längen bis auf 5 Sek. sicher ist. — Oft kann der Fehler der Zeitbestimmung ohne Mittagsfernrohr größer seyn, wie der des Chronometers.

Das Hauptgesetz vom Gange der Chronometer kennen wir, und dieses zu wissen ist in den meisten Fällen für die Länge zur See und auf dem Lande hinlänglich, und hierauf beruht die Brauchbarkeit der Chronometer. Will man ihren Gebrauch auch auf solche Fälle ausdehnen, die eine Kenntniß der Gesetze ihrer Anomalien voraussetzen, so fodert man etwas Unmögliches. — Es ist fast das nämliche, als wenn man eine Flurkarte mit Mondstanzungen aufnehmen wollte. —