

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

N^o. 733.

Bestimmung des Längenunterschiedes von Altona und Schwerin durch Chronometer-Reisen,
von Herrn Regierungs-Secretair *Paschen* in Schwerin. (Beschluss).

9.

Es ist bereits in Nr. 701 der A. N. das Vorhandensein constanten Fehler in dem Gange der mehrsten Chronometer nachgewiesen, welche für jedes einzelne dieser Chronometer constante Fehler in der Bestimmung des Längenunterschiedes zur Folge gehabt haben müssen. Diese Fehler, die in den Unterschieden der Tagesmittel von dem Gesamtmittel natürlich nicht hervortreten konnten, werden hier noch zu berücksichtigen sein. *) Sind diese Fehler auch für jedes einzelne Chronometer als constant anzusehen, so wird es doch erlaubt sein, sie in Bezug auf das Endresultat aus den Angaben aller Chronometer als zufällige Fehler zu behandeln.

Bildet man die Unterschiede zwischen der als Endresultat gefundenen Längendifferenz:

5' 54" 847

und den Resultaten, welche jedes Chronometer im Mittel aus allen Reisen und mit Rücksicht auf die Dauer der Reisen für sich allein liefert, so enthalten diese Unterschiede sowohl die zufälligen als die constanten Fehler der Chronometer, sie sind aber frei, oder doch sehr nahe frei, von den Fehlern im Stande der Pendeluhr. Die Unterschiede sind folgende:

<i>Kessels</i>	1316	−0"029	Gew.: 2541
<i>Krille</i>	110	+0,043	652
<i>Kessels</i>	1252	+0,133	473
<i>Breguet</i>	4052	+0,251	450
<i>Kessels</i>	1260	−0,108	437
<i>Krille</i>	61	−0,118	386
<i>Arnold</i>	1755	+0,142	247
<i>Dent</i>	2033	−0,034	64
<i>Earnshaw</i>	464	−0,268	51

Summe 5301

*) Die Abweichungen der Resultate des Chronometers *Kessels* 1252 von dem jedesmaligen Tagesmittel sind in Nr. 701 der A. N. unrichtig berechnet. Sie betragen für die einzelnen Tage der Reihe nach:

+0"00 +0"06 +0"08 +0"25; im Mittel +0"10

Hiernach scheint auch bei diesem Chronometer eine constante Unregelmässigkeit des Ganges stattgefunden zu haben.

Die Gewichte beziehen sich allein auf die zufälligen Fehler der Chronometer. Die Quadrate der Unterschiede, multiplicirt in die Gewichte, geben die Summe 59,2492, mithin die mittlere Grösse eines Unterschiedes, welcher der Gewichtseinheit entspricht,

$$= \sqrt{\frac{59,2492}{9-1}} = \sqrt{7,40615} = \pm 2"721.$$

Da nun die Grösse dieses Unterschiedes, so weit sie abhängt von den zufälligen Fehlern der Chronometer, nur $\pm 1''$ betragen sollte, so erhält man für die mittlere Unsicherheit des Endresultats, welche allein dem Einflusse der constanten Fehler zuzuschreiben ist, den Näherungswerth:

$$\sqrt{\frac{(7,40615-1)}{5301}} = \sqrt{0,001209} = \pm 0"035.$$

Die mittlere Unsicherheit des Endresultats würde man also, unter Berücksichtigung aller, bisher in Betracht gezogener Fehler, näherungsweise annehmen können zu:

$$\sqrt{(0,002618 + 0,001209)} = \sqrt{0,003827} = \pm 0"062.$$

10.

Die Ermittlung der s. g. Personaldifferenz zwischen dem Herrn Dr. *Petersen* und mir ist am 9^{ten} September am Altonaer Meridianreise vorgenommen. Da die Beobachtungen zur Zeitbestimmung in Schwerin am Chronometer *Dent* 2033, in Altona aber wie gewöhnlich an der Pendeluhr gemacht waren, und da, nach einer Mittheilung des Herrn Conferenzzaths *Schumacher*, erfahrungsmässig nicht Jeder die Stern-durchgänge am Chronometer ebenso beobachtet, wie an der Pendeluhr, so ward bei der Bestimmung der Personaldifferenz das sonst gewöhnliche Verfahren in einem Punkte modificirt. Herr Dr. *Petersen* nämlich beobachtete die Fädenantritte an der Pendeluhr, ich aber am Chronometer *Dent* 2033, und beide Uhren wurden während der Beobachtungen viermal durch Coincidenzen verglichen. Die Beobachtungen gaben die nachstehenden Resultate:

Stern.	<i>Petersen</i> — <i>Paschen</i> .	Gew.	Abw. v. Mittel.
1. Sagittæ	+0"033	1,50	−0"059
α Aquilæ	+0,160	1,71	+0,066
β Aquilæ	−0,079	0,67	−0,173

Stern.	Petersen-Paschen.	Gew.	Abw. v. Mittel.
17 ϵ Vulpeculae	-0 ^u 083	1,88	-0 ^u 177
20 k Vulpeculae	+0,128	1,88	+0,034
α' Capricorni	+0,037	2,00	-0,057
25 Vulpeculae	+0,156	2,00	+0,062
Anonyma 1	+0,024	1,50	-0,070
— 2	+0,100	2,00	+0,006
— 3	+0,048	1,71	-0,046
Anonyma 4	-0,015	1,71	-0,109
— 5	+0,225	1,50	+0,131
31 r Vulpeculae	+0,001	2,00	-0,093
8 α' Aquarii	+0,003	2,00	-0,091
Anonyma 6	+0,252	2,00	+0,158
Anonyma 7	+0,157	1,71	+0,061
— 8	+0,102	1,71	+0,008
28 Aquarii	+0,248	2,00	+0,154
Anonyma 9	-0,030	2,00	-0,124
— 10	+0,279	2,00	+0,185
<hr/>			
Mittel mit Rücksicht auf die Gewichte +0 ^u 0935		35,48	

Die Gewichte der einzelnen Vergleichen sind bestimmt

nach der Formel $\frac{1}{\frac{1}{n} + \frac{1}{n'}}$, wo n die Zahl der Fäden, die der eine, n' die Zahl der Fäden, die der andere Beobachter erhalten hatte, bezeichnet.

Die Quadrate der Abweichungen vom Mittel, multiplicirt in die Gewichte, geben die Summe: 0,355966; daraus folgt:
mittlere Unsicherheit eines Fadenantritts $\pm 0^u136$
mittlere Unsicherheit der Personaldifferenz $\pm 0,023$

Nach Anbringung der Personaldifferenz an den im Art. 8 gefundenen Längenunterschied erhält man als das endliche Resultat:

Schwerin östlich von Altona in Zeit: 5'54^u753.

Der im Art. 9 berechnete mittlere Fehler des Längenunterschiedes wird durch die Unsicherheit der Personaldifferenz um ein Geringses vergrößert; man findet für den Gesamtbetrag dieses Fehlers die Zahl: $\pm 0^u066$.

11.

Der Punkt in Schwerin, auf welchen sich der Längenunterschied bezieht, ist mit den Thürmen der Stadt trigonometrisch verbunden. Die Thürme gehören zu einem kleinen Dreiecksnetz, welches vor einigen Jahren für militairische Zwecke in der hiesigen Gegend ausgeführt ist, und welches

aus einem Fenster meiner Wohnung, — ebenfalls einem Dreieckspunkte — orientirt worden ist. Da der Beobachtungsplatz diesem letzten Punkte sehr nahe liegt, so war die Verbindung leicht ausgeführt.

Die Entfernungen der einzelnen Punkte vom Dreieckspunkte in meiner Wohnung und ihre Azimuthe, gezählt vom Süden rechts herum, sind:

	Entfernungen in preuss. Fussen.	Azimuthe.
Beobachtungsplatz	38'35	326°40'45"
Domthurm	1343,07	129 20 27,5
Nicolaithurm	1875,33	171 2 3,5
Schlossturm (höchster)	1029,74	356 22 26,5
Zeughausturm (höchster)	2218,91	129 10 10,4

Die aus diesen Zahlen mit den *Bessel'schen* Constanten berechneten Längen und Breiten der einzelnen Punkte — die Länge des Beobachtungsplatzes = 0, die Breite desselben = 53°37'42^u0 gesetzt — mögen hier, obwohl sie schon früher mitgetheilt sind, der bequemerer Uebersicht wegen, nochmals wieder aufgeführt werden:

	Länge in Bogensekunden.	Breite.
Beobachtungsplatz	0°0000	53°37'42 ^u 0
Domthurm	18,1025 West	+ 8,9694
Nicolaithurm	5,3527 West	+19,1328
Schlossturm (höchster)	0,7524 Ost	-10,1086
Zeughausturm (höchster)	29,7456 West	+14,5538

Beim Zeughausturm, welcher keine Spitze hat, bezieht sich diese Bestimmung nicht auf die Mitte des Thurms, sondern auf eine, südwestlich von der Mitte gelegene Zinne, die, um sie zur Aufstellung des Theodoliten bequemer einzurichten, um einige Zolle höher aufgemauert ist, wodurch sich dieselbe von den übrigen Zinnen unterscheidet.

Setzt man die Länge von Altona, von Ferro aus gerechnet, = 27°36'16^u05, so wird die Länge des Beobachtungsplatzes in Schwerin = 29°4'57^u34.

12.

Für die Uebertragungen der Zeit durch Chronometer im Allgemeinen dürfte es von Interesse sein, hier besonders hervorzuheben, was, nach den Ergebnissen des vorliegenden Unternehmens, Chronometer zu leisten im Stande sind, wenn der Transport derselben unter so günstigen Verhältnissen, wie es hier der Fall war, stattfindet, und wenn im Uebrigen die Umstände so angeordnet werden können, dass im Wesentlichen keine andere als die zufälligen Fehler der Chronometer in dem Endresultate der Zeitübertragungen enthalten sind.

Es ward bereits in den Art. 8 und 9 das Gewicht des Endresultats, soweit es allein von den zufälligen Fehlern der Chronometer abhängt, = 5301 gefunden; diesem Gewicht entspricht aber ein mittlerer Fehler von nur $\pm 0^{\circ}0137$. Dies Resultat, das unter den vorliegenden Umständen an und für sich allein nur wenig Vertrauen verdient, findet anderweitig seine vollständige Bestätigung. Wenn man nämlich mit Beiseitesetzung der Schweriner Uhrvergleichen, den Gang der Chronometer während ihrer Abwesenheit aus Altona, so wie derselbe aus den Vergleichen vor der Abreise von Altona und nach der Rückkehr dahin hervorgeht, in Betracht zieht, und aus den 4 Werthen, die man daraus für den Gang jedes Chronometers während eines Zeitraums von nahe 20,5 Stunden erhält, den specifischen Factor jedes Chronometers und das Gewicht der mit ihm vorgenommenen Zeitübertragungen berechnet, so findet man für die acht Altonaer Chronometer:

		Specif. Factor.	Gew. der 4 mal. Zeitübertragung.
<i>Kessels</i>	1252	114,720	3067
<i>Kessels</i>	1260	66,632	1904
<i>Krille</i>	110	56,639	1569
<i>Kessels</i>	1316	42,746	1214
<i>Krille</i>	61	23,436	655

	Specif. Factor	Gew. der 4 mal. Zeitübertragung.
<i>Arnold</i> 1755	19,695	545
<i>Breguet</i> 4052	10,087	277
<i>Earnshaw</i> 464	1,709	47

Gewicht aller Zeitübertragungen 9278

Diesem Gewicht zufolge würde eine, durch viermaliges Hin- und Herbringen der 8 Chronometer vorgenommene Zeitübertragung eine mittlere Unsicherheit von $\pm 0^{\circ}0104$ besitzen. Dies Resultat stimmt aber mit dem oben gefundenen sehr nahe überein.

Es versteht sich, dass dies Resultat nur gelten kann, wenn man im Stande ist, die Zeitübertragung von dem Einfluss der constanten Unregelmässigkeiten im Gange der Chronometer zu befreien. Es ist schon in dem vorläufigen Bericht die Ansicht ausgesprochen, dass diese Unregelmässigkeiten wohl durch das Aufziehen der Chronometer unmittelbar vor jeder Abreise an beiden Orten der Vergleichung vermieden, oder unschädlich gemacht werden möchten; ob aber und wie weit diese Ansicht die richtige ist, darüber wird nur die Erfahrung entscheiden können

Anlage I.

Zeitbestimmungen am Meridiankreise der Altonaer Sternwarte.

1848 August 31. Kreis Ost.

δ Urs. min.	18 ^h 22'	$\delta U = -25^{\circ}39$
α Lyrae	18 32	25,41
β —	18 45	25,40
ζ Aquilae	18 59	25,39
β Aquarii	21 24	25,36
	19 ^h 25'	$\delta U = -25,39$

September 4. Kreis Ost.

γ Urs. maj.	11 ^h 46'	$\delta U = -25,53$
Polar s. p.	13 6	24,81
12 Can. ven.	12 49	25,51
β Librae	15 9	25,40
α Coronae	15 29	25,42
α Serpentis	15 37	25,43
δ Ophiuchi	16 7	25,33
δ Urs. min.	18 22	25,16
α Lyrae	18 32	25,41
β —	18 45	25,23
ζ Aquilae	18 58	25,29
δ —	19 18	25,34
β Aquarii	21 24	25,37
α —	21 58	25,35
	17 ^h 9'	$\delta U = -25^{\circ}38$

1848 September 5. Kreis West.

Polar. s. p.	13 ^h 6'	$\delta U = -24^{\circ}10$
α Virginis	13 18	25,38
γ Urs. maj.	13 42	25,40
η Bootis	13 48	25,46
α —	14 9	25,34
β Urs. min.	14 52	25,23
β Librae	15 9	25,48
α Coronae	15 29	25,45
α Serpentis	15 37	25,46
β' Scorpii	15 57	25,58
δ Ophiuchi	16 7	25,50
	14 ^h 48'	$\delta U = -25^{\circ}45$

September 6. Kreis Ost.

α Hydrae	9 ^h 21'	$\delta U = -25^{\circ}44$
α Leonis	10 1	25,54
γ Urs. maj.	11 46	25,58
Polar. s. p.	13 6	24,55
α Virginis	13 18	25,71
γ Urs. maj.	13 42	25,64
η Bootis	13 48	25,60
α —	14 9	25,59
α Serpentis	15 37	25,53
β' Scorpii	15 57	25,53
δ Ophiuchi	16 7	25,46

1848 Septbr. 6. Fortsetzung.

γ Draconis	17 ^h 54'	$\delta U = -25^{\circ}51'$
δ Urs. min.	18 22	25,16
β Lyrae	18 45	25,55
ζ Aquilae	18 59	25,58
δ —	19 18	25,50
	14 ^h 54'	$\delta U = -25^{\circ}55'$

September 7. Kreis West.

α Leonis	10 ^h 1'	$\delta U = -25^{\circ}54'$
γ Urs. maj.	11 46	25,57
Polar. s. p.	13 6	23,99
α Virginis	13 18	25,77
η Urs. maj.	13 42	25,64
η Bootis	13 48	25,66
α —	14 9	25,61
α Coronae	15 29	25,65
α Serpentis	15 37	25,68
γ Draconis	17 54	25,69
δ Urs. min.	18 22	25,02
β Lyrae	18 45	25,76
ζ Aquilae	18 59	25,66
	14 ^h 52'	$\delta U = -25^{\circ}66'$

1848 September 9. Kreis Ost.

α Hydrae	9 ^h 21'	$\delta U = -25^{\circ}91'$	Gew. 6
α Leonis	10 1	26,04	2
δ Urs. min.	18 22	25,97	
β Lyrae	18 45	25,99	6
δ Aquilae	19 18	26,02	3
α —	19 44	25,97	3
β —	19 48	25,72	1
α' Capricorni	20 10	26,04	3
	16 ^h 5'	$\delta U = -25^{\circ}97'$	

Nur Sept. 9 ist auf die Anzahl der beobachteten Fäden-Antritte Rücksicht genommen, die übrigen Tage sind fast alle Sterne an 9 Fäden, oder an mehr als die Hälfte davon, beobachtet worden, weshalb ihnen auch gleiches Gewicht beilegt ist. Für die vor Mittag culminirenden Sterne ist das überschriebene Datum nach bürgerlicher Rechnung zu nehmen.

Anlage II.

Wenngleich die Art und Weise, wie die Schweriner Beobachtungen berechnet sind, bereits im Allgemeinen angegeben ist, so mag es doch vielleicht nicht überflüssig sein, beispielsweise für eine der Zeitbestimmungen die Rechnung selbst, den Hauptmomenten nach, hieher zu setzen. Es soll dazu die erste vollständige Zeitbestimmung — Septbr. 5 — gewählt werden.

Setzt man, nach vorläufigen, näherungsweise geführten Rechnungen die Correction

der Uhr auf Sternzeit für 17^h50' = — 6' 35" 2 + \mathfrak{J}

den täglichen Gang der Uhr (Voreilung) — 1,3

die successiven Azimuthe des Kreis-Endes der Axe, gezählt von Süden rechts herum, III. = 92° 6' 13" 35 — 15. a
IV. = 272 18 38,57 — 15. a'
V. = 272 27 50,13 — 15. a''

die Correction der Ablesung der Libelle, wenn das Kreisende der Axe höher angenommen werden muss + 15. b

den Fehler der optischen Axe, wenn diese bei westlicher Lage des Kreises östlich abweicht. + 15. c

die Polhöhe des Beobachtungsortes = 53°37'42" 2

so geben die Beobachtungen für die 6 Unbekannten \mathfrak{J} , a , a' , a'' , b , c folgende

Bedingungsgleichungen.

Polaris	W. direct	+ \mathfrak{J}	+ a . 41,43		— b . 54,61	— c . 68,55	+0"300 = 0
—	O. „	+ \mathfrak{J}		+ a' 56,59	+ b . 75,21	+ c . 94,12	+0,300 = 0
—	O. reflectirt	+ \mathfrak{J}		+ a'' . 88,44	— b . 118,50	+ c . 147,86	—0,938 = 0
—	O. direct	+ \mathfrak{J}		+ a'' . 101,31	+ b . 136,00	+ c . 169,58	+1,718 = 0
β Draconis	W. „	+ \mathfrak{J}	+ a . 0,034		+ b . 1,629	+ c . 1,640	—0,592 = 0
γ —	O. „	+ \mathfrak{J}		+ a' 0,059	— b . 1,606	— c . 1,607	+0,400 = 0
α Lyrae	O. „	+ \mathfrak{J}		+ a'' . 0,331	— b . 1,237	— c . 1,280	+0,521 = 0
α Ophiuchi	W. „	+ \mathfrak{J}	+ a . 0,672		+ b . 0,774	+ c . 1,025	—0,528 = 0
β —	O. „	+ \mathfrak{J}		+ a' 0,757	— b . 0,658	— c . 1,003	+0,614 = 0

Die Gleichungen für den Polarstern erhalten eine, für die Rechnung bequemere Gestalt, wenn man sie mit der Quadratwurzel ihrer resp. Gewichte multiplicirt; dies geschieht, nach der oben über die Gewichte gemachten Annahme, wenn jede dieser Gleichungen durch den Factor von c dividirt wird. Die vier Gleichungen gehen dann in folgende über:

Polaris	W. direct	+ 90,014	+ a. 0,604		- b. 0,797	- c	+ 0"004 = 0
—	O. direct	+ 90,011		+ a'. 0,601	+ b. 0,799	+ c	+ 0,003 = 0
—	O. reflectirt	+ 90,007			+ a". 0,598	- b. 0,801	+ c - 0,006 = 0
—	O. direct	+ 90,006			+ a". 0,597	+ b. 0,802	+ c + 0,010 = 0

Aus den 9 Bedingungsgleichungen, deren jede nunmehr das Gewicht 1 hat, ergeben sich die nachstehenden

Endgleichungen.

Für a"	+ a". 0,8236	+ c. 0,7713	+ a'. 0,0000	+ a. 0,0000	- b. 0,4094	+ 9. 0,3388	+ 0"1754 = 0
„ c	+ a". 0,7713	+ c. 12,9671	- a'. 0,2531	+ a. 0,1406	+ b. 9,9025	- 9. 1,2150	- 3,4336 = 0
„ a'	+ a". 0,0000	- c. 0,2531	+ a'. 0,9377	+ a. 0,0000	- b. 0,1127	+ 9. 0,8226	+ 0,4901 = 0
„ a	+ a". 0,0000	+ c. 0,1406	+ a'. 0,0000	+ a. 0,8188	+ b. 0,0945	+ 9. 0,7145	- 0,3725 = 0
„ b	- a". 0,4094	+ c. 9,9025	- a'. 0,1127	+ a. 0,0945	+ b. 10,3862	- 9. 1,0912	- 3,0570 = 0
„ 9	+ a". 0,3388	- c. 1,2150	+ a'. 0,8226	+ a. 0,7145	- b. 1,0912	+ 9. 5,0004	+ 0,4151 = 0

Die Auflösung dieser Gleichungen ergibt:

$$\begin{aligned} 9 &= +0"0495 \text{ mit dem Gewicht } 3,2844 \\ b &= -0,0085 \quad \text{—} \quad \text{—} \quad 1,5035 \\ a &= +0,3644; \quad a' = -0"4880 \\ a'' &= -0,5119 \quad c = +0,2929 \end{aligned}$$

Anlage III.

Uhrstände der Chronometer und daraus abgeleitete Resultate.

(Es bezeichnet T... die Uhrzeit, in Tagen des Septembers ausgedrückt; St... den Stand gegen mittlere Zeit des Orts der Vergleichung; R. St... den reducirten Stand für ein unbestimmtes Zeitmoment.)

Kessels 1316.

Ort der Vergl.

T.

St.

R. St. für Sept. 4,0

Altona

4,1403

+4' 13"92

+4' 16"46

Schwerin

Altona

4,9812

+4 13,03

16,66

+0"20

5,1382

12,44

16,67

+0,01

Schwerin

5,3944

+9 66,30

16,64

-0,03

5,6965

65,13

16,62

-0,02

Altona

5,9819

+4 9,23

16,57

-0,05

6,1305

8,60

16,51

-0,06

Schwerin

6,3833

+9 62,42

16,43

-0,08

6,6729

61,41

16,52

+0,09

Altona

6,9840

+4 5,53

16,59

+0,07

7,1305

4,90

16,51

-0,08

Schwerin

7,3931

+9 58,81

16,55

+0,04

7,6653

57,73

16,51

-0,04

Altona

8,0062

+4 1,62

16,46

-0,05

i' = -3"8445; i" = -3"6937

Schwerin östl. v. Altona, Zeit:

Gew.:

Sept. 4

5

+5' 54"84

7,407

6

54,74

7,170

7

54,87

6,741

Mittel

+5' 54"817

21,318

S = 0,2160; $\frac{10}{S} = 46,2963$; m = ± 0"147

Krille 110.

T.

St.

R. St. für Sept. 4,0

4,1375

-0' 8"19

-0' 8"06

4,4209

+5 46,85

7,85

+0"21

4,6925

46,52

7,94

-0,09

4,9722

-0 8,65

8,17

-0,23

5,1250

8,85

8,24

-0,07

5,4139

+5 45,87

8,34

-0,10

5,7014

45,67

8,28

+0,06

5,9777

-0 9,19

8,21

+0,07

6,1229

9,39

8,28

-0,07

6,3993

+5 45,33

8,39

-0,11

6,6854

45,26

8,20

+0,19

6,9791

-0 9,56

8,08

+0,11

7,1187

9,67

8,07

+0,01

7,4008

+5 45,19

8,04

+0,03

7,6639

44,89

8,10

-0,06

8,0035

-0 10,02

8,06

+0,04

i' = -0"9121; i" = -0"1810

Schwerin östl. v. Altona, Zeit:

Gew.:

+5' 55"10

7,104

54,79

7,080

54,79

7,023

54,88

6,490

Mittel

+5' 54"885

27"697

S = 0,7388; $\frac{12}{S} = 16,2425$; m = ± 0"248

*Kessels 1252.**Breguet 4052.*

Ort der Vergl.	T.	St.	R. St. für Sept. 4,0
Altona	4,1417	-1' 50''61	-1' 50''70
Schwerin	4,5085	+4 4,62	50,78 -0''08
	4,7111	4,92	50,62 +0,16
Altona	4,9764	-1 50,03	50,83 -0,21
	5,1292	49,91	50,81 +0,02
Schwerin	5,4242	+4 5,28	50,87 -0,06
	5,7131	5,44	50,90 -0,03
Altona	5,9826	-1 49,15	50,75 +0,15
	6,1264	49,01	50,71 +0,04
Schwerin	6,4500	+4 6,09	50,88 -0,17
	6,7118	6,24	50,80 +0,08
Altona	6,9854	-1 48,36	50,77 +0,03
	7,1122	48,28	50,77 -0,00
Schwerin	7,4264	+4 7,27	50,49 +0,28
	7,6965	7,29	50,65 -0,16
Altona	8,0069	-1 47,47	50,70 -0,05

$$i' = +0''6704; i'' = +0''8977$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

Sept. 4	+5' 55''07	6,481
— 5	54,88	7,101
— 6	54,83	6,745
— 7	55,16	6,405

$$\text{Mittel } +5' 54''985 \quad 26,732$$

$$S = 0,8984; \frac{12}{S} = 13,3571; m = \pm 0''273$$

T.	St.	R. St. für Sept. 4,0.
4,1382	+18' 2''84	+18' 2''57
4,4444	+23 58,56	2,80 +0''23
4,7028	58,82	2,56 -0,24
4,9701	+18 3,98	2,47 -0,09
5,1278	4,29	2,48 +0,01
5,4326	+23 59,63	2,32 -0,16
5,7069	59,97	2,11 -0,21
5,9799	+18 5,17	2,08 -0,03
6,1278	5,50	2,12 +0,04
6,4021	+23 60,93	2,10 -0,02
6,6833	61,61	2,23 +0,13
6,9806	+18 7,03	2,37 +0,14
7,1215	7,35	2,41 +0,04
7,4028	+23 62,77	2,37 -0,04
7,6646	63,47	2,56 +0,19
8,0028	+18 8,82	2,57 +0,01

$$i' = +1''9314; i'' = +1''2978$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

+5' 55''25	7,007
55,05	6,944
55,02	7,010
55,07	6,512

$$\text{Mittel } +5' 55''097 \quad 27''473$$

$$S = 0,9587; \frac{12}{S} = 12,5169; m = \pm 0''282$$

*Kessels 1260.**Arnold 1755.*

Ort der Vergl.	T.	St.	R. St. für Sept. 4,0
Altona	4,1529	+2' 52''14	+2' 52''00
Schwerin	4,4104	+8 47,49	52,12 +0''12
	4,6972	47,73	52,10 -0,02
Altona	4,9833	+2 53,27	51,84 -0,26
	5,1410	53,46	51,88 +0,04
Schwerin	5,4014	+8 48,64	51,83 -0,05
	5,7049	48,86	51,77 -0,06
Altona	5,9951	+2 54,78	51,88 +0,11
	6,1403	54,85	51,82 -0,06
Schwerin	6,3889	+8 49,82	51,58 -0,24
	6,6799	50,25	51,74 +0,16
Altona	6,9944	+2 56,29	51,93 +0,19
	7,1347	56,49	52,00 +0,07
Schwerin	7,3979	+8 51,89	52,16 +0,16
	7,6722	52,02	52,04 -0,12
Altona	8,0166	+2 57,89	52,00 -0,04

$$i' = +0''9264; i'' = +1''8853$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

Sept. 4	+5' 54''93	7,379
— 5	54,66	7,286
— 6	54,52	7,203
— 7	54,85	6,703

$$\text{Mittel } +5' 54''740 \quad 28,571$$

$$S = 1,0149; \frac{12}{S} = 11,8233; m = \pm 0''290$$

T.	St.	R. St. für Sept. 4,0
4,1569	-0' 48''03	-0' 47''00
4,4944	+4 65,25	46,85 +0''15
4,7312	63,34	47,20 -0,35
4,9882	-0 53,24	47,38 -0,18
5,1465	54,24	47,34 +0,04
5,4319	+4 58,96	47,56 -0,22
5,7312	57,22	47,33 +0,23
5,9896	-0 59,19	47,33 -0,00
6,1375	60,10	47,26 +0,07
6,4222	+4 53,31	47,28 -0,02
6,7000	51,38	47,38 -0,10
6,9903	-0 65,00	47,17 +0,21
7,1326	65,76	46,99 +0,18
7,4201	+4 47,75	46,89 +0,10
7,6889	45,91	46,96 -0,07
8,0229	-0 70,95	47,00 -0,04

$$i' = -6''5896; i'' = -5''4951$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

+5' 55''15	6,854
54,88	7,374
54,88	6,958
55,06	6,472

$$\text{Mittel } +5' 54''992 \quad 27,658$$

$$S = 1,5738; \frac{12}{S} = 7,6248; m = \pm 0''362$$

Earnshaw 464.

Ort der Vergl.	T.	St.	R. St. für Sept. 4, 0.	
Altona	4,1472	—0' 51''84	—0' 51''09	
Schwerin	4,4729	+4 61,81	50,95	+0''14
—	4,7278	60,00	51,46	—0,51
Altona	4,9812	—0 55,88	51,95	—0,49
—	5,1382	56,42	51,69	+0,26
Schwerin	5,4389	+4 57,32	51,55	+0,14
—	5,7250	55,70	51,71	—0,16
Altona	6,0014	—0 60,11	52,05	—0,34
—	6,1465	61,00	52,20	—0,15
Schwerin	6,4298	+4 52,48	52,37	—0,17
—	6,7021	50,97	52,49	—0,12
Altona	7,0000	—0 63,88	51,81	+0,68
—	7,1403	64,59	51,80	+0,01
Schwerin	7,4111	+4 48,96	51,94	—0,14
—	7,6917	48,20	51,27	+0,67
Altona	8,0132	—0 67,23	51,09	+0,18

$$i' = -5''1032; i'' = -3''2408$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

Sept. 4	+5' 54''90	7,016
— 5	54,83	6,944
— 6	54,13	6,905
— 7	54,41	6,803

$$\text{Mittel } +5' 54''568 \quad 27,668$$

$$S = 6,6762; \frac{12}{S} = 1,7974; m = \pm 0''745$$

Dent 2033 ()*

Ort der Vergl.	T.	St.	R. St. für Sept. 3, 0	
Schwerin	3,4180	+62' 14''71	56' 19''12	
—	3,6882	15,33	19,22	+0''10
Altona	3,9417	+56 20,92	18,99	—0,23
—	4,1174	21,34	19,08	+0,09
Schwerin	4,3458	+62 16,88	19,26	+0,18
—	4,5122	16,98	19,04	—0,22
—	4,6641	17,10	18,87	—0,17
Schwerin	7,3669	+62 20,42	18,87	
—	7,6354	20,48	18,42	—0,45
Altona	7,9528	+56 26,69	18,65	+0,23
—	9,3375	29,61	18,94	+0,29
—	10,1028	31,72	19,60	+0,66
Schwerin	10,3389	+62 26,92	19,42	—0,18
—	10,4400	27,15	19,46	+0,04
—	10,7478	27,75	19,47	+0,01
—	11,2023	28,26	19,12	—0,35

$$i' = +1''9003; i'' = +2''4532$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

Sept. 3.4	+5' 55''00	8,323
-----------	------------	-------

$$\text{— 7.10 } +5' 54,60 \quad 7,386$$

$$\text{Mittel } +5' 54''80 \quad 15,709$$

$$S = 2,8879; \frac{11}{S} = 3,8090; m = \pm 0''512$$

Krille 61.

Ort der Vergl.	T.	St.	R. St. für Sept. 4, 0	
Altona	4,1333	+0' 45''24	+0' 44''71	
Schwerin	4,4257	+6 41,55	45,08	+0''37
—	4,6833	42,77	45,28	+0,20
Altona	4,9659	+0 49,22	45,16	—0,12
—	5,1208	49,57	44,89	—0,27
Schwerin	5,4174	+6 45,45	44,81	—0,08
—	5,7271	46,72	44,86	+0,05
Altona	5,9715	+0 53,23	44,96	+0,10
—	6,1180	53,53	44,68	—0,28
Schwerin	6,4056	+6 49,26	44,49	—0,19
—	6,6875	50,74	44,85	+0,36
Altona	6,9743	+0 57,41	44,93	+0,08
—	7,1145	57,71	44,67	—0,26
Schwerin	7,4028	+6 53,51	44,55	—0,12
—	7,6590	54,71	44,74	+0,19
Altona	7,9840	+0 61,45	44,71	—0,03

$$i' = +3''9560; i'' = +4''3799$$

Schwerin östl. v. Altona, Zeit: Gew.:

Sept. 4	+5' 54''91	6,959
— 5	54,57	7,463
— 6	54,53	6,964
— 7	54,61	6,545

$$\text{Mittel } +5' 54''655 \quad 27,931$$

$$S = 3,0359; \frac{12}{S} = 3,9527; m = \pm 0''502$$

Krille 61, unter der Annahme einer periodischen Aenderung des Ganges, die als Function der seit dem Aufziehen verfloßenen Zeit anzusehen ist.

R. St. für Sept. 4, 0

+0' 44''97	
45,35	+0''38
45,38	+0,03
45,25	—0,13
45,25	+0,00
45,17	—0,08
44,99	—0,18
45,09	+0,10
45,07	—0,02
44,89	—0,18
45,06	+0,17
45,12	+0,06
45,13	+0,01
45,02	—0,11
45,03	+0,01
44,98	—0,05

(**)

Schwerin östl. v. Altona, Zeit, Gew.:

+5' 54''98	6,959
54,64	7,463
54,61	6,964
54,69	6,545

$$\text{Mittel } +5' 54''730 \quad 27,931$$

$$S = 1,0259; \frac{11}{S} = 10,7226; m = \pm 0''305$$

*) Es sind die für die Längenbestimmung selbst nicht erforderlichen Vergleichen des Chronometers *Dent* 2033 hier mit aufgenommen, um bei der Bestimmung des specifischen Factors nicht auf eine zu geringe Anzahl von Vergleichen beschränkt zu sein. Die Vergleichen zwischen Sept. 4 und 7 sind ausgeschlossen, weil in dieser Zeit das Chronometer täglich nahe constante Aenderungen seines Ganges gezeigt hat, die dem Gebrauch desselben bei den Zeitbestimmungen zu Schwerin und deren Uebertragung auf die Pendeluhr zuzuschreiben sein werden.

**) Die Annahme einer periodischen Aenderung des Ganges von *Krille* 61 ist hauptsächlich veranlasst durch die grossen, nahe constanten Unterschiede im Gange während der Ruhe zu Altona und zu Schwerin. Der dreistündige Gang zur Zeit der Ruhe ward beobachtet:

in Altona.			in Schwerin.		
Sept. 4,5	+0"28		Sept. 4	+0"59	
5,6	+0,26		5	+0,51	
6,7	+0,27		6	+0,66	
			7	+0,59	

Die anderen Chronometer zeigen ähnliche Verschiedenheiten nicht. Da die Dauer einer Hin- und Herreise mit der Dauer eines Aufzuges gleich ist, so liegt die Annahme einer periodischen Aenderung des Ganges nahe. Die Form dieser Aenderung im Allgemeinen kann nur empirisch festgestellt werden, auch darf man für dieselbe nur ein Glied

einführen, weil bei mehreren Gliedern die Herleitung der numerischen Werthe derselben auf eine unbestimmte Aufgabe führen würde. Es ist angenommen worden, dass die Aenderung γ des Standes der Uhr während der, seit dem Aufziehen verfloßenen Zeit τ von der Form sei:

$$\gamma = i' \cdot \tau + z \cdot \tau^{\frac{1}{2}}$$

und, wenn während der Zeit τ von einem Ort zum andern n Reisen gemacht worden, von der Form:

$$\gamma = i' \cdot \tau + z \tau^{\frac{1}{2}} + n \cdot i''$$

Die numerischen Werthe der Grössen i' , i'' , z sind zusammen mit dem Längenunterschiede, nach der Methode der kleinsten Quadrate, so bestimmt, dass die Grösse S (der Divisor des specifischen Factors) ein Minimum wird. Die Zeit des Aufziehens der Uhr ist dabei am 4^{ten} Septbr. auf 0^h, an den folgenden Tagen aber auf den Zeitpunkt der jedesmaligen ersten Vergleichung der Uhr in Altona gesetzt, weil diese Momente, nach der Erinnerung des Herrn Dr. *Petersen*, ganz nahe mit den Zeiten zusammenfallen, wo die Uhr aufgezogen ist. Die Rechnung ergiebt:

$$i' = +5''502; \quad i'' = -0''042, \quad z = -1''278,$$

und den bereits oben aufgeführten Längenunterschied. Da der specifische Factor des Chronometers unter der hier verfolgten Annahme über 2,7mal so gross wird, als bei der Annahme eines gleichförmigen Ganges, so erscheint es gewiss schon dadurch genügend gerechtfertigt, dass hier jener Annahme vor dieser der Vorzug eingeräumt wird.

Anlage IV.

Zusammenstellung der Resultate und der Gewichte derselben.

Chronometer.	Specifischer Factor.	Sept. 3.4		Sept. 4.		Sept. 5.		Sept. 6.		Sept. 7.		Sept. 7.10		Mittel		
		5' 54"		5' 54"		5' 54"		5' 54"		5' 54"		5' 54"		ein. faches.	nach den Gew.	Gew.
		+	Gew.	+	Gew.	+	Gew.	+	Gew.	+	Gew.	+	Gew.			
<i>Kessels</i> 1316	46,296					0"84	343	0"74	332	0"87	312			0"817	0"816	987
<i>Krille</i> 110	16,242			1"10	115	0,79	115	0,79	114	0,88	105			0,885	0,890	450
<i>Kessels</i> 1252	13,357			1,07	87	0,88	95	0,83	90	1,16	86			0,985	0,980	357
<i>Breguet</i> 4052	12,517			1,25	88	1,05	87	1,02	88	1,07	81			1,097	1,098	344
<i>Kessels</i> 1260	11,823			0,93	87	0,66	86	0,52	85	0,85	80			0,740	0,739	338
<i>Krille</i> 61	10,723			0,98	74	0,64	80	0,61	75	0,69	70			0,730	0,729	299
<i>Arnold</i> 1755	7,625			1,15	52	0,88	56	0,88	53	1,06	50			0,992	0,989	211
<i>Dent</i> 2033	3,809	1"00	32									0"60	28	0,800	0,813	60
<i>Earnshaw</i> 464	1,797			0,90	13	0,83	13	0,13	12	0,41	12			0,568	0,579	50
Einfaches Mittel	5' 54" +	1"000		1"054		0"821		0"690		0"874		0"600		0"835		
Mittel mit Rücksicht auf die Gewichte	5' 54" +	1"000	32	1"075	516	0"825	875	0"752	849	0"910	796	0"600	28		0"868	3096

also Schwerin östlich von Altona in Zeit: 5' 54"868.

Schwerin, im August 1850.

F. Paschen.

Altona 1850. October 1.