

www.e-rara.ch

Beschreibung und Lage der Universitäts-Sternwarte in Christiania

Hansteen, Christopher

Christiania, 1849

ETH-Bibliothek Zürich

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-115890>

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

BESCHREIBUNG UND LAGE
DER UNIVERSITÄTS-STERNWARTE

IN

CHRISTIANIA,

VON

CHR. HANSTEEN und **CARL FEARNLEY**

AUF VERANSTALTUNG DES ACADEMISCHEN COLLEGIUMS

herausgegeben

VON

Christopher Hansteen,

Director der Sternwarte.

Universitäts-Programm für
das erste Halbjahr 1849.

CHRISTIANIA.

Gedruckt bei *P. T. Malling.*

1849.

DIE STERNWARTE IN CHRISTIANIA.

Im Jahre 1815 ersuchte ich das academische Collegium der Universität ein kleines achteckiges Blockhaus von 8 Ellen Durchmesser ausserhalb der südlichen Mauer der Festung Agershuus bei Christiania erbauen zu lassen, um darin durch astronomische Beobachtungen der Hauptstadt Norwegens wenigstens eine ordentliche Zeitbestimmung zu verschaffen, und so weit möglich durch den spärlichen Instrumentenvorrath ihre geographische Lage besser zu bestimmen. In diesem kleinen Gebäude wurde anfangs ein dreifüssiges Passageninstrument von *Sisson* und eine Pendeluhr aufgestellt; von dem physikalischen Kabinette erhielt ich ein dreifüssiges Spiegelteleskop von *Short*, und ein achtzolliger Sextant von *Troughton* mit Quecksilberhorizont wurde im Jahre 1819 angekauft. Später erhielt ich von Conferenrath *Schumacher* in Altona ein Universalinstrument von *Reichenbach*, und eine Pendeluhr mit Rostpendel von *Urban Jürgensen* in Kopenhagen. Mit diesen Instrumenten wurden Stern- und Sonnenhöhen sammt verschiedenen Sternbedeckungen und Sonnenfinsternissen beobachtet, wodurch die geographische Lage der Hauptstadt vorläufig berichtigt ward.

Nach meiner Rückkunft von einer zweijährigen Reise durch Sibirien bewilligte das Norwegische Storting im Jahre 1830, nach dem Vorschlage des vormaligen Finanzministers Grafen *Wedel-Jarlsberg*, eine Summe von 14000 Species zur Erbauung einer Sternwarte, wozu schon ein Paar Jahre vorher ein passendes Grundstück westlich von der Stadt angekauft war. Die Erbauung des Gebäudes wurde dem Stadtconductor *Grosch* anvertraut, und Hr. Conferenrath *Schumacher* in Altona hatte die Güte, uns bei etlichen Gelegenheiten mit seinem Rathe beizustehen. Ein Theil des Späthjahrs wurde dazu angewandt, den unregelmässigen Felsen, worauf das Gebäude liegen sollte, zu planiren. Im folgenden Früh-

jahre wurde der Grundstein des westlichen Flügels gelegt, und in diesem eine silberne Platte mit folgender Inschrift:

Q. F. F. Q. S.
 Hic lapis positus est
 Anno Christi MDCCCXXXI
 Die XVIII Junii,
 Regnante
 Carolo Johanne,
 augustissimo Rege Norvegiæ et Sveciæ.
 ET NOS PETIMUS ASTRA.

und ein Exemplar aller der unter Carl Johans Regierung geschlagenen Münzen aufbewahrt. Im Jahre 1833 war das Gebäude so weit fertig, dass ich den 23sten September mit Familie einziehen konnte. Erst im folgenden Jahre konnten die Instrumente aufgestellt werden.

Beschreibung der Sternwarte.

Pl. I stellt Grundrisse, Pl. II einen Durchschnitt der Sternwarte von Ost nach West vor, von der Nordseite gesehen. Durch Vergleichung dieser zwei Platten wird man einen deutlichen Ueberblick der Einrichtung erhalten. Pl. III ist eine perspectivische Ansicht des Gebäudes von einem Standpunkte ungefähr in N. N. O. mit Aussicht über einen Theil des Christiania Fjords und der darin gelegenen Inseln. Auf Pl. I stellt *A* das unterste, *B* das zweite Stockwerk vor, und *D* einen cylindrischen Thurm mit dem Dache des Wohngebäudes.

Im untern Stockwerke *A* ist:

1) Ein Flügel, wo ein dreifüssiger *Meridiankreis* von *Ertel* in München auf zwei Pfeilern *a* und *b* von Norwegischem Marmor, und eine *Pendeluhr u* mit Quecksilbercompensation von *Kessels* in Altona aufgestellt sind.

2) Ein ähnlicher Flügel, in dessen Mitte ein Marmorpfeiler *c* und eine Pendeluhr *u* von *Urban Jürgensen* in Kopenhagen.

3) Ein runder Saal von 18,03 Norw. Fuss*) Durchmesser, welcher durch beide Stockwerke geht, und in einer Wölbung sich endet, deren Mittelpunkt sich 29,58 Fuss

*) Ein Norwegischer Fuss ist = 0,3137423 Metre oder 139,0808 Franz. Linien.

oder 9,28 Metre über den Fussboden erhebt. (Vergl. Pl. II). Von dem Mittelpunkte des Gewölbes ist ein ungefähr 27 pfundiger *Bifilar-Magnetstab* von circa 4 Fuss Länge aufgehängt. Auf dem Pfeiler *c* im westlichen Flügel steht ein Fernrohr, wodurch der Stand des Bifilars beobachtet wird, und auf dem Pfeiler *b* im östlichen Flügel ist eine von 2 bis 2 Millimeter eingetheilte Scala, welche als Mire dient, in einer solchen Höhe befestigt, dass man ohne das Fernrohr zu verrücken, diese zugleich mit dem Spiegelbilde der auf dem Pfeiler *c* befestigten, mit derselben Eintheilung versehenen, 1,8 Metre langen, Scala beobachten kann, und dadurch vor der Beobachtung das Fernrohr auf den Nullpunkt der Mire einzustellen, wenn es zufälligerweise verrückt werden sollte, oder die Abweichung aufzuzeichnen vermag. Da dieser Saal im untersten Stockwerke keine Fenster hat, und sein Licht bloss durch ein Fenster gegen Nord im zweiten Stockwerke und durch 6 halbkreisförmige Fenster im Gewölbe erhält, so hat er für Bifilarbeobachtungen den Vortheil, dass die Veränderung der Temperatur in 24 Stunden durch alle Jahreszeiten niemals einen Reaumürschen Grad übersteigt, sondern gewöhnlich etwas geringer ist; obgleich die Temperatur vom Sommer bis Winter natürlicherweise bedeutenden aber langsamen Veränderungen unterworfen ist.

4) Aus diesem Raume geht die Treppe zu dem zweiten Stockwerke. Am Fenster ist ein *Heber-Barometer* von *Pistor* in Berlin aufgestellt, mit Quecksilbercolonne von 6 Franz. Linien Durchmesser; Einstellung und Ablesung geschieht durch zwei Mikroskope und einen Nonius, welcher 0,01 Franz. Linien anzeigt. Ausserhalb des Fensters ein *Thermometer* von *Pistor*.

5) Enthält 4 Schränke mit Glashüren, in welchen die Bibliothek der Sternwarte und die transportablen kleineren Instrumente aufgestellt sind.

6) und 8) Arbeitszimmer des Directors und des Observators, aus welchen diese unmittelbar in die Zimmer der Sternwarte eintreten können; 7) und 9) ihre Vorstuben. Das nächste Eisen von Bedeutung am Bifilar sind zwei eiserne Oefen *d* und *e*, und eine leichte eiserne Bettstelle in der Nische *f*. Da der Standpunkt dieser Eisenmassen unveränderlich ist, so darf man wohl annehmen, dass ihre Wirkung auf das Instrument constant ist.

10) Vestibule, wozu die allgemeine Eingangsthür auf der Westseite des Gebäudes führt.

11) Treppe zu dem obern Stockwerke.

12) Ein Zimmer für ein Mitglied der Familie.

13) und 14) Zimmer und Küche des Aufwärters.

15) Vorrathskammer.

16) Treppe zu der Küche des Directors im zweiten Stockwerke.

17) Ein mit einer cirkelförmigen Mauer eingeschlossener Hofraum, ausserhalb dessen gegen Süden eine Präcipize des Felsens sich befindet.

In dem zweiten Stockwerke *B* ist:

18) Ein Raum, worin zwei Schränke für kleinere Instrumente, und Treppe zum Thurm.

19) Der obere Theil des runden Entrée-Saals mit einer Gallerie.

20) Ein Zimmer zum Behufe der Sternwarte. Auf beiden Seiten von 18) und 20) sieht man von oben die beweglichen Dächer der beiden Flügel.

22) bis 28) Die Wohnzimmer der Familie.

29) Gesindestube.

30) Küche und Vorrathszimmer.

31) Treppe zum obern Boden von der Küchentreppe.

Im dritten Grundrisse *C* ist:

32) Der runde mit 7 Fenstern versehene Thurm; jedes Fenster hat auswendig eine horizontale Marmorplatte, auf welcher kleinere Instrumente aufgestellt werden können. In der Mitte ist auf einem feinkörnigen Sandstein, der auf einem Mauercylinder über dem Gewölbe des runden Saals ruht, ein *Æquatorial* von *Repsold* aufgestellt, umgeben von einer erhöhten Balustrade. Der Thurm hat ein conisches Drehdach, welches auf einer Eisenbahn auf abgekürzten Konen rollt, deren verlängerte Achsen die Achse des Thurms durchschneiden, und durch einen leichteren Eisenring in ihrer Lage gehalten werden. Auf diesen Konen ruht eine ähnliche, auf dem unteren Umkreise des Daches befestigte leichtere Eisenbahn. Das Dach, welches mit getheertem Papir und Segeltuch bekleidet ist, kann durch Räderwerk mit Leichtigkeit durch eine Hand gedreht werden. (Vergl. Pl. II).

33) und 34) ein mit Blei bedecktes flaches Dach, auf dessen zwei getrennten Abtheilungen man durch zwei Thüren und Treppen auf beiden Seiten des Eingangs zum Thurme herabsteigen kann. In der nordöstlichen Ecke ist ein Regenmesser *r* aufgestellt. Von diesem Dache hat man ein schönes Panorama der Umgegend.

Auf einer Insel im Fjorde Lindöen (die Linden-Insel) genannt, 8693'33 südlich vom Meridiankreise, ist ein Obelisk von Gneiss errichtet, auf welchem ein starkes Eisenkreuz befestigt ist. Auf diesem ist eine mit schwarzen und weissen Vierecken bemahlte eiserne Platte angebracht, welche als Mire für den Meridiankreis dient. Die Höhe des Mittelpunkts des Kreises über dem Boden des Beobachtungszimmers ist = 5', über der Meeresfläche = 78'59; die Meereshöhe des Mittelpunkts der Mire 60'99. Der Horizont ist im Meridiane frei gegen Norden bis 87°8 und gegen Süden bis 89°7 Zenithdistanz.

Ein eisenfreies *magnetisches Observatorium* ist auf einer Anhöhe im Park der Sternwarte angelegt, wo ein Unifilar-Magnetstab von der Mitte der Decke aufgehängt ist. Zu dem Magnetometer gehören 4 Magnetstäbe, deren Länge ungefähr 634 Millimeter und deren Gewicht zwischen 1728 und 1835 Grammen. Der Abstand des Aufhängungsfilaments dieses Unifilars vom Mittelpunkte des Bifilars in der Sternwarte, und das Azimuth desselben von Süd gegen West ist 146,38 Metre und $163^{\circ} 20'3$. Der Abstand und das Azimuth eines marmornen Pfeilers im Park, auf welchem die magnetische Inclination beobachtet wird, von demselben Mittelpunkte ist 69,82 Metres und $139^{\circ} 2'7$. Der Abstand dieser drei Instrumente von einander ist folglich so bedeutend, dass sie keine gegenseitige Deviation in einander hervorbringen können. Diese Magnetometer sind beide von Hrn. *Meyerstein* in Göttingen.

Die *meteorologischen Instrumente* sind folgende: Im Raume (4) im Fenster ist, wie oben bemerkt, ein *Barometer* aufgestellt, dessen unterstes Niveau eine Höhe von 77'17 über die Meeresfläche hat, und ausserhalb des Fensters ein *Thermometer*. Zwei andere sind an den südlichsten Fenstern der Stuben 6) und 8) gegen Ost und West angebracht, so dass zu jeder Tageszeit immer eins, gewöhnlich zwei von diesen Thermometern gegen die Sonnenstrahlen geschützt sind. Auf dem flachen Dache 38) ist ein *Regenmesser* aufgestellt, nämlich ein kubischer Behälter von Kupfer mit einem Trichter von Kupfer, dessen Oefnung genau einen Norwegischen Quadratfuss beträgt, und dessen Höhe über die Meeresfläche 100'86 ist. Eine Stange mit *Windfahne* steht ausserhalb der Sternwarte 58 Fuss nordwärts und 86,8 Fuss östlich vom Meridiankreise.

Ausser den obengenannten festen Instrumenten besitzt die Sternwarte:

Ein *Universalinstrument* von *Reichenbach*.

Einen 18 zolligen *Theodolithen* von demselbigen.

Zwei *Sextanten* von *Troughton*.

Einen 6 füssigen *Achromat* von *Utzschneider* in München; mit Stativ von *Repsold*.

Einen 3 füssigen *Achromat* von demselbigen mit Rohr und Fuss von Messing, zwei terrestrische und mehrere astronomische Oculare.

Einen dreifüssigen *Achromat* von *Dollond* mit Rohr von Mahagoni und Fuss von Messing mit verschiedene Oculare.

Zwei *Boxchronometer* von *Dent* und *Kessels*, und zwei *Taschenchronometer* von *Kessels* und *Arnold* (sen.).

Zwei *Pendeluhr*en von *Landtwerk* und *Pihl*, das erste in dem magnetischen Observatorium, das letzte beim Barometer.

Drei *Inclinatoren* von *Gambey*, *Ertel* und *Dollond*.

Ein transportables *Magnetometer* nach *Webers* Vorschlag von *Meyerstein*, nebst mehreren magnetischen Apparaten.

Ich werde nun die ersten Beobachtungen zur Bestimmung der Lage der interimistischen Sternwarte anführen, und diese auf die Lage der jetzigen Hauptsternwarte übertragen.

Lage der interimistischen Sternwarte.

I. Breite.

Durch drei verschiedene Sextanten von *Troughon*, welche ich mit *A*, *B*, *C* bezeichnen will, bestimmte ich die Breite folgendermassen:

Durch 12	☉	Höhen gab	<i>A</i>	den	26	August	1818	59°	54'	9"2
13	-	-	<i>B</i>	-	27	-	-	-	-	3,2
12	-	-	<i>C</i>	-	10	Octob.	1819	-	-	7,0
13	-	-	<i>C</i>	-	11	-	-	-	-	7,9
50 ☉ Höhen gaben folglich im Mittel								59°	54'	6"8.

Bei den zwei ersten wurde die Abweichung der Sonne aus *Bodes* Jahrbuch 1818, bei den zwei letzteren aus *Connaissance de Temps* 1819 entlehnt.

Wegen des grossen Abstandes meiner Wohnung nordwärts der Stadt von der Sternwarte, welche südlich von derselben lag, fand ich es bequemer, die Beobachtungen in meinem Garten fortzusetzen, und sie auf die Sternwarte zu reduciren. Hier fand ich zwischen dem 26sten Octb. 1819 und 28sten Sept. 1821 mit dem Sextanten *C* aus 177 Circummeridianhöhen der Sonne die Breite = 59° 54' 56"9. Um so weit möglich die etwaigen Fehler des Sextanten durch Sternhöhen im nördlichen Meridian zu eliminiren, beobachtete ich vom 1sten September bis den 9ten October etliche Höhen des Polarsterns 2 bis 3 Stunden vor der oberen Culmination, und fand dadurch die Breite = 59° 54' 53"3. Durch eine auf dem Eise des Fjords gemessene Basis und eine kleine Dreiecksmessung bestimmte ich die relative Lage verschiedener Punkte in *Christiania* und seiner Umgegend, unter andern der interimistischen Sternwarte, und eines Gartenhauses in meinem Garten. Diese zwei letzteren, reducirt auf den Meridian und Parallel durch den Mittelpunkt des Meridiankreises in der jetzigen Hauptsternwarte, gaben folgende Coordinaten in Norwegischem Fussmaasse:

Gartenhaus 1523'29 nördlich, 3924'23 östlich,
 Interim. Sternwarte 3431,91 südlich, 4154,49 östlich.

Folglich war das Gartenhaus 4955'20 oder 50''245 nördlicher, und 230'26 oder 4''65 westlicher als die interim. Sternwarte. Der Punkt, wo der Sextant aufgestellt wurde, war ungefähr 30 Schritt südlich vom Gartenhause; folglich kann man die Reduction der Breite = 49''6 annehmen. Man hat folglich die Breite dieser kleinen Sternwarte

aus 50 Sonnenhöhen an der Stelle	=	59° 54' 6''8
aus 177 Sonnenhöhen im Garten . .	=	59° 54' 7,3
im Mittel aus 227 Sonnenhöhen . .	=	59° 54' 7''2
aus 50 Höhen des Polaris	=	59° 54' 3,7
im Mittel aus beiden	=	59° 54' 5''5.

Durch 128 Zenithdistanzen des Polarsterns beobachtet in der Sternwarte mit dem Reichenbachschen Universalinstrumente in verschiedenen Punkten ihres Parallels zwischen den 9ten und 30ten August 1823 fand ich die Breite derselben = 59° 54' 8''4, welches Resultat, in Betracht des vollkommeneren Instruments, natürlicherweise mehr Vertrauen verdient.

II. Länge.

A. Chronometerbestimmungen.

Durch eine Reise von Kopenhagen nach Christiania im August 1817 fand ich vermittelst des Arnoldschen Taschenchronometers No. 132 unsere Sternwarte 7' 18''6 in Zeit westlicher als den runden Thurm in Kopenhagen. Die letzte Zeitbestimmung in Kopenhagen war den 13ten und die erste in Christiania den 18ten August. Durch dasselbige Chronometer fand ich im Juli 1822 diesen Mittagsunterschied = 7' 17''9. Die letzte Zeitbestimmung in Christiania war den 6ten Juli, die erste in Kopenhagen den 9ten. Endlich unternahm ich im Juli 1827 eine Reise nach Kopenhagen mit 3 Chronometern, No. 132 Arnold, No. 1255 und 1259 Kessels (das letzte ein Boxchronometer), und kehrte zurück im Anfange September. Sowohl die Hin- als Rückreise geschah mit Dampfschiff, und die zwischen den Zeitbestimmungen in Christiania und Kopenhagen verlaufene Zeit war auf der Hinreise 3, auf der Rückreise 4 Tage. Hiebei wurde der Zeitunterschied zwischen der Sternwarte in Christiania und dem runden Thurme in Kopenhagen im Mittel aus allen drei Uhren gefunden = 7' 21''77. Wenn man die Anzahl der Uhren, dass der Zeit-

unterschied sowohl auf der Hin- als Rückreise bestimmt wurde, dass die Ueberfahrt mit Dampfschiff in kürzerer Zeit geschah, endlich dass der Box 1259 K. einen viel regelmässigeren Gang als die zwei übrigen hatte, in Betracht zieht, so glaube ich, dass man diesem Resultate ein sechsdoppeltes Gewicht gegen die zwei ersteren geben kann. Man hat folglich für diesen Zeitunterschied zwischen der interimistischen Sternwarte in Christiania und dem runden Thurm in Kopenhagen folgende Resultate:

	Gewicht
132 A	7' 18''6 1
132 A	7 17,9 1
132 A, 1255 K, 1259 K	7 21,8 6
Im Mittel	7' 20''9.

Bei dem letzten Resultate im Jahre 1827 ist doch zu bemerken, dass die Zeitbestimmungen in Kopenhagen von Hrn. Professor *Thune* auf Holkens Bastion durch Culmination der Fundamentalsterne gemacht, und auf den Meridian des runden Thurms reducirt wurden. Zufälligerweise beobachtete ich ein Mal die Culmination α Orionis, und diese gab einen Uhrstand, der nicht unbedeutend von *Thunes* etliche Stunden nachher am selbigen Tage gemachten Bestimmungen abwich; welches auf eine merkliche individuelle Zeitgleichung zwischen uns hinzeigte. Diese vereinzelte Beobachtung war aber unzureichend um diesen Unterschied genau zu bestimmen, und der Unterschied wurde mir später von Hrn. Prof. *Thune* nicht mitgetheilt.

Wenn man den Zeitunterschied der Pariser Sternwarte von dem runden Thurm in Kopenhagen = 40' 58''3 annimmt, so wird folglich

$$\text{Interimistische Sternwarte in Christiania ost Paris} = 33' 37''4.$$

B. Astronomische Bestimmungen.

Etliche Sternbedeckungen, Sonnenfinsternisse und Bedeckungen von Jupiter und seinen Monden beobachtete ich, theils in der Sternwarte, theils in meiner Wohnung. Diese sind von *Wurm* berechnet, und die Resultate in verschiedenen Nummern der astronomischen Nachrichten mitgetheilt. Die in meiner Wohnung beobachteten, welche 4''65 in Bogen oder 0''31 in Zeit westlicher als die Sternwarte lag, habe ich durch Addition von 0''31 auf den Meridian der letzteren reducirt. Das Resultat mehrerer dieser Bedeckungen ist in verschiedenen Nummern der astr. Nachr. auf verschiedene Weise mit nicht unbedeutenden Differenzen angegeben. In der Vermuthung, dass der Unterschied zwischen den späteren

und früheren Angaben die Folge einer neueren Revision der Calcüle sei, habe ich es als das gerathendste gehalten, die neueren als die richtigsten zu betrachten, jedoch in der untenstehenden Zusammenstellung die früheren mit der Nummer der astr. Nachr., wo sie zu finden sind, beizufügen.

Beobachtete Bedeckungen.	Zeituntersch. von Paris.	Ast. Nachr. No.	Ost Paris.	A. N. No.	Ost Paris.	A. N. No.
H Geminorum 1816 Februar 9	33' 40''8	80	37''4	19		
Sonnenfinsterniss 1818 Mai 6	- 34,0	19				
χ Leonis 1820 April 23	- 36,8	80	38,5	19	38'',9	14
Sonnenfinsterniss 1820 September 7 . .	- 39,3	19				
Imm. II. R. 24 1824 April 5	- 37,18	118	42,75	80		
I. Geminorum 1824 April 5	- —	—	39,35	80		
II. Geminorum 1824 April	- 37,56	118	38,15	80		
III. Geminorum 1824 April 5	- 39,34	118	40,60	80		
187 Sagittarii 1827 September 28 . .	- 44,06	137				
Ann. Sagittarii 1827 September 28 . .	- 37,96	137				

Giebt man jeder Sternbedeckung ein doppeltes Gewicht gegen eine Sonnenfinsterniss, so wird der

$$\text{Zeitunterschied Christiania ost Paris} = 33' 38''79.$$

Setzt man, wie oben, Kopenhagen ost Paris = 40' 58''3, so geben diese Bedeckungen

$$\text{Christiania interim. Sternwarte west Kopenhagen} = 7' 19''51;$$

$$\text{Durch Chronometer wurde der Unterschied gefunden} = 7' 20,88.$$

Diese Bestimmungen sind noch mit den Fehlern der angenommenen Längen der Punkte, wo die correspondirenden Beobachtungen gemacht sind, behaftet; und die Zeitbestimmungen mit der unbekanntem individuellen Zeitgleichung der Beobachter.

Lage der Hauptsternwarte.

Da der Mittelpunkt des Meridiankreises 3431'91 nördlicher und 4154,49 westlicher als der Beobachtungspunkt in der interimistischen Sternwarte liegt, so ist die Reduction der Breite = + 34''80, der Länge = - 83''86 oder in Zeit = - 5''59. Da die Breite des letzten Punkts durch Sextantenbeobachtungen = 59° 54' 5'',5, durch das Universalinstrument = 59° 54' 8'',4 gefunden ward, so würde die Breite der neuen Sternwarte 59° 54' 40'',3 oder 59° 54' 43'',2 sein. Der Mittagsunterschied sollte sein nach den

Chronometerbestimmungen	7' 26''47	} west. Kopenhagen, oder	33' 31''83	} ost Paris.
Sternbedeckungen	7 25, 10		— — —	

Polhöhe.

Durch Beobachtungen mit dem Meridiankreise auf der Stelle sollte diese genauer bestimmt werden. Da der Kreis, welcher die nämlichen Dimensionen und Constructionen hat, wie die Kreise desselbigen Künstlers in Königsberg und Altona, von München ankam, hatte das Fernrohr 5 vertikale und 2 horizontale Filamente, die letzteren in einem Abstand von einander = 74''3. Da dieser Abstand zu gross war, um den Stern mit einiger Sicherheit in der Mitte einstellen zu können, so setzte ich im Februar 1835 neue Filamente ein, nämlich 7 vertikale und 2 horizontale, die letzteren in einem Abstand von einander = 13''66. Die Alhidade hatte eine feste Libelle, welche nicht umgelegt werden konnte. Könnte man voraussetzen, dass das Glasrohr, welches gegen zwei hervorspringende Spitzen an jedem Ende der umschliessenden röhrenförmigen Einfassung durch eine Feder gedrückt war, immer dieselbige Lage gegen die Alhidade behielte, so könnte diese Einrichtung brauchbar sein. Da aber die Glasröhre auf beiden Enden mit hygroskopischem Papir umwickelt war, da man bisweilen Staub von der Oberfläche der Röhre abwischen muss, da endlich Temperaturveränderungen die Form der messingenen Einfassung verändern, und die geringste Erschütterung bei der Umlegung des Kreises die Lage der Glasröhre leicht verrücken kann, so würde eine solche Voraussetzung gewagt sein. Dieses hat auch die Erfahrung bestätigt. Durch verschiedene Beobachtungsreihen der Sterne zwischen 81° nördlicher und 76° südlicher Zenithdistanz bestimmte ich von 1835 bis 1839 in beiden Lagen des Kreises, die Lage des Polpunktes auf dem Kreise, und fand diese ziemlich veränderlich. Die Polhöhe wurde zwar im Allgemeinen zwischen 59° 54' 42''3 und 43''1 gefunden; stieg aber bei etlichen Reihen bis 45''3. Ich bestellte daher im Jahre 1839 bei *Repsold* einen Stahlcylinder, der in ein Paar Pfannen auf der Alhidade gelegt wird, und ein Niveau, welches auf den Cylinder gesetzt und umgelegt werden kann. Dieses Niveau wird bei jeder Beobachtung zugleich mit den Nonien 1 und 3 abgelesen; nachher umgelegt und wieder zugleich mit den Nonien 2 und 4 abgelesen. Eine Quelle zu einer Verrückung in der relativen Lage der Collimationslinie gegen das Niveau kann vielleicht aus folgendem Umstand abgeleitet werden. Das Gewicht des Instruments wird bekanntlich grösstentheils durch Gegengewichte gehoben, welche auf Hebeln auf beiden

Steinfeilern angebracht sind. Beide Enden der horizontalen Umdrehungsachse bewegen sich auf Frictionsrollen, welche in dazu in beide Enden der Achse eingeschnittenen Spuren gehen. Wenn der Kreis umgelegt wird, kann es, ungeachtet aller angewandten Vorsicht, bisweilen geschehen, dass eine Rolle ausserhalb der Spur ist; wenn der Kreis später umgedreht wird, gleitet sie in die Spur hinein, wobei das Instrument eine Erschütterung erhält. Ich will daher die vor 1839 gemachten Beobachtungen als weniger zuverlässig mit Stillschweigen übergehen, und nur die folgenden, welche nach der Anbringung des Repsold'schen Niveaus gemacht sind, anführen. In der untenstehenden Tafel bedeutet ein positiver Werth von z eine südliche Zenithdistanz.

I.

Kreis Ost; 1839, October 4—29.

	Polpunkt.	z .
α Ursæ minoris	239° 53' 14"37	— 28° 32'
	{ — — 14, 07	
δ Ursæ minoris	{ — — 14, 43	— 26 41'
	{ — — 16, 04	
	{ — — 14, 88	
β Cephei	— — 12, 71	— 9 57
α Ursæ majoris	— — 15, 54	— 2 45
α Cephei	— — 11, 83	— 1 59
α Cassiopeiæ .	{ — — 16, 74	+ 4 15
	{ — — 15, 47	
α Lyræ	— — 15, 65	+ 21 16
α Leonis	— — 17, 66	+ 47 9
γ Aquilæ	{ — — 13, 19	+ 49 40
	{ — — 15, 11	
α Aquilæ	— — 16, 66	+ 51 27
β Aquilæ	{ — — 15, 15	+ 53 53
	{ — — 16, 98	
2 α Capricorni	— — 12, 81	+ 72 55
Mittel =	239° 53' 14"96	± 0'255.

II.

Kreis West; 1839, October 29—30.

	Polpunkt.	z.
α <i>Ursæ minoris</i>	300° 3' 48''77	— 31° 37'
α <i>Ursæ minoris</i>	— — 47,42	— 28 32
δ <i>Ursæ minoris</i>	— — 50,22	— 26 40
α <i>Cassiopeiæ</i> . .	— — 47,15	+ 4 15
α <i>Cygni</i>	— — 47,83	+ 15 13
α <i>Lyræ</i>	— — 48,48	+ 21 16
Mittel =	300° 3' 48''31	± 0''308.

III.

Kreis Ost; 1839, October 30—31.

	Polpunkt.	z.
α <i>Ursæ minoris</i>	239° 53' 16''59	— 31° 37'
α <i>Ursæ minoris</i>	} — — 14,27 — — 15,55	— 28 32
δ <i>Ursæ minoris</i>		— 26 40
α <i>Cassiopeiæ</i> .	— — 13,70	+ 4 15
α <i>Lyræ</i>	— — 16,19	+ 21 16
γ <i>Aquilæ</i>	— — 12,31	+ 49 40
β <i>Aquilæ</i>	— — 13,97	+ 53 53
Mittel =	239° 53' 14''87	± 0''246.

IV.

Kreis West; 1839, October 31 — December 4.

	Polpunkt.	z.	
α Ursæ majoris	300° 3' 42''92	— 57° 27'	
α Ursæ minoris	— — 50''40	— 31 37	
α Ursæ minoris	} — — 49,35 — — 48,33 — — 45,93 — — 44,77	— 28 33	
δ Ursæ minoris		— — 48,97	— 26 40
α Lyræ		— — 50,67	+ 21 16
α Arietis		— — 49,36	+ 37 11
α Ceti	— — 55,43	+ 56 28	
Mittel =	300° 3' 48''61	± 0''744.	

V.

Kreis West; 1840, März 28 — April 17.

	Polpunkt.	z.
α Cephei	300° 3' 48''55	— 58° 9'
β Cephei	} — — 49,18 — — 50,39	— 50 13
α Ursæ minoris		} — — 49,08 — — 49,34
α Leonis	} — — 48,05 — — 49,61	
α Orionis		— — 52,29
α Hydræ	— — 51,90	+ 67 52
Mittel =	300° 3' 49''82	± 0''293.

VI.

Kreis Ost; 1840, April 18—19.

	Polpunkt.	z.
α Ursæ minoris	239° 53' 16''23	— 31° 37'
α Ursæ minoris	— — 17,54	— 28 32
η Ursæ majoris	— — 15,94	+ 9 48
α Virginis . . .	— — 16,08	+ 70 12
Mittel =	239° 53' 16''45	± 0''249.

VII.

Kreis West; 1840, April 19 — Juni 21.

	Polpunkt.	z.
α Ursæ minoris	300° 3' 49''88	— 31° 37'
	— — 52,47	
	— — 53,84	
α Ursæ majoris	— — 47,27	— 2 42
γ Ursæ majoris	— — 49,94	+ 5 20
α Bootis	— — 49,69	+ 39 53
	— — 48,00	
α Virginis . . .	— — 45,72	+ 70 12
	— — 51,87	
	— — 54,08	
Mittel =	300° 3' 50''28	± 0''575.

VIII.

Kreis Ost; 1841, Juli 11—12.

	Polpunkt.	z.
α Ursæ minoris	239° 53' 36''89	— 31° 37'
δ Ursæ minoris	— — 33,82	— 26 40
γ Draconis . . .	— — 33,45	+ 8 24
α Lyræ	— — 32,48	+ 21 16
α Ophiuchi . . .	— — 33,02	+ 47 13
Mittel =	239° 53' 33''93	± 0''521.

IX.

Kreis West; 1841, Juli 12—16.

	Polpunkt.	z.
β Ursæ minoris	300° 4' 5"37	— 45° 16'
α Ursæ minoris	{ — — 11, 12	— 31 37
	{ — — 10, 16	
β Ursæ minoris	— — 11, 49	— 14 53
γ Ursæ majoris	— — 4, 53	+ 5 20
γ Draconis . . .	— — 11, 10	+ 8 24
η Ursæ majoris	— — 9, 57	+ 9 48
α Persei	— — 10, 11	+ 10 37
α Aurigæ . . .	— — 7, 81	+ 14 5
α Virginis . . .	— — 8, 28	+ 70 12
Mittel =	300° 4' 8"95	+ 0"518.

X.

Kreis Ost; 1841, Juli 16—25.

	Polpunkt.	z.
α Ursæ minoris	{ 239° 53' 37"54	— 31° 37'
	{ — — 34, 61	
δ Ursæ minoris	{ — — 35, 46	— 26 40
	{ — — 36, 79	
γ Draconis . .	— — 30, 96	+ 8 24
η Ursæ majoris	{ — — 35, 12	+ 9 48
	{ — — 36, 86	
	{ — — 37, 12	
α Aurigæ . . .	{ — — 36, 90	+ 14 5
	{ — — 36, 89	
	{ — — 39, 69	
	{ — — 39, 29	

	Polpunkt.	z.
α Lyræ	{ — — 33,68	+ 21° 16'
	{ — — 32,82	
α Bootis	{ — — 39,77	+ 39 53
	{ — — 39,53	
α Leonis	— — 36,08	+ 47 9
α Orionis	— — 37,22	+ 52 31
α Virginis	— — 36,88	+ 70 12
Mittel =	239° 53' 36"42	± 0"373.

XI.

Kreis West; 1841, Juli 25—29.

	Polpunkt.	z.
α Lyræ	300° 4' 9"70	— 81° 21'
α Aurigæ	— — 10,62	— 74 1
δ Ursæ minoris	{ — — 11,56	— 26 40
	{ — — 10,38	
β Ursæ minoris	— — 10,02	— 14 53
α Ursæ majoris	— — 11,79	— 2 41
γ Ursæ majoris	— — 11,87	+ 5 20
γ Draconis	— — 11,08	+ 8 24
α Lyræ	{ — — 8,73	+ 21 16
	{ — — 9,26	
α Bootis	— — 7,03	+ 39 53
α Ophiuchi	{ — — 11,95	+ 47 13
	{ — — 9,03	
α Orionis	— — 10,43	+ 52 31
Mittel =	300° 4' 10"24	± 0"228.

Die wahrscheinliche Unsicherheit der aus einer einfachen Beobachtung bestimmten Lage des Polpunkts finde ich im Mittel aus diesen 11 Reihen = 1"151; sie hat ihren Ursprung aus Fehlern der Pointirung, der Ablesung, der angenommenen Declination der Sterne, und Theilungsfehlern des Kreises, und endlich aus kleinen möglichen Veränderungen

in der relativen Lage aller Theile des Instruments in einer länger fortgesetzten Reihe. Dasselbige gilt für den wahrscheinlichen Fehler jedes Mittels der 11 vorstehenden Reihen. Aus dieser letzt gedachten Veränderlichkeit kann es ohne Zweifel erklärt werden, warum die wahrscheinliche Unsicherheit des Mittels einer Reihe, die aus wenigen, aber in wenigen Tagen ausgeführten, Beobachtungen besteht, oft kleiner ist, als die Unsicherheit des Mittels anderer Reihen, die zahlreicher aber in längerer Zeit ausgeführt sind, z. B. die Reihen II, III, VI, XI, verglichen mit IV, VII. Die Declinationen der Sterne sind aus dem Berliner astr. Jahrbuche, und die Refraction aus Bessels Tabulæ Regiomontanæ entlehnt. Stellt man nun diese Lagen des Polpunkts zusammen, so hat man

I	239°	53'	14''96	$\pm 0''255$
II	300	3	48,31	$\pm 0,308$
III	239	53	14,87	$\pm 0,246$
IV	300	3	48,61	$\pm 0,744$
V	300	3	49,82	$\pm 0,293$
VI	239	53	16,45	$\pm 0,249$
VII	300	3	50,28	$\pm 0,575$
VIII	239	53	33,93	$\pm 0,521$
IX	300	4	8,95	$\pm 0,518$
X	239	53	36,42	$\pm 0,373$
XI	300	4	10,24	$\pm 0,228$.

Die Polhöhe ist das Complement der halben Differenz der Lage des Polpunkts in zwei auf einander folgenden Reihen, wo keine Veränderung mit dem Instrumente vorgenommen ist; daher findet man aus den vorstehenden Bestimmungen des Polpunkts folgende Werthe derselben.

Aus I—II	59°	54'	43''32	$\pm 0''2001$
II—III	—	—	43,28	$\pm 0,2463$
III—IV	—	—	43,13	$\pm 0,4188$
V—VI	—	—	43,32	$\pm 0,1921$
VI—VII	—	—	43,09	$\pm 0,3090$
VIII—IX	—	—	42,49	$\pm 0,3673$
IX—X	—	—	43,73	$\pm 0,3163$
X—XI	—	—	43,09	$\pm 0,2143$.

Sind D und D' die wahrscheinlichen Fehler in der Lage des Polpunkts in zwei auf einander folgenden Reihen, in welchen der Kreis eine entgegengesetzte Lage hatte, Δ der wahrscheinliche Fehler der daraus abgeleiteten Polhöhe, so ist Δ nach folgender Formel berechnet:

$$\Delta = \frac{1}{2} \sqrt{DD' + D'D'}$$

Diese 8 Resultate sind nicht von einander unabhängig, denn jede Reihe, ausgenommen IV und VIII, ist sowohl mit der vorhergehenden als nachfolgenden verbunden. Wären sie von einander unabhängig, so würde daraus der wahrscheinlichste Werth der Polhöhe für den Punkt des Meridiankreises folgen

$$59^{\circ} 54' 43''233 \pm 0''090.$$

Da die Theilungsfehler des Kreises wegen Mangel eines mikroskopischen Apparates, nicht untersucht werden konnten, so ist die obige Polhöhe noch mit der Einwirkung der Theilungsfehler, der Biegung des Fernrohrs, der Fehler der Sterndecinationen, und der Strahlenbrechung behaftet. Da aber die Beobachtungen sich von 81° nördlicher bis 73° südlicher Zenithdistanz erstrecken, so liegen die Grenzen, zwischen welchen jeder Nonius abgelesen worden, 154 Grade aus einander, wodurch der Einfluss der Theilungsfehler bedeutend vermindert wird. Ebenso müssen die Fehler der angewandten Declinationen, der Strahlenbrechung und der Biegung des Fernrohrs keinen bedeutenden Einfluss haben können, da sie auf beiden Seiten des Pols und des Zeniths in entgegengesetzter Richtung wirken. Unter der Voraussetzung, dass die Biegung des Fernrohrs mit dem Sinus der Zenithdistanz proportionirt sei, habe ich durch die Methode der kleinsten Quadrate eine Biegungsconstante abzuleiten gesucht. Diese wurde aber theils sehr klein, theils aus etlichen Reihen mit entgegengesetztem Zeichen gefunden. Die obige Polhöhe stimmt übrigens zufälligerweise bis auf die Zehntelsecunde mit der in der interimistischen Sternwarte mit dem Reichenbachschen Universalinstrumente im August 1823 gefundenen überein, wenn diese auf das jetzige Locale übertragen wird.

Da meine Vorlesungen bei der Universität und der militairn Hochschule täglich meine Abwesenheit von der Sternwarte zu verschiedenen Stunden erforderten, so konnte ich bei dieser Untersuchung nicht den erwünschten regelmässigen Plan befolgen. Hr. Observator *C. Fearnley* hat daher diese Untersuchung von neuem aufgenommen, und mit ebenso viel Fleiss als Kritik behandelt; weswegen ich sie hier folgen lasse.

Was oben Hr. Professor *Hansteen* in Betreff der Beobachtungsart, der verschiedenen Fehlerquellen und namentlich darüber, wie der constante Einfluss der letzteren vermindert ward, indem zur Bestimmung des Polpunctes selbst Sterne von sehr beträchtlichen Zenithdistanzen mitgenommen wurden, erklärt hat, das Alles gilt auch von den von mir ausgeführten Beobachtungen.

Meine hier anzuführenden Beobachtungsreihen enthalten 894 einzelne Beobachtungen, von welchen 411 *nördlich*, 483 *südlich* vom Zenith fallen; es ist demnach eben kein grosses Uebergewicht von südlichen Sternen. *Ueber* dem Pole sind 679, *unter* dem Pole die übrigen 215 Culminationen beobachtet.

Ogleich die durch die Schwere erzeugte *Biegung* des Fernrohrs auf den hier behandelten Gegenstand nur einen ganz unerheblichen Einfluss äussern kann, da die südlichen und nördlichen Beobachtungen beinahe im Gleichgewichte sind, — und obgleich eine Bestimmung dieses Elementes mittelst *astronomischer* Beobachtungen der Erfahrung eines *Bessel* *) zufolge für sehr schwer — ich möchte sagen für ganz unzuverlässig — gehalten werden muss; so wollte ich doch nicht unterlassen eben *diesen* Weg einzuschlagen, um wenigstens zu sehen, ob die Beobachtungen eine *Biegung* *deutlich* erkennen liessen. Indem ich also jeder Beobachtung $\pm a \sin z$ hinzufügte, wo *a* die *Biegung* des Fernrohrs in horizontaler Lage, *z* die Zenithdistanz des Sterns bezeichnet, habe ich mich auf die einfache Vergleichung der südlichen mit den nördlichen Beobachtungen in jeder Reihe beschränkt. Diese Vergleichung hat nun zwar bei manchen Reihen einen unzweideutigen Unterschied zu erkennen gegeben, der nicht ganz durch angenommene Fehler in der Theilung oder in den Declinationen, noch weniger aber durch zufällige Beobachtungsfehler erklärt werden konnte, sondern wirklich in mehreren Fällen einem Proportionalitätsgesetze,

*) Königsb. Beob. 10te Abth. Die Einleitung, pag. III—X, enthält „*Neue Untersuchungen über die Biegung des Mittagkreises*“, wo *Bessel* seine Bestimmung diesses Elements mittelst zweier Collimatoren erläutert. Diese gab die *Biegung im Horizonte verschwindend*, während sie durch eine Mannigfaltigkeit von astronomischen (directen und reflectirten) Beobachtungen um 1''11 gross gefunden war. *Bessel* sagt bei dieser Gelegenheit: „Es ist übrigens nicht zu verkennen, dass der Unterschied, welcher sich unter den beiden angewandten Methoden zeigt, die Declinationen zweifelhafter macht, als sie früher erschienen. Mein Verzeichniss für 1820 setzt die *Biegung*, so wie sie nach der ersten (astronomischen) Methode bestimmt wurde, voraus; wollte man dagegen annehmen, dass sie ganz verschwindet, so wie sie nach der andern Methode, in der Summe zweier Zenithdistanzen von 90° erkannt ist, so würde man auch damit *alle directen Beobachtungen vereinigen können* und die *Fundamentalsterne etwa eine Secunde nördlicher herausbringen*; allein diese Annahme würde mit den *Reflexionsbeobachtungen* eben so wenig vereinbar sein, als diese mit einer verschwindenden *Biegung*.“

wie das angenommene, zu entsprechen schien; aber während so freilich aus den meisten Reihen ein *positives* a gefunden worden ist, giebt es wieder andere, aus denen sich mit eben so grosser Sicherheit ein *negativer Werth* ergibt. Es wurde mir daraus klar, dass die erhaltenen Werthe von a grössten Theils unabhängig von der Biegung sein mussten; (denn constant scheint mir diese nothwendig angenommen werden zu müssen, so lange nichts an den am Fernrohre angebrachten Hebelgewichten geändert wird,) dass aber die Ursache vielmehr in localen und temporären Abweichungen vom Gesetze der mit wachsender Höhe abnehmenden Luftwärme liegen möchte, wie denn auch Fehler in den Declinationen gewiss etwas beigetragen haben. Da ich also die Hoffnung eine einigermaßen sichere Bestimmung der Biegung zu erhalten aufgeben musste, hätte ich diese um so mehr vernachlässigen können, als ihr Einfluss auf das Resultat verschwindend ist. Wenn ich dennoch weiter unten für jede Reihe die aus derselben erhaltene Gleichung für a anführe, so geschieht diess eigentlich nur, damit man das Schwankende bei diesen Bestimmungen beurtheilen könne.

Man setze, dass in irgend einer Reihe m Sterne südlich, n nördlich vom Zenith beobachtet seien, und gebe jeder Beobachtung das Gewicht 1, so kommt dem Unterschied zwischen den Mitteln der südlichen und der nördlichen Sterne das Gewicht $\frac{m n}{m + n}$ zu. Ebenso muss eine Bestimmung der Polhöhe durch zwei Reihen, von welchen die eine p , die andere q Beobachtungen enthält, das Gewicht $\frac{4 p q}{p + q}$ haben, (das Gewicht der doppelten Polhöhe wird nämlich $\frac{p q}{p + q}$). Die später anzuführenden Gewichte sind auf diese Art berechnet worden. Wenn man die wahrscheinliche Unsicherheit beurtheilen will, so hat man die Quadratwurzel des Gewichtes in $1''2106$ zu dividiren; diese Zahl ist nämlich der aus 400 Beobachtungen hergeleitete *wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung*. (Wenn die Fehler der Declinationen und der Theilung eliminirt werden, finde ich aus 200 Beobachtungen den wahrsch. Fehler einer Beob. fast genau = $1''00$).

Indem ich die Resultate von 30 Beobachtungsreihen jetzt mittheilen werde, erlaube ich mir die Bemerkung voranzuschicken, dass nur die wenigsten in der speciellen Absicht die Polhöhe zu bestimmen ausgeführt sind. Dieses ist namentlich nur der Fall mit den in diesem Jahre (1848) angestellten Beobachtungen, ferner mit den 3 Sommerreihen im Jahre 1846 und den 4 ersten im Jahre 1845, bei welchen letztgenannten die Dauer der Perioden freilich nicht zweckmässig gewesen ist. Die übrigen Reihen habe ich mitgenommen, weil mir die Zahl und die gute Uebereinstimmung der Beobachtungen ihre Anwendbarkeit zum gegenwärtigen Zwecke zu verbürgen schien. Von den bisweilen nicht unbedeutenden Sprüngen zwischen Reihen, die derselben Lage des Kreises entsprechen, kenne ich keine

bestimmte Ursache. Nur wo eine Discontinuität durch eine vorher bekannte Ursache hervorgerufen ist, habe ich solches durch einen Strich angedeutet. Zwei durch einen Strich getrennte Reihen dürfen also nicht mit einander verbunden werden. Etwas auffallend ist es, dass die Veränderungen des Zenithpunktes des Kreises im Jahre 1847 vom Februar bis August stetig nach derselben Seite hin gegangen sind.

In 6 Rubris sind angeführt: 1) die Nummer der Reihe, 2) die Zeitperiode, 3) Ort des Pols des Kreises mit Angabe der Correction wegen einer supponirten Biegung a ; 4) das Gewicht der Bestimmung des Polpunctes d. i. die Zahl der Beobachtungen, worauf sie beruht. Hierzu kommt 5) die von der Reihe hergeleitete Gleichung zur Bestimmung der Constanten a und 6) das Gewicht dieser Gleichung.

Ann. Die Oerter des Pols um $238^{\circ},6$ und $298^{\circ},8$ entsprechen repective den Lagen: *Kreis Ost* und *Kreis West*.

N ^o	Periode.	Ort des Pols.	Ge- wicht	Zur Bestimm. der Const. a	Ge- wicht.
1	1844 Sept. 22 — Sept. 25	$298^{\circ}48' 0''080 + 0,408. a$	4	$2''570 - 0,738. a = 0$	0,75
2	— Sept. 25 — Oct. 12	$238 37 25,990 - 0,310. a$	12	$1,320 - 0,598. a = 0$	2,25
3	1845 Apr. 25 — Mai 15	$238 37 26,480 - 0,426. a$	24	$1,130 - 0,692. a = 0$	4,50
4	— Mai 15 — Juli 23	$298 48 1,401 + 0,163. a$	85	$0,660 - 1,037. a = 0$	20,71
5	— Juli 23 — Sept. 12	$238 37 27,148 + 0,116. a$	59	$1,872 - 1,028. a = 0$	14,54
6	— Sept. 12 — Sept. 17	$298 48 1,715 + 0,284. a$	4	$1,260 - 1,421. a = 0$	0,75
7	— Sept. 17 — Oct. 19	$238 37 25,940 - 0,033. a$	53	$0,761 - 0,885. a = 0$	12,64
8	— Oct. 19 — Nov. 4	$298 47 57,406 + 0,141. a$	33	$0,468 - 1,028. a = 0$	8,18
9	1846 Juli 23 — Juli 29	$298 48 2,567 + 0,019. a$	17	$0,339 + 1,076. a = 0$	4,12
10	— Juli 29 — Aug. 3	$238 37 29,246 - 0,020. a$	36	$0,230 + 1,138. a = 0$	8,97
11	— Aug. 3 — Aug. 9	$298 48 3,761 - 0,196. a$	31	$1,238 - 1,250. a = 0$	7,10
12	— Oct. 11 — Nov. 17	$298 47 58,231 - 0,266. a$	19	$1,687 - 1,029. a = 0$	4,11
13	— Nov. 21 — Dec. 13	$238 37 24,111 - 0,245. a$	22	$1,079 - 1,145. a = 0$	5,32
14	1847 Febr. 2 — Apr. 3	$238 37 26,186 - 0,012. a$	21	$2,629 - 1,299. a = 0$	5,24
15	— April 3 — Apr. 4	$298 47 58,437 - 0,009. a$	15	$2,278 - 1,166. a = 0$	3,72
16	— April 4 — Juni 14	$238 37 27,043 - 0,060. a$	52	$1,555 - 1,218. a = 0$	12,92
17	— Juni 14 — Juni 27	$298 48 1,401 - 0,037. a$	25	$0,110 - 1,198. a = 0$	6,24
18	— Juni 28 — Aug. 6	$238 37 28,683 + 0,106. a$	37	$0,787 + 0,885. a = 0$	9,52
19	— Aug. 9 — Aug. 15	$298 48 3,462 - 0,224. a$	42	$0,765 - 0,998. a = 0$	8,98
20	— Aug. 16 — Aug. 24	$238 37 30,350 + 0,310. a$	46	$0,552 + 1,039. a = 0$	8,87
21	— Aug. 24 — Aug. 31	$298 48 3,742 - 0,387. a$	27	$1,714 - 1,092. a = 0$	4,67

N ^o	Periode.	Ort des Pols.	Ge- wicht	Zur Bestimm. der Const. a	Ge- wicht.
22	1847 Dec. 4 —	238°37' 16"655 — 0,025. a	6	0"590 + 0,907. $a = 0$	1,50
23	— Dec. 6 —	298 47 50,009 + 0,020. a	6	0,937 — 0,916. $a = 0$	1,50
24	1848 Mai 11 — Mai 12	298 47 54,386 — 0,014. a	13	2,199 — 1,296. $a = 0$	3,31
25	— Mai 12 — Mai 31	238 37 21,101 — 0,011. a	51	0,405 — 1,074. $a = 0$	12,75
26	— Mai 31 — Juni 8	298 47 54,064 — 0,071. a	30	0,366 + 1,152. $a = 0$	7,47
27	— Juni 9 — Juni 16	238 37 21,374 + 0,104. a	37	0,270 + 1,139. $a = 0$	9,08
28	— Juni 16 — Juni 20	298 47 55,680 — 0,140. a	27	0,053 — 1,285. $a = 0$	6,52
29	— Juni 20 — Juni 23	238 37 21,758 + 0,208. a	30	0,326 + 1,202. $a = 0$	6,67
30	— Juni 23 — Juni 29	298 47 54,433 — 0,257. a	30	0,457 + 1,232. $a = 0$	6,67

Wenn man erstens die im Rubro 5 enthaltenen Gleichungen mit Anwendung der Gewichte behandelt, findet man:

für 1844 und 1845	$a = 1''026$	mit einem Gewichte	$= 61,07,$
- 1846	$a = 0,539$	- - -	$= 38,69,$
- 1847	$a = 0,755$	- - -	$= 76,07,$
- 1848	$a = 0,098$	- - -	$= 72,48.$

Diese Zahlen sollten mit dem Mittelwerthe $a = 0''596$ (Gewicht $= 248,31$) bis auf ein wenig über $0''1$ übereinstimmen, während in der That der Unterschied bei der ersten und der letzten fast eben so gross ist wie a selbst. Dieses grosse Schwanken widerspricht der Voraussetzung, dass a wesentlich von der Biegung herrührt. Will man dennoch den mittleren Werth $a = 0''596$ als eine Folge der Biegung ansehen, so wird dieser jedenfalls als solche sehr unsicher. An diesem Orte kommt indessen jene Unsicherheit nicht sehr in Betracht, da die Wirkung auf das Endresultat fast unmerklich wird.

Verbindet man nun (mit den schon angedeuteten Ausnahmen) jede Reihe mit der folgenden, so findet man für die Polhöhe folgende Werthe mit den nebenstehenden Gewichten:

Von den Reihen 1 und 2	59° 54' 42"955	- 0,359. a	(12,0)
- - - 3 - 4	- - - 42,540	- 0,295. a	(74,9)
- - - 4 - 5	- - - 42,874	- 0,023. a	(139,3)
- - - 5 - 6	- - - 42,716	- 0,084. a	(14,9)
- - - 6 - 7	- - - 42,112	- 0,159. a	(14,8)
- - - 7 - 8	- - - 44,267	- 0,087. a	(81,3)
- - - 9 - 10	- - - 43,340	- 0,020. a	(46,2)
- - - 10 - 11	- - - 42,742	+ 0,088. a	(66,6)

Von den Reihen 12 und 13	59° 54' 42''	940	+ 0,010.	<i>a</i>	(40,8)
- - - 14 - 15 - -	43,875	- 0,001.	<i>a</i>	(34,8)	
- - - 15 - 16 - -	44,303	- 0,026.	<i>a</i>	(46,6)	
- - - 16 - 17 - -	42,821	- 0,011.	<i>a</i>	(67,6)	
- - - 17 - 18 - -	43,641	+ 0,071.	<i>a</i>	(59,7)	
- - - 18 - 19 - -	42,610	+ 0,165.	<i>a</i>	(78,7)	
- - - 19 - 20 - -	43,444	+ 0,267.	<i>a</i>	(87,8)	
- - - 20 - 21 - -	43,304	+ 0,359.	<i>a</i>	(68,0)	
- - - 22 - 23 - -	43,323	- 0,022.	<i>a</i>	(12,0)	
- - - 24 - 25 - -	43,358	+ 0,001.	<i>a</i>	(41,4)	
- - - 25 - 26 - -	43,519	+ 0,030.	<i>a</i>	(75,6)	
- - - 26 - 27 - -	43,655	+ 0,088.	<i>a</i>	(66,3)	
- - - 27 - 28 - -	42,847	+ 0,122.	<i>a</i>	(62,4)	
- - - 28 - 29 - -	43,039	+ 0,174.	<i>a</i>	(56,8)	
- - - 29 - 30 - -	43,662	+ 0,232.	<i>a</i>	(60,0)	

Woraus folgt:

für 1844 und 1845	59° 54' 43''	098	- 0,120.	<i>a</i>	;
- 1846 - -	42,975	+ 0,035.	<i>a</i>	;	
- 1847 - -	43,330	+ 0,138.	<i>a</i>	;	
- 1848 - -	43,358	+ 0,109.	<i>a</i>	.	

Das Mittel von allen Bestimmungen giebt die *Polhöhe des Meridiankreises*

$$59^{\circ} 54' 43'' 236 + 0,053. a.$$

Und wenn man für *a* 0''596 substituirt, wird das Resultat:

$$59^{\circ} 54' 43'' 268.$$

Die *Rechnung* giebt den wahrscheinlichen Fehler $\equiv \pm 0''0335$ oder das Gewicht 1308,5. Aber erstens ist zu bemerken, dass keine Rücksicht auf die Veränderungen des Zenithpunctes genommen ist; dann muss auch erinnert werden, dass in der Regel je zwei Bestimmungen der Polhöhe eines Theils auf derselben Beobachtungsreihe beruhen; diese beiden Umstände haben die Gewichte *vergrössert*, so dass sich nicht von ihnen auf den wahrscheinlichen Fehler schliessen lässt, der jedenfalls bedeutend grösser als jener ausfallen würde, wenn er hätte streng berechnet werden können*). Wollte man alle 27 Bestim-

*) Die Uebereinstimmung bis auf einige Tausendtheile einer Secunde zwischen obigem Resultat und der vom Hrn. Prof. *Hansteen* gefundenen Polhöhe ist ganz zufällig.

mungen für gleich gut ansehen, so würde man den wahrscheinlichen Fehler des einfach arithmetischen Mediums gleich $\pm 0''0768$ finden. Allerdings würde diess zu dem Schlusse berechtigen, dass obiges Resultat bis auf $0''1$ völlig sicher sei, wenn es keine andern Umstände gäbe als die Biegung, Fehler der Theilung und der Refraction, die einen constanten Einfluss auf die Beobachtung der Polhöhe hervorbringen könnten. Aber es darf nicht vorausgesetzt werden, dass die angewandten Declinationen fehlerfrei seien; und da solche Fehler, besonders wenn sie eine Regel befolgen, in diesem Falle weit nachtheiliger werden können als jene andern Fehler von constanter Wirkung, so kann ich diesen Punct nicht mit Stillschweigen übergehen.

Bekanntlich geben die meisten, wenn nicht alle neueren Declinationsverzeichnisse für die Fundamentalsterne durchschnittlich um etwa 1 Secunde grössere (nördlichere) Declinationen als Tabulæ Regiomontanæ (siehe z. B. die Vergleichen in der Abhandlung von *Bessel: Ueber Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen der Fixsterne.* Astr. Nachr. No. 514); der Unterschied würde indessen nach einer frühern (pag. 19 Note angeführten) Aeusserung von *Bessel* selbst fast verschwunden sein, wenn die Beobachtungen, auf welche sein Verzeichniss für 1820 gegründet war, — mit Ausschliessung der Reflexionsbeobachtungen — mittelst der durch directen Versuch gefundenen verschwindenden Biegung reducirt worden wären, statt der aus den astronomischen Beobachtungen abgeleiteten. In den Astr. Nachr. No. 422 enthält eine Abhandlung von *Bessel* (*Neue Untersuchungen der Reductionselemente der Declinationen und Bestimmung der Declinationen der Fundamentalsterne*) die Resultate von vierjährigen Beobachtungen (1836 bis 1840), welche vom Hrn. Observator *Busch* angestellt und berechnet waren. Das Instrument und die Methode sowohl der Beobachtung als der Berechnung waren dieselben, wie sie früher *Bessel* selbst angewandt hatte, nur dass noch ein practisches Hülfsmittel hinzugekommen war, welches in den fortwährenden Bestimmungen des Nadirpunktes des Kreises bestand. Die Resultate schlossen sich auch nahe an die früheren an; doch trat hier wieder die angenommene *Biegung* etwas neckend auf. Während nämlich für die Biegung im *Horizonte* jetzt wie früher sehr nahe *eine Secunde* gefunden ward, fand sich dagegen bei der Biegung im *Zenith* *) ein Unterschied von der früheren von einer *halben Secunde*. Dieses Resultat nebst dessen gänzlicher Unvereinbarkeit mit der direct gefundenen verschwindenden Biegung leitete *Bessel* auf den Gedanken, dass das angenommene Gesetz der Biegung ungenau sei. Er scheint nicht damit *die* Meinung andeuten zu wollen, dass es vielleicht Wirkungen von fremden Ursachen

*) *Bessel* wandte bekanntlich für die Biegung den Ausdruck $a \sin z + b \cos z$ an.

gewesen sind, die hier für Wirkungen der Biegung genommen wurden. Aber, wenn ich nicht irre, so ist eben dieses der Fall. Ich sehe mich freilich nicht im Stande solche Ursachen anzuzeigen, welche die genannten Wirkungen hervorgebracht haben *müssen*, wiewohl sich mehrere Umstände denken lassen, woraus sie entspringen *können*; doch glaube ich es durch die Data selbst einleuchtend machen zu können, dass eine durch *die Schwere* bewirkte Biegung nicht die wahre oder wenigstens *nicht die wesentliche* Ursache gewesen sein kann. Ich werde hier einige Zahlangaben anführen, die von der in der letzterwähnten Abhandlung mitgetheilten Uebersicht der auf 1840 reducirten Zenithdistanzen einiger Circumpolarsterne und der Fundamentalsterne entnommen sind. Wenn man nämlich die auf den *directen* Beobachtungen beruhenden Zenithdistanzen mit denen vergleicht, die aus den Reflexionsbeobachtungen folgen, so ergeben sich folgende Differenzen. Das Zeichen + bedeutet, dass die Beobachtungen für den Winkel der directen Strahlen mit dem Perpendikel einen *grösseren* Werth geben als für den Winkel der reflectirten.

Stern.	Südl. Z. Dist.	Kreis O.	Kreis W.	Stern.	Nördl. Z. Dist.	Kreis O.	Kreis W.
α Aurigæ	8° 53'	— 3''48	—	α Cephei	7° 12'	—	— 2''84
α Cygni	10 0	+ 0,46	— 1''47	α Ursæ majoris	7 54	— 2''96	— 1,51
γ Andromedæ .	13 9	— 0,34	—	β Cephei	15 9	—	— 1,61
γ Cygni	14 58	+ 0,14	— 1,39	γ Ursæ minoris	17 41	— 0,92	— 0,83
η Herculis . . .	15 29	+ 0,40	— 2,88	β Ursæ minoris	20 6	— 1,15	— 0,30
γ Bootis	15 42	— 0,42	— 1,59	γ Cephei	22 2	— 0,25	— 2,76
α Lyræ	16 5	+ 0,59	— 1,14	δ Ursæ minoris	31 53	—	— 0,61
α Geminorum .	22 29	+ 1,50	— 0,47	α Ursæ minoris	33 45	+ 0,09	+ 0,54
β Tauri	26 15	— 0,91	—	α Ursæ minoris	36 50	— 0,21	— 1,10
β Geminorum .	26 18	+ 0,18	— 1,31	γ Cephei	48 33	— 2,52	+ 0,76
α Coronæ	27 27	+ 0,84	— 0,97	β Ursæ minoris	50 29	— 2,65	— 5,57
α Arietis	32 1	— 0,38	—	γ Ursæ minoris	52 53	+ 0,88	— 2,83
α Bootis	34 42	+ 0,48	— 1,36	β Cephei	55 26	— 2,25	— 0,19
α Herculis . . .	40 8	— 0,89	— 0,37	α Ursæ majoris	62 40	— 0,68	+ 0,83
α Leonis	41 58	— 1,51	— 0,76	α Cephei	63 23	— 1,81	—
α Ophiuchi . . .	42 2	— 0,00	— 1,29	α Cassiopeiæ .	69 38	— 2,37	— 4,27
γ Aquilæ	44 29	— 0,66	—	γ Ursæ majoris	70 42	—	— 2,52
α Aquilæ	46 16	+ 1,59	—				
α Orionis	47 21	— 0,70	—				
α Serpentis . . .	47 47	+ 0,16	— 1,00*				
β Aquilæ	48 42	— 0,38	—				
α Canis min. . .	49 5	+ 1,34	— 1,32				
α Hydræ	62 41	— 2,28	—				
α Canis maj. . .	71 13	— 4,44	—				

NB. Die bei *a Aurigæ* stehende Zahl — 3''48 ist zufolge einer Bemerkung von *Bessel* zweifelhaft.

*) Ich habe die Zahl 59,82 als einen Druck- oder Schreibfehler für 49,82 angesehen.

Gewiss muss Jeder, der diese Differenzen mustert, gestehen, dass die Hypothese von dem Einflusse der Schwere auf das Instrument zu ihrer Erklärung in dem Grade unzureichend ist, dass sie kaum in Betracht kommen kann, während die wesentlicheren Ursachen in Dunkelheit eingehüllt sind. Der entscheidendste Beweis dafür, dass die Sache nicht durch die Schwere erklärt werden kann, liegt darin, dass, während das Instrument mit dem Kreise gegen Osten bei südlichen Zenithdistanzen im Ganzen gerade derselben Wirkung der Schwere ausgesetzt sein muss, als mit dem Kreise gegen Westen bei ebensogrossen nördlichen Zenithdistanzen, obige Zahlen dennoch für beide Lagen ganz verschiedene Wirkungen zeigen. Im ersten Falle findet man nämlich + und — ganz unregelmässig vermengt und beinahe im Gleichgewichte; im anderen dagegen haben die Beobachtungen einen Unterschied von etwa anderthalb Secunden ergeben. Uebrigens ist es sehr auffallend, dass der Betrag der Differenzen in keiner der vier Phasen von der Zenithdistanz nach irgend einer Regel abhängig zu sein scheint. Nach dem von Bessel angewandten Ausdrucke der Biegung $a \sin z + b \cos z^*$) wäre der Einfluss auf obige Differenzen gleich $2(a \sin z \pm b)$ zu setzen, wo das obere Zeichen für die 1ste und 4te, das untere für die 2te und 3te Columne gilt. Das zweite Glied in der Parenthese rührt von der Bestimmung des Nadirs her, bei welcher die Biegung im Zenith ein constanter Fehler wird; mit diesem vereinigen sich auch andere constante Fehler bei den Nadirbestimmungen, so dass die Differenzen $= 2(a \sin z \pm (b + c))$ sein sollten; und erinnert man sich, dass a bei directem Versuche, der keinen Zweifel übrig lässt, verschwindend gefunden worden ist, so sollte man zwischen allen Differenzen nur einen Zeichenunterschied erwarten, indem die Zahlen in der ersten und letzten Columne $= + \text{Const.}$, die übrigen $= - \text{Const.}$ sein sollten. Nun sind zwar in jeder Columne die Zahlen mit Rücksicht auf die zufälligen Fehler beinahe constant; (insofern deuten also auch die Beobachtungen auf eine unmerkliche Horizontal-Biegung hin, während die Rechnung sie $0''95$ ergab;) aber in jeder anderen Beziehung sind die angeführten Resultate mit dem bisher betrachteten Erklärungsgrunde ganz unvereinbar.

Statt neuer Erklärungsgründe sei es mir erlaubt einige Muthmassungen zu äussern. Bessel bemerkt, dass es, um die reflectirten Bilder der sehr tiefen Sterne beobachten zu

*) Dieser Ausdruck stellt jedenfalls den erheblichsten Theil der Biegung richtig dar; denn die Biegung des Kreises wird immer — was sich aus der bekannten Abhandlung Bessels erkennen lässt — sehr klein sein, und durch die 4 Nonien (oder Mikroskope) wird sie wohl fast verschwindend; ohnedem ist ihre Periode mehrmals in jedem Quadranten enthalten, so dass sie hier ganz ausser Betracht gelassen werden kann.

können, nothwendig war, die unteren Durchschnittsklappen zu öffnen, wodurch ein den Beobachtungen *hinderlicher Luftzug* entstand. *Vielleicht* hat derselbe — das Instrument von einer bestimmten Seite treffend — durch Erkältung (oder Erwärmung) eine Verschiebung in gewissem Sinne bewirkt. Möglich auch, dass gerade etwas Aehnliches bei der Reflexionsbeobachtung der am Zenith nahe stehenden Sterne eine Abweichung verursacht hat; in diesem Falle wird nämlich der Abstand zwischen dem Körper des Observators und der einen Seite der oberen Hälfte des Fernrohrs so klein, dass eine Wärmestrahlung gross genug um eine merkbare Biegung zu erzeugen wenigstens möglich ist, wenn sie auch nicht sehr wahrscheinlich ist. Der Umstand, dass die Unterschiede zwischen den beobachteten Winkeln der directen und der reflectirten Strahlen mit der Lothlinie gerade nach der Seite hin fallen, welche mit dieser Vorstellung stimmt, ist indessen von geringem Gewichte *). Allgemeiner kann man sich vorstellen, wie ungleich erwärmte Luft durch eigenthümliche Vertheilung (in Ruhe oder in Bewegung) das Instrument auf verschiedene Art afficiren kann je nach der Lage desselben und dem Orte des Beobachters. Auch Ursachen von rein mechanischer Natur lassen sich denken, von denen ich aber nur eine nennen will. In der grossen Eile, welche nothwendig ist, wenn ein Stern sowohl als sein reflectirtes Bild bei derselben Culmination beobachtet werden sollen, wird wahrscheinlich das Instrument durch die Umdrehung ein wenig gebogen; und es scheint mir sehr zweifelhaft zu sein, ob die ganze Spannung sogleich mit dem Drucke aufhöre.

Man wird die Absicht dieser Digression nicht verkennen können. Den Zweifel in Betreff der Besselschen Declinationen zu *begründen* schien mir deswegen nicht minder nothwendig zu sein, weil *Bessel* selbst diesen Zweifel erweckt hat **).

*) Uebrigens kann man durch eine angemessene Anordnung der Beobachtungen des vom Quecksilber reflectirten Fadennetzes diesen Einfluss sehr leicht und sicher beurtheilen.

***) Mehrere Aufsätze in den Astr. Nachr. von *Bessel* zeugen davon, dass er im Begriffe war die Positionen der Fundamentalsterne auf's Neue zu bestimmen und diessmal mit noch vollkommenerem Apparate, noch grösserer Kritik als zuvor. Wie erfolgreich eine Lösung dieser Aufgabe durch seine Meisterhand würde ausgefallen sein, nachdem sie mit dem neuen schon berühmt gewordenen Repsold'schen Meridiankreise ausgerüstet war, kann unter anderem aus den in den Astr. Nachr. No. 481—482 sammt 514—516 mitgetheilten Proben geschlossen werden, wie denn auch *Bessels* „letzte Abhandlung“ (A. N. No. 577—579) ein merkwürdiges Zeugnis ist von seiner feinen und unermüdeten Kritik, welche keine Mühe zu gross erachtete, wenn sie zur Erreichung seines Ziels wesentlich beitragen konnte. Es ist daher kaum zu bezweifeln, dass, wenn seine Gesundheit ihm erlaubt hätte, die Arbeit zu vollenden, auch jene Differenzen ins Licht gesetzt worden wären, die jetzt jene Methode selbst,

Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, will ich noch das vermeintliche Resultat der obigen Discussion in einigen Worten darstellen.

Die Unterschiede, welche die in den Astr. Nachr. No. 422 bekannt gemachten Königsberger Beobachtungen zwischen den auf Zenith bezogenen Sternörterern ergeben haben, jenachdem diese aus directen Beobachtungen oder mittelst Reflexion von einer Quecksilberfläche abgeleitet worden sind, können nicht als Wirkungen der Schwere auf das Instrument erklärt werden. Dagegen kann man sie mehrfach in irgend einer anderen Causalverbindung mit der Beobachtungsmethode denken.

Die berechneten und zur Reduction der Beobachtungen angewandten Biegungscoefficienten sind ganz illusorisch, wogegen die direct gefundene im Horizonte verschwindende Biegung ohne merklichen Fehler als für alle Zenithdistanzen geltend angesehen werden darf.

Da dieser Schluss auf die Königsbergerbeobachtungen von 1820—1821, auf welche *Bessels* Declinationsverzeichniss für 1820 gegründet ward, ohne Modification sich übertragen lässt, so folgt ferner, *Bessels* eigenen Worten gemäss (s. die Note pag. 19), mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass dieses Verzeichniss die Sterne zu weit vom nördlichen Pole hinsetzt, und namentlich dass der Fehler zur Zeit der Epoche 1820 etwa eine Secunde beträgt.

Jetzt (1848) wären also die Fehler der nach *Tabulis Regiomontanis* berechneten Declinationen der Fundamentalsterne nahe bis auf anderthalb Secunden gestiegen, vorausgesetzt dass die Positionen für die Epoche 1755 mit keinem solchen gemeinschaftlichen Fehler behaftet sind. Unter derselben Voraussetzung müssen die Declinationen, welche die Königsberger Beobachtungen von 1836 bis 1840 ergaben, grösser (nördlicher) ausgefallen sein, als sie nach den *Tab. Reg.* für diese Zeit berechnet waren; und zwar muss der Unterschied $= \frac{1}{6} \frac{8}{5}$ von dem Fehler zur Zeit der Epoche 1820 sein. In der That ersieht man auch aus dem in den *Astr. Nachr.* No. 514 mitgetheilten Declinationsverzeichnisse, dass jene mehrmals erwähnten Beobachtungen des Hrn. *Observer Busch* Declinationen geben, die im Mittel $0''286$ nördlicher sind als nach *Tab. Regiom.*, was um so beachtenswerther ist, da hieraus der Fehler bei dem Verzeichnisse von 1820 $1''033$ folgt, also gerade wie *Bessel* den Fehler bedingungsweise angegeben hat.

die von *Bessel* und zwar mit vollem Rechte so sehr empfohlenen Reflexionsbeobachtungen, etwas verdächtig zu machen scheinen.

Was sich aus diesen Resultaten in Betreff des ursprünglichen Gegenstandes, der Bestimmung der Polhöhe, schliessen lässt — ist Folgendes:

Dass der oben (pag. 22) gefundene Werth von *a* ganz ohne Bedeutung ist, da er ohne Zweifel wesentlich von den Fehlern der Declinationen herrührt, und dass die Polhöhe (pag. 23) wegen derselben Fehler zu klein ist.

Ogleich die Theilungsfehler des hiesigen Kreises unbekannt sind, schien es mir doch nicht ohne Interesse zu sein zu untersuchen, was sich aus den mit diesem Instrumente angestellten Beobachtungen zur Berichtigung der Declinationen herausbringen liesse. Ich habe daher die 30 Beobachtungsreihen in der Art durchgegangen, dass ich jede einzelne Beobachtung auf den aus allen Beobachtungen der Reihe abgeleiteten Ort des Pols bezogen habe, wodurch ich die Sterne um folgende Grössen (Δ) nördlicher gefunden habe, als sie nach den Berl. Ephemeriden sein sollten. Bei dieser Gelegenheit wird auch angeführt, bei wie vielen (oberen oder unteren) Culminationen jeder Stern beobachtet worden ist.

Stern.	Zen. Dist.	Zahl.	Δ	Stern.	Zen. Dist.	Zahl.	Δ
α Lyræ	— 81° 27'	5	+ 2''98	α Cephei	— 2° 1'	16	+ 1''62
α Cygni	— 75 21	3	+ 0,07	α Cassiopeiæ	+ 4 13	23	+ 0,20
α Aurigæ	— 74 15	8	+ 0,70	γ Ursæ majoris	+ 5 21	32	+ 1,28
α Persei	— 70 47	28	+ 0,54	γ Draconis	+ 8 24	29	+ 0,86
η Ursæ majoris	— 70 0	8	+ 0,83	η Ursæ majoris	+ 9 49	49	+ 0,48
γ Draconis	— 68 35	2	+ 1,20	α Aurigæ	+ 14 5	4	+ 0,38
γ Ursæ majoris	— 65 32	10	+ 3,18	α Cygni	+ 15 11	18	— 0,01
α Cassiopeiæ	— 64 24	36	+ 0,72	α Lyræ	+ 21 16	9	+ 0,34
α Cephei	— 58 10	6	+ 2,45	α Geminorum	+ 27 41	4	+ 1,10
α Ursæ majoris	— 57 30	2	+ 2,80	β Tauri	+ 31 27	7	+ 1,56
β Cephei	— 50 13	14	+ 3,39	β Geminorum	+ 31 31	9	+ 0,93
β Ursæ minoris	— 45 18	3	+ 1,50	α Andromedæ	+ 31 41	6	— 0,67
δ Ursæ minoris	— 33 30	5	+ 1,30	α Coronæ	+ 32 40	33	— 1,38
α Ursæ minoris	— 31 36	85	+ 0,56	α Arietis	+ 37 11	5	— 1,46
α Ursæ minoris	— 28 34	52	— 0,65	α Bootis	+ 39 55	38	— 1,27
δ Ursæ minoris	— 26 41	40	— 0,16	α Tauri	+ 43 43	5	— 0,02
β Ursæ minoris	— 14 53	52	+ 1,15	β Leonis	+ 44 28	4	— 1,18
β Cephei	— 9 58	19	+ 1,17	α Herculis	+ 45 20	3	+ 0,43
α Ursæ majoris	— 2 40	17	+ 1,09	α Pegasi	+ 45 32	2	+ 1,60

Stern.	Zen. Dist.	Zahl.	Δ	Stern.	Zen. Dist.	Zahl.	Δ
γ Pegasi	+ 45° 35'	12	+ 0''32	β Virginis . . .	+ 57° 16'	6	- 0''25
α Leonis	+ 47 11	11	+ 0, 06	α Aquarii . . .	+ 60 59	27	+ 0, 22
α Ophiuchi . . .	+ 47 14	13	- 0, 34	α Hydræ	+ 67 54	6	+ 0, 67
γ Aquilæ	+ 49 40	6	+ 0, 23	α Virginis . . .	+ 70 16	16	+ 0, 76
α Aquilæ	+ 51 27	13	+ 0, 36	α^2 Capricorni .	+ 72 56	11	+ 1, 77
α Orionis	+ 52 32	3	+ 1, 67	α^2 Libræ	+ 75 18	16	- 1, 20
α Serpentis . . .	+ 53 0	37	+ 1, 11	α Canis maj. . .	+ 76 25	7	+ 2, 85
β Aquilæ	+ 53 53	11	+ 1, 24	α Scorpi	+ 86 0	2	- 0, 75
α Canis min. . .	+ 54 18	6	+ 4, 53				

Wenn man sich indessen erinnert, dass der für jede Reihe angenommene Ort des Pols von den angewandten Declinationen abhängig ist, so erhellt, dass auch die für Δ angegebenen Werthe in gleicher Abhängigkeit stehen, eine Abhängigkeit, die nicht übersehen werden darf, da die Zahl der Beobachtungen *über* dem Pole mehr als dreimal so gross ist, als die der Beobachtungen *unter* dem Pole. Dadurch muss Δ für die unteren Culminationen um eine Grösse ε zu gross, für die oberen um eben so viel zu klein sein. Unabhängig von den Theilungsfehlern lässt sich natürlich ε nicht bestimmen. Der Werth also, der hier auf die, wie es mir dünkt, directeste Art, nämlich durch die 13 sowohl unter als über dem Pole beobachteten Circumpolarsterne, bestimmt wird, kann also nur als eine Annäherung angesehen werden.

Aus obenstehendem Verzeichnisse findet man:

durch α Lyræ	$2\varepsilon = + 2''64$
— α Cygni	+ 0, 08
— α Aurigæ	+ 0, 32
— η Ursæ majoris	+ 0, 35
— γ Draconis	+ 0, 34
— γ Ursæ majoris	+ 1, 90
— α Cassiopeiæ	+ 0, 52
— α Cephei	+ 0, 83
— α Ursæ majoris	+ 1, 71
— β Cephei	+ 2, 22
— β Ursæ minoris	+ 0, 35
— δ Ursæ minoris	+ 1, 46
— α Ursæ minoris	+ 1, 21.

Das arithmetische Mittel giebt $\varepsilon = + 0''536$. Es scheint freilich ganz zufällig zu sein, dass dieser Werth so nahe mit dem durch den Polarstern gefundenen ($+ 0''605$) übereinstimmt. Diese Uebereinstimmung giebt jedoch eine gute Garantie; denn es darf angenommen werden, dass der *letzte* Werth fast unabhängig ist nicht nur von den regelmässigen, sondern auch von den unregelmässigen Theilungsfehlern*), wozu kommt, dass die zufälligen Fehler der Beobachtungen bei dem Polarsterne wegen der grossen Zahl derselben kaum in Betracht kommen können. Der Werth $\varepsilon = + 0''54$ ist also dem Anscheine nach nicht weit von der Wahrheit entfernt; wenn daher von den Werthen von Δ die 14 ersten (unter dem Pole) um diese Grösse vermindert, die übrigen aber vergrössert werden, so erhält man folgende Unterschiede zwischen den Beobachtungen und den Berliner Ephemeriden. Zur Vergleichung findet man in der nebenstehenden Columnne (N. A.), um wie viel nördlicher die Declinationen zu derselben Zeit (1847,0) im *Nautical Almanac* angegeben sind als in dem Berliner astr. Jahrbuche.

Stern.	Beob.	N. A.	Stern.	Beob.	N. A.
α Ursæ minoris	- 0''04	+ 0''05	α Tauri	+ 0''52	+ 1''68
δ Ursæ minoris	+ 0, 57	+ 1, 16	β Leonis	- 0, 64	+ 0, 47
β Ursæ minoris	+ 1, 33	+ 1, 19	α Herculis . . .	+ 0, 97	+ 0, 83
β Cephei	+ 2, 28	+ 1, 65	α Pegasi	+ 2, 14	- 0, 02
α Ursæ majoris	+ 1, 95	+ 0, 96	γ Pegasi	+ 0, 86	+ 0, 91
α Cephei	+ 2, 04	+ 2, 36	α Leonis	+ 0, 60	+ 0, 22
α Cassiopeiæ .	+ 0, 46	+ 1, 33	α Ophiuchi . . .	+ 0, 20	+ 1, 54
γ Ursæ majoris	+ 2, 23	+ 1, 04	γ Aquilæ	+ 0, 77	+ 0, 82
γ Draconis . . .	+ 1, 03	+ 1, 95	α Aquilæ	+ 0, 90	- 2, 08
η Ursæ majoris	+ 0, 66	+ 0, 18	α Orionis	+ 2, 21	+ 0, 28
α Persei	+ 0, 00	+ 1, 08	α Serpentis . . .	+ 1, 65	+ 0, 37
α Aurigæ	+ 0, 54	+ 3, 49	β Aquilæ	+ 1, 78	+ 1, 08
α Cygni	+ 0, 03	+ 1, 59	α Canis min. . .	+ 5, 07	+ 3, 30
α Lyræ	+ 1, 66	- 0, 70	β Virginis	+ 0, 29	-
α Geminorum . .	+ 1, 64	+ 0, 69	α Aquarii	+ 0, 76	+ 0, 92
β Tauri	+ 2, 10	+ 2, 61	α Hydræ	+ 1, 21	+ 0, 64
β Geminorum . .	+ 1, 47	+ 0, 50	α Virginis	+ 1, 30	+ 1, 13
α Andromedæ . .	- 0, 13	+ 1, 42	α^2 Capricorni . .	+ 2, 31	+ 2, 10
α Coronæ	- 0, 84	+ 0, 27	α^2 Libræ	- 0, 66	+ 0, 27
α Arietis	- 0, 92	+ 1, 40	α Canis maj. . .	+ 3, 39	+ 2, 26
α Bootis	- 0, 73	+ 0, 16	α Scorpii	- 0, 21	+ 1, 71

*) Auf den Polarstern wurde nämlich bei jeder beobachteten Culmination mehrere (durchschnittlich 5)

In Betracht der unbekanntem Theilungsfehler, deren Einfluss man z. B. an den Sternen von α *Andromedæ* bis β *Leonis* inclusive nicht verkennen kann, — und da mehrere Sterne nur selten beobachtet worden sind, ist die Uebereinstimmung zwischen den Zahlen in beiden Columnen um so befriedigender, als diese von einander ganz unabhängig sind. *Auffallend* wird sie, wenn man das Mittel von allen Sternen nimmt; von den hiesigen Beobachtungen wird es $+ 1''006$, vom Nautical Almanac $+ 1''044$ *).

Man wird freilich daran nicht zweifeln können, dass die Zahlen der zweiten Columne weit weniger unsicher sind als die der ersten und also einen unter anderen Umständen unbedingten Vorzug verdienen. Da aber der Unterschied zwischen den Angaben beider im Mittel nur $0''04$ beträgt, muss die Wahl in diesem Falle, wo es nur auf die Verbesserung der oben gefundenen Polhöhe ankommt, ziemlich gleichgültig sein.

Wenn man also von der *ersten* Columne, als der den Beobachtungen am meisten angemessenen, Gebrauch macht, so geht endlich das pag. 23 angeführte Resultat mit Vernachlässigung der Biegung in folgendes über:

Polhöhe des Meridiankreises

59° 54' 43''702.

Nachdem die vorliegende Abhandlung Hrn. Prof. *Hansteen* schon übergeben worden war, hat es mich gefreut in „*Études d'astronomie stellaire*,“ womit der berühmte Verfasser Staatsrath *F. G. W. v. Struve* der Sternwarte ein angenehmes Geschenk gemacht hat, eine Note anzutreffen, in welcher der Verfasser bei einer neuen Untersuchung der von *Bessel* angeregten sehr interessanten Frage über die *Veränderlichkeit der eigenen Bewegung der Sterne Procyon und Sirius* gelegentlich über die *Besselschen* Declinationen zum Theil die nämlichen Bemerkungen macht, die ich oben gegeben habe. Bei jener Gelegenheit hat *Struve* noch ein Argument hinzugefügt, welches mir entgangen war, dass nämlich *Bessel* im Jahre 1844 die Declinationen der acht zur Vergleichung mit *Procyon* gewählten Sterne am neuen *Repsoldschen* Meridiankreise um $1''19$ nördlicher fand, als man sie nach *Tab. Reg.* hätte erwarten sollen.

Male eingestellt, wodurch ein Spatium von ungefähr einem Grade, ja oft bis über 2 Grade an den 4 Nonien wie auch an den entsprechenden Stellen des Kreises zur Anwendung gekommen ist.

*) In beiden Columnen wird nur eine sehr unbedeutliche, im Mittel verwindende Verbesserung der Declination des *Polarsterns* angedeutet. Diess kann *vielleicht* der pag. 27 am Ende aufgestellten Conjectur gemäss dadurch erklärt werden, dass man zu der Beobachtung dieses Sterns immer gute Zeit hat

Länge.

Wie ich oben angeführt, hatte ich durch drei Chronometer den Zeitunterschied zwischen der interimistischen Sternwarte in Christiania und dem runden Thurme in Kopenhagen = $- 7' 20''88$ und durch 6 Sternbedeckungen und 2 Sonnenfinsternisse den Zeitunterschied von Paris = $+ 33' 38''79$ gefunden. Reducirt man diese Resultate auf die jetzige Hauptsternwarte durch Addition von $- 5''59$, so hat man den Zeitunterschied von Kopenhagen durch Chronometer = $- 7' 26''47$, von Paris durch astronomische Beobachtungen = $+ 33' 33''20$, oder von Kopenhagen = $- 7' 25''4$, wenn man die Kopenhagener Länge von Paris = $+ 40' 58''3$ annimmt. Die Chronometerbestimmungen können auf keine bedeutende Genauigkeit Anspruch machen, theils weil die zwei ersten 1817 und 1822 nur auf einem und dazu ziemlich mittelmässigen Chronometer, die dritte nur auf dreien beruhte; theils weil man für den Gang des Chronometers auf der Ueberreise einen Mittelgang zwischen dem auf beiden Sternwarten, vor und nach der Seereise, beobachteten Gänge anzunehmen genöthigt war; endlich weil die persönliche Gleichung der beiden Beobachter nicht bestimmt wurde.

Da es bestimmt war, dass die Versammlung der Scandinavischen Naturforscher 1847 im Monat Juli in Kopenhagen gehalten werden sollte, fasste ich den Beschluss, diese Gelegenheit zu benutzen, den Zeitunterschied unserer Sternwarte von dem runden Thurme in Kopenhagen durch eine Chronometer-Expedition genauer zu bestimmen, da die Lage dieses Puncts gegen die Sternwarte in Altona durch mehrere Chronometer-Expeditionen von Conferenzzrath *Schumacher* zwischen sehr engen Grenzen bestimmt ist, und jetzt, da der Transport der Chronometer zwischen Altona und Kiel durch die Eisenbahn sehr erleichtert ist, noch genauer bestimmt werden kann; die Lage Altonas aber gegen Berlin, Pulkowa und Greenwich durch eine noch viel grössere Anzahl vortrefflicher Chronometer mit einer bis dahin unerreichten Genauigkeit bestimmt ist*). Hiedurch würde die Lage unserer Sternwarte gegen mehrere der wichtigsten Sternwarten in Europa genauer bestimmt werden, welches auch von Wichtigkeit für die Geographie von ganz Norwegen ist, weil die Sternwarte der Ausgangspunct der geographischen und hydrographischen Vermessung des

*) Expédition chronométrique, exécutée en 1843 entre Poulkova et Altona par *F. G. W. Struve*; St. Petersbourg 1844; Expédition chronométrique, exécutée en 1844 entre Altona et Greenwich pour la détermination de la longitude géographique de l'observatoire centrale de Russie par *MM. F. G. W. Struve et O. W. Struve*; St. Petersbourg 1840.

Landes ist. Ich wandte mich deswegen an den Director der Kopenhagener Sternwarte Hrn. Professor Ritter *Olufsen* mit der Bitte um die nöthige Hülfleistung bei den Zeitbestimmungen in Kopenhagen, und erhielt von ihm das Versprechen des bereitwilligsten Beistandes von seiner Seite. Er bemerkte indessen, dass 5 bis 7 Chronometer, welches die höchste Anzahl war, die ich hier in Christiania aufreiben konnte, zu wenig seien, um die auf die Expedition verwandte Mühe und Unkosten durch ein definitives Resultat zu belohnen; dass er deswegen an Conferenzzath *Schumacher* geschrieben habe, der, wie er hoffte, sich bereitwillig zeigen würde, mir einen Theil seiner vortrefflichen Uhren zu dieser Absicht zu überlassen. *S.* übertraf meine höchste Erwartung, indem er nicht nur Seine Majestät König *Christian* den VIIIten um Erlaubniss ersuchte, mir 5 Chronometer aus seiner Sammlung zu leihen, sondern mir auch eine Uhr von Hrn. Agent *Kessels* in Altona, 2 anonyme zur Probe, und ein Box von *Dent* in London verschaffte, welcher einem ungarischen Astronomen *Neumann* gehörte, der sich zu der Zeit in Altona aufhielt. Zugleich schrieb er an Hrn. *Dent* in London, und verschaffte mir dadurch noch 4 von seinen Boxchronometern. Endlich erhielt ich auch noch von Hrn. *Louis Urban Jürgensen* in Kopenhagen ein Boxchronometer von seiner Arbeit, so dass ich auf den späteren Reisen mit 21 Chronometern versehen war. Diese Sammlung von Uhren wurde zwischen dem 30sten Juni und 24sten August 7 Mal zwischen Christiania und Kopenhagen hin- und zurückgeschickt.

Hr. Prof. *Olufsen* hatte durch ein Gesuch an die Dänische Generalzollkammer dafür gesorgt, dass die Uhren bei dem Kopenhagener Zoll-Amte unmittelbar vom Dampfschiffe ohne Visitation nach der Sternwarte hingbracht werden konnten. Dieselbe Freiheit hatte ich auch von unserem Zolldepartemente in Christiania erhalten. In Christiania wurden die Uhren in 4 Kisten auf einer Tragbahre von dem Landungsplatze und zurück unter Begleitung des Hrn. *Fearnley* getragen; in Kopenhagen wurden sie auf Federwagen transportirt, wobei ich selbst immer zugegen war. Am Bord des Schiffes wurden sie von dem Chef des Dampfschiffes, Hrn. Lieutenant *Diricks*, in dessen Kajüte sie hingestellt waren, jeden Abend um 9 Uhr aufgezogen. In Christiania wurde die Zeit von Hrn. Observator *Fearnley* durch Culminationen der Fundamentalsterne vermittelst des Meridiankreises; in Kopenhagen auf dem runden Thurme durch ein vierfüßiges Passageninstrument von *Reichenbach* und *Ertel* von Hrn. Observator *Sievers* bestimmt. Die Zeitbestimmung war hier mit mehreren Schwierigkeiten verbunden. Der sogenannte runde Thurm ist ein 120 Fuss hohes cylindrisches Gebäude, auf dessen oberstem Gewölbe die marmorenen Pfeiler des Passageninstruments aufgestellt sind. Da das ältere Passageninstrument von

Ahl eine längere Umdrehungsachse hatte, so war man genöthigt, auf der Oberfläche beider Pfeiler eine hervorragende $1\frac{1}{4}$ Zoll dicke Platte von Gusseisen zu befestigen, um darauf die Zapfenlager des Instruments zu schrauben. Der hervorragende Theil jeder Platte war durch eine etwa $1\frac{1}{4}$ Zoll dicke und ungefähr 3 Fuss lange cylindrische Eisenstange gestützt, welche am unteren Ende an einen starken in den Pfeiler hineingetriebenen Eisenbolzen befestigt war. Die Temperaturveränderungen dieser Eisenstangen, wenn die Dachluken geöffnet wurden, verursachten häufige Veränderungen in der Horizontalität der Umdrehungsachse. — Auf dem östlichen Zapfenlager war ein Halbkreis zum Einstellen befestigt, da aber die Alhidade keine Klemmschraube hatte, konnte man das Fernrohr nicht feststellen, und wenn man das Ocular verschieben sollte, um den Uebergang des Sterns über die Seitenfilamente zu beobachten, kam das Fernrohr immer etwas aus seiner Lage, so dass man fast niemals den Uebergang des Sterns zwischen den zwei horizontalen Filamenten beobachten konnte. Da das westliche Zapfenlager keinen Höhenkreis hatte, konnte man in der umgekehrten Lage des Instruments keine Beobachtung machen, als bis es so dunkel war, dass man mit unbewaffnetem Auge den Stern sehen und aus freier Hand das Fernrohr einstellen konnte. — Da die Dachluken über dem Instrumente nicht dicht genug waren, um Feuchtigkeit von Regen und Schneegestöber vollkommen abzuhalten, wagte man nicht das Normal-Pendel von *Urban Jürgensen* in diesem Locale aufzustellen, sondern hatte diese Uhr in einem unteren Stockwerke aufgestellt. Neben dem Passageninstrumente stand eine andere weniger vollkommene Uhr von *Jahnson*. Vor und nach einer jeden Beobachtungsreihe wurde daher die Zeit von *Jahnson* auf *Jürgensen* mittelst eines Boxchronometers von *Bréguet* No. 4325 übertragen.

Indessen hat Hr. Observator *Sievers* durch Beharrlichkeit und planmässige Behandlung des Instruments gewusst, alle diese Schwierigkeiten zu überwinden. Die Achse des Instruments wurde kurz vor und nach dem Durchgange jedes Sterns nivellirt; das Azimuth wurde jeden Tag durch den Durchgang δ *Ursæ minoris* und α *Lyræ*; der Collimationsfehler durch Beobachtung von δ *Ursæ minoris* (3 Fäden vor und 3 Fäden nach der Umlegung) so oft es sich thun liess, bestimmt. Glücklicherweise zeigte der Collimationsfehler sich beinahe ganz unveränderlich. Hr. *Sievers* hat deswegen, obgleich er während der Zeit viel von Gichtanfällen litt, durch seinen anhaltenden Eifer gezeigt, „quid virtus et quid sapientia possit.“

Die persönliche Zeitgleichung zwischen Hrn. *Sievers* und mir wurde folgendermassen bestimmt. Der Eine beobachtete den Durchgang eines Sterns über die 4 ersten Filamente, der Andere über die 3 letzten; das nächste Mal in umgekehrter Ordnung, worauf die

Beobachtungen Beider auf den Mittelfaden reducirt wurden. Gleich nach meiner Zurückkunft nach Christiania wurde die Gleichung zwischen Hrn. *Fearnley* und mir auf dieselbe Weise bestimmt. An beiden Stellen wurden dazu Sterne gewählt, deren Declination nicht zu viel von den zu den Zeitbestimmungen angewendeten Fundamentalsternen abwich.

Die auf der Expedition angewandten Chronometer waren folgende:

Boxchronometer.

- Kessels* 1259. Universitäts-Sternwarte in Christiania.
Kessels 1375. *Thomas Joh. Heftye & Sohn* in Christiania. S.
Kessels 1390. Die militaire Hochschule in Christiania. S.
Delolme 130. Hr. Uhrmacher *Paulsen* in Christiania. S.
Kessels 1252. }
Kessels 1260. } Sternwarte in Altona.
Kessels 1322. Hr. Agent *Kessels* in Altona.
Anon. 1354. }
Anon. 1371. } Privateigenthum, Altona.
Dent 1961. Hr. *Neumann* aus Ungarn.
Dent 2067. Hr. *Dent*, jetzt angekauft von der Norweg. Marine. S.
Dent 2103. Hr. *Dent*, jetzt die Sternwarte in Christiania. S.
Dent 2108. }
Dent 2113. } Hr. *Dent* in London. S.
Jürgensen 39. Hr. *Louis Urban Jürgensen* in Kopenhagen. S.

Taschenchronometer.

- Kessels* 1280. Sternwarte in Christiania.
Kessels 1255. }
Kessels 1265. } Geographische Vermessung Norwegens.
Breguet 3719. }
Emery 929. } Sternwarte in Altona.
Arnold 1755. }

Die Boxchronometer schlugen alle halbe Secunden, ausgenommen *Kessels* 1252, das $\frac{6}{13}$ Secunde schlug, und zu Vergleichung der Uhren mit der Normal-Uhr gebraucht wurde; die Taschenchronometer gaben alle 0'4 an, ausgenommen *Kessels* 1260, das halbe Secunden schlug. *Kessels* 1259 ist dasselbe Chronometer, welches ich auf der Reise in

Sibirien gebrauchte, und das sich sowohl da als auf dieser letzten Expedition als eine vortreffliche Uhr zeigte. Die mit *S.* bezeichneten hatten Suspension.

Da Hr. *Fearnley* mit ebenso viel Scharfsinn als Fleiss die ganze Berechnung sowohl der Zeitbestimmungen als die des Zeitunterschieds der beiden Sternwarten, so wie sie aus der ganzen Expedition hergeleitet werden kann, ausgeführt hat, so lasse ich seine Arbeit hier mit seinen eigenen Worten folgen.

Allgemeine Uebersicht über die Expedition.

Am 30ten Juni 1847, 2 Uhr, schiffte sich Hr. Prof. *Hansteen* mit sieben Chronometern, welche unmittelbar vorher am Pendel der Sternwarte in Christiania verglichen worden waren, in dem Dampfschiff *Christiania* ein und ging mit diesem eine Stunde später nach Kopenhagen ab. Vom 2ten Juli, an welchem Tage das Dampfschiff auf der Rhede von Kopenhagen anlangte, bis zum 22ten August wurden die Chronometer zwölf Mal zwischen Christiania und Kopenhagen mit demselben Dampfschiffe hin und zurück versandt. Mit der Rückkehr des Professors und der Chronometer nach Christiania den 24ten August wurde die Expedition geschlossen, bei welcher die Chronometer somit vierzehn Reisen, sieben hin und sieben zurück, gemacht hatten.

Diese Reisen werde ich hier etwas näher bezeichnen, indem ich dabei die Zahl der Chronometer, die Beschaffenheit der Ueberfahrt und die Dauer des Zeittransportes angebe. Bei der gewöhnlich sehr nahe erreichten Compensation der Chronometer schien es nicht von Interesse zu sein ihre Temperatur während der Reisen zu kennen, besonders da sich keine grossen Differenzen erwarten liessen.

Reise.	Zeit.	Beschaffenheit der Fahrt.	Zahl der Chronometer.	Dauer des Zeittransportes.
1. Chr. — Kop.	Juni 30 — Juli 2	Ruhige Fahrt	7	48 St.
2. Kop. — Chr.	Juli 11 — Juli 13	Von Kop. bis Gothenburg <i>grosse und unregelmässige Wallungen.</i>	19	57 -
3. Chr. — Kop.	Juli 14 — Juli 16	Ruhige Fahrt	19	48 -
4. Kop. — Chr.	Juli 18 — Juli 20	Stürmisch während der ganzen Reise	19	52 -
5. Chr. — Kop.	Juli 21 — Juli 23	Ruhige Fahrt	19	50 -

Reise.	Zeit.	Beschaffenheit der Fahrt.	Zahl der Chronometer.	Dauer des Zeittransportes.
6. Kop. — Chr.	Juli 25 — Juli 27	<i>Ziemlich ruhige</i> Fahrt	21	52 St.
7. Chr. — Kop.	Juli 28 — Juli 30	<i>Ruhige</i> Fahrt	21	50 -
8. Kop. — Chr.	Aug. 1 — Aug. 3	<i>Ruhige</i> Fahrt	21	51 -
9. Chr. — Kop.	Aug. 5 — Aug. 7	<i>Ruhige</i> Fahrt	21	53 -
10. Kop. — Chr.	Aug. 8 — Aug. 10	<i>Unbeträchtlicher Seegang</i>	21	53 -
11. Chr. — Kop.	Aug. 12 — Aug. 14	Nicht aufgezeichnet. Wahrscheinlich ruhige Fahrt	21	53 -
12. Kop. — Chr.	Aug. 15 — Aug. 17	<i>Sehr schöne</i> Fahrt.	21	53 -
13. Chr. — Kop.	Aug. 19 — Aug. 21	Nicht angemerkt. Wahrscheinlich ruhige Fahrt	21	54 -
14. Kop. — Chr.	Aug. 22 — Aug. 24	<i>Starker Seegang</i>	9	52 -

Aus der Tafel ersieht man, dass die Zeittransporte von Kopenhagen nach Christiania durchschnittlich etwas länger dauerten als die von Christiania nach Kopenhagen. Dieser Umstand ist jedoch an sich von keinem wesentlichen Belange; wichtiger ist es, dass mehrere Reisen *von Kopenhagen* als mehr oder weniger stürmisch bezeichnet sind, während solches von keiner Reise *von Christiania* bemerkt worden ist. Dazu kommt noch Folgendes:

Auf den Reisen von Christiania nach Kopenhagen, welche im Mittel 43,7 Stunden aufnahmen, ward das Dampfschiff jedesmal im Hafen von Gothenburg mehrere (durchschn. 6,5) Stunden aufgehalten; auf den Zurückreisen (Kop. nach Chr.) dagegen, derer mittlere Dauer = 44,4 St., lag das Schiff bei Gothenburg nur 1,6 St., zugleich aber im offenen Sunde bei Sandö (im Christianiafjord) 6,3 St. vor Anker. Stellt man sich das Schiff vor Anker als vollkommen *ruhig* vor, so ergibt sich

	von Chr.	von Kop.
die Dauer der Bewegung auf einer Reise	37,2 St.	36,5 St.,
während die Dauer eines Zeittransportes	50,9 -	52,9 -

gewesen ist. Die letzteren Zahlen sind nicht ganz in demselben Verhältnisse wie die ersteren, was jedoch nicht zu dem Schlusse berechtigen kann, dass die Chronometer während der Zeittransporte von Chr. *mehr bewegt* worden seien als während derjenigen von Kop. nach Chr. Denn es darf nicht angenommen werden, dass im Sandösund die Ruhe des Schiffes so vollkommen gewesen ist als in Gothenburgs Hafen, welcher ungleich besser

gegen die Wellen des Kattegats geschützt ist. Es ist demnach möglich, dass schon aus dieser Ursache gerade die Zeittransporte von Kopenhagen die unruhigeren gewesen sind, welches *wahrscheinlich* wird, wenn man den jedesmaligen Zustand der See berücksichtigt.

Wenn man der Methode gemäss, welche später zur Berechnung des Längenunterschiedes befolgt werden wird, immer eine Hin- und Zurückreise nur als *eine* Reise betrachtet, so werden die 14 Ueberfahrten auf 13 *vollständige Reisen* reducirt, welche wir der Kürze wegen in der Folge solchergestalt bezeichnen wollen.

Reisen von *Christiania*1 und 2 C_1 3 und 4 C_2 5 und 6 C_3

u. s. w.

Reisen von *Kopenhagen*2 und 3 K_1 4 und 5 K_2 6 und 7 K_3

u. s. w.

Um die grösste Genauigkeit zu erreichen musste man darauf sehen, dass die *Chronometer auf allen Reisen sich unter denselben Umständen befänden*; denn dass der Gang eines Chronometers nach verschiedenen Umständen und namentlich *nach dem Zustande der Bewegung* kleine Aenderungen erleiden kann, ist allgemein erkannt. Jene Bedingung wurde auch bei dieser Expedition sehr nahe erfüllt, indem die Behandlung der Chronometer beim Ein- und Ausschiffen wie auch an Bord bei ihrer zweimaligen Aufziehung so wie der Ort und die Lage jedes einzelnen Chronometers im Dampfschiffe *auf allen Reisen genau dieselben waren*; überdiess wurde auch bei jedem Transporte die grösste Vorsicht angewandt um die Chronometer vor jeder Erschütterung und schnellen Drehung zu schützen. Da es nur darauf ankam, dass die Chronometer auf allen Reisen *denselben mittleren Gang* behalten könnten, so war es gleichgültig, ob der Transport zwischen dem Dampfschiffe und den Sternwarten in Christiania und Kopenhagen auf einerlei oder verschiedene Art geschah, weshalb an jedem Orte die nach den Umständen zweckmässigste gewählt wurde.

In dem folgenden detaillirten Bericht von der Chronometer-Expedition werde ich zuerst die *Beobachtungen* mittheilen und dann von der Art, wie ich die gesammten Data benutzt habe um die schärfsten *Resultate* von der Expedition zu erreichen, Rechenschaft ablegen. An mehreren Stellen werde ich mich in aller Kürze fassen können, überall nämlich, wo ich theils mit Wahl, theils ganz unwillkürlich denselben Weg eingeschlagen habe, den man in den pag. 33 citirten Relationen von den berühmten Russischen Chronometer-Expeditionen in grösster Vollständigkeit entwickelt finden kann.

I. Beobachtungen.

A. Absolute Zeitbestimmung auf der Sternwarte in Christiania.

Alle Beobachtungen sind mit dem schon erwähnten *Meridiankreise* aus dem berühmten Münchener Institute ausgeführt worden. Das Fernrohr hat eine fünffüssige Focallänge und 7 Fäden. Die Aufstellung ist sehr fest und erleidet nur sehr kleine und langsame Veränderungen bei starkem Wechsel der Lufttemperatur.

Die Tafel des *Meridianzeichens* (pag. 4) wird bei hinreichender Beleuchtung und ruhiger Luft so scharf im Fernrohre gesehen, dass die relative Lage des Mittelfadens gegen den Nullpunct des Zeichens noch auf eine Viertelsecunde recht gut beobachtet werden kann. Das Zeichen ist nicht bloss zur Ermittlung des Collimationsfehlers benutzt, sondern fortwährend beobachtet worden — theils zur Controle bei den successiven Veränderungen im Azimuth, theils um die Lage des Nullpunctes mit solcher Schärfe bestimmen zu können, dass die Mire als *wahres Meridianzeichen* zur *absoluten* Verification im Azimuth angewandt werden konnte. Den Bestimmungen zufolge, welche seit der Errichtung des Zeichens im Sommer 1844 bis zu Ende des Jahres 1846 gemacht worden waren, sollte der Nullpunct 3''34 (in Bogen) westlich vom Meridian des Fernrohrs liegen. Durch fortgesetzte und zugleich bessere Bestimmungen im Sommer 1847 ergab sich die Lage 3''22 W., wovon unten weiteres. — Die Sternwarte besitzt auch einen kleinen *Collimator* von *Repsold*, dessen Anwendung aber bisher sehr beschränkt gewesen ist, weil der allgemeine Gebrauch desselben einige wesentliche Bauveränderungen nothwendig macht.

Das *Beobachtungspendel*, *Kessels* 1365, ist ein ausgezeichnetes Kunstwerk, ein würdiger Repräsentant des bekannten Künstlers. Dem Einfluss unseres rauhen Klimas und häufigem Temperaturwechsel ausgesetzt behauptet es doch in bewundernswürdiger Art seinen Rang als *Normalpendel* der Sternwarte.

Das Fernrohr ward während der Expedition *häufig umgelegt* und zwar nach solchem Plan, dass bei irgend einer Reise die beiden Zeitbestimmungen, welche der Abreise und Rückkehr entsprachen, in entgegengesetzter Lage des Kreises gemacht wurden. Etwaige constant wirkende Fehler am Instrumente werden sonach unschädlich gemacht worden sein. Bei den Umlegungen zerfällt die ganze Beobachtungsreihe in folgende Perioden:

Juni 28 — Juli 3; *Kreis Ost*; 1ster Aufenthalt der Chron. auf der Sternwarte.

Juli 3 — Juli 5; *Kreis West*;

Juli 5 — Juli 12; *Kreis Ost*;

Juli 12 — Juli 15; *Kreis West*; 2ter Aufenthalt der Chron. auf der Sternwarte.

Juli 15 — Juli 23; *Kreis Ost*; 3ter — — — — —

Juli 23 — August 1; *Kreis West*; 4ter — — — — —

August 4 der Kreis wurde zweimal umgelegt.

August 1 — August 8; *Kreis Ost*; 5ter Aufenthalt der Chron. auf der Sternwarte.

August 8 — August 16; *Kreis West*; 6ter — — — — —

August 16 — August 24; *Kreis Ost*; 7ter — — — — —

August 24 — August 31; *Kreis West*; 8ter — — — — —

Die Neigung der Achse ward mit einem Niveau von *Repsold* ($\frac{1}{2}$ Theil = $0''703$ Bogen) untersucht. Immer ward die Achse in zwei Lagen (das Objectiv gegen *Süd* und das Obj. gegen *Nord*) nivellirt, und in jeder Lage ebenfalls das Niveau umgelegt. Zwei solche Nivellements, das eine am Anfange, das andere am Ende jeder Beobachtungsreihe, zeigten sich immer — selbst bei starker Temperaturveränderung — als hinreichend, wenn nicht die einzelnen Beobachtungen wegen Wolken zu gar zu entlegenen Zeiten angestellt werden mussten. Es ist bekanntlich ein Mangel bei den älteren *Reichenbachschen* Meridiankreisen, dass die Zapfen von den Haken des aufgehängten Niveaus in anderen Schnitten berührt werden als von den Lagern, ein Mangel, der um so wesentlicher ist, weil es in den meisten Fällen kein anderes Mittel zur Prüfung der Zapfen giebt als das Niveau selbst, dessen Anwendung aber in dieser Hinsicht ziemlich beschränkt ist. So setzt z. B. das gewöhnliche Verfahren um die ungleiche Dicke der Zapfen zu bestimmen voraus, dass jeder Zapfen ein vollkommener Cylinder sei oder wenigstens, dass die Schnitte, in welchen er von dem Lager und dem Haken der Libelle berührt wird, gleichen Durchmesser haben *); und der Zweifel kann auf directem Wege nicht ohne einen besonderen Hülfapparat gehoben werden. Am hiesigen Meridiankreise ist der solide Zapfen etwas dicker als der durchbohrte gefunden worden; die daraus entspringende Verbesserung der Angabe des Niveaus ist $\mp 0''98$ Bogen. Glücklicherweise findet diese Correction eine zwar indirecte aber — wie mir scheint — vollständige Bestätigung in den astronomischen Beobachtungen, namentlich in der völligen Uebereinstimmung zwischen den beiden Bestimmungen des Collimationsfehlers durch das Meridianzeichen **) und durch einen Polarstern. Es ist noch ein anderes Indicium, welches mit dem genannten zusammen genommen mir meine übrige

*) Eine andere Voraussetzung, dass die Pfeiler durch die ungleiche Belastung nicht ungleich zusammengedrückt werden, kann allerdings unmittelbar geprüft werden.

**) Was die Bestimmung des Collimationsfehlers mittelst des Meridianzeichens betrifft, so ist sie zwar

Zweifel in Betreff der unbekanntenen Fehler der Zapfen benommen hat. Von 120 vollständigen Nivellements finde ich nämlich durch Vergleichung der Angabe des Niveaus in der Lage Obj. S. (i_s) mit der in der Lage Obj. N. (i_n)

aus 63 Nivel. Kreis Ost. $i_n - i_s = 0''219 \pm 0''0310$ Bogen;

— 57 — Kreis West. $i_n - i_s = 0,047 \pm 0,0343$ — .

Also zwar ein unverkennbarer Unterschied in der östlichen Lage des Kreises, der aber ganz unwesentlich ist. Will man dennoch seiner Ursache nachspüren, so darf man nur eine kleine Divergenz zwischen den beiden Zapfen annehmen um die *beiden* Differenzen $i_n - i_s$ zu erklären. Freilich sollte man erwarten, dass diese (in beiden Lagen des Kreises) genau gleich seien; der Unterschied erklärt sich aber aus dem Umstande, dass die Zapfenlager von ungleicher Dicke, die Zapfen von ungleicher Länge sind, und somit die Berührungsschnitte der letzten sowohl mit den Lagern als mit den Haken der Wasserwaage bei Umlegung des Kreises verrückt werden. Uebrigens ist die Divergenz der Zapfen unschädlich, wenn sowohl i_n als i_s beobachtet wird.

Aus den wahrscheinlichen Fehlern der angeführten Bestimmungen von $i_n - i_s$ ergibt sich *der wahrscheinliche Fehler eines vollständigen Nivellements* $= \pm 0''128$ Bogen.

Bis auf diesen *zufälligen* Fehler glaube ich also, dass die zur Reduction der Beobachtungen angenommene *Neigung der Achse*

$$i = \frac{i_n + i_s}{2} \mp 0''98$$

wahr ist.

Der Collimationswinkel ward, wie schon angedeutet, durch die Umlegungen des Instrumentes sowohl direct (am Meridianzeichen) als indirect (durch die Beobachtungen des Polarsterns) bestimmt. Am 8ten August traf bei der Umlegung ein kleiner Unfall ein, der eine Verrückung der Collimationslinie zur Folge hatte. Um diese zu bestimmen ward das Instrument gleich nachher noch zweimal gewandt, daher die erste Bestimmung des neuen Collimationsfehlers nur auf die Beobachtung des Meridianzeichens gegründet werden konnte. Jede Bestimmung mittelst des Polarsterns α *Ursæ minoris* beruht auf mehreren vor und nach der Umwendung beobachteten obern und untern Culminationen, welche —

von der Neigung der Achse unabhängig, würde aber mit einer Parallaxe behaftet sein, wenn der Meridian des Fernrohrs nicht in beiden Lagen des Kreises derselbe wäre. Ich habe durch Messung gefunden, dass die Projection des Mittelfadens auf die Umdrehungsachse dieselbe bis auf 0,5 Linie in der Mitte zwischen den Enden der beiden Zapfen trifft, woraus sich die ganz zu vernachlässigende Parallaxe $0''08$ Bogen ergibt.

mit gehöriger Rücksicht auf die aus den Beobachtungen des Zeichens bekannten Aenderungen im Azimuth, den Stand und den Gang des Pendels, die Neigung der Achse und die tägliche Aberration — von den drei Grössen *Collimationswinkel*, *Azimuth* und *Rectascension des Sterns* jede unabhängig von den übrigen geben. Alle während der Chronometerexpedition gemachten Bestimmungen des Collimationsfehlers führe ich hier einzeln an.

Datum.	Mer. Zeichen.	Polarstern.	Mittel.
Juni 28	— 1"66	— 1"49	— 1"58 Bogen.
Juli 3	— 1,50	— 1,72	— 1,61 -
— 5	— 1,50	— 1,73	— 1,62 -
— 12	— 1,75	— 1,55	— 1,65 -
— 15	— 1,60	— 1,65	— 1,62 -
— 23	— 1,85	— 1,58	— 1,71 -
August 1	— 1,64	— 1,57	— 1,61 -
— 4	— 1,55	— 1,68	— 1,61 -
Mittel { Juni 28 } { Aug. 8 }	— 1"631	— 1"621	— 1"626 Bogen.
August 8	— 0"31	—	—
— 16	— 0,21	— 0"58	— 0"40 -
— 24	— 0,50	— 0,38	— 0,44 -
Mittel { Aug. 8 } { Aug. 24 }	— 0"34	— 0"48	— 0"42 Bogen.

Gleich beim ersten Ueberblicke ersieht man, dass der Collimationswinkel sehr constant gewesen ist; ferner, dass der Polarstern und das Zeichen innerhalb der Grenzen der zufälligen Fehler völlig übereinstimmende Resultate gegeben haben und zwar mit bedeutender Schärfe, die jedoch gar nicht hinreichend ist um die überaus grosse Uebereinstimmung der Zahlen in der letzten Columne zu erklären. Diese darf indessen kaum als ein Spiel des Zufalls angesehen werden, sondern deutet darauf hin, dass in der Regel eine ganz kleine Veränderung im Azimuth während der Umlegung des Instrumentes eintritt, woraus folgen muss, dass (da die Beobachtungen des Polarsterns vor und nach der Umlegung auf die Angaben des Meridianzeichens unmittelbar vor und nach derselben Operation reducirt werden) beide Bestimmungen des Collimationsfehlers (nach dem Zeichen

und nach dem Polarstern) fehlerhaft werden, aber so, dass die eine zu gross, die andere zu klein wird *).

Azimuth des Meridiankreises.

Juni 22	— 5''73 Bogen.	Juli 11	— 3''45 Bogen.	August 2	Die Achse
— 27	— 4,97	— 12	— 3,53		berichtigt.
— 28	— 4,53	— 13	— 2,84	— 4	+ 1''74 Bogen.
— 28	— 4,02	— 13	— 2,48	— 4	+ 1,78
— 29	— 4,05	— 14	— 2,76	— 5	+ 1,29
— 29	— 2,25	— 14	— 3,73	— 6	+ 1,35
— 30	— 1,46	— 15	— 3,41	— 8	— 0,19
Juli 1	— 1,85	— 16	— 5,07	— 10	+ 0,86
— 1	— 2,03	— 19	— 5,38	— 13	+ 1,86
— 3	— 2,14	— 22	— 6,23	— 13	+ 2,03
— 3	— 3,00	— 23	— 6,89	— 14	+ 3,25
— 5	— 3,04	— 27	— 7,65	— 15	+ 3,28
— 6	— 3,05	— 29	— 7,30	— 15	+ 3,76
— 7	— 2,70	— 30	— 7,20	— 17	+ 2,62
— 7	— 2,87	August 1	— 7,90	— 18	+ 2,45
— 10	— 5,70	— 1	— 7,00	— 19	+ 3,34
— 11	— 5,66	— 2	— 9,83	— 24	+ 3,76

Diese Tafel giebt das Azimuth zur Zeit der beobachteten Culminationen des Polarsterns; man ersieht daraus, dass die Veränderungen nur langsam eingetreten sind. Wie übrigens die Tafel entstanden ist, will ich hier kürzlich erläutern.

Anfangs wollte ich das Azimuth für das Moment jeder Umlegung aus den vor und nach derselben beobachteten (beiden) Culminationen des Polarsterns ableiten, um es unabhängig vom Collimationsfehler und von der A. R. zu erhalten, (wobei das Meridianzeichen nur die Variationen im Azimuth angeben sollte) und dessen Werth für jeden anderen Augenblick durch Interpoliren bestimmen. Da aber mehrere Indicien mich davon überzeugten, dass das Meridianzeichen zur sicheren Bestimmung des Azimuth *wesentlich* beitragen könnte, wenn nur die Lage seines Nullpunctes bekannt wäre; so glaubte ich diesen

*) Weil nämlich das Meridianzeichen in *Süd* steht.

Vortheil um so mehr benutzen zu müssen, als ich sah, dass die verschiedenen Bestimmungen jenes Nullpunctes sowohl unter sich als mit den früheren (pag. 40) so gut übereinstimmen, dass das Endresultat ohne Bedenken als definitiv angesehen werden konnte. Dazu kommt, dass die von dem Zeichen von Tage zu Tage angegebenen Variationen im Azimuth *regelmässiger* und daher *wahrscheinlicher* sind als die aus den einzelnen Beobachtungen des Polarsterns gefolgerten. Wegen der öfters constatirten, im Ganzen aber unbekanntem Seitenrefraction*) schien es mir indessen rathsam zur *jedesmaligen* Bestimmung des Azimuth den Polarstern mit dem Zeichen concurriren zu lassen. Da aber die aus dem Berliner astr. Jahrb. genommene A. R. des Polarsterns sich nicht den hiesigen Beobachtungen anschliessen wollte, sondern fast immer zu klein gefunden ward, nahm ich für die Zeit dieser Beobachtungen die *Correction der Ephemeride* = Δ an, welche ich also in Verbindung mit dem *östlichen Azimuth* des Nullpunctes am Meridianzeichen = α zu bestimmen hatte. Jede beobachtete Durchgangszeit des Polarsterns wurde daher mittelst der jedesmaligen Angabe des Zeichens und des bekannten Collimationswinkels auf *das Azimuth* reducirt, welches dem Nullpuncte entsprechen würde. Ferner wurden die Neigung der Achse, der Collimationsfehler, die tägliche Aberration und der mit hinlänglicher Schärfe berechnete Uhrstand berücksichtigt. Die Vergleichung der so reducirten Durchgangszeit mit der A. R. der Ephemeride gab einen Unterschied, welcher das erste Glied m der Gleichung

$$m + \frac{\sin(p-d)}{15 \cos d} \alpha - \Delta = 0 \quad \text{oder} \quad m - \frac{\sin(p+d)}{15 \cos d} \alpha - \Delta = 0$$

bildete, je nachdem die Culmination *über* oder *unter* dem Pole beobachtet ward. Aus 49 solchen Gleichungen, wovon 12 der *oberen* Culmination entsprechen, ergab sich durch Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate

$$\alpha = - 3''094 \pm 0''137 \text{ Bogen} \quad \text{und} \quad \Delta = + 0''606 \pm 0''171 \text{ Zeit.}$$

Früher war α , wie schon angeführt, = $- 3''34$ gefunden worden. Ich habe das Mittel von beiden Werthen oder

$$\text{das Azimuth des Nullpunctes} = 3''22 \text{ West}$$

als definitiv angenommen. Schwerlich möchte der Fehler dieser Bestimmung $0''15$ o: $0''01$ Zeit übersteigen. Was die Grösse Δ betrifft, so wird auch diese mit völlig hinreichender Schärfe bestimmt worden sein, wenn der Fehler wirklich innerhalb der Grenzen der berechneten Unsicherheit $\pm 0''171$ Zeit fällt**). Denn in diesem Falle wird der zu

*) Refraction in eine auf den Verticalkreis des Lichtstrahls senkrechte Richtung.

**). Eine Bestätigung gewährt einigermassen der Umstand, dass der *Nautical Almanac* zwar die *mittlere A. R.*

befürchtende *beständige* Fehler bei dem durch den Polarstern bestimmten Azimuth nur $\pm 0''139$ oder $\mp 0''129$ Bogen, je nachdem eine *obere* oder eine *untere* Culmination beobachtet worden ist; und da im gegenwärtigen Falle von jenen 12, von diesen 37 beobachtet worden, so tritt eine partielle Compensation der Fehler ein, indem der *beständige* Fehler eines während der Expedition durch den Polarstern bestimmten Azimuths *durchschnittlich* nur $\pm \frac{1}{45}$ ($37 \cdot 0''129 - 12 \cdot 0''139$) $= \pm 0''063$ wird. In der oben mitgetheilten Tafel über Azimuth sind die Mittel von je zwei correspondirenden Azimuth-Bestimmungen (der einen durch dem Meridianzeichen, der anderen durch den Polarstern) gegeben worden, wobei die Grössen $\alpha = -3''22$ und $\Delta = +0''606$ angewandt worden sind. Wenn man also das arithmetische Mittel von allen in der Tafel enthaltenen Zahlen nimmt, welches dem während der Expedition *durchschnittlich* angenommenen Azimuth entspricht, so wird dabei — *mit Abstraction von den zufälligen Fehlern* — der zu befürchtende Fehler

$$\Delta a = \pm \frac{1}{2} \sqrt{0''15^2 + 0''06^2} = \pm 0''086 \text{ Bogen} = \pm 0''0057 \text{ Zeit,}$$

dessen Einfluss auf die Zeitbestimmungen noch nicht ganz die Grösse $\pm 0''0035$ Zeit erreichen wird. Ein Fehler aber am Azimuth, dessen scharfe Bestimmung schwerer als die der anderen Reductionselemente zu erreichen ist, würde noch als klein angesehen werden müssen, wenn er das Dreifache von jener Grösse wäre. Der *zufällige* Fehler irgend einer Zahl in der Tafel wird freilich bisweilen nicht unerheblich sein (den mittleren Fehler schätze ich auf eine halbe Bogensekunde); seine Grösse hat aber kein besonders Interesse, da er sich mit den anderen zufälligen Fehlern vermischt, deren Totalsumme sich aus den Ergebnissen der verschiedenen Chronometerreisen ermitteln lässt.

Mit den drei Reductionselementen i (der Inclination der Achse), c (dem Collimationsfehler) und a (dem Azimuth) ward jede beobachtete Durchgangszeit T irgend eines Sterns nach der gewöhnlichen Formel

$$T_0 = T + \frac{i \cdot \cos(p-d)}{15 \cos d} + \frac{c - 0''158}{15 \cos d} + \frac{a \cdot \sin(p-d)}{15 \cos d}$$

auf den wahren Meridian reducirt. T_0 ist die *wahre Culminationszeit*, die Zahl $0''158$ die von der täglichen Aberration herrührende Reductionsconstante; p und d die Polhöhe und die Declination, die letzte vom Aequator durch den Zenith bis 180° gezählt; i , c und a müssen in *Bogen* ausgedrückt sein.

des Polarsterns für 1847,0 nur um $0''210$, die *scheinbare* aber (für die Zeit jener 49 Culminationen) um $1''02$ grösser als das *Berl. astr. Jahrb.* angiebt. Bei der Vergleichung beider Jahrbücher muss man darauf Rücksicht nehmen, dass im *Naut. Alm.* der von $2C$ abhängige Theil der Nutation, welcher in einer besonderen Tafel gegeben ist, zur Angabe der Ephemeride gelegt werden muss.

Wenn $A. R.$ die Rectascension des Sterns ist, so ergibt sich *der Stand der Uhr vor Sternzeit*

$$S = T_0 - A. R.$$

Sowohl in Kopenhagen als hier sind *nur Besselsche Sterne* zu den Zeitbestimmungen benutzt worden, und die Rectascensionen aus den Berliner Ephemeriden genommen. Bekanntlich weichen aber diese bei nicht wenigen Sternen schon so viel von den neueren Beobachtungen ab, dass die daraus entspringenden Fehler der Zeitbestimmungen sehr leicht die Sicherheit rauben können, mit welcher eine grosse Zahl von guten Chronometern die Zeit einige Tage hindurch zu messen im Stande ist. Um solche Fehler nicht unberücksichtigt zu lassen ergriff ich wiederum das Mittel, das mir zunächst lag, nämlich die während der Expedition hier ausgeführten Beobachtungen. Ich habe daraus die in der folgenden Tafel gegebenen Zahlen $\Delta A. R.$ abgeleitet, welche zeigen, wie viel man zu den aus dem Berl. Jahrb. genommenen Rectascensionen legen muss, damit sie sich den genannten Beobachtungen am besten anschliessen können. Diese Zahlen dürfen nur als Verbesserungen der *relativen* Rectascensionen angesehen werden. Natürlich werden dieselben Grössen bei der Reduction der Kopenhagener Beobachtungen benutzt werden müssen. Um bloss durch ein Beispiel den Nutzen dieser Correctionen zu zeigen, bemerke ich, dass am 23ten Juli zur Zeitbestimmung nur die drei Sterne α , γ und η *Ursæ majoris* beobachtet werden konnten, deren im Jahrbuche gegebene Rectascensionen respective um $0''082$, $0''261$ und $0''171$ zu gross gefunden worden sind; diese Zeitbestimmung bedarf demnach einer Verbesserung von $0''171$.

Namen der Sterne.	$\Delta A. R.$	Be- obb.	Namen der Sterne.	$\Delta A. R.$	Be- obb.
α <i>Andromedæ</i> .	+ $0''446 \pm 0''050$	2	α <i>Canis maj.</i> .	+ $0''210 \pm 0''025$	5
γ <i>Pegasi</i>	+ $0,064 \pm 0,040$	3	α <i>Canis min.</i> .	- $0,031 \pm 0,040$	2
α <i>Cassiopeiæ</i> .	- $0,009 \pm 0,012$	11	β <i>Geminorum</i> .	- $0,015 \pm 0,040$	2
α <i>Arietis</i>	+ $0,127 \pm 0,013$	7	α <i>Ursæ majoris</i>	- $0,082 \pm 0,025$	4
α <i>Ceti</i>	+ $0,049 \pm 0,040$	2	β <i>Leonis</i>	+ $0,090 \pm 0,018$	5
α <i>Persei</i>	- $0,106 \pm 0,009$	17	γ <i>Ursæ majoris</i>	- $0,261 \pm 0,019$	5
α <i>Tauri</i>	+ $0,070 \pm 0,045$	2	α <i>Virginis</i> . . .	+ $0,017 \pm 0,009$	18
α <i>Aurigæ</i> . . .	+ $0,008 \pm 0,011$	14	η <i>Ursæ majoris</i>	- $0,171 \pm 0,007$	29
β <i>Orionis</i>	+ $0,038 \pm 0,015$	7	α <i>Bootis</i>	+ $0,053 \pm 0,008$	24
β <i>Tauri</i>	- $0,034 \pm 0,012$	10	α^2 <i>Libræ</i>	- $0,036 \pm 0,015$	8
α <i>Orionis</i> . . .	- $0,003 \pm 0,017$	7	β <i>Ursæ minoris</i>	- $0,044 \pm 0,025$	8

Namen der Sterne.	Δ A. R.	Be- obb.	Namen der Sterne.	Δ A. R.	Be- obb.
α Coronæ . . .	+ 0''039 \pm 0''008	19	α Aquilæ	+ 0''054 \pm 0''017	6
α Serpentis . . .	- 0,005 \pm 0,010	16	β Aquilæ	- 0,038 \pm 0,017	7
α Scorpii	+ 0,023 \pm 0,023	3	α^2 Capricorni . .	+ 0,088 \pm 0,018	7
α Herculis	- 0,009 \pm 0,018	5	α Cygni	+ 0,021 \pm 0,017	7
α Ophiuchi	+ 0,137 \pm 0,013	8	α Cephei	- 0,024 \pm 0,022	5
γ Draconis	- 0,078 \pm 0,011	13	β Cephei	+ 0,078 \pm 0,028	5
α Lyrae	+ 0,018 \pm 0,013	8	α Aquarii	+ 0,077 \pm 0,009	18
γ Aquilæ	+ 0,007 \pm 0,010	8	α Pegasi	+ 0,054 \pm 0,030	3

Die vollständig reducirten Beobachtungen wurden also mit den nach dieser Tafel corrigirten Rectascensionen verglichen. Als *Stand der Uhr vor Sternzeit* sind in der folgenden Tafel alle Zeitbestimmungen mitgetheilt, obgleich einige (mit Pünctchen bezeichnete) mehr oder weniger zweifelhaft sind. Die mit * bezeichnete Columnne giebt die Zahl der beobachteten Sterne an.

Beobachtungs- und Normalpendel in Christiania. Kessels 1365.

Nr	1847.	Uhrzeit.	Stand.	Gang in 24 St.	*
1	Juni 25	15 ^h 0	- 43''39	+ 0''268	7
2	- 26	14,5	- 43,13	+ 0,257	8
3	- 27	12,9	- 42,89	+ 0,111	5
4	- 28	14,8	- 42,77	+ 0,299	4
5	- 29	14,9	- 42,47		6
6	- 29-30	6,0	- 42,24:	+ 0,230	4:
7	Juli 1	13,7	- 42,02	+ 0,210	3
8	- 1	2,3	- 41,86	+ 0,103	3
9	- 2	15,4	- 41,91	+ 0,230	3
10	- 3	13,3	- 41,70	+ 0,151	2
11	- 3	3,6	- 41,61	+ 0,141	3
12	- 4	5,1	- 41,46	+ 0,010	2
13	- 5	5,0	- 41,45		4
14	- 6	12,0	- 41,45	+ 0,080	3

N ^o	1847.	Uhrzeit.	Stand.	Gang in 24 St.	*	
15	Juli	6	5 ^h 4	- 41''37	+ 0''090	5
16	-	7	13,9	- 41,35	+ 0,010	2
17	-	7	3,8	- 41,36	+ 0,069	5
18	-	10	11,7	- 41,15	+ 0,138	3
19	-	11	13,9	- 41,00	+ 0,277	2
20	-	11	2,0	- 40,86:	+ 0,277	1
21	-	12	15,0	- 40,71		5
22	-	12	5,2	- 40,61	+ 0,188	3
23	-	13	13,5	- 40,53	+ 0,104	7
24	-	13	4,3	- 40,51	+ 0,155	7
25	-	14	14,3	- 40,37	+ 0,233	5
26	-	14	1,9	- 40,30	+ 0,149	2
27	-	15	14,5	- 40,22	+ 0,222	6
28	-	16	15,4	- 39,99:	+ 0,456	1
29	-	19	21,3	- 38,51	+ 0,347	3
30	-	20	1,7	- 38,10	+ 0,421	5
31	-	21	5,6	- 37,61	+ 0,434	6
32	-	22	13,9	- 37,46	+ 0,476	6
33	-	23	12,1	- 37,02		3
34	-	25	7,4	- 35,38:	+ 0,508	1:
35	-	26	5,5	- 35,13	+ 0,600	4
36	-	27	13,9	- 34,92		8
37	-	27	5,2	- 34,40::	+ 0,632	2::
38	-	28	19,9	- 34,13	+ 0,463	4
39	-	29	16,1	- 33,74	+ 0,351	5
40	-	30	12,6	- 33,44	+ 0,481	4
41	August	1	14,5	- 32,44		3
42	-	1	1,8	- 32,14	+ 0,393	2
43	-	2	18,2	- 31,99	+ 0,288	12
44	-	2	5,3	- 31,81:	+ 0,639	4:
45	-	3	7,2	- 31,12:	+ 0,418	3:
46	-	4	20,5	- 30,88	+ 0,475	11
47	-	5	14,7	- 30,52		7

N ^o	1847.	Uhrzeit.	Stand.	Gang in 24 St.	*
48	August 6	21 ^h 8	— 29 ^o 90	+ 0 ^o 478	2
49	— 8	16, 5	— 29, 21	+ 0, 388	3
50	— 9	4, 6	— 28, 46	+ 0, 453	6
51	— 10	17, 8	— 28, 28	+ 0, 469	4
52	— 11	23, 0	— 27, 71	+ 0, 367	6
53	— 13	18, 8	— 27, 04	+ 0, 292	16
54	— 14	13, 7	— 26, 81	+ 0, 171	3
55	— 15	19, 2	— 26, 60	+ 0, 219	16
56	— 16	19, 3	— 26, 48	+ 0, 258	9
57	— 17	16, 7	— 26, 25	+ 0, 278	11
58	— 18	19, 5	— 25, 94	+ 0, 381	9
59	— 19	18, 2	— 25, 58	+ 0, 520	7
60	— 20	18, 2	— 25, 06	+ 0, 525	2
61	— 21	16, 6	— 24, 57	+ 0, 467	4
62	— 23	23, 6	— 23, 50	+ 0, 154	10
63	— 24	16, 8	— 23, 39	+ 0, 047	14
64	— 25	18, 6	— 23, 34	+ 0, 088	5
65	— 26	19, 2	— 23, 25	+ 0, 117	5
66	— 27	17, 7	— 23, 14	+ 0, 166	2
67	— 28	19, 7	— 22, 96	+ 0, 295	6
68	— 29	20, 0	— 22, 66	+ 0, 190	4
69	— 30	20, 0	— 22, 47 :	+ 0, 571	3 :
70	— 31	20, 8	— 21, 88	+ 0, 474	2

Die Regelmässigkeit des Ganges zumal in der ersten Hälfte springt in die Augen. In dem Monate August kommen zwar kleine Schwankungen vor; wenn man aber billigerweise die *scheinbaren* Sprünge, welche von den *zweifelhaften* Zeitbestimmungen herrühren, ausschliesst, so nimmt man immer nur successive Aenderungen wahr; und diese folgen mit grösster Regelmässigkeit den gleichzeitigen Variationen der Barometerhöhe und der Temperatur. Der reguläre Gang wird am auffallendsten, wenn man für irgend ein Moment den Uhrstand aus verschiedenen angrenzenden Zeitbestimmungen durch einfaches Interpoliren sucht. Wenn zur gegebenen Zeit nicht etwa ein stetiges Anwachsen oder Abnehmen der Dichte der Luft eingetroffen ist, so geben die sogar eine ganze Woche von einander

entfernten Zeitbestimmungen durch Interpoliren in die Mitte den Stand meistens auf einige Hundertel von einer Secunde richtig. Als Beispiele mögen folgende für die mittleren Momente der Chronometervergleichen auf diese Weise mehrfach interpolirte Werthe des Uhrstandes angeführt werden.

Juni 30; 6,9 U. Z. ^h	Juli 13; 13,6 U. Z. ^h	Juli 14; 10,4 U. Z. ^h
No. 6: — 42''24:	No. 23 — 40''53	No. 25 — 40''41
- 5 und 7 — 42,31	- 22 und 24 — 40,57	- 24 und 26 — 40,43
- 4 - 8 -- 42,33	- 21 - 25 — 40,55	- 23 - 27 — 40,40
- 3 - 9 — 42,36		
Juli 20; 11,6 U. Z. ^h	Juli 21; 8,2 U. Z. ^h	Juli 27; 11,4 U. Z. ^h
No. 29 und 30 -- 38''30	No. 30 und 31 — 37''98	No. 36 — 34''98
- 28 - 31 — 38,35	- 29 - 32 — 37,94	- 35 und 38 — 34,98
- 27 - 32 — 38,29	- 28 - 33 — 37,95	- 33 - 40 — 35,00
Juli 28; 8,5 U. Z. ^h	August 3; 10,4 U. Z. ^h	August 4; 4,3 U. Z. ^h
No. 37:: und 38 — 34''39::	No. 44: und 45: — 31''67::	No. 46 und 47 — 30''73
- 36 - 38 — 34,43	- 43 - 45: — 31,60:	- 45 - 48 — 30,72
- 35 - 39 — 34,49	- 44: - 46 — 31,70:	- 41 - 49 — 30,80
	- 43 - 46 — 31,63	
	- 41 - 49 — 31,61	
August 10; 14,3 U. Z. ^h	August 11; 4,5 U. Z. ^h	August 17; 13,7 U. Z. ^h
No. 51 — 28''34	No. 52 — 27''62	No. 57 — 26''28
- 50 und 51 — 28,32	- 51 und 53 — 27,68	- 56 und 58 — 26,27
- 49 - 52 — 28,34	- 50 - 54 — 27,70	- 55 - 59 — 26,15
- 48 - 53 — 28,37		
August 18; 4,4 U. Z. ^h	August 24; 14,2 U. Z. ^h	
No. 58 — 25''81	No. 63 — 23''40	
- 57 und 59 — 25,77	- 62 und 64 — 23,44	
- 56 - 60 — 25,63		

Die Zahlen, welche ich angewandt habe, sind folgende:

*Stand des Pendels Kessels 1365 zur Zeit der Vergleichen der Chronometer
in Christiania.*

Juni 30 ; ^h 6,9 U. Z.	— 42''27	August 3 ; ^h 10,4 U. Z.	— 31''64
Juli 13 ; 13,6 -	— 40,53	— 4 ; 4,3 -	— 30,73
— 14 ; 10,4 -	— 40,41	— 10 ; 14,3 -	— 28,34
— 20 ; 11,6 -	— 38,30	— 11 ; 4,5 -	— 27,62
— 21 ; 8,2 -	— 37,98	— 17 ; 13,7 -	— 26,28
— 27 ; 11,4 -	— 34,98	— 18 ; 4,4 -	— 25,81
— 28 ; 8,5 -	— 34,42	— 24 ; 14,2 -	— 23,40.

B. Absolute Zeitbestimmung auf der Sternwarte in Kopenhagen.

Das Apparat auf dem runden Thurme, welches Hr. *Sievers* zu Gebote stand, ist oben pag. 35 von Hr. Prof. *Hansteen* beschrieben. Es geht aus dieser Beschreibung hervor, dass das Passageninstrument nicht für Beobachtungen in beiden Lagen eingerichtet war; alle Zeitbestimmungen sind daher in einer Lage des Instrumentes ausgeführt, während die Anwendung desselben in der anderen Lage auf die Bestimmung des Collimationsfehlers beschränkt werden musste *). Die übrigen oben erwähnten Schwierigkeiten hat Hr. *Sievers*, wie aus den Beobachtungen erschen werden kann, glücklich besiegt. Namentlich hat er um die beträchtlichen Variationen der Inclination zu controliren die Achse für jeden be-

*) Wegen dieses Umstandes konnten die verschiedenen Reductionselemente nicht von einander unabhängig oder mit gegenseitiger Controle bestimmt werden; mithin ist es auch möglich, dass constante auf die Zeitbestimmungen einwirkende Fehler des Instrumentes sich versteckt haben können. Dass solche Fehler bisweilen von bedenklicher Grösse sein können, ersieht man z. B. aus dem, was in der „*Exp. chr. entre Poulkova et Altona*“ pag. 85—86 vom *Reichenbachschen* Meridiankreise in Altona berichtet worden ist. Zeitbestimmungen, die damit in beiden Lagen des Kreises ausgeführt wurden, gaben unter sich einen Unterschied von einer halben Secunde, welcher, wie es sich zeigte, von den irrigen Angaben des Niveaus (wegen einer conischen Gestalt des einen Zapfens) herrührte. Wäre das Instrument nicht für Beobachtungen in beiden Lagen eingerichtet, so wäre dieser Fehler vielleicht noch jetzt unentdeckt geblieben.

obachteten Stern nivellirt. Damit man die Wichtigkeit dieses Verfahrens beurtheilen kann, schreibe ich hier die Inclination i für ein Paar ohne Wahl genomme Beobachtungen ab.

2ten Juli.			23ten August.		
14 ^h 9'	α Bootis	$i = - 2''07$ Bogen.	17 ^h 8'	α Herculis	$i = + 4''45$ Bogen.
15 28	α Coronæ	- 2,35	17 28	α Ophiuchi	+ 3,19
15 37	α Serpentis	- 2,56	18 21	δ Ursæ minoris	- 1,22
16 20	α Scorpii	- 3,38	18 32	α Lyræ	+ 1,99
17 28	α Ophiuchi	- 6,29	19 39	γ Aquilæ	- 1,65
18 21	δ Ursæ minoris	- 8,49	19 43	α Aquilæ	- 1,60
18 32	α Lyræ	- 6,05	19 48	β Aquilæ	- 1,56
19 39	γ Aquilæ	- 7,19			
19 43	α Aquilæ	- 8,56			
19 48	β Aquilæ	- 8,76			

Man bemerkt hier (was auch bei den übrigen Beobachtungsreihen der Fall ist) nicht unbedeutende Abweichungen von einer gleichförmigen Bewegung, welche übrigens fast immer in einem Sinken des westlichen oder Steigen des östlichen Zapfenlagers bestand.

In seiner Zusammenstellung der Beobachtungen nebst ihrer vollständigen Reduction hat Hr. Sievers die Inclination der Achse so angeführt, wie sie mit Rücksicht auf die ungleiche Dicke der Zapfen aus den unmittelbaren Nivellirungen folgt.

Der Collimationsfehler ward vier Male durch Umlegung des Instrumentes während der Beobachtung von δ Ursæ minoris bestimmt, und zwar so, dass der Stern an 3 Fäden vor und 3 Fäden nach der Umlegung beobachtet wurde. Die einzelnen Bestimmungen

Juli	1	$c = - 3''80$ Bogen.	
	— 21	- 4,19	-
August	4	- 4,36	-
	— 21	- 3,91	-

stimmen so gut überein, dass Hr. Sievers dieses Element als constant $= - 4''07$ Bogen anzusehen berechtigt war.

Das Azimuth leitete Hr. Sievers für jede Zeitbestimmung von der Beobachtung der beiden Sterne δ Ursæ minoris und α Lyræ ab. Nur bei einer Zeitbestimmung (am 12ten Juli) ward die Beobachtung dieser Sterne durch Wolken verhindert; diese Zeitbestimmung kann aber ohne Nachtheil ausgeschlossen werden. Die allmäligen Veränderungen des Instrumentes im Azimuth sind beträchtlich und unregelmässig genug gewesen um eine

Interpolation ziemlich unsicher zu machen. Es war daher ein Glück, dass die genannten Sterne — mit jener einzigen Ausnahme — bei jeder für die Expedition ausgeführten Zeitbestimmung beobachtet werden konnten.

Das von Hrn. *Sievers* abgeleitete Azimuth zur Zeit der Beobachtungen führe ich hier an. Um alle Reductionselemente auf gleiche Art auszudrücken habe ich die von *Sievers* in *Zeit* gegebenen Zahlen auf *Bogen* reducirt.

Juli 1 — 78''26 Bogen.	Juli 16 — 77''50 Bogen.	August 1 — 80''19 Bogen.
— 2 — 81, 42	— 17 — 80, 14	— 4 — 81, 61
— 3 — 74, 69	— 20 — 79, 81	— 6 — 82, 73
— 5 — 82, 74	— 21 — 83, 55	— 8 — 83, 52
— 6 — 79, 68	— 22 — 81, 40	— 13 — 78, 95
— 9 — 81, 95	— 23 — 80, 96	— 14 — 87, 40
— 10 — 78, 27	— 25 — 79, 83	— 15 — 86, 80
— 12 unbekannt	— 29 — 84, 48	— 20 — 78, 47
— 13 — 83, 41	— 30 — 84, 05	— 21 — 85, 06
— 15 — 84, 69	— 31 — 82, 32	— 23 — 88, 05

Die häufigen und grösstentheils unregelmässigen Sprünge, die man hier wahrnimmt, lassen ähnliche Anomalien während der Beobachtungen selbst erwarten, die aber in Ermangelung irgend eines Meridianzeichens nicht controlirt werden konnten. Indessen kann ich doch bezeugen, dass die einzelnen Beobachtungen auf denselben Zeitmoment reducirt im Allgemeinen eine Uebereinstimmung zeigen, welche wirklich überraschend ist, wenn man die Variabilität der Achse und des Ganges des Beobachtungspendels bedenkt. Diess wird man aus der nahen Uebereinstimmung folgender — aus den Beobachtungen in Kopenhagen für die daselbst angewandten Sterne abgeleiteten — Werthe von \angle A. R. mit jenen in der Tafel pag. 47—48 angeführten schliessen können.

	Kopenhagen.	Tafel pag. 47—48.
α <i>Bootis</i>	+ 0''025	+ 0''028 \pm 0''008
α <i>Coronæ</i>	+ 0, 040	+ 0, 039 \pm 0, 008
α <i>Serpentis</i>	— 0, 020	— 0, 005 \pm 0, 010
α <i>Scorpii</i>	— 0, 037 :	+ 0, 023 \pm 0, 023
α <i>Herculis</i>	+ 0, 028	— 0, 009 \pm 0, 018
α <i>Ophiuchi</i>	+ 0, 111	+ 0, 137 \pm 0, 013
γ <i>Draconis</i>	— 0, 075	— 0, 078 \pm 0, 011
α <i>Lyræ</i>	— 0, 079	+ 0, 018 \pm 0, 013

	Kopenhagen.	Tafel pag. 47—48.
γ <i>Aquilæ</i>	+ 0,021	+ 0,007 \pm 0,010
α <i>Aquilæ</i>	+ 0,017	+ 0,054 \pm 0,017
β <i>Aquilæ</i>	— 0,025	— 0,038 \pm 0,017.

Wenn man die beigelegten wahrscheinlichen Fehler der letzten Columnne berücksichtigt, ist das Uebereinstimmen der Zahlen beider Columnen grösser, als man es hätte erwarten sollen. Nur bei α *Lyræ* ist der Unterschied etwas auffallend.

Die grosse relative Genauigkeit, welche Hr. *Sievers* seinem Passageninstrumente abgewonnen hat, verdankt man nicht nur seiner Sorgfalt und Uebung, sondern auch der sehr zweckmässigen Uniformität der Beobachtungen. Eben diese Uniformität wird eine spätere Berichtigung oder Bestätigung der gegenwärtigen Resultate erleichtern, wenn in der Folge vielleicht das Passageninstrument näher untersucht, mit einem neuen Instrumente verglichen oder — was für diesen Gegenstand den grössten Vortheil herbeiführen würde — wenn es zur neuen Ermittlung des Längenunterschiedes zwischen Kopenhagen und Altona angewandt werden könnte; indem es dann leicht wird die nämlichen Sterne, das nämliche Verfahren in der Beobachtung wie in der Reduction anzuwenden, kurz *dieselben Bedingungen* wieder hervorzurufen, welche jene Zeitbestimmungen modificirt haben mögen.

Die Zeitbestimmungen in Kopenhagen habe ich — wie es schon früher angedeutet ward — auf dieselben Rectascensionen reducirt, welche zu den Zeitbestimmungen in Christiania angewandt worden sind.

Der tägliche Gang des *Beobachtungspendels* hat zwischen — 1''4 und — 4''5 variirt; während der Beobachtungen selbst hat er sich jedoch als hinlänglich gleichmässig erwiesen. Ich halte es daher für überflüssig eine Tafel über seinen Stand und Gang mitzutheilen.

Unmittelbar *vor* und *nach* jeder Beobachtungsreihe ward die Zeitbestimmung auf das *Normalpendel* (von *Urb. Jürgensen*) übertragen. Dessen Stand und Gang *vor Sternzeit* während der Expedition ist in folgender Tafel enthalten.

Normalpendel in Kopenhagen von Urban Jürgensen.

1847.	Uhrzeit.	Stand.	Gang in 24 St.	*	1847.	Uhrzeit.	Stand.	Gang in 24 St.	*
Juli 1	^h 17 28	+ 8' 36'' 240		6	Juli 23	^h 18 8	+ 8' 50'' 332	+ 0'' 665	7
2	17 39	37, 122	+ 0'' 876	9	25	18 8	51, 139	0, 404	5
3	18 0	37, 971	0, 836	7	29	16 41	+ 8 56, 372	+ 0, 876	8
5	18 38	39, 011	0, 514	6	30	18 7	57, 292	0, 912	7
6	18 17	39, 363	0, 355	7	31	17 58	58, 197	1, 136	7
9	19 0	41, 272	0, 631	7	Aug. 1	17 59	59, 333	1, 076	5
10	18 25	42, 182	0, 934	7	4	17 58	9 2, 561	0, 787	4
12	19 43	43, 176*	0, 598	5	6	17 56	4, 133	1, 092	6
13	17 45	43, 958	0, 653	5	8	17 52	6, 313	1, 267	7
15	18 24	45, 283	0, 794	8	13	18 1	12, 661	1, 022	3
16	19 17	46, 108	0, 534	6	14	18 2	13, 683	1, 078	6
17	18 29	46, 625		6	15	17 53	14, 756	1, 231	7
20	19 33	48, 891::	0, 582	3	20	17 58	20, 914	1, 308	5
21	17 56	48, 938	0, 722	4	21	18 2	22, 227	1, 200	7
22	18 4	49, 665	0, 665	8	23	18 2	24, 627		6

Hr. *Sievers* bemerkt, dass am 26ten Juli das Pendel von Herrn *Jürgensen* gerade gerichtet wurde, weil es ungleich schwang. Man ersieht aus der Tafel, dass sich dadurch der Gang etwas verändert hat. Die Zeitbestimmung am 12ten Juli, wobei das Azimuth interpolirt werden musste, ist zwar angeführt, übrigens aber unberücksichtigt geblieben. Am 20ten Juli ist die Zeit durch drei Sterne bestimmt worden, deren weniger gute Ueber-einstimmung schon einen Zweifel erregt, welcher mir aber besonders wegen des durch diese Zeitbestimmung angedeuteten *unwahrscheinlich grossen Sprunges* im Gange des Pendels (von 0''744 bis 0''050) befügt scheint. Ich habe daher auch diese Zeitbestimmung ausschliessen zu müssen geglaubt.

Aus der Tafel ist abgeleitet worden:

*Stand des Normalpendels Urb. Jürgensen zur Zeit der Vergleichen
der Chronometer in Kopenhagen.*

Juli 2	^h 7 17	U. Z.	+ 8' 36'' 75	Juli 16	^h 10 18	U. Z.	+ 8' 45'' 81
— 11	4 30	-	+ 8 42, 43	— 18	7 20	-	+ 8 46, 94

Juli 23	10 ^h 26'	U. Z.	+ 8' 50''12	August 8	9 ^h 16'	U. Z.	+ 9' 5''92
— 25	7 41	-	+ 8 50,96	— 14	10 0	-	+ 9 13,34
— 30	11 0	-	+ 8 57,03	— 15	8 34	-	+ 9 14,34
— 1	7 42	-	+ 8 58,85	— 21	10 32	-	+ 9 21,81
— 7	9 48	-	+ 9 4,85	— 22	10 36	-	+ 9 23,05.

C. Uebertragung der Zeit auf die Chronometer.

Bei den Vergleichen der Chronometer wurden auf beiden Sternwarten *Coincidenzen* angewandt und zwar immer mit Wiederholungen sowohl der grösseren Schärfe als besonders der Controle wegen. In *Kopenhagen* ward jedes Chronometer unmittelbar mit dem Normalpendel verglichen. In *Christiania* war diess nur bei der ersten und letzten Vergleichung (den 30ten Juni und 24ten August) der Fall; bei den übrigen aber hatte ich Gelegenheit vom Chronometer *Kessels* 1252 als Hülfchronometer Gebrauch zu machen. Diese Uhr, die sich unter denen des Herrn Conferenraths *Schumacher* vorfindet, ist schon durch die mehrmals genannten *russischen* Chronometerexpeditionen bekannt geworden. Sie zeichnet sich vor den gemeinen Chronometern dadurch aus, dass sie 13 Schläge in 6 Secunden macht, wodurch sie sich zur Uebertragung der Zeit von einem Pendel auf andere Chronometer vorzüglich eignet; namentlich wenn das Pendel, wie hier der Fall war, nach *Sternzeit* regulirt ist. (Das Chronometer zeigte nämlich *mittlere Zeit*; wenn der Fall umgekehrt ist, dass das Pendel *mittlere*, das Hülfchronometer aber *Sternzeit* angiebt, so ist freilich der Vortheil eben so gross.) Die Kürze der Periode der Coincidenzen macht es immer möglich in jeder Minute mehrere hinreichend scharfe Coincidenzen zu beobachten und aufzuzeichnen. Besonders ist ein solches Chronometer auf die Vergleichen der *Halbsecunden*-Chronometer anwendbar; wenn man es aber mit einem, das 5 Schläge in 2 Secunden macht, (wie gemeinlich die Taschenchronometer) vergleichen will, kommt man leicht in Confusion, was noch schwerer zu vermeiden ist, wenn der Secundenzeiger des einen excentrisch ist. Unter den 21 Chronometern, die auf der Expedition gebraucht wurden, waren 6 Taschenchronometer von dieser Art: nämlich *Kessels* 1255, 1265 und 1280, *Breguet* 3719, *Arnold* 1755 und *Emery* 929. An den zwei letzten und *Kessels* 1280 war die Excentricität des Secundenzeigers sehr irre leitend; es schien mir daher rathsam, diese 6 mit dem Normalpendel unmittelbar

zu vergleichen und die Anwendung des Hüfischronometers auf die Vergleichung der übrigen, welche halbe Secunden schlugen, zu beschränken. Jedesmal fing ich also mit einer sorgfältigen Vergleichung des Hüfischronometers mit dem Pendel an, dann wurden die Halbsecunden-Chronometer mit jenem verglichen, und darauf ward die scharfe Vergleichung des ersten mit dem Pendel wiederholt, wodurch immer nur eine sehr kleine mit dem täglichen Gange dieses Chronometers übereinstimmende Retardation angezeigt ward. Zuletzt wurden die übrigen 6 Chronometer mit dem Pendel verglichen.

Am 24ten Juli machte ein Unfall, dass die Vergleichung der Chronometer so sehr verspätet ward, dass ich die 6 genannten Taschenschronometer *ohne Vergleichung* abgehen zu lassen genöthigt war, um nicht zu spät an dem Kai anzulangen. Dieses Versehen hat jedoch durchaus keinen merklichen Einfluss gehabt. Denn der Gang der Chronometer während jedes folgenden Aufenthaltes an der Sternwarte ist durchschnittlich sehr nahe derselbe gewesen; mithin kann man von der nur 20 Stunden früheren Vergleichung am 23ten Juli den Stand dieser Chronometer zu jener Zeit so sicher angeben, dass wenigstens der Gesamtfehler verschwindend wird. Man wird dieses aus folgenden Zahlen, namentlich aus der letzten Verticalreihe deutlich ersehen.

Voreilung in 20 Stunden während des Aufenthaltes an der Sternwarte.

		K. 1255.	K. 1265.	K. 1280.	B. 3719.	E. 929.	A. 1755.	Mittel.
Juli	20—21	+ 2''37	+ 3''50	+ 0''02	+ 2''08	+ 2''34	+ 3''27	+ 2''26
	— 27—28	+ 2,69	+ 3''25	— 0,07	+ 2,20	+ 2,09	+ 3,56	+ 2,29
Aug.	3— 5	+ 2,68	+ 3,78	— 0,01	+ 2,07	+ 1,81	+ 2,97	+ 2,22
	— 10—12	+ 2,91	+ 3,60	+ 0,26	+ 1,82	+ 2,37	+ 2,73	+ 2,28
	— 17—19	+ 2,69	+ 3,83	— 0,64	+ 1,79	+ 2,22	+ 3,24	+ 2,19
	Mittel	+ 2''67	+ 3''39	— 0''09	+ 1''99	+ 2''17	+ 3''15	+ 2''25

Die Zahlen der letzten horizontalen Reihe sind also zu dem durch die Vergleichung am 23ten Juli bestimmten Stande der respectiven Chronometer hinzugelegt worden, um sonach den 20 Stunden späteren Stand zu erhalten.

Die folgende Tafel enthält für die in Betracht kommenden Zeitpunkte den Stand der verschiedenen Chronometer gegen *mittlere Zeit in Christiania, C.* und gegen *mittlere Zeit in Kopenhagen, K.* Das Datum ist vom Mittage an gerechnet, wozu die *Uhrzeit (U. Z.)* hinzugefügt worden ist. Um nicht das Datum zu wiederholen, ist es bisweilen nothwendig gewesen, die Stunden bis über 24 hinaus zu zählen.

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Boxchron. Dent 1961.		Boxchron. Dent 2067.		Boxchron. Dent 2103.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	—	—	—	—	—	—
Juli 2	—	—	—	—	—	—
— 10	20h3	K — 51' 26''57	20h1	K — 49' 23''95	20h0	K — 49' 44''02
— 13	5,4	C — 44 2,06	5,1	C — 41 58,78	5,1	C — 42 15,70
— 14	2,3	C — 44 2,41	2,2	C — 41 58,31	2,2	C — 42 14,47
— 16	1,7	K — 51 28,03	1,5	K — 49 22,88	1,5	K — 49 37,33
— 17	22,7	K — 51 27,88	22,4	K — 49 22,17	22,3	K — 49 34,91
— 20	2,7	C — 44 3,18	3,0	C — 41 55,42	3,0	C — 42 6,33
— 20	23,2	C — 44 3,56	23,6	C — 41 54,96	23,6	C — 42 5,06
— 23	1,5	K — 51 29,49	1,2	K — 49 19,42	1,1	K — 49 27,44
— 24	22,6	K — 51 30,62	22,3	K — 49 17,89	22,2	K — 49 24,78
— 27	2,1	C — 44 6,14	1,9	C — 41 50,56	1,9	C — 41 56,37
— 27	23,0	C — 44 6,52	23,3	C — 41 49,72	23,3	C — 41 54,92
— 30	1,6	K — 51 32,37	1,3	K — 49 12,62	1,2	K — 49 16,61
— 31	22,1	K — 51 33,25	21,8	K — 49 10,27	21,8	K — 49 13,36
August 3	0,5	C — 44 9,26	0,5	C — 41 43,20	0,4	C — 41 45,17
— 4	18,4	C — 44 10,06	18,6	C — 41 40,38	18,6	C — 41 42,07
— 6	23,8	K — 51 35,90	23,5	K — 49 2,41	23,5	K — 49 3,33
— 7	23,3	K — 51 36,09	23,0	K — 49 0,59	22,9	K — 49 1,58
— 10	4,3	C — 44 12,01	4,0	C — 41 32,48	4,0	C — 41 32,25
— 11	18,3	C — 44 12,67	18,5	C — 41 29,64	18,5	C — 41 29,02
— 13	23,7	K — 51 38,98	23,4	K — 48 51,61	23,4	K — 48 49,67
— 14	22,2	K — 51 39,64	21,9	K — 48 50,16	21,9	K — 48 47,88
— 17	3,0	C — 44 15,46	3,2	C — 41 21,45	3,2	C — 41 18,69
— 18	17,8	C — 44 16,14	17,7	C — 41 18,38	17,7	C — 41 15,44
— 20	23,8	K — 51 41,95	23,5	K — 48 39,01	23,4	K — 48 35,57
— 21	—	—	23,6	K — 48 37,09	23,5	K — 48 33,82
— 24	—	—	3,1	C — 41 7,49	3,2	C — 41 4,15

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Boxchron. Dent 2108.		Boxchron. Dent 2113.		Boxchron. Kessels 1252.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	—	—	—	—	—	—
Juli 2	—	—	—	—	—	—
— 10	—	—	—	—	21h5	K — 10' 43''90
— 13	—	—	—	—	5,2	C — 3 21,90
— 14	—	—	—	—	2,9	C — 3 22,11
— 16	—	—	—	—	2,9	K — 10 49,45
— 17	—	—	—	—	23,8	K — 10 51,68
— 20	—	—	—	—	3,0	C — 3 29,11
— 20	—	—	—	—	24,4	C — 3 29,88
— 23	—	—	—	—	2,5	K — 10 58,53
— 24	23h0	K — 10' 41''89	23h0	K — 9' 46''37	23,6	K — 11 1,38
— 27	2,5	C — 3 12,90	2,4	C — 2 19,63	2,3	C — 3 39,27
— 27	24,0	C — 3 11,37	24,0	C — 2 18,22	24,1	C — 3 39,64
— 30	2,0	K — 10 32,80	1,9	K — 9 41,27	2,7	K — 11 8,13
— 31	22,6	K — 10 28,54	22,6	K — 9 38,56	23,2	K — 11 10,85
August 3	1,0	C — 2 58,72	1,0	C — 2 11,69	0,8	C — 3 49,83
— 4	19,2	C — 2 55,42	19,2	C — 2 7,64	19,5	C — 3 50,35
— 6	24,3	K — 10 15,59	24,2	K — 9 29,52	25,0	K — 11 19,17
— 7	23,7	K — 10 13,46	23,7	K — 9 27,83	24,3	K — 11 22,23
— 10	4,7	C — 2 43,07	4,7	C — 1 59,64	4,4	C — 4 1,21
— 11	19,2	C — 2 40,99	19,2	C — 1 55,90	19,2	C — 4 3,61
— 13	24,2	K — 10 2,41	24,1	K — 9 17,19	24,8	K — 11 32,95
— 14	22,7	K — 10 0,39	22,6	K — 9 15,70	23,4	K — 11 34,32
— 17	3,8	C — 2 28,92	3,8	C — 1 47,10	3,5	C — 4 14,05
— 18	18,4	C — 2 25,76	18,4	C — 1 43,25	18,7	C — 4 16,65
— 20	24,2	K — 9 45,36	24,2	K — 9 4,06	24,9	K — 11 46,57
— 21	—	—	—	—	—	—
— 24	—	—	—	—	—	—

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Boxchron. Kessels 1259.		Boxchron. Kessels 1322		Boxchron. Kessels 1375.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	0h1	C + 0' 8''55	—	—	0h1	C + 0' 42''90
Juli 2	0,5	K — 7 15,74	—	—	0,3	K — 6 35,36
— 10	20,8	K — 7 14,67	22h1	K + 50' 18''99	20,5	K — 6 14,35
— 13	5,4	C + 0 11,90	7,2	C + 57 41,64	5,6	C + 1 20,01
— 14	2,7	C + 0 11,76	3,9	C + 57 38,90	2,8	C + 1 21,62
— 16	2,3	K — 7 12,49	3,5	K + 50 8,11	2,0	K — 5 55,64
— 17	23,1	K — 7 12,60	24,5	K + 49 58,15	22,9	K — 5 49,32
— 20	3,2	C + 0 12,98	4,5	C + 57 16,61	3,3	C + 1 43,39
— 20	23,7	C + 0 12,52	25,0	C + 57 12,87	23,8	C + 1 44,83
— 23	2,0	K — 7 12,52	3,2	K + 49 39,45	1,7	K — 5 33,21
— 24	23,1	K — 7 13,01	24,3	K + 49 29,42	22,8	K — 5 27,17
— 27	2,9	C + 0 12,52	3,7	C + 56 46,91	3,0	C + 2 4,69
— 27	23,9	C + 0 12,31	24,8	C + 56 43,45	23,9	C + 2 6,91
— 30	2,1	K — 7 12,81	3,4	K + 49 10,01	1,7	K — 5 12,50
— 31	22,7	K — 7 13,06	23,9	K + 49 8,29	22,4	K — 5 6,77
August 3	1,4	C + 0 12,18	2,3	C + 56 41,51	1,6	C + 2 26,01
— 4	19,4	C + 0 11,61	20,2	C + 56 49,74	19,5	C + 2 30,00
— 6	24,3	K — 7 13,32	25,6	K + 49 35,63	24,0	K — 4 48,37
— 7	23,8	K — 7 13,49	25,1	K + 49 39,87	23,5	K — 4 44,70
— 10	5,1	C + 0 11,87	5,9	C + 57 16,69	5,1	C + 2 48,49
— 11	18,9	C + 0 12,34	20,0	C + 57 25,06	19,0	C + 2 51,38
— 13	24,3	K — 7 12,91	25,5	K + 50 11,90	23,7	K — 4 26,80
— 14	22,7	K — 7 13,08	24,0	K + 50 17,07	22,4	K — 4 24,11
— 17	3,9	C + 0 12,03	5,0	C + 57 54,79	3,8	C + 3 8,07
— 18	18,7	C + 0 11,50	19,6	C + 58 3,49	18,7	C + 3 11,93
— 20	24,3	K — 7 13,44	25,6	K + 50 50,89	24,0	K — 4 6,10
— 21	24,3	K — 7 13,86	—	—	24,1	K — 4 3,77
— 21	4,3	C + 0 11,26	—	—	4,3	C + 3 28,24

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Boxchron. Kessels 1390.		Boxchron. Delolme 130.		Boxchron. Jürgensen 39.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	0h4	C + 10' 56''09	0h5	C + 2' 11''73	—	—
Juli 2	0,5	K + 3 32,84	0,2	K — 5 10,92	—	—
— 10	20,7	K + 3 50,00	20,6	K — 4 52,34	20h8	K + 2' 47''96
— 13	5,8	C + 11 16,45	5,8	C + 2 35,06	6,8	C + 10 16,78
— 14	3,0	C + 11 17,81	2,9	C + 2 36,88	3,0	C + 10 19,16
— 16	2,2	K + 3 53,77	2,1	K — 4 46,57	2,3	K + 2 56,44
— 17	23,1	K + 3 55,74	23,0	K — 4 44,29	23,2	K + 3 0,24
— 20	3,4	C + 11 23,27	3,4	C + 2 42,99	3,8	C + 10 30,60
— 20	24,0	C + 11 25,97	23,9	C + 2 44,66	24,4	C + 10 33,19
— 23	1,9	K + 4 1,82	1,8	K — 4 38,90	2,0	K + 3 11,10
— 24	23,0	K + 4 9,20	22,9	K — 4 37,07	23,1	K + 3 17,38
— 27	3,2	C + 11 37,41	3,1	C + 2 48,88	2,9	C + 10 45,26
— 27	24,1	C + 11 39,75	24,0	C + 2 50,18	24,1	C + 10 46,90
— 30	1,9	K + 4 17,43	1,9	K — 4 33,02	2,1	K + 3 26,11
— 31	22,6	K + 4 23,06	22,5	K — 4 31,10	22,6	K + 3 31,33
August 3	1,7	C + 11 49,46	1,5	C + 2 55,36	1,5	C + 10 57,62
— 4	19,6	C + 11 53,96	19,5	C + 2 58,34	19,5	C + 11 3,46
— 6	24,2	K + 4 31,09	24,1	K — 4 24,12	24,3	K + 3 42,58
— 7	23,7	K + 4 33,90	23,6	K — 4 23,25	23,8	K + 3 45,24
— 10	5,3	C + 11 59,44	5,2	C + 3 2,98	5,0	C + 11 14,55
— 11	19,2	C + 12 1,37	19,0	C + 3 6,80	19,3	C + 11 22,00
— 13	23,9	K + 4 37,64	23,8	K — 4 15,92	24,2	K + 4 3,20
— 14	22,6	K + 4 39,13	22,6	K — 4 14,79	22,7	K + 4 5,65
— 17	4,0	C + 12 5,68	3,8	C + 3 11,79	4,0	C + 11 34,71
— 18	18,8	C + 12 8,81	18,8	C + 3 14,43	18,7	C + 11 40,44
— 20	24,2	K + 4 46,96	24,1	K — 4 8,14	24,4	K + 4 19,75
— 21	24,3	K + 4 48,19	24,2	K — 4 7,41	—	—
— 24	4,3	C + 12 15,41	4,0	C + 3 19,40	—	—

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Boxchron. Anonymus 1354.		Boxchron. Anonymus 1371.		Taschenchron. Kessels 1255.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	—	—	—	—	0h7	C + 4' 37''95
Juli 2	—	—	—	—	0,5	K — 2 39,87
— 10	21h6	K — 9' 49''97	21h1	K — 9' 33''75	24,1	K — 2 12,13
— 13	6,3	C — 2 25,37	6,0	C — 2 10,04	7,3	C + 5 21,54
— 14	2,9	C — 2 22,92	2,9	C — 2 5,97	3,3	C + 5 24,21
— 16	2,5	K — 9 45,53	2,5	K — 9 30,09	2,5	K — 1 54,36
— 17	23,6	K — 9 42,14	23,5	K — 9 24,03	23,4	K — 1 49,50
— 20	3,4	C — 2 12,50	3,4	C — 1 52,30	4,1	C + 5 43,18
— 20	24,0	C — 2 10,21	23,9	C — 1 47,58	25,0	C + 5 45,66
— 23	2,3	K — 9 32,83	2,2	K — 9 8,77	2,3	K — 1 33,15
— 24	23,4	K — 9 28,92	23,3	K — 9 3,62	23,4	K — 1 28,56
— 27	2,7	C — 1 59,80	2,8	C — 1 33,90	3,8	C + 6 4,39
— 27	23,8	C — 1 57,39	23,7	C — 1 30,89	24,6	C + 6 7,19
— 30	2,5	K — 9 17,22	2,4	K — 8 49,53	2,4	K — 1 12,97
— 31	22,9	K — 9 11,49	22,9	K — 8 42,01	23,0	K — 1 8,55
August 3	1,2	C — 1 41,66	1,2	C — 1 13,82	2,1	C + 6 22,70
— 4	19,2	C — 1 35,79	19,1	C — 1 5,61	19,9	C + 6 28,31
— 6	24,7	K — 8 54,84	24,6	K — 8 23,41	24,6	K — 0 49,29
— 7	24,1	K — 8 51,90	24,1	K — 8 19,98	24,1	K — 0 46,55
— 10	4,9	C — 1 21,59	4,8	C — 0 51,35	5,6	C + 6 46,85
— 11	19,0	C — 1 15,91	19,0	C — 0 42,13	19,5	C + 6 52,36
— 13	24,6	K — 8 35,87	24,5	K — 8 0,96	24,5	K — 0 25,56
— 14	23,1	K — 8 33,46	23,0	K — 7 58,60	23,0	K — 0 22,91
— 17	4,0	C — 1 3,17	4,0	C — 0 29,91	4,7	C + 7 9,27
— 18	18,6	C — 0 58,06	18,6	C — 0 23,48	19,1	C + 7 14,43
— 20	24,6	K — 8 16,87	24,6	K — 7 42,43	24,6	K — 0 4,04
— 21	—	—	—	—	24,7	K — 0 1,70
— 24	—	—	—	—	4,5	C + 7 30,59

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Taschenchron. Kessels 1260.		Taschenchron. Kessels 1265.		Taschenchron. Kessels 1280.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	—	—	0h9	C + 11' 35''42	0h5	C — 1' 28''95
Juli 2	—	—	0,7	K + 4 17,16	0,3	K — 8 49,73
— 10	21h4	K — 10' 51''15	21,1	K + 4 48,20	20,8	K — 8 44,21
— 13	5,9	C — 3 30,59	7,4	C + 12 20,88	7,1	C — 1 15,40
— 14	3,0	C — 3 32,11	3,4	C + 12 24,47	3,1	C — 1 15,49
— 16	2,8	K — 10 59,45	2,6	K + 5 6,80	2,3	K — 8 37,44
— 17	23,7	K — 11 2,16	23,5	K + 5 14,24	23,2	K — 8 36,73
— 20	3,3	C — 3 39,07	4,3	C + 12 48,10	4,1	C — 1 6,36
— 20	23,8	C — 3 40,62	25,2	C + 12 51,76	25,0	C — 1 6,34
— 23	2,5	K — 11 8,59	2,4	K + 5 32,94	2,1	K — 8 29,22
— 24	23,6	K — 11 11,67	23,4	K + 5 39,85	23,1	K — 8 29,20
— 27	2,7	C — 3 48,43	4,0	C + 13 13,10	3,8	C — 1 0,44
— 27	23,7	C — 3 49,43	24,8	C + 13 16,48	24,4	C — 1 0,51
— 30	2,7	K — 11 16,45	2,4	K + 5 57,60	2,1	K — 8 25,80
— 31	23,1	K — 11 17,73	23,0	K + 6 4,49	22,8	K — 8 26,81
August 3	2,2	C — 3 54,44	2,3	C + 13 36,41	2,1	C — 0 59,52
— 4	19,2	C — 3 57,01	20,0	C + 13 44,29	19,8	C — 0 59,54
— 6	24,9	K — 11 23,69	24,7	K + 6 27,12	24,4	K — 8 25,18
— 7	24,3	K — 11 24,51	24,2	K + 6 30,54	23,9	K — 8 25,85
— 10	4,7	C — 4 1,15	5,8	C + 14 4,62	5,6	C — 0 53,71
— 11	19,2	C — 4 3,65	19,7	C + 14 11,44	19,4	C — 0 54,20
— 13	24,7	K — 11 31,19	24,6	K + 6 53,47	24,3	K — 8 15,88
— 14	23,3	K — 11 32,37	23,1	K + 6 57,06	22,8	K — 8 15,77
— 17	3,9	C — 4 9,12	4,8	C + 14 30,93	4,4	C — 0 48,34
— 18	18,8	C — 4 10,69	19,3	C + 14 38,30	18,9	C — 0 49,58
— 20	24,9	K — 11 37,15	24,7	K + 7 21,31	24,4	K — 8 13,46
— 21	—	—	24,7	K + 7 24,48	24,3	K — 8 13,22
— 24	—	—	4,7	C + 14 56,31	4,3	C — 0 47,43

Stand der Chronometer gegen mittlere Zeit.

Datum.	Taschenchron. <i>Breguet</i> 3719.		Taschenchron. <i>Emery</i> 929.		Taschenchron. <i>Arnold</i> 1755.	
	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.	U. Z.	Stand.
Juni 30	—	—	—	—	—	—
Juli 2	—	—	—	—	—	—
— 10	21h3	K — 9' 52''07	21h2	K — 9' 57''94	21h4	K — 9' 37''92
— 13	7,0	C — 2 21,29	6,9	C — 2 31,92	7,0	C — 2 4,93
— 14	3,0	C — 2 19,29	2,9	C — 2 29,75	3,0	C — 2 1,78
— 16	2,7	K — 9 40,10	2,6	K — 9 53,74	2,8	K — 9 20,55
— 17	23,6	K — 9 36,38	23,6	K — 9 50,06	23,7	K — 9 13,57
— 20	4,4	C — 2 4,93	4,3	C — 2 21,00	4,3	C — 1 39,95
— 20	24,7	C — 2 2,82	24,7	C — 2 18,61	24,6	C — 1 36,63
— 23	2,4	K — 9 22,58	2,3	K — 9 44,37	2,5	K — 8 53,22
— 24	23,5	K — 9 16,67	23,4	K — 9 38,02	23,5	K — 8 46,21
— 27	3,6	C — 1 45,45	3,6	C — 2 9,70	3,5	C — 1 14,47
— 27	24,3	C — 1 43,17	24,3	C — 2 7,59	24,2	C — 1 10,79
— 30	2,6	K — 9 2,98	2,5	K — 9 28,41	2,6	K — 8 28,88
— 31	23,1	K — 8 57,03	23,0	K — 9 24,41	23,1	K — 8 21,64
August 3	2,4	C — 1 26,87	2,3	C — 1 56,80	2,3	C — 0 47,62
— 4	19,7	C — 1 22,60	19,6	C — 1 53,07	19,6	C — 0 41,48
— 6	24,8	K — 8 42,63	24,7	K — 9 13,37	24,9	K — 7 58,57
— 7	24,3	K — 8 40,35	24,2	K — 9 11,56	24,3	K — 7 55,06
— 10	5,4	C — 1 10,55	5,3	C — 1 43,07	5,3	C — 0 23,20
— 11	19,6	C — 1 7,08	19,5	C — 1 38,44	19,5	C — 0 17,99
— 13	24,7	K — 8 27,80	24,6	K — 9 0,33	24,7	K — 7 34,29
— 14	23,2	K — 8 24,97	23,1	K — 8 58,44	23,3	K — 7 31,44
— 17	4,5	C — 1 54,80	4,4	C — 1 30,13	4,3	C + 0 2,32
— 18	19,0	C — 1 51,35	18,9	C — 1 25,86	19,0	C + 0 8,58
— 20	24,8	K — 8 11,74	24,8	K — 8 46,19	24,9	K — 7 9,14
— 21	—	—	—	—	—	—
— 24	—	—	—	—	—	—

D. Bestimmung der Personaläquation.

Da keine Gelegenheit gewesen ist dieses Element direct zu bestimmen, musste es auf indirecte Weise ermittelt werden, wie Hr. Prof. *Hansteen* oben erläutert hat.

In Kopenhagen hat sich der Professor mit Hr. *Sievers* am Passageninstrumente verglichen. 30 Sterne wurden an 3 Abenden von Beiden beobachtet. Im Ganzen beobachtete Hr. Prof. *Hansteen* 94, Hr. *Sievers* 97 Fadenantritte.

Es hat sich daraus ergeben:

$$H - S = - 0''306 \pm 0''0180,$$

wenn man die beobachtete Zeit eines Fadenantrittes mit dem Anfangsbuchstaben des Beobachters bezeichnet.

Ganz auf dieselbe Weise ward später die Vergleichung zwischen Hr. Prof. *Hansteen* und mir am hiesigen Meridiankreise ausgeführt. 31 Sterne wurden ebenfalls an drei Abenden von Beiden beobachtet; im Ganzen beobachtete jeder 106 Fadenantritte.

Diese Vergleichungen gaben:

$$H - F = - 0''194 \pm 0''0153.$$

Mittelst beider Resultate erhält man:

$$S - F = + 0''112 \pm 0''0235.$$

Hr. *Sievers* beobachtet also ein Fadenantritt um $0''112$ später als ich. In der vorhergehenden Tafel hätte also entweder C um $0''112$ grösser oder K um dieselbe Grösse kleiner angenommen werden sollen, wenn man den Stand der Chronometer in Christiania und in Kopenhagen auf einen Beobachter reduciren wollte. Diess wäre gleichwohl hier überflüssig, da der Fehler gar keinen anderen Einfluss hat als, dass jeder zu berechnende Längenunterschied um $0''112$ zu gross wird; es wird also angemessener sein, die Zahlen jener Tafel ohne Aenderung zu benutzen und nur das Endresultat wegen der Personaläquation zu berichtigen.

H. Berechnung des Längenunterschiedes.

Die Art, wie der Längenunterschied aus den Zahlen der Tafel pag. 59—65 für jede Reise und jedes Chronometer berechnet ist, fällt mit der in der *Expédition chronométrique entre Poulkova et Altona* entwickelten ganz zusammen. Diese einfache und zweckmässige Methode schlug Hr. Prof. *Hansteen* um so lieber vor, da er dieselbe früher auf seiner sibirischen Reise angewandt hatte, namentlich um die Meridiendifferenz zwischen denjeni-

gen Puncten am Flusse Jenisei, wo er Zeitbestimmungen sowohl bei der Hinauf- als der Hinabreise gemacht hatte, zu bestimmen.

Wenn man sich ein Chronometer vorstellt, welches anfangs von Christiania nach Kopenhagen abgeht, so wird die Rechnung für die ersten Reisen so zu führen sein.

Gegeben ist:

(1ste Abreise von *Chr.*) c_1 == Stand des Chron. gegen C zur Zeit T_1 ;

(1ste Ankunft in *Kop.*) k_1 == - - - - K - - t_1 ;

(1ste Abreise von *Kop.*) k_2 == - - - - K - - t_2 ;

(1ste Ankunft in *Chr.*) c_2 == - - - - C - - T_2 ;

(2te Abreise von *Chr.*) c_3 == - - - - C - - T_3 ;

(2te Ankunft in *Kop.*) k_3 == - - - - K - - t_3 ;

u. s. w.

Um c_1 und k_1 oder c_2 und k_2 oder c_3 und k_3 u. s. w. respective auf dieselben Zeitmomente zu reduciren, verbindet man den ersten Zeittransport mit dem zweiten, den zweiten mit dem dritten u. s. w.; indem man dabei nur die der Wahrheit übrigens sehr nahe Voraussetzung zu machen braucht, dass der Gang des Chronometers auf je zwei auf einander folgenden Zeittransporten gleich gewesen sei.

Man hat nämlich, wenn man die bekannte Dauer der verschiedenen Zeittransporte kürzlich mit τ_1 τ_2 τ_3 u. s. w. bezeichnet, den Gewinn des Chronometers während des ersten und zweiten Zeittransportes zusammen (also im Zeitraume $\tau_1 + \tau_2$) = $c_2 - c_1 - (k_2 - k_1) = G_1$. Demnach wird der Gewinn während des ersten Zeittransportes

$$g_1 = \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} G_1$$

und der Gewinn während des zweiten Zeittransportes

$$g_2 = \frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} G_1$$

oder der leichteren Rechnung wegen, da τ_1 und τ_2 in der Regel nahezu gleich sind:

$$g_1 = \frac{1}{2} G_1 + \frac{1}{2} \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} G_1 \text{ und } g_2 = \frac{1}{2} G_1 - \frac{1}{2} \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} G_1.$$

Der Längenunterschied findet sich

$$K - C = k_1 - c_1 - g_1 \text{ oder } = k_2 - c_2 + g_2.$$

Die Identität beider Ausdrücke gewährt eine Controle der Rechnung.

Durch Combination des zweiten mit dem dritten Zeittransporte erhält man auf die nämliche Weise

$$k_3 - k_2 - (c_3 - c_2) = G_2; g_2' = \frac{\tau_2}{\tau_2 + \tau_3} G_2; g_3 = \frac{\tau_3}{\tau_2 + \tau_3} G_2.$$

$$K - C = k_2 - c_2 + g_2 \text{ oder } = k_3 - c_3 - g_3.$$

u. s. w.

Die auf die angegebene Art berechneten Werthe von $K - C$ sind in der folgenden Tafel zusammengestellt. Die Indices $C_1 K_1 C_2 K_2$ u. s. w. bezeichnen die verschiedenen Reisen. Für jedes Chronometer ist das *Mittel* von den einzelnen Bestimmungen am Fusse der Tafel angeführt, ingleichen der *wahrscheinliche Fehler*, welcher aus der Vergleichung des Mittels mit den einzelnen Zahlen hervorgeht. Ausserdem ist eine *Correction* hinzugefügt worden, die in der Folge erklärt und näher bestimmt werden wird.

Das Chronometer *Kessels 1322* hat in der Mitte der Expedition eine — wie es scheint — plötzliche, aber bleibende Veränderung erfahren, wodurch die beträchtliche Retardation dieses Chronometers in eine noch grössere Acceleration überging. Dieser Umstand, dessen Ursache unbekannt ist, hat es nothwendig gemacht die Reise C_4 für dieses Chronometer auszuschliessen.

	<i>Dent 1961.</i>	<i>Dent 2067.</i>	<i>Dent 2103.</i>
C_1	—	—	—
K_1	7' 25''28	7' 24''84	7' 25''33
C_2	25, 34	25, 60	25, 57
K_2	25, 32	25, 57	25, 38
C_3	25, 21	25, 87	25, 33
K_3	25, 17	25, 15	24, 99
C_4	24, 92	24, 97	24, 89
K_4	24, 89	24, 46	24, 80
C_5	24, 96	24, 92	25, 29
K_5	25, 19	25, 04	24, 97
C_6	25, 24	25, 33	24, 90
K_6	24, 99	24, 69	24, 68
C_7	—	25, 21	25, 00
Mittel	7' 25''137 \pm 0''033 — 0''0006 c	7' 25''137 \pm 0''079 + 0''0033 c	7' 25''094 \pm 0''053 — 0''0018 c

	<i>Dent</i> 2108.	<i>Dent</i> 2113.	<i>Kessels</i> 1252.
C ₁	—	—	—
K ₁	—	—	7' 24''89
C ₂	—	—	25, 03
K ₂	—	—	25, 64
C ₃	—	—	25, 40
K ₃	7' 25''17	7' 24''87	25, 30
C ₄	25, 61	24, 95	24, 72
K ₄	25, 11	24, 45	25, 03
C ₅	25, 29	25, 03	25, 13
K ₅	25, 91	24, 74	25, 12
C ₆	26, 44	24, 94	24, 74
K ₆	25, 58	24, 74	25, 05
C ₇	—	—	—
Mittel	7' 25''587 ± 0''116 — 0''0130 c	7' 24''817 ± 0''050 + 0''0220 c	7' 25''095 ± 0''056 + 0''0100 c

	<i>Kessels</i> 1259.	<i>Kessels</i> 1322.	<i>Kessels</i> 1375.
C ₁	7' 25''34	—	7' 25''61
K ₁	25, 31	7' 27''09	25, 00
C ₂	24, 89	24, 90	24, 58
K ₂	25, 31	26, 07	25, 21
C ₃	25, 28	25, 55	24, 80
K ₃	25, 32	25, 53	25, 49
C ₄	25, 18	—	26, 00
K ₄	25, 09	23, 94	25, 66
C ₅	25, 14	25, 53	25, 72
K ₅	25, 31	25, 06	25, 61
C ₆	25, 18	25, 49	25, 13
K ₆	25, 03	25, 28	25, 11
C ₇	25, 03	—	25, 09
Mittel	7' 25''185 ± 0''027 — 0''0142 c	7' 25''444 ± 0''172 — 0''0333 c	7' 25''308 ± 0''076 — 0''0343 c

	<i>Kessels 1390.</i>	<i>Delolme 130.</i>	<i>Jürgensen 39.</i>
C ₁	7' 24''71	7' 24''81	—
K ₁	25, 13	25, 23	7' 25''46
C ₂	25, 70	25, 26	26, 34
K ₂	24, 27	25, 37	26, 10
C ₃	24, 60	24, 73	24, 92
K ₃	25, 30	24, 55	24, 27
C ₄	24, 42	24, 81	23, 51
K ₄	24, 66	24, 49	23, 63
C ₅	24, 19	24, 33	25, 04
K ₅	24, 63	24, 48	24, 05
C ₆	25, 13	24, 66	23, 92
K ₆	24, 20	24, 58	24, 90
C ₇	24, 60	24, 72	—
Mittel	7' 24''734 ± 0''086 + 0''0474 c	7' 24''771 ± 0''061 + 0''0263 c	7' 24''740 ± 0''195 + 0''0504 c

	<i>Anonymus 1354.</i>	<i>Anonymus 1371.</i>	<i>Kessels 1255.</i>
C ₁	—	—	7' 24''96
K ₁	7' 23''51	7' 23''93	25, 34
C ₂	25, 98	27, 76	25, 24
K ₂	26, 08	26, 38	25, 49
C ₃	25, 84	25, 40	25, 67
K ₃	24, 45	24, 08	26, 39
C ₄	24, 85	23, 43	25, 64
K ₄	24, 61	22, 88	24, 53
C ₅	24, 71	23, 25	25, 44
K ₅	25, 17	23, 77	25, 63
C ₆	25, 15	23, 78	25, 01
K ₆	24, 60	23, 77	25, 31
C ₇	—	—	25, 50
Mittel	7' 24''995 ± 0''155 + 0''0387 c	7' 24''403 ± 0''382 + 0''0855 c	7' 25''396 ± 0''079 — 0''0145 c

	<i>Kessels 1260.</i>	<i>Kessels 1265.</i>	<i>Kessels 1280.</i>
C ₁	—	7' 24''76	7' 24''36
K ₁	7' 24''24	24, 47	25, 02
C ₂	25, 30	25, 31	25, 92
K ₂	25, 57	26, 07	26, 55
C ₃	25, 64	25, 79	25, 72
K ₃	25, 13	25, 85	26, 97
C ₄	25, 16	25, 30	26, 27
K ₄	44, 94	24, 65	26, 48
C ₅	25, 00	24, 82	28, 86
K ₅	25, 43	25, 98	26, 87
C ₆	25, 37	25, 86	24, 40
K ₆	24, 83	25, 41	25, 65
C ₇	—	24, 51	24, 85
Mittel	7' 25''146 ± 0''080 — 0''0143 c	7' 25''291 ± 0''111 + 0''0180 c	7' 25''994 ± 0''233 — 0''0533 c

	<i>Breguet 3719.</i>	<i>Emery 929.</i>	<i>Arnold 1755.</i>
C ₁	—	—	—
K ₁	7' 25''32	7' 24''91	7' 25''22
C ₂	25, 60	26, 27	25, 82
K ₂	25, 43	25, 82	24, 87
C ₃	25, 36	25, 47	24, 02
K ₃	25, 42	24, 50	24, 81
C ₄	24, 93	24, 18	25, 99
K ₄	25, 18	24, 02	26, 36
C ₅	24, 91	24, 40	24, 49
K ₅	25, 26	25, 19	24, 09
C ₆	25, 44	25, 09	25, 05
K ₆	25, 30	24, 34	25, 81
C ₇	—	—	—
Mittel	7' 25''286 ± 0''043 + 0''0096 c	7' 24''926 ± 0''146 + 0''0348 c	7' 25''139 ± 0''159 + 0''0040 c

Die einzelnen mit einem Chronometer gemachten Längenbestimmungen werde ich in der Folge mit l bezeichnen, die Zahl derselben mit n , das Mittel mit L ; ferner sei δ und p der wahrscheinliche Fehler und das Gewicht *einer* Bestimmung, D und P der wahrscheinliche Fehler und das Gewicht des Mittels; endlich sei L das wahrscheinliche *allgemeine* Mittel $= \frac{\sum P L}{\sum P}$ und D der wahrscheinliche Fehler desselben.

Die relativen Gewichte der Chronometer, nach den Formeln $p = \frac{1}{\delta_2}$ und $P = \frac{1}{D_2}$ berechnet, finden sich in folgender Tafel.

<i>Kessels</i>	1259	$p = 105,5$	$P = 1371,5$
<i>Dent</i>	1961	83,5	917,5
<i>Dent</i>	2113	57,1	399,7
<i>Breguet</i>	3719	49,2	541,2
<i>Dent</i>	2103	29,7	356,4
<i>Kessels</i>	1252	29,0	319,0
<i>Delolme</i>	130	20,7	269,1
<i>Kessels</i>	1260	14,2	156,2
<i>Dent</i>	2067	13,3	160,0
<i>Kessels</i>	1375	13,3	173,0
<i>Kessels</i>	1255	12,3	160,0
<i>Dent</i>	2108	10,9	76,3
<i>Kessels</i>	1390	10,4	135,2
<i>Kessels</i>	1265	6,2	80,6
<i>Emery</i>	929	4,3	47,3
<i>Anonymus</i>	1354	3,8	41,8
<i>Arnold</i>	1755	3,6	39,6
<i>Kessels</i>	1322	3,4	34,0
<i>Jürgensen</i>	39	2,4	26,4
<i>Kessels</i>	1280	1,4	18,2
<i>Anonymus</i>	1371	0,6	6,6.

Nur am letzten Chronometer ist p kleiner als die Einheit, das heisst die Unsicherheit in der Längenbestimmung durch eine einzige Reise (hin und zurück) überschreitet nur bei einem Chronometer eine ganze Secunde. Bei 15 Chronometern ist sie kleiner als eine halbe, bei 7 kleiner als eine Viertelsecunde, und bei *Kessels* 1259 beträgt sie noch nicht eine Zehntelsecunde. Die Chronometer haben sich demnach im Ganzen als ausgezeichnet erwiesen; und dennoch wird man später sehen, dass, wenn man den Chronometern

volles Recht widerfahren lässt, die Genauigkeit derselben noch grösser gewesen ist, als es nach dieser Darstellung scheint.

Vorläufiges Endresultat. Wenn man bei obigen Werthen von L und P stehen bleibt, findet man

$$L = 7' 25''1275 \pm 0''0272.$$

D ist hier von den Fehlern $L - L = f$ nach der Formel

$$D = 0,67449 \sqrt{\frac{\sum (P f^2)}{20 \sum P}} \quad 1''$$

abgeleitet worden. Will man die Formel $D = \frac{1''}{\sqrt{\sum P}}$ anwenden, so ist zu bemerken, dass P in der letzten Tafel nur als relatives Gewicht betrachtet werden darf; P ist nämlich überall $= np$ genommen, wie in der vorletzten Tafel die Werthe von $D = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$ gerechnet worden sind. Um D und P richtiger auszudrücken, muss man die Abhängigkeit je zweier auf einander folgenden Werthe von l berücksichtigen, wodurch man erhält

$$D = \frac{\sqrt{2^{n-1}}}{n} \delta \quad \text{und} \quad P = \frac{n^2}{2^{n-1}} p.$$

Die angeführten Werthe von D und P hätten also eigentlich respective mit $\frac{1}{\sqrt{2^{n-1}}}$ und $\frac{n}{2^{n-1}}$ multiplicirt werden sollen; dann würde man $D = \frac{1''}{\sqrt{\sum P}} = \pm 0''0189$ finden. Die andere Formel gab $\pm 0''0272$, einen nahezu um die Hälfte grösseren Werth.

Constante Fehler. Der eben gedachte Umstand ist beachtenswerth; er zeigt nämlich, dass die Unterschiede $L - L = f$ im Ganzen grösser sind, als man sie nach den berechneten Werthen von D erwarten sollte, mit anderen Worten dass die Längen L ausser den zufälligen Fehlern D noch mit *constanten*, den verschiedenen Chronometern eigenthümlichen Fehlern behaftet sind. Dieses fällt noch mehr in die Augen, wenn man f mit D für jedes Chronometer vergleicht. So ist z. B. bei *Dent* 2108, *Dent* 2113 und *Breguet* 3719 f respective $= + 0''460$, $- 0''310$ und $+ 0''159$, während D die engen Grenzen $\pm 0''162$, $\pm 0''068$, $\pm 0''059$ angiebt. In der Tafel sieht man ausserdem, dass die einzelnen Werthe von l bei dem ersten dieser Chronometer nur mit einer Ausnahme über L , bei dem zweiten ohne Ausnahme unter L und bei dem dritten mit zwei Ausnahmen über L fallen. Auch die zweite der mehrmals genannten russischen Expeditionen (Altona — Greenwich) hat ähnliche Erfahrungen gegeben, was Hrn. *Struve* (jun.) veranlasste, die Gewichte der Chronometer, welche er anfangs wie oben aus den Differenzen $L - l$ abgeleitet hatte, durch eine neue Rechnung auf die Differenzen $L - l$ zu gründen. Ebenso durfte auch ich nicht bei den angeführten Resultaten stehen bleiben, sondern glaubte zuerst jene *constanten* Fehler näher untersuchen zu müssen um sowohl die relativen Gewichte und also auch das Endresultat als dessen wahrscheinlichen Fehler genauer zu

bestimmen. Freilich habe ich nur eine unwesentliche Verbesserung von L gefunden; da aber diese Untersuchungen auch von anderweitigem Interesse sind, will ich sie nicht zurückhalten.

Um sich den Ursprung der gedachten *constanten* Fehler zu erklären, muss man auf solche äussere Umstände seine Aufmerksamkeit richten, denen *sämmtliche* Chronometer ausgesetzt waren, und von welchen angenommen werden kann, dass sie den Einfluss gewisser individuellen *organischen* Fehler auf den Gang der Chronometer bedingen. Zu diesen organischen Fehlern gehören besonders: 1) *unvollkommener Isochronismus der Spiralfeder*, 2) *unvollständige Compensation* und 3) *Excentricität des Schwerpunctes der Unruhe*; hierzu kann noch 4) eine *magnetische Polarität* gerechnet werden. Der erste Fehler wird an sich zumal bei den Chronometern, welche keine Schnecke haben, eine kleine Periodicität des Ganges bewirken können, welche jedoch im gegenwärtigen Falle keinen merklichen Einfluss gehabt haben kann, weil das Mittel der Uhrzeiten, zu welchen die Chronometer bei Abreise und Ankunft verglichen wurden, in Christiania auf weniger als 1 Stunde dasselbe war wie in Kopenhagen, während das Aufziehen immer zu derselben Stunde (9 Abends) geschah. Ueberhaupt aber macht dieser Fehler das Chronometer empfindlich gegen jeden Umstand, der die Schwingungen der Unruhe vergrössern oder verkleinern kann; nämlich die Lage der Spindel gegen den Vertical, wovon die Friction abhängt, die Dichte der Luft und mehrere, besonders drehende Bewegungen. Der 2te Fehler kann nur bei Temperaturänderungen merklich werden. Der 3te Fehler kommt in Wirksamkeit durch *die* Veränderungen im Zustande der Bewegung des Chronometers, welche im Plane der Unruhe vorkommen. Der 4te Fehler endlich macht den Gang des Chronometers abhängig von dessen Lage gegen die Richtung der erdmagnetischen Kraft und gegen andere Magnete.

Was den Isochronismus der Spiralfeder und die Compensation der Unruhe betrifft, so glaube ich jedoch, dass diese Haupt-Eigenschaften eines guten Chronometers gewöhnlich so nahe erreicht sind, dass den kleinen Abweichungen von der verticalen Lage der Spindel, welche dann und wann eingetroffen sein mögen, samt dem ganz unerheblichen Unterschiede (zwischen den Reisen *von* und *nach* Christiania) in dem mittleren Luftdrucke und der Temperatur in den Chronometerkästchen *) in diesem Falle kaum eine bemerkbare Wirkung zugeschrieben werden kann. Ich glaube daher, dass die angezeigten

*) Der Unterschied in der Barometerhöhe beträgt nur etwa 0,3 Linie; der Unterschied in der Temperatur ist zwar unbekannt, muss aber jedenfalls geringer als 1° R. geschätzt werden.

individuellen Fehler an den durch die verschiedenen Chronometer erhaltenen Längenbestimmungen ihre wesentliche Ursache in der etwaigen Excentricität der Unruhe haben, deren Wirkung nicht nur durch Drehungen, sondern auch durch allerlei, besonders horizontale Abweichungen von einer ganz gleichförmigen Bewegung bedingt ist. Bedenkt man nun, dass sich das Dampfschiff auf den Reisen von Christiania nicht ganz in demselben Zustande der Bewegung befand als auf den Rückreisen, ferner dass die meisten Chronometer einen unverkennbaren, viele einen sehr auffallenden Einfluss der Bewegung gezeigt haben, so können in der That jene constanten Fehler nicht unerwartet sein. Weil jedes Chronometer immer dieselbe Stelle und Lage an Bord eingenommen hat, und demnach dem Erdmagnetismus (eigentlich dessen horizontalem Componente) auf den Reisen *von* und *nach* Chr. gleich viel, aber im *entgegengesetzten* Sinne ausgesetzt gewesen sind, so könnte man freilich auch darin die Ursache suchen; aber die *frühere* Annahme hat sich durch den Erfolg als die richtigere bewährt, weshalb ich hier die Hypothese von einem Magnetismus der Chronometer (auf die ich übrigens später zurückkommen werde) um so mehr übergehen kann, da sie doch in diesem Falle kein Gegenstand der Rechnung hätte werden können.

Stellt man sich also den Einfluss der Bewegung auf den Gang eines Chronometers als eine Function der Elemente x, y, z , der Bewegung vor, so muss man, um für gegenwärtigen Fall diese in Rechnung ziehen zu können, annehmen, dass eine solche Function für alle Chronometer gemeinschaftlich sei, nur dass sie mit verschiedenen constanten Factoren multiplicirt werden muss, um für die verschiedenen Chronometer zu gelten; eine Annahme, welche an sich auch nicht unwahrscheinlich ist. Wenn der Einfluss der Bewegung auf den Gang der verschiedenen Chronometer (für irgend eine Einheit der Zeit z. B. eine Stunde) mit γ' γ'' γ''' u. s. w. bezeichnet wird, kann man also setzen:

$$\gamma' = a'F(x y z \dots) \quad \gamma'' = a''F(x y z \dots) \quad \gamma''' = a'''F(x y z \dots)$$

u. s. w.

Nennt man die *bestimmte* Function, welche die mittlere Bewegung auf allen Zeittransporten zusammen ausdrückt, F_0 , den entsprechenden Werth von γ für ein beliebiges Chronometer γ_0 ; ferner die entsprechenden Grössen für die verschiedenen Reisen $F_1 \gamma_1$, $F_2 \gamma_2$, $F_3 \gamma_3$ u. s. w., so hat man:

$$\gamma_0 = aF_0; \quad \gamma_1 = aF_1; \quad \gamma_2 = aF_2 \quad \text{u. s. w.}$$

$$\text{oder } \gamma_1 = \gamma_0 \frac{F_1}{F_0}; \quad \gamma_2 = \gamma_0 \frac{F_2}{F_0} \quad \text{u. s. w.}$$

Bezeichnet man die Dauer der Zeittransporte respective mit $t_1 t_2$ u. s. w., so ist der Einfluss der Bewegung auf die verschiedenen Längenbestimmungen

$$\lambda_1 = \pm (\gamma_1 - \gamma_2) \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}; \quad \lambda_2 = \mp (\gamma_2 - \gamma_3) \frac{t_2 t_3}{t_2 + t_3} \text{ u. s. w.}$$

$$\text{also } \lambda_1 = \pm \gamma_0 \left[\frac{F_1 - F_2}{F_0} \cdot \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} \right]; \quad \lambda_2 = \mp \gamma_0 \left[\frac{F_2 - F_3}{F_0} \cdot \frac{t_2 t_3}{t_2 + t_3} \right] \text{ u. s. w.}$$

Um also die Längenbestimmungen von dem Einflusse der Bewegung frei zu machen, muss man erstens für jedes Chronometer den constanten Factor γ_0 bestimmen, dann für jede (Hin- und Zurück-) Reise den ebenfalls constanten Factor in der Parenthese, den ich kürzlich mit c bezeichnen will. Jener Factor, γ_0 , findet sich aber für jedes Chronometer leicht und unmittelbar aus den Datis der Expedition; er ist nämlich der Unterschied in dem Gange während der Ruhe und während der Zeittransporte. Der andere Factor kann nur indirect, sein wahrscheinlicher Werth aber für jede einzelne Reise ermittelt werden. Bezeichnet man nämlich für eine bestimmte Reise mit l die von einem Chronometer gegebene unverbesserte Länge, mit l die von allen Chronometern derselben Reise abzuleitende wahrscheinliche Länge, mit c den specifischen Factor der Reise, endlich mit Δ den übrigbleibenden Fehler des durch $\gamma_0 c$ verbesserten l ; so kann man die Gleichung $l + \gamma_0 c - l = \Delta$ bilden und ähnliche für alle andern Chronometer derselben Reise. Mit gehöriger Rücksicht auf die Gewichte der Chronometer kann man also von diesen Gleichungen durch die Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe von l und c zugleich finden. Die angedeutete Rechnung habe ich ausgeführt, und ihre Resultate will ich hier anführen.

Erstens habe ich γ_0 für jedes Chronometer berechnet, wobei ich die Stunde als Zeiteinheit angenommen, und γ als positiv betrachtet habe, wenn das Chronometer schneller in der Ruhe als während der Zeittransporte gegangen ist.

<i>Dent</i>	1961	$\gamma_0 = -0''0006 \pm 0''0016$	<i>Dent</i>	2113	$\gamma_0 = +0''0220 \pm 0''0040$
—	2103	$-0,0018 \pm 0,0016$	<i>Delolme</i>	130	$+0,0263 \pm 0,0040$
—	2067	$+0,0033 \pm 0,0017$	<i>Kessels</i>	1322	$-0,0333 \pm 0,0059$
<i>Arnold</i>	1755	$+0,0040 \pm 0,0048$	—	1375	$-0,0343 \pm 0,0057$
<i>Breguet</i>	3719	$+0,0096 \pm 0,0040$	<i>Emery</i>	929	$+0,0348 \pm 0,0046$
<i>Kessels</i>	1252	$+0,0100 \pm 0,0040$	<i>Anon.</i>	1354	$+0,0387 \pm 0,0055$
<i>Dent</i>	2108	$-0,0130 \pm 0,0042$	<i>Kessels</i>	1390	$+0,0474 \pm 0,0054$
<i>Kessels</i>	1259	$-0,0142 \pm 0,0019$	<i>Jürgensen</i>	39	$+0,0504 \pm 0,0058$
—	1260	$-0,0143 \pm 0,0024$	<i>Kessels</i>	1280	$-0,0533 \pm 0,0060$
—	1255	$-0,0145 \pm 0,0031$	<i>Anon.</i>	1371	$+0,0855 \pm 0,0107$
—	1265	$+0,0180 \pm 0,0033$			

[Am Fusse der Tafel pag. 68—71 wird man in den numerischen Factoren der angefügten Correctionen diese Werthe von γ_0 wiedererkennen. Die Grösse c muss aber an jenem Orte als ein Mittelwerth gedacht werden für die Reisen geltend, welche jedes Chronometer mitgemacht hat; sie wird jedoch beinahe constant sein, und man kann sich schon durch einen flüchtigen Ueberblick davon überzeugen, dass jene Correctionen, wenn c ungefähr $= + 8$ angenommen wird, eine weit grössere Harmonie unter den L der verschiedenen Chronometer herbeiführen muss.]

Die früher angeführten Gewichte p der Chronometer schienen mir nicht nur wegen der bei der ersten Rechnung unberücksichtigten Correctionen $\gamma_0 c$, sondern auch wegen der constanten Fehler der einzelnen Reisen (die man sogleich kennen lernen wird) von Neuem bestimmt werden zu müssen, ehe ich die definitive Berechnung jeder Reise vornehme. Das Umreguliren der Gewichte habe ich folgendermassen ausgeführt. Zuerst suchte ich durch eine annähernde Rechnung für jede Reise c und l und verbesserte jedes l mit der Correction $\gamma_0 c$. Die Vergleichung der verbesserten Werthe l mit l (nicht mit L) gab die Differenzen Δ . Die n verschiedenen Δ , die sich somit für irgend ein Chronometer fanden, wurden zur neuen Berechnung des Gewichtes nach der Formel $p = \frac{n-1}{0,6745 [\Delta\Delta]}$ angewandt. Diese vorbereitende Rechnung hat Folgendes gegeben:

C_1	$l = 7' 25''113$	$c = + 10,8$	K_4	$l = 7' 24''893$	$c = + 10,0$
K_1	25,146	+ 5,9	C_5	25,064	+ 11,9
C_2	25,300	- 16,8	K_5	25,184	+ 15,3
K_2	25,417	- 2,5	C_6	25,165	+ 8,4
C_3	25,278	+ 0,7	K_6	24,977	+ 7,6
K_3	25,215	+ 8,7	C_7	24,970	+ 6,3
C_4	25,069	+ 14,0			

und mittelst dieser Werthe

<i>Kessels</i>	1259	$p = 304,2$	<i>Kessels</i>	1375	$p = 26,3$	<i>Kessels</i>	1265	$p = 6,4$
<i>Dent</i>	1961	283,2	<i>Delolme</i>	130	21,8	<i>Dent</i>	2108	6,4
—	2113	72,3	<i>Kessels</i>	1260	16,0	<i>Jürgensen</i>	39	6,3
—	2103	46,7	<i>Emery</i>	929	15,2	<i>Anon.</i>	1371	4,0
<i>Kessels</i>	1252	36,9	<i>Kessels</i>	1255	11,9	<i>Kessels</i>	1322	3,5
<i>Breguet</i>	3719	33,4	—	1390	8,5	<i>Arnold</i>	1755	2,9
<i>Dent</i>	2067	27,6	<i>Anon.</i>	1354	7,0	<i>Kessels</i>	1280	1,2

Vergleicht man die neuen Werthe von p mit den früheren (pag. 72), so ersieht man, dass, während die Einheit dieselbe ist, Σp durch die neue Rechnung von 474,8 bis auf 941,7 oder nahe das Doppelte gestiegen ist, eine auffallende Wirkung nicht nur von der Berücksichtigung der Correctionen $\gamma_0 c$, sondern auch von der Elimination der constanten Fehler der Reisen. Da indessen bei der letzteren Rechnung die etwa übrigbleibenden constanten Fehler der Chronometer nicht elimirt worden sind, was dagegen bei der ersteren Berechnung der Fall war, so ist es begreiflich, wie für einige Chronometer ein geringeres Gewicht als zuvor gefunden werden konnte.

Mit den berichtigten Werthen von p ward endlich jede Reise durch die Methode der kleinsten Quadrate scharf berechnet. Die Resultate dieser Rechnungen waren:

C_1	$l = 7' 25''1590$	$\pm 0''04905$	$c = + 11,32$	$\pm 2,18$
K_1	25,1914	$\pm 0,04586$	+ 5,64	$\pm 2,81$
C_2	25,2758	$\pm 0,04224$	- 19,07	$\pm 2,59$
K_2	25,3855	$\pm 0,03689$	- 3,79	$\pm 2,26$
C_3	25,2701	$\pm 0,03700$	+ 0,15	$\pm 2,27$
K_3	25,1830	$\pm 0,01627$	+ 11,50	$\pm 0,99$
C_4	25,0023	$\pm 0,03016$	+ 14,98	$\pm 1,80$
K_4	24,8763	$\pm 0,03394$	+ 18,56	$\pm 2,02$
C_5	25,0358	$\pm 0,03203$	+ 11,14	$\pm 1,91$
K_5	25,1571	$\pm 0,02884$	+ 12,58	$\pm 1,72$
C_6	25,1376	$\pm 0,03493$	+ 6,47	$\pm 2,08$
K_6	24,9431	$\pm 0,02575$	+ 8,09	$\pm 1,53$
C_7	24,9665	$\pm 0,03481$	+ 5,87	$\pm 2,02$

In so fern man jeder Reise ein bestimmtes Gewicht geben wollte, was oben nicht geschehen ist, so würde man den Maasstab in den berechneten wahrscheinlichen Fehlern von l suchen müssen; und zwar sollte jedes l ein dem Quadrate seines wahrscheinlichen Fehlers umgekehrt proportionales Gewicht bekommen. Diess würde indessen voraussetzen, dass die wahrscheinlichen Fehler von l wirklich durch jene Zahlen ausgedrückt seien, was offenbar nicht der Fall ist; im Gegentheil ersieht man, dass die wirklichen Fehler durchschnittlich ungefähr dreimal so gross sind wie die berechneten. Vergleicht man nämlich jedes l mit dem arithmetischen Mittel $L = 7' 25''1218$, so findet man folgende Differenzen:

	L - l
C ₁	- 0''0372
K ₁	- 0,0696
C ₂	- 0,1540
K ₂	- 0,2637
C ₃	- 0,1483
K ₃	- 0,0612
C ₄	+ 0,1195
K ₄	+ 0,2455
C ₅	+ 0,0860
K ₅	- 0,0353
C ₆	- 0,0158
K ₆	+ 0,1787
C ₇	+ 0,1553

Hieraus findet man *den wahrscheinlichen Gesamtfehler des Resultates l von einer Reise* = $\pm 0''10017$, während die oben berechnete *von den Chronometern herrührende* Unsicherheit durchschnittlich nur $0''03444$ beträgt. Die Grösse des wahrscheinlichen *constanten* Fehlers einer Reise ist also $\sqrt{0''10017^2 - 0''03444^2} = \pm 0''08383$.

Da also die Fehler ($0''0344$), welche hauptsächlich aus kleinen unbekanntem Anomalien des Ganges der Chronometer entsprungen sind, nicht einmal die Hälfte von *den* Fehlern ($0''0838$) betragen, die sich *unverändert* mit allen aus derselben Reise ermittelten Längenunterschieden verbinden; so glaubte ich die *ungleichen* Gewichte der Reisen auch hier aufgeben zu müssen. Das *einfach* arithmetische Mittel der 13 Werthe l betrachte ich daher als den wahrscheinlichsten Werth von L; also

$$L = 7' 25''1218 \pm 0''02779.$$

Der wahrscheinliche Fehler ist direct aus den Differenzen L - l abgeleitet. Dieses Resultat stimmt noch in der zweiten Decimalstelle mit dem vorläufigen pag. 73 angeführten überein; selbst die berechnete Unsicherheit ist fast genau dieselbe. Diess ist jedoch bloss ein Zufall und beweist nicht, dass der Verbesserungs calcul und das Umreguliren der Gewichte der Chronometer unmotivirt und überflüssig gewesen ist. Vielmehr ist der Umstand, dass die Unübereinstimmung der Chronometer unter sich durch diese Rechnung auf das Drittel*) reducirt worden ist, ein Beweis des Gegentheils. Eine solche Wirkung von der Einführung *eines einzigen Verbesserungscoefficienten* (c; die Werthe von γ_0 wa-

*) Der von dieser Unübereinstimmung (welche von den constanten Fehlern der Reisen unabhängig ist) abgeleitete wahrscheinliche Fehler von L ist nämlich vor der Verbesserungs calcul = $\pm 0''0272$ gefunden (pag. 73); nach der berechneten Unsicherheit von l, welche durchschnittlich $\pm 0''0344$ beträgt, wird diese Grösse nur $\pm 0''0096$.

ren nämlich durch die Tafel pag. 59—65 gegeben) in 21 Gleichungen wird gewiss Niemand dem Zufalle zuschreiben; — mit eben so vielem Rechte würde man das ganze Verfahren als ein willkürliches Nivelliren bezeichnen können.

Um noch besser übersehen zu können, was bei dieser Rechnung erreicht ist, und was die Chronometer (mit Abstraction der constanten Fehler) geleistet haben, will ich noch Einiges anführen. Wenn man die Zahlen (L) der Tafel pag. 68—71 mit den Correctionen $\gamma_0 c$ und ferner mit den Differenzen $L - l$ corrigirt, so wird man daraus die in der folgenden Tafel gegebenen Zahlen ableiten können, wo die Buchstaben für irgend ein Chronometer folgende Bedeutung haben:

L Mittel von den mit diesem Chronometer gemachten verbesserten Längenbestimmungen.

F Wirklicher Fehler von L oder $L - 7' 25'' 122$.

D Wahrscheinlicher Fehler von L oder $0,6745 \sqrt{\frac{\sum (L - l)^2}{n(n-1)}}$.

Da n nicht für alle Chronometer gleich ist, so habe ich noch

δ den wahrscheinlichen Fehler einer Längenbestimmung (einer Reise) angeführt.

In der letzten Columne ist endlich zur Vergleichung

f der Fehler des unverbesserten L nach der Tafel pag. 68—71 angeführt.

Die Chronometer habe ich nach der Grösse von δ geordnet.

Chronometer.	L	F	D	δ	f
Kessels 1259	7' 25'' 096	— 0'' 026	+ 0'' 0070	+ 0'' 025	+ 0'' 058
Dent 1961	25, 424	+ 0, 002	0, 0144	0, 048	+ 0, 010
Dent 2113	25, 153	+ 0, 031	0, 0407	0, 108	— 0, 310
Breguet 3719	25, 335	+ 0, 213	0, 0352	0, 117	+ 0, 159
Dent 2103	25, 088	— 0, 034	0, 0381	0, 132	— 0, 033
Delolme 130	24, 940	— 0, 182	0, 0424	0, 153	— 0, 356
Kessels 1252	25, 145	+ 0, 023	0, 0536	0, 178	— 0, 032
Kessels 1375	25, 088	— 0, 034	0, 0501	0, 181	+ 0, 181
Dent 2067	25, 160	+ 0, 038	0, 0541	0, 187	+ 0, 010
Emery 929	25, 125	+ 0, 003	0, 0602	0, 200	— 0, 201
Kessels 1260	25, 050	— 0, 072	0, 0794	0, 263	+ 0, 019
Kessels 1255	25, 304	+ 0, 182	0, 0773	0, 279	+ 0, 269
Dent 2108	25, 508	+ 0, 386	0, 1179	0, 312	+ 0, 460
Jürgensen 39	25, 033	— 0, 089	0, 1085	0, 360	— 0, 387
Kessels 1265	25, 407	+ 0, 285	0, 1014	0, 366	+ 0, 164

Chronometer.		<i>L</i>	<i>F</i>	<i>D</i>	δ	<i>f</i>
<i>Kessels</i>	1390	7' 25'' 038	- 0'' 084	\pm 0'' 1141	\pm 0'' 367	- 0'' 393
<i>Anon.</i>	1371	24, 910	- 0, 212	0, 1162	0, 385	- 0, 724
<i>Anon.</i>	1354	25, 217	+ 0, 095	0, 1198	0, 396	- 0, 132
<i>Kessels</i>	1322	25, 249	+ 0, 127	0, 1779	0, 563	+ 0, 317
<i>Arnold</i>	1755	25, 153	+ 0, 031	0, 1789	0, 593	+ 0, 012
<i>Kessels</i>	1280	25, 650	+ 0, 528	0, 2313	0, 834	+ 0, 867

Bei der Vergleichung der Columnen *F* und *f* tritt die Wirkung der Correctionen $\gamma_0 c$ sehr deutlich hervor; man vergleiche z. B. die Anzahl der Fehler über 0''1, 0''2, 0''3 u. s. w. vor und nach der Verbesserung, so findet man unter den 21 Fehlern

	vor der Verb.	nach der Verb.
über 0''1	14 Fehler	8 Fehler ;
- 0, 2	10 —	5 — ;
- 0, 3	8 —	2 — ;
- 0, 4	3 —	1 — ;

Es ist aber nicht nur unter den Resultaten *L* der verschiedenen Chronometer, dass die Rechnung eine grössere Uebereinstimmung hervorgebracht hat. Man wird auch aus den Columnen *D* und δ sehen können, dass die Unregelmässigkeiten der einzelnen Chronometer durch die Elimination der verschiedenartigen constanten Fehler beträchtlich vermindert worden sind. Namentlich ist es die Grösse δ , welche am Besten die Regelmässigkeit des Uhranges unter denselben äusseren Umständen charakterisirt, indem sie, mit $\sqrt{2}$ multiplicirt, den Betrag der zufälligen Irregularitäten während eines Zeittransportes oder 51,9 Stunden darstellt. Zufolge jener Werthe von δ würde man an *einer einzigen* Bestimmung des Längenunterschiedes mittelst des Chronometers *Kessels* 1259 nur einen Fehler von 0''025, *der sogar kleiner als die Unsicherheit des vollständigen Endresultates ist*, zu befürchten haben. Ingleichen sollte nach der Tafel die Unsicherheit *einer* Bestimmung mit dem Chronometer *Dent* 1961 noch nicht das Doppelte von derjenigen des Endresultates erreichen.

Dieses Resultat ist um so auffallender, da es paradox zu sein scheint; der Widerspruch ist aber schon oben aufgeklärt, indem pag. 79 gezeigt ist, dass die Differenzen $L - l$, woraus die Unsicherheit des Endresultates abgeleitet werden muss, grösstentheils *nicht* den zufälligen Fehlern der Chronometer zugeschrieben werden können. Es wurde dasselbst erwiesen, dass, wenn man den berechneten Antheil der Chronometer an dem wahr-

scheinlichen Fehler einer Reise abstrahirt, durchschnittlich noch ein beträchtlich grösserer Rest = $\pm 0''0838$ übrig bleibt. So gross wird aber kaum die *durchschnittliche* Unsicherheit an den angenommenen Correctionen der Normaluhren gewesen sein können; *es scheint also noch eine, bisher nicht berücksichtigte Fehlerquelle zu geben, die auf den Gang aller Chronometer gleich viel, oder wenigstens im gleichen Sinne influirt hat.* In der Verschiedenheit der Bewegung wird man sie nicht suchen können; denn die Bewegung wirkt zwar auf die Chronometer ein, aber, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, verschieden auf die verschiedenen Chronometer.

Ich glaube, dass *die Ursache in der veränderlichen Luftdichte liegt.* Die Wirkung der Luft kann nämlich als doppelt gedacht werden; sie vermindert den Schwingungsbogen und *vergrössert das Trägheitsmoment der Unruhe.* Die erste Wirkung wird den Gang beschleunigen oder verzögern je nach der Beschaffenheit der „isochronischen“ Spiralfeder; man kann also annehmen, dass der Einfluss auf den Gang einer grösseren Anzahl von Chronometern nahezu compensirt wird. Anders ist es aber mit der Vergrösserung des Trägheitsmomentes (welche bei allen Chronometern nahezu gleich angenommen werden muss); sie wird immer eine Verzögerung bewirken. Eine Veränderung in der Dichte der Luft wird also nach dieser Vorstellungsart (die freilich nicht viel mehr als eine Hypothese ist) auf alle Chronometer einen nahezu constanten Einfluss haben; und, wenn diese Meinung richtig ist, *muss ein Chronometer bei hohem Barometerstande und niedriger Temperatur langsamer gehen als bei niedrigem Barometerstande und hoher Temperatur.* Die Temperatur kann jedoch ausser Betracht gesetzt werden, wenn von einer grösseren Anzahl von Chronometern die Rede ist. Denn diese secundäre Wirkung der Temperatur vereinigt sich mit jener wesentlicheren directen; und es ist die Totalwirkung, die als Gegenstand der Erfahrung vom Künstler durch die Compensation gehoben wird. Man braucht also nur die Barometeroscillationen zu kennen, wenn man die Hypothese an einer Sammlung von Chronometern zu prüfen beabsichtigt. Von dem bekannten Luftdrucke in Christiania und Kopenhagen kann man mit einer zwar nicht grossen, doch aber für diesen Zweck hinreichenden Sicherheit auf den gleichzeitigen mittleren Druck der Luft auf der Oberfläche des Kattegat schliessen. Ich habe demnach aus Beobachtungen in Christiania (auf der Sternwarte) und Kopenhagen (im botanischen Garten; diese sind aus einer Kopenhagener Zeitung entnommen) den mittleren Barometerstand während jedes Zeittransportes berechnet; bezeichnet man den Barometerstand während eines Zeittransportes *von Christiania* mit c und *von Kopenhagen* mit k , so sind an beiden Stationen folgende Barometerdifferenzen $k - c$ beobachtet.

Man vergleiche damit

	in Chr.	in Kop.	Mittel.	L - l
C_1	- 1''75	- 0''4	$k-c = - 1''1$	- 0''0372
K_1	- 2, 5	- 2, 5	- 2, 5	- 0, 0695
C_2	- 4, 0	- 4, 2	- 4, 1	- 0, 1540
K_2	- 3, 0	- 3, 0	- 3, 0	- 0, 2637
C_3	- 2, 0	- 2, 2	- 2, 1	- 0, 1483
K_3	+ 1, 5	+ 0, 5	+ 1, 0	- 0, 0612
C_4	+ 2, 3	+ 2, 0	+ 2, 2	+ 0, 1195
K_4	+ 1, 2	+ 3, 1	+ 2, 2	+ 0, 2455
C_5	- 0, 45	+ 1, 7	+ 0, 6	+ 0, 0860
K_5	- 3, 75	- 4, 2	- 4, 0	- 0, 0353
C_6	+ 2, 9	+ 0, 9	+ 1, 9	- 0, 0158
K_6	+ 6, 5	+ 4, 7	+ 5, 6	+ 0, 1787
C_7	- 0, 7	- 0, 9	- 0, 8	+ 0, 1553.

Die Aehnlichkeit der Columnen $k-c$ und $L-l$ spricht sehr für die Hypothese, auch sind die Zeichen im Ganzen mit derselben in vollkommener Harmonie (langsamerer Gang bei höherem Barometerstande). Unter der Voraussetzung also, dass jedes l mit einer barometrischen Correction $\beta(k-c)$ zu verbessern ist, habe ich aus den 13 Differenzen $L-l$ eben so viele Gleichungen gebildet um daraus die wahrscheinlichsten Werthe von β und der kleinen Correction $\lambda = L - 7' 25'' 1218$ zu ermitteln. Diese Rechnung gab

$$\beta = + 0''03765^*) \pm 0''00720 \quad \text{und} \quad \lambda = - 0''01188 \pm 0''01996,$$

ein Resultat, das die Sache noch wahrscheinlicher macht. Denn erstens beträgt die Unsicherheit des Werthes von β nur einen kleinen Theil (weniger als $\frac{1}{3}$) von seiner ganzen Grösse. Dann bleibt die Summe der Fehlerquadrate $\Sigma(L-l)^2$ nach der Reduction nur 0,1242, während sie früher mehr als doppelt so gross, 0,2646, war. Der wahrscheinliche Fehler von L wird von $\pm 0''02779$ auf $0''01996$ heruntergebracht; daraus folgt der wahrscheinliche Fehler eines l (einer Reise) $\pm 0''07197$, dessen von den Chronometern unabhängiger Theil, $\sqrt{0''07197^2 - 0''03444^2} = \pm 0''06319$, nicht mehr so auffallend ist.

Freilich ist das Resultat nicht *entscheidend* für die Hypothese; da mir aber diese an sich natürlich scheint, und ihre Annahme für den Fall doch nicht schädlich sein kann,

*) Diese Grösse drückt also den Gewinn der Chronometer in 26,0 Stunden (der halben Dauer eines Zeittransportes) bei einer Verminderung der Barometerhöhe um eine Linie aus.

so will ich den Werth von λ behalten. Demnach wird $L = 7' 25''1099 \pm 0''01996$; und wenn die Personaläquation (pag. 66), $- 0''112 \pm 0''0235$, sammt dem wahrscheinlichen constanten Fehler der Zeitbestimmungen in Christiania (pag. 46), $\pm 0''0035$, hinzugefügt wird, so erhält man als Endresultat der Chronometerexpedition

*Das Mittagsfernrohr auf der Sternwarte in Christiania westlich vom
Passageninstrumente am runden Thurme in Kopenhagen*
0^h 7' 24''998

mit dem wahrscheinlichen Fehler $= \pm 0''0310$.

Man wird vielleicht jene Untersuchungen, welche durch gewisse Unregelmäßigkeiten veranlasst wurden, als gar zu minutiös bezeichnen. Freilich haben sie nicht das Endresultat (L) wesentlich *verändern* können; das war aber auch nicht zu erwarten. Dagegen ist ein grosser Theil jener Differenzen, welche gesetzmässig hervortraten, entdeckt und eliminirt worden, wodurch sich das Endresultat allenfalls mit *grösserer Schärfe* angeben liess. Will man auch diess nicht als einen erheblichen Vortheil ansehen, so darf man doch nicht vergessen, dass dieselben und ähnliche Betrachtungen unter anderen Umständen mit noch grösserem Erfolge angewandt werden können. Ueberhaupt scheint mir im Kleinen wie im Grossen das Sondern des Unwesentlichen von dem Wesentlichen, des Zufälligen von dem Constanten und die Einsicht in die Natur des Letzteren jedenfalls ein Interesse zu haben, welches nicht immer von der Wichtigkeit des Gegenstandes abhängt. Ich wünsche, dass man aus diesem Gesichtspuncte auch den folgenden Zusatz betrachten möge.

Einiges vom Magnetismus der Chronometer. Obschon die Verbesserungsrechnung, wie man aus der Tafel pag. 80 ersehen hat, eine weit grössere Harmonie als zuvor unter den Resultaten der verschiedenen Chronometer angezeigt hat, so fällt doch bei einigen Chronometern z. B. *Breguet 3719* der Fehler so weit über die berechneten wahrscheinlichen Grenzen hinaus, dass die Abweichung nicht wohl als blosser Zufall betrachtet werden kann. Dieses leitete mich auf den Gedanken, dass einige Chronometer etwas magnetisch sein möchten *). Da mir keine Erfahrungen von dem Einflusse des Erdmagnetismus auf Chronometer bekannt waren, habe ich einige einfache Experimente über diesen Gegenstand angestellt, deren Resultate ich mir erlaube hier mitzutheilen.

Die Experimente, welche mit 6 Chronometern ausgeführt sind, wurden in mehreren

*) Man erinnere sich, dass die Chronometer auf allen Reisen dieselbe relative Lage im Dampfschiffe hatten; folglich waren sie auf den Reisen *von* und *nach* Christiania mit XII gegen verschiedene Himmelsgegenden gerichtet.

Reihen solchergestalt angeordnet, dass sie nebst der Bestimmung zweier magnetischen Elemente (der Lage der magnetischen Achse des Chronometers und der grössten magnetischen Wirkung) zugleich über die Beständigkeit dieser Elemente einigermaßen entscheiden konnten.

Die Chronometer befanden sich während der Versuche genau unter denselben Umständen wie sonst: sie nahmen immer denselben Platz ein, hatten auch die gewöhnliche horizontale Lage, während jeder Gegenstand, wovon ein Localmagnetismus zu befürchten sein konnte, in unveränderter Entfernung erhalten wurde. Was den Localmagnetismus betrifft, reicht es hin zu bemerken, dass der horizontale Component des Erdmagnetismus*) wegen der Nähe und der Lage des Bifilars auf den Stellen, wo die Chronometer stehen, etwas schwächer auftritt. Die Versuche bestanden nur darin, dass die Chronometer jeden Tag zu derselben Stunde mit *Kessels* 1259 verglichen und *unmittelbar nach der Vergleichung ganz langsam um den Vertical 180° umgedreht wurden*. Den einen Tag hatten also die Chronometer XII gegen N oder O; den andern Tag standen sie genau auf derselben Stelle, aber mit XII gegen S oder W. Bezeichnet man nun den *täglichen Gang* eines Chronometers in der Lage XII N, XII S, XII O, XII W respective mit *n, s, o, w*, so lassen sich die Resultate der verschiedenen Reihen kürzlich so darstellen.

<i>Erste Reihe, 1848, März 2–14.</i>		<i>Zweite Reihe, 1848, März 28 – April 4.</i>	
<i>Kessels</i> 1375	$n-s = + 1''514 \pm 0''250$	<i>Kessels</i> 1375	$o-w = + 0''670 \pm 0''130$
– 1390	$n-s = + 4,166 \pm 0,358$	– 1390	$o-w = + 4,654 \pm 0,138$
<i>Dent</i> 2103	$n-s = - 0,052 \pm 0,106$	<i>Dent</i> 2103	$o-w = + 1,044 \pm 0,061$
<i>Kessels</i> 1255	$o-w = + 0,026 \pm 0,074$	<i>Kessels</i> 1255	$n-s = - 0,058 \pm 0,043$
– 1265	$o-w = - 0,318 \pm 0,107$	– 1265	$n-s = - 0,136 \pm 0,059$
– 1280	$o-w = - 0,721 \pm 0,209$	– 1280	$n-s = - 0,200 \pm 0,169$

Zwischen beiden Reihen (März 14–28) wiederholte ich mit einiger Modification die Versuche der ersten Reihe, deren Resultate dadurch vollkommen bestätigt wurden. Die Resultate dieser ersten Versuche waren mir sehr auffallend; dass die geprüften Chronometer nur mit einer Ausnahme (*K. 1255*) einen unverkennbaren Einfluss des Erdmagnetismus zeigten, besonders aber dass die Wirkung in 24 Stunden sogar eine Grösse von mehreren Sekunden (*Kessels* 1390) erreichen könne, hätte man nicht erwarten sollen, da auf der Expedition, wo die Chronometer noch längere Zeit derselben Wirkung des Erdmagnetismus

*) Ich stelle mir immer die Unruhe als horizontal vor, wie sie auch bei den Versuchen war; es kommen also nur die horizontalen magnetischen Kräfte in Betracht.

ausgesetzt waren, kein einziges unter den 21 Chronometern einen constanten Fehler von einer halben Secunde verrathen hat. Ich dachte, der Magnetismus, welcher durch die Versuche erkannt wurde, sei vielleicht ein später inducirter; die Chronometer waren nämlich vom Ende der Expedition (1847 August 24) bis zum Anfange der Experimente immer ganz ruhig in derselben Lage (die drei ersten XII N, die drei letzten XII O) geblieben. Um diese Hypothese zu prüfen, liess ich die Chronometer *nach* den Versuchen vom 1sten Mai bis zum 19ten Juli, also etwa 2,5 Monate, in der umgekehrten Lage (die 3 ersten XII S, die 3 letzten XII W) ruhig stehen, und wiederholte dann im Juli und August die früheren Beobachtungen. Das Chronometer *Kessels* 1280 war indessen behufs einer wissenschaftlichen Reise ausgeliehen worden. Die neuen Resultate waren:

Dritte Reihe, 1848, Juli 19—August 1.

Vierte Reihe, 1848, August 2—12.

<i>Kessels</i> 1375 <i>n-s</i> = + 0''471 ± 0''156	<i>Kessels</i> 1375 <i>o-w</i> = - 1''055 ± 0''194
- 1390 <i>n-s</i> = + 3,345 ± 0,237	- 1390 <i>o-w</i> = + 2,167 ± 0,259
<i>Dent</i> 2103 <i>n-s</i> = + 0,217 ± 0,052	<i>Dent</i> 2103 <i>o-w</i> = + 0,544 ± 0,046
<i>Kessels</i> 1255 <i>o-w</i> = + 0,073 ± 0,236	<i>Kessels</i> 1255 <i>n-s</i> = + 0,148 ± 0,218
- 1265 <i>o-w</i> = + 0,085 ± 0,154	- 1265 <i>n-s</i> = + 0,252 ± 0,112

Man bezeichne mit *M* die Himmelsgegend (von *N* durch *O* gezählt), welcher *XII* zugekehrt ist, wenn der Magnetismus den Gang am meisten beschleunigt; ferner sei *b* diese grösste Wirkung des Magnetismus, und *a* der Chronometergang ohne magnetischen Einfluss. Nimmt man nun an, dass die Wirkung des Magnetismus, wenn das Chronometer eine andere Lage hat, dem $\cos (M - XII)$ proportional sei, so hat man:

$$n = a + b \cos M; o = a + b \sin M; s = a - b \cos M; w = a - b \sin M.$$

mithin $n-s = 2b \cos M$ und $o-w = 2b \sin M$.

Man findet

aus der 1sten und 2ten Reihe			aus der 3ten und 4ten Reihe		
<i>K.</i> 1375	$2b = 1''656$	$M = 23^{\circ}9$	<i>K.</i> 1375	$2b = 1''156$	$M = 294^{\circ}1$
<i>K.</i> 1390	6,256	48,2	<i>K.</i> 1390	3,986	32,9
<i>D.</i> 2103	1,046	92,8	<i>D.</i> 2103	0,586	68,3
<i>K.</i> 1255	0,064*	155,8*	<i>K.</i> 1255	0,164*	26,2*
<i>K.</i> 1265	0,346	246,8	<i>K.</i> 1265	0,266	18,6
<i>K.</i> 1280	0,748	285,5	-	-	-

* Der Werth von $2b$ für *Kessels* 1255 ist ganz illusorisch, da seine Unsicherheit grösser ist.

Wirklich ersieht man hieraus, dass der Magnetismus der Chronometer in der Zwischenzeit wesentlich verändert ist. Was die Lage der magnetischen Achse oder die Grösse

M betrifft, so scheint ihre Veränderung, welche am ersten Chronometer besonders auffallend ist, ganz unregelmässig ausgefallen zu sein. Die Stärke des Magnetismus oder die Grösse *b* ist dagegen durchaus vermindert, und zwar überall ungefähr um ein Drittel. Merkwürdig ist es, dass, wenn man diese Veränderung der Zeit proportional annimmt, die Chronometer noch etwa 5, also im Ganzen 7,5 Monate hindurch die *letzte* Lage hätten behalten sollen, um ihren Magnetismus zu verlieren. Fast ebenso lange (6,2 Monate) hatten sie die frühere entgegengesetzte Lage gehabt, in welcher man demnach annehmen könnte, dass sich dieser Magnetismus angehäuft habe. Wie dem auch sei, so viel kann man mit Sicherheit schliessen, dass sich der Magnetismus der Chronometer nicht als bleibender oder constanter Stabmagnetismus verhält, und namentlich dass er während der Chronometerexpedition auf den Reisen mit dem Dampfschiffe bei weitem nicht so wirksam gewesen ist, als in den im Lande ganz ruhig stehenden Chronometern. Diese Umstände scheinen mir darauf hinzudeuten, dass in gewissen (*stählernen?*) Theilen eines Chronometers eine schwache magnetische Spannung entstehen kann, wenn es in hinlänglicher Zeit einer stetigen Einwirkung des Erdmagnetismus ausgesetzt wird; dass diese Spannung nur langsam geschwächt wird, wenn man das Chronometer jenem Einflusse des Erdmagnetismus wieder entzieht; dass aber kleine Erschütterungen hinreichen, um sie schneller aufzuheben. Ob indessen diess die wahre Ursache ist, ob vielleicht galvanische Strömungen, durch die grössere Feuchtigkeit der Seeluft modificirt, o. a. d. hier eine Rolle gespielt haben, darüber mögen fernere Experimente entscheiden.

Nach diesen Untersuchungen des Hrn. *Fearnley* darf man wohl, wenn die S. 32 angezeigte Verbesserung der Declinationen der *Besselschen* Fundamentalsterne sich bewährt, die Lage unserer Sternwarte (Mittelpunkt des Meridiankreises) mit einer ziemlichen Annäherung als durch folgende drei Coordinaten bestimmt annehmen:

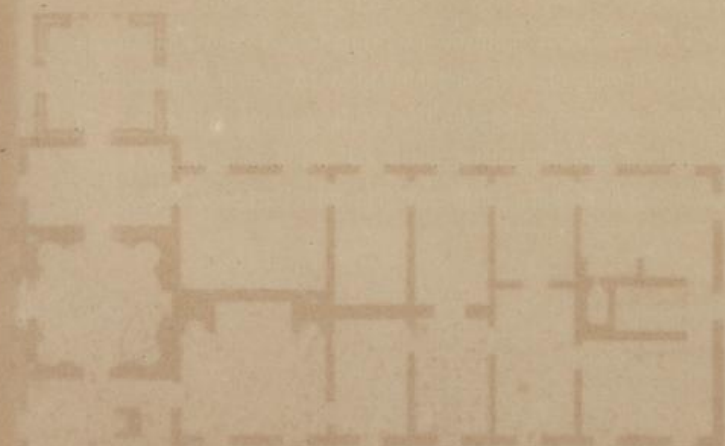
Breite	=	59° 54' 43''7
Zeitunterschied west Kopenhagen	=	7' 25''0
Höhe über dem Meeresspiegel	=	78, 59 Norweg. Fuss.

Der Zeitunterschied zwischen dem runden Thurme in Kopenhagen und der Sternwarte in Altona ist kaum so scharf bestimmt, als der obenstehende zwischen dem runden Thurme und Christiania, was aber noch geschehen kann. Bis dahin müssen wir wie oben (S. 33) den Zeitunterschied zwischen Paris und Kopenhagen = 40' 58''3 annehmen; unter dieser Voraussetzung wird der Zeitunterschied unserer Sternwarte von Paris = 33' 33''3.

Durch meine in der interimistischen Sternwarte beobachteten Sternbedeckungen und Sonnenfinsternisse, reducirt auf die Hauptsternwarte, hatte ich (S. 33) gefunden $33' 33''2$, eine zufällige Uebereinstimmung, da man wohl einen Fehler von einer ganzen Secunde hätte erwarten können.

Zuletzt muss ich noch Folgendes erwähnen. Da die Sternwarte der Ausgangspunkt der geographischen Vermessung des Landes ist, und folglich eine genaue Bestimmung ihrer Lage für die Geographie Norwegens nothwendig ist, so hat der Chef des Departements des Inneren Hr. Staatsrath *Friedrich Stang*, Commandeur des Norwegischen St. Olafs Ordens, bewilligt, dass die Unkosten der Chronometer-Expedition aus den Fonds der geographischen Vermessung bestritten werden könnten; eine Bewilligung, für welche ich im Namen der Wissenschaft und der Universität ihm hiemit meinen ehrerbietigsten Dank abstatte.

Christopher Hansteen.



Süd.

B.

A.

C.

