

I.

Hydrographie.

1. Ebbe- und Flutbeobachtungen.

Die regelmässigen Flutbeobachtungen nahmen am 6. November 1871 in der Polaris-Bay ihren Anfang und wurden bis zum 6. Juni 1872 fortgesetzt. Sie erstrecken sich daher ohngefähr auf sieben Lunationen. Gewöhnlich erfolgten die Lesungen stündlich; in seltenern Fällen halbstündlich oder in Zeiträumen von 10 Minuten. Mit wenigen kurzen Unterbrechungen, durch Stürme und das Aufbrechen des Eises hervorgerufen, ist das Register für die angegebene Periode vollständig.

Eine Abbildung des Pegels, dessen wir uns bedienten, findet sich auf Seite 203 dieser Schrift. Derselbe war über einer viereckigen Oeffnung des Eises aufgestellt, etwa eine Viertel-Seemeile von dem Ufer entfernt, wodurch die Flutwelle ungehinderten Zutritt hatte. Infolge der verhältnissmässig bedeutenden Entfernung des Apparats von dem Observatorium wurden die Ablesungen nicht von den wissenschaftlichen Mitgliedern der Expedition gemacht, sondern von einigen Matrosen. Gewöhnlich von Hermann Siemens, Robert Krüger und Heinrich Hobby, die von dem gewöhnlichen Schiffsdienste deshalb dispensirt waren. Die Beobachtungen wurden von dem Verfasser täglich controlirt und abgeschrieben. Bevor dies geschah, untersuchte derselbe stets den Stand der Uhr, deren die Leute sich bedienten.

Die ganze Beobachtungsreihe umfasst 379 Hochwasser und 380 Niedrigwasser, welche auf der folgenden Tafel graphisch dargestellt sind.

Untersuchung der Fluctuationen des mittleren Meeresspiegels.

Bei der Bestimmung des Niveau des mittleren Meeresspiegels wurden die gleichen Methoden in Anwendung gebracht, deren sich das Coast Survey Office der Vereinigten Staaten bedient.

Wirkung des Luftdrucks. Die Untersuchung zeigt, dass einem Steigen des Barometers von 0^z5577 ein Fallen des mittleren Meeresspiegels von 0^z9724 entspricht, was ein Verhältniss ergibt wie 1:17.4, wobei die Wirkung des Windes auf den Luftdruck jedoch ausgeschlossen ist. Ziehen wir diese in Betracht, so finden wir, dass eine Höhenänderung des Barometers von 0^z4785 eine Höhenänderung des mittleren Meeresspiegels von 0^z681 bedingt. Das Verhältniss wird daher = 1:14.2.

Wirkung der Winde. Starke N.- und S.-Winde scheinen ein Steigen des mittleren Meeresspiegels von 3^z bis 4^z zu bedingen. Die Wirkung der Winde aus den übrigen Richtungen ist jedoch gering. Das Resultat dieser Untersuchung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Richtung des Windes	Anzahl der Beobachtungen	Wirkung		Mittlere stündl. Geschwindigkeit des Windes
		+	-	
		Fuss	Fuss	Meilen
Calmen	104	. . . . .	. . . . .	. . . . .
N.	10	0.33	. . . . .	18
N.-E.	215	. . . . .	0.03	17
E.	171	0.09	. . . . .	4.5
S.-E.	68	0.05	. . . . .	3
S.	13	0.34	. . . . .	40
S.-W.	100	0.02	. . . . .	9
W.	26	. . . . .	0.06	4
N.-W.	28	0.03	. . . . .	4

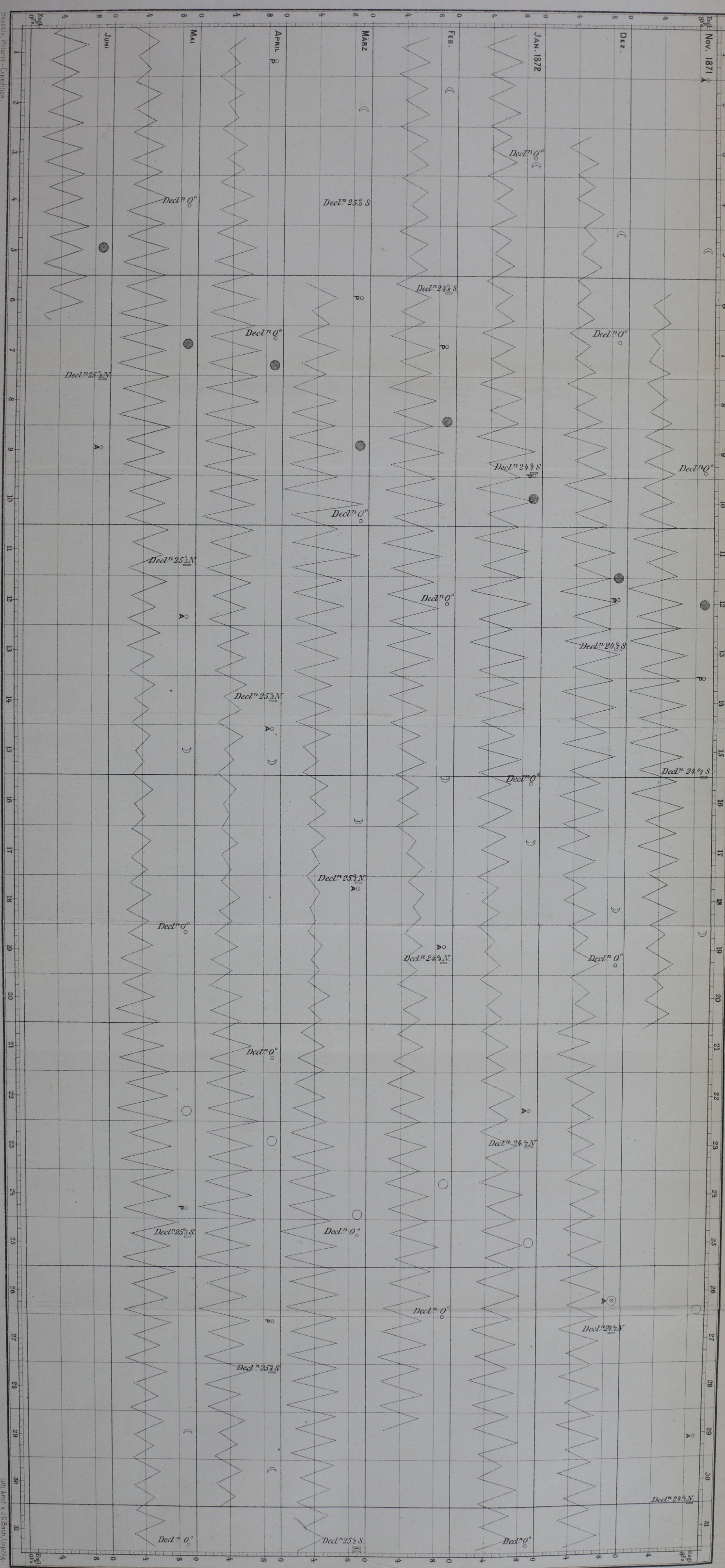
Wirkung der Declination des Mondes und der Sonne. Die Abhängigkeit der Fluctuation der mittleren Meereshöhe von den Aenderungen der Declination des Mondes und der Sonne lässt sich theoretisch durch die folgende Formel ausdrücken:

$$A \sin^2 d_m + B \sin^2 d_s,$$

in welcher d_m die Declination des Mondes, d_s die Declination der Sonne bezeichnet. Die Constanten A und B , welche in der Nähe des Aequators und der Pole grösser sind als in mittleren Breiten, müssen für jeden Ort aus den Beobachtungen ermittelt werden.

Diese Untersuchung wurde derart ausgeführt, dass die mittleren Meereshöhen, aus den Beobachtungen der einzelnen Tage abgeleitet,

Die Höhe der Gezeiten beobachtet zu Polaris Bay.



English
0 fms

Verlag v. W. Engelmann, Leipzig.

Um. Amt v. J. G. Bach, Leipzig.

zunächst mit der Declination des Mondes um Mittag des betreffenden Tages tabellarisch zusammengestellt wurden. In einigen Theilen dieser Tabelle trat eine gewisse Gesetzmässigkeit sofort klar zu Tage; in andern dagegen nicht. Um zu ermitteln, wie weit Theorie und Beobachtung übereinstimmen, war es nöthig, die mittleren Meereshöhen in Gruppen von verschiedenen Declinationswerthen zu theilen, und zu untersuchen, ob die Abnahme oder Zunahme der aus diesen Gruppen hervorgegangenen Mittelwerthe einem Ausdruck von $Z + A \sin^2 d_m$ entspricht, worin Z die mittlere Meereshöhe bei einer Declination von 0° und das zweite Glied, $A \sin^2 d_m$, den Unterschied zwischen den Meereshöhen bei d_m und 0° Declination bezeichnet. Wir theilten dementsprechend die Meereshöhen in Gruppen für Declinationen zwischen 0° und 5° , 5° und 10° , 10° und 15° u. s. w., ohne jedoch dadurch ein befriedigendes Resultat zu erzielen. Es zeigte sich, dass die Anzahl der Werthe in den einzelnen Gruppen zu gering war. Um nun für jede Gruppe möglichst viele Werthe zu erhalten, wurde folgendes Verfahren angewandt:

Die sämmtlichen mittleren Meereshöhen der oben erwähnten Tabelle wurden addirt und aus ihrer Summe das Mittel gezogen. Aus 195 Werthen ergab sich, dass die mittlere Meereshöhe $L = 4^{\text{rs}}459$ der Declination $d_m = 15^\circ 30'$ entspricht. Dieser Werth von L scheint vollständig verlässlich zu sein, denn er stimmt gut überein mit dem Mittel aus den Höhen von Hoch- und Niedrigwasser $\left(\frac{6.39 + 2.53}{2}\right) = 4^{\text{rs}}46$, wie sich aus der später folgenden Discussion der halbmonatlichen Ungleichheit in Höhe ersehen lässt. Die Meereshöhen wurden darauf in Gruppen von Werthen getheilt, welche Declinationen über und unter dem zuvor erwähnten Mittelwerthe $d_m = 15^{\text{rs}}5$ entsprachen.

Auf diese Weise erhielten wir:

Aus 90 Werthen $L = 4^{\text{rs}}365$, entsprechend $d_m = 8^\circ 06'$.

Aus 105 Werthen $L = 4^{\text{rs}}540$, entsprechend $d_m = 21^\circ 40'$.

Um nun die Variation und deren Amplitude zu ermitteln, müssen wir die Werthe der mittleren Meereshöhen kennen, wenn die Declination des Mondes gleich Null ist oder ihr Maximum erreicht. Wir erhielten:

Aus 15 Werthen, die Null d_m am nächsten kommen,

$L = 4^{\text{rs}}319$, entsprechend $d_m = 1^\circ 30'$.

Aus 13 Werthen, die dem Maximum d_m am nächsten kommen,

$L = 4^{\text{rs}}690$, entsprechend $d_m = 24^\circ 58'$.

Nach diesen Werthen würde die Variation zwischen $d_m = 1^\circ 30'$ und $d_m = 24^\circ 58'$ sich zu $0^{\text{rs}}371$ ergeben. Die Verlässlichkeit dieses

Resultats wird durch die geringe Zahl der Beobachtungen jedoch ziemlich beeinträchtigt.

Wir wollen uns deshalb der erwähnten Werthe nur dazu bedienen, um Näherungswerthe der Meereshöhe Z bei Null d_m und der Constante A zu erhalten. Durch die Methode der kleinsten Quadrate finden wir für Z und A die folgenden Bedingungsleichungen:

$$5Z + A \cdot \Sigma (\sin^2 d_m) - \Sigma (L) = 0, \text{ und}$$

$$A \cdot \Sigma (\sin^4 d_m) + Z \cdot \Sigma (\sin^2 d_m) - \Sigma (L \cdot \sin^2 d_m) = 0,$$

durch deren Auflösung wir erhalten:

$$Z = 4^{\text{r}}315.$$

$$A = 1^{\text{r}}968.$$

Dadurch wird unser Ausdruck:

$$L = 4^{\text{r}}315 + 1^{\text{r}}968 \sin^2 d_m.$$

Nach dieser Formel wurden die mittleren Meereshöhen für verschiedene Werthe von d_m berechnet, welche, nebst den beobachteten Werthen, in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

☉ Declina- tion	Mittlere Meereshöhe		Variation		Unter- schied	Anzahl der Beobach- tungen
	Beobachtet	Berechnet	Beobachtet	Berechnet		
00 00'	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	
1 30	4.319	4.315	+ 0.004	+ 0.001	+ 0.003	15
8 06	4.365	4.354	0 050	0.039	+ 0.011	90
15 30	4.459	4.456	0.144	0.141	+ 0.003	195
21 40	4.540	4.583	0.225	0.268	- 0.043	105
24 58	4.690	4.653	+ 0.375	0.338	+ 0.037	13
25 30		4.679		+ 0.364		

Wenn man sich zur Ableitung von Z und A nur der drei Werthe bedient $d_m = 8^{\circ} 6'$, $15^{\circ} 30'$ und $21^{\circ} 40'$, so lassen sich die drei entsprechenden mittleren Meereshöhen darstellen durch $L = 4^{\text{r}}340 + 1^{\text{r}}51$, wobei die ganze Amplitude der Variation $0^{\text{r}}280$ und der grösste Unterschied nur $0^{\text{r}}011$ beträgt.

Uebereinstimmend mit der Verspätung der Flutwelle, wie diese sich aus der Discussion der halbmonatlichen Ungleichheit ergibt, nahmen wir an, dass die grösste Wirkung nicht zur Zeit der grössten Kraft erfolgt, sondern ohngefähr 24 Stunden später, und führten die Untersuchung, indem wir die Verspätung der Flutwelle mit in Betracht zogen. Dabei wurden die mittleren Meereshöhen getrennt und auf die Declination um Mittag des vorhergehenden Tages bezogen. Die Anzahl der Gruppen war dieselbe wie zuvor und wir bedienten uns zur Ableitung der Con-

stanten Z und A der Mittelwerthe aller fünf Gruppen. Durch die zuvor angewandte Methode erhielten wir den Ausdruck:

$$L = 4^{\text{r}}344 + 1^{\text{r}}55 \sin^2 d_m.$$

Die Uebereinstimmung der beobachteten Werthe mit den berechneten lässt sich aus der folgenden Tabelle ersehen.

☾ Declina- tion	Mittlere Meereshöhe		Variation		Unter- schied	Anzahl der Beobach- tungen
	Beobachtet	Berechnet	Beobachtet	Berechnet		
0 ^o 00'	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	
1 30	4.334	4.344	− 0.010	± 0.000	− 0.011	15
8 01	4.394	4.374	+ 0.050	0.030	+ 0.020	88
15 30	4.459	4.455	0.115	0.111	+ 0.004	195
21 36	4.512	4.554	0.168	0.210	− 0.042	107
24 58	4.647	4.620	+ 0.303	0.276	+ 0.027	13
25 30		4.631		+ 0.287		

Das hier mitgetheilte Resultat ist wahrscheinlich zuverlässiger, als das in der vorhergehenden Tabelle enthaltene. Aus den beiden Ergebnissen dürfen wir aber mit einer gewissen Zuversicht schliessen, dass die thatsächliche Amplitude der Variation zwischen Null- und Maximum-Declination nicht viel mehr oder weniger beträgt als 3 Zoll. Sie sprechen nebenbei für die Genauigkeit, mit welcher die Beobachtungen selbst angestellt sind.

Wirkung der Declination der Sonne. Wie sich leicht denken lässt, ist die Wirkung der Declination der Sonne auf die Fluctuation der mittleren Meereshöhe eine noch geringere als die des Mondes. Aus diesem Grunde ist es schwieriger sie zu ermitteln, und ein genaues Resultat würde mindestens eine jährliche Beobachtungsreihe voraussetzen. Wir werden deshalb hier nicht näher auf sie eingehen. In dem Ausdruck $B \cdot \sin^2 d_s$ für die Wirkung der Sonne würde die Constante B theoretisch ohngefähr $\frac{4}{3} A$ sein. Die Amplitude der Variation würde daher ohngefähr $0^{\text{r}}13$ betragen.

Halbmonatliche Ungleichheit.

Die Discussion der halbmonatlichen Ungleichheit beruht auf den beiden folgenden Tabellen:

Halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe.

a. Hochwasser.

Mittlere Stunde der Culmination		Mittel aus beiden Culminationen	Hafenzeit hängt ab von der		Mittlere Hafenzeit, abhängig von beiden Culminationen	Hochwasserhöhe, welche folgt der ihr vorhergehenden		Mittlere Hochwasserhöhe, abhängig von beiden Culmin.
Obere Culm.	Untere Culm.		Obere Culm.	Untere Culm.		Obere Culm.	Untere Culm.	
h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	Fuss	Fuss	Fuss
0 29	0 28	0 28	12 25	12 23	12 24	7.25	7.19	7.22
1 29	1 27	1 28	12 03	12 08	12 05	7.20	7.28	7.24
2 30	2 28	2 29	11 47	11 46	11 46	7.02	7.04	7.03
3 28	3 29	3 29	11 26	11 27	11 27	6.67	6.88	6.78
4 31	4 31	4 31	11 20	11 12	11 16	6.19	6.23	6.21
5 32	5 31	5 31	11 13	11 15	11 14	5.63	5.82	5.73
6 31	6 30	6 31	12 08	11 50	11 59	5.34	5.44	5.39
7 28	7 27	7 28	12 49	12 34	12 42	5.43	5.43	5.43
8 28	8 28	8 28	13 05	13 06	13 06	5.89	5.69	5.79
9 26	9 31	9 29	13 08	13 05	13 07	6.20	6.25	6.23
10 27	10 31	10 29	13 00	12 58	12 59	6.53	6.71	6.62
11 29	11 29	11 29	12 48	12 41	12 45	7.09	7.05	7.07
Mittlere Hochwasserzeit					12 14	Mittlere Hochwasserhöhe		6.39

Halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe.

b. Niedrigwasser.

Mittlere Stunde der Culmination		Mittel aus beiden Culminationen	Hafenzeit hängt ab von der		Mittlere Hafenzeit, abhängig von beiden Culminationen	Hochwasserhöhe, welche folgt der ihr vorhergehenden		Mittlere Hochwasserhöhe, abhängig von beiden Culmin.
Obere Culm.	Untere Culm.		Obere Culm.	Untere Culm.		Obere Culm.	Untere Culm.	
h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	Fuss	Fuss	Fuss
0 29	0 28	0 28	18 25	18 31	18 28	1.82	1.86	1.84
1 29	1 23	1 26	18 06	18 05	18 05	1.81	1.98	1.89
2 29	2 28	2 29	17 44	17 45	17 45	1.94	2.14	2.04
3 28	3 29	3 29	17 35	17 39	17 37	2.16	2.31	2.24
4 31	4 31	4 31	17 24	17 25	17 25	2.71	2.81	2.76
5 32	5 31	5 31	17 31	17 30	17 31	3.15	3.15	3.15
6 31	6 30	6 30	18 19	18 06	18 12	3.36	3.44	3.40
7 28	7 27	7 28	19 08	18 59	19 03	3.28	3.33	3.32
8 29	8 28	8 29	19 27	19 17	19 22	2.91	2.96	2.93
9 26	9 31	9 29	19 18	19 17	19 18	2.56	2.63	2.59
10 27	10 31	10 29	19 02	19 08	19 05	2.01	2.33	2.17
11 29	11 29	11 29	18 47	18 46	18 46	2.06	2.07	2.06
Mittlere Niedrigwasserzeit					18 23	Mittlere Niedrigwasserhöhe		2.53

Aus den beobachteten 379 Hochwassern und 380 Niedrigwassern, auf welchen unsere Untersuchungen beruhen, sowie aus den obigen Tabellen ergeben sich in Kürze die folgenden Resultate:

Mittlere Hochwasserzeit	12 ^h 14 ^m
Mittlere Niedrigwasserzeit	18 23
Mittlere Dauer der Ebbe	6 9
Mittlere Dauer der Flut	6 15.4
Mittlere Höhe des Hochwassers	6 ⁶ 39
Mittlere Höhe des Niedrigwassers	2.53
Mittlere Höhe des Hochwassers bei Springflut	7.24
Mittlere Höhe des Niedrigwassers bei Springflut	1.84
Mittlere Höhe des Hochwassers bei Nippflut	5.39
Mittlere Höhe des Niedrigwassers bei Nippflut	3.40
Höchstes Hochwasser der Beobachtungsreihe	9.17
Niedrigstes Hochwasser der Beobachtungsreihe	3.67
Höchstes Niedrigwasser der Beobachtungsreihe	5.38
Niedrigstes Niedrigwasser der Beobachtungsreihe	0.00

Wir werden nunmehr zur Untersuchung der halbmonatlichen Ungleichheit schreiten, wie dieselbe in den beiden vorhergehenden Tabellen dargestellt ist.

Nach D. Bernoulli und Airy kann die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit durch die folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\operatorname{tang} 2 (\Theta - \lambda) = - \frac{S_2 \cdot \sin 2 (m - s - \alpha)}{M_2 + S_2 \cos 2 (m - s - \alpha)} \quad (\text{I})$$

und die Ungleichheit in Höhe durch:

$$h = \pm \sqrt{M_3^2 + S_3^2 + 2 M_3 \cdot S_3 \cos 2 (m - s - \alpha)} \quad (\text{II})$$

In Gleichung I bezeichnet S_2 die Wirkung der Sonne auf das Wassersphäroid und M_2 die des Mondes; $(m - s)$ ist der Rectascensions-Unterschied zwischen Sonne und Mond; Θ der Winkel zwischen dem Monde und dem Pole des Wassersphäroids. Dieser Pol folgt dem Monde in einer gewissen Entfernung oder einem Zeitintervall $= \alpha$, welches aus den Beobachtungen ermittelt werden muss.

Die mittlere Hafenzzeit λ entspricht einem Stundenwinkel des Mondes von $(m - s) - \alpha$. Dieser Winkel α ist der Retardations-Winkel (angle of retardation).

Bestimmung der Constanten für die Ungleichheit in Zeit. Aus der obigen Zusammenstellung ergibt sich die

Hochwasserzeit 12^h 14^m $= \lambda$ und die Niedrigwasserzeit 18^h 23^m $= \lambda$.

Wenn wir von der Beziehung des Winkels α Gebrauch machen, so sehen wir, dass:

die Hochwasserzeit . . 12^h 14^m einer Mondculmination um 0^h 53^m $= \alpha$ entspricht und

die Niedrigwasserzeit 18^h 23^m einer Mondculmination um 0^h 42^m6 $= \alpha$.

Die Werthe von S_2 und M_2 lassen sich theoretisch aus der grössten Amplitude der Ungleichheit ableiten, indem wir $\frac{S_2}{M_2}$ dem sinus der Differenz zwischen den grössten und kleinsten Hafenzeiten gleich machen. Es ist jedoch besser, die Amplitude der Ungleichheit graphisch zu ermitteln, da die Werthe in unserer Tabelle nicht frei sind von zufälligen Unregelmässigkeiten.

Auf diese Weise wurden die folgenden Werthe gefunden:

$$\text{für Hochwasser, } \frac{S_2}{M_2} = \sin(1^h 57^m) = 0.48862 = \frac{1}{2.0466} \text{ und}$$

$$\text{für Niedrigwasser, } \frac{S_2}{M_2} = \sin(1^h 58^m) = 0.49242 = \frac{1}{2.0307}.$$

Wenn wir die erwähnten Constanten in Gleichung I einführen, so erhalten wir:

$$\begin{aligned} \text{für Hochwasser, } \tan 2(\Theta^h - 12^h 14^m) &= -\frac{0.48862 \sin 2(m^h - s^h - 53^m)}{1 + 0.48862 \cos 2(m^h - s^h - 53^m)} \\ &= -\frac{\sin 2(m^h - s^h - 53^m)}{2.04655 \cos 2(m^h - s^h - 53^m)} \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} \text{für Niedrigwasser, } \tan 2(\Theta^h - 18^h 23^m) &= -\frac{0.49242 \sin 2(m^h - s^h - 42^m 6)}{1 + 0.49242 \cos 2(m^h - s^h - 42^m 6)} \\ &= -\frac{\sin 2(m^h - s^h - 42^m 6)}{2.0307 + \cos 2(m^h - s^h - 42^m 6)} \end{aligned}$$

Nach diesen Formeln wurde die halbmonatliche Ungleichheit bis zur nächsten Minute berechnet. Das Resultat ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Halbmonatliche Ungleichheit in Zeit.

Hochwasser					Niedrigwasser				
Mittlere Sonnenzeit der Culmination ☉	Beobachtete Hafenzzeit	Ungleichheit		Unterschied	Mittlere Sonnenzeit der Culmination ☉	Beobachtete Hafenzzeit	Ungleichheit		Unterschied
		Beobachtet	Berechnet				Beobachtet	Berechnet	
h. m.	h. m.	m.	m.	m.	h. m.	h. m.	m.	m.	m.
0 28	12 24	+ 10	+ 8	+ 2	0 28	18 28	+ 5	+ 5	0
1 28	12 05	- 9	- 11	+ 2	1 26	18 05	- 18	- 14	- 4
2 29	11 46	- 28	- 30	+ 2	2 29	17 45	- 38	- 34	- 4
3 29	11 27	- 47	- 47	0	3 29	17 37	- 46	- 47	+ 1
4 31	11 16	- 58	- 58	0	4 31	17 25	- 58	- 59	+ 1
5 31	11 14	- 60	- 54	- 6	5 31	17 31	- 52	- 51	- 1
6 31	11 59	- 15	- 20	+ 5	6 30	18 12	- 11	- 12	+ 1
7 28	12 42	+ 28	+ 31	- 3	7 28	19 03	+ 40	+ 38	+ 2
8 28	13 06	+ 52	+ 57	- 5	8 29	19 22	+ 59	+ 59	0
9 29	13 07	+ 53	+ 56	- 3	9 29	19 18	+ 55	+ 55	0
10 29	12 59	+ 45	+ 44	+ 1	10 29	19 05	+ 42	+ 42	0
11 29	12 44	+ 30	+ 27	+ 3	11 29	18 47	+ 24	+ 24	0
Mittel	12.14	Mittlerer Fehler		± 2.6	Mittel	18.23	Mittlerer Fehler		± 1.2

Bestimmung der Constanten für die Ungleichheit in Höhe. Der Werth $\frac{S_3}{M_3}$, welcher das Verhältniss der Sonnenflut zur Mondflut ausdrückt, ergibt sich aus den beobachteten Hochwassern und Niedrigwassern der Spring- und Nippfluten wie folgt:

Die mittlere Hochwasserhöhe der Springfluten	= 7.24	Fuss.
und deren mittlere Niedrigwasserhöhe	= 1.84	
Es ist daher die Wirkung des Mondes und der Sonne, $M_3 + S_3$	= 5.40	
Die mittlere Hochwasserhöhe der Nippfluten	= 5.39	
und deren mittlere Niedrigwasserhöhe	= 3.40	
Also ist die Wirkung des Mondes minus der Wirkung der Sonne,	$M_3 - S_3$	. . = 1.99

Hieraus ergibt sich:

$$M_3 = \frac{5.40 + 1.99}{2} = 3.695, \text{ und } S_3 = \frac{5.40 - 1.99}{2} = 1.705;$$

$$\text{folglich ist das Verhältniss } \frac{S_3}{M_3} = \frac{1.705}{3.695} = 0.4614,$$

welches im Vergleich zu den Werthen von $\frac{S_3}{M_3}$ für andere Lokalitäten auffallend gross erscheint.

Zur Berechnung der Ungleichheit in Höhe wurde S_3 der halben Differenz zwischen den beobachteten mittlern Hochwasserhöhen der Springfluten und denen der Nippfluten gleich gemacht, oder:

$$S_3 = \frac{7.24 - 5.39}{2} = 0.925.$$

Durch das oben gefundene Verhältniss erhalten wir daher:

$$M_3 = \frac{0.925}{0.4614} = 2.0047.$$

$$S_3^2 = 0.8556, M_3^2 = 4.0192, S_3^2 + M_3^2 = 4.8748, \text{ und}$$

$$2 S_3 \cdot M_3 = 3.7087.$$

Wenn wir den Retardationswinkel $\alpha = 0^h 56^m$ setzen und die oben bestimmten Constanten in Gleichung II einführen, so ergibt sich für Hochwasser der Ausdruck:

$$h = + \sqrt{4.8748 + 3.7087 \cdot \cos 2(m^h - s^h) - 0^h 56^m} \quad (A),$$

in welchem h die Elevation des Pols des Wassersphäroids über ein bestimmtes Niveau darstellt.

Bei der Berechnung der Ungleichheit in Höhe des Niedrigwassers setzen wir für S_3 die halbe Differenz zwischen der mittlern Niedrigwasserhöhe der Nipp- und der Springfluten; also:

$$S_3 = \frac{(3.40 - 1.84)}{2} = 0.78.$$

Folglich erhalten wir :

$$M_3 = \frac{0.78}{0.4614} = 1.6905$$

$$S_3^2 = 0.6084, \quad M_3^2 = 2.7227, \quad S_3^2 + M_3^2 = 3.3331, \quad \text{und} \\ 2 S_3 \cdot M_3 = 2.5972.$$

Die Grösse α für Niedrigwasser entspricht $0^h 48^m$.

Wenn wir nun diese Werthe in Gleichung II einführen, so wird unser Ausdruck für die Ungleichheit in Höhe des Niedrigwassers :

$$h_1 = -\sqrt{3.3331 + 2.5972 \cos 2((m^h - s^h) - 0^h 48^m)} \quad (B),$$

worin h die Depression des Pols des umgekehrten Wassersphäroids unter ein bestimmtes Niveau darstellt.

Mit Hilfe dieser beiden Formeln A und B wurden die Werthe von h und h_1 berechnet. Die genaue Uebereinstimmung der beobachteten Werthe mit den berechneten lässt sich aus der folgenden Tabelle ersehen. Die grösste Differenz beträgt nur 1 Zoll.

Halbmonatliche Ungleichheit in Höhe.

Hochwasser						Niedrigwasser					
Mittlere Sonnenzeit der Culmination	Beobachtet		Berechnet		Unterschied	Mittlere Sonnenzeit der Culmination	Beobachtet		Berechnet		Unterschied
	Höhe	Ungleichheit	h	Ungleichheit			Höhe	Ungleichheit	h_1	Ungleichheit	
h. m.	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	h. m.	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss
0 28	7.22	+0.83	+2.92	+0.81	+0.02	0 28	1.84	-0.69	-2.43	-0.69	0.00
1 28	7.24	+0.85	+2.91	+0.80	+0.05	1 26	1.89	-0.64	-2.41	-0.67	+0.03
2 29	7.03	+0.64	+2.73	+0.62	+0.02	2 29	2.04	-0.49	-2.23	-0.49	0.00
3 29	6.78	+0.39	+2.40	+0.29	+0.10	3 29	2.24	-0.29	-1.94	-0.20	-0.09
4 31	6.21	-0.18	+1.94	-0.17	-0.01	4 31	2.76	+0.23	-1.55	+0.19	+0.04
5 31	5.73	-0.66	+1.46	-0.65	-0.01	5 31	3.15	+0.62	-1.14	+0.60	+0.02
6 31	5.39	-1.00	+1.12	-0.99	-0.01	6 30	3.40	+0.87	-0.88	+0.86	+0.01
7 28	5.43	-0.96	+1.15	-0.96	0.00	7 28	3.32	+0.81	-0.94	+0.80	+0.01
8 28	5.79	-0.60	+1.52	-0.59	-0.01	8 29	2.93	+0.40	-1.30	+0.44	-0.04
9 29	6.23	-0.16	+2.01	-0.10	-0.06	9 29	2.59	+0.06	-1.70	+0.04	+0.02
10 29	6.62	+0.23	+2.43	+0.32	-0.09	10 29	2.17	-0.36	-2.06	-0.32	-0.04
11 29	7.07	+0.68	+2.75	+0.64	+0.04	11 29	2.06	-0.47	-2.31	-0.57	+0.10
Mittel	6.39	.....	+2.11	Mittlerer Fehler	±0.035	Mittel	2.53	.....	-1.74	Mittlerer Fehler	±0.033

Aus den Beobachtungen ergab sich die mittlere Fluthöhe $6^{fs}39 - 2^{fs}53 = 3^{fs}86$; aus der Berechnung $2^{fs}11 - (-1^{fs}74) = 3^{fs}85$. Die Differenz beträgt mithin nur $\frac{1}{10}$ Zoll.

Um nun das Alter der Flutwelle zu ermitteln, haben wir nur nöthig, die Grösse α durch 48.8 (die durchschnittliche tägliche relative Rectascensionszunahme des Mondes) zu dividiren. Aus den Ungleichheiten in Zeit abgeleitet beträgt dieselbe $\frac{1}{2} (0^h 53^m + 0^h 42^m 6) = 0^h 47^m 8$. Wir erhalten somit 0.9795 Tage oder 23.5 Stunden. Die gleiche Grösse α , aus den Ungleichheiten in Höhe abgeleitet $= \frac{1}{2} (0^h 56^m + 0^h 48^m) = 0^h 52^m$, was als Alter 1.065 Tage oder 25.5 Stunden ergibt. Das mittlere Alter ist daher

$$\frac{23.5 + 25.5}{2} = 24.5 \text{ Stunden.}$$

Einfluss der Aenderungen der Mond-Parallaxe auf die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe. Die Untersuchung des nicht periodischen Einflusses dieser Aenderung ergibt das folgende Resultat:

- $12^h 14^m - 4^m 6$ [$P - 57'.22$] für Hochwasserzeiten
 $18^h 23^m - 3^m 7$ [$P - 57'.22$] für Niedrigwasserzeiten
 $6^s 39 + 0^s 078$ [$P - 57'.22$] für mittlere Hochwasserhöhen
 $2^s 53 - 0^s 113$ [$P - 57'.22$] für mittlere Niedrigwasserhöhen,

welches in andern Worten lautet:

(a) *Für die Zeiten.* Eine Zunahme der Parallaxe bewirkt eine Abnahme der Hafenzeiten, welche für Hochwasser im Mittel etwa $4^m 6$ und für Niedrigwasser etwa $3^m 7$ für $1'$ Parallaxe beträgt.

(b) *Für die Höhen.* Eine Zunahme der Parallaxe von $1'$ bewirkt eine Zunahme der Hochwasserhöhen von etwa $0^s 078$ und eine Abnahme der Niedrigwasserhöhen von etwa $0^s 113$.

Eine Zunahme der Parallaxe bewirkt gleichfalls eine Zunahme des Retardationswinkels α und somit auch eine Zunahme des Alters der Flutwelle.

Die Untersuchung des periodischen Einflusses der Aenderungen der Parallaxe zeigt, dass die Amplituden der Ungleichheit dem folgenden Gesetze gehorchen:

(a) *Für die Zeiten.* Eine Zunahme der Parallaxe bewirkt eine Abnahme der Amplituden der Hoch- und Niedrigwasser.

(b) *Für die Höhen.* Eine Zunahme der Parallaxe bewirkt eine Abnahme der Amplitude der Hochwasser-Ungleichheiten, während die Amplitude der Niedrigwasser wächst.

Die folgende Tabelle enthält die

Correction der halbmonatlichen Ungleichheit in Zeit und Höhe für die periodische Wirkung der Aenderung der Parallaxe.

Appr. Stunde der Mondculmination	Für Hochwasser						Für Niedrigwasser					
	Halbmonatliche Ungleichheit in		Correction der halbmonatlichen Ungleichheit für				Halbmonatliche Ungleichheit in		Correction der halbmonatlichen Ungleichheit für			
			$P = 57^{\circ}22'$		jede Minute Zu- nahme oder Ab- nahme von $P = 57^{\circ}22'$ für				$P = 57^{\circ}22'$		jede Minute Zu- nahme oder Ab- nahme von $P = 57^{\circ}22'$ für	
	Zeit	Höhe	Zeit	Höhe	Zeit	Höhe	Zeit	Höhe	Zeit	Höhe	Zeit	Höhe
h. m.	m.	Fuss	m.	Fuss	m.	Fuss	m.	Fuss	m.	Fuss	m.	Fuss
0 30	+10	+0.83	+1.5	-0.02	±2.7	±0.038	+ 5	-0.69	+1.6	+0.08	±2.9	±0.147
1 30	- 9	0.85	2.1	0.05	3.7	0.090	-18	0.64	1.2	0.05	2.0	0.081
2 30	28	0.64	1.2	0.03	2.6	0.069	38	0.49	0.3	0.04	0.7	0.088
3 30	47	+0.39	1.3	-0.03	4.3	0.111	46	-0.29	+0.2	+0.03	1.0	0.110
4 30	58	-0.18	+0.1	0.00	±4.7	0.023	58	+0.23	0.0	-0.02	±0.5	0.184
5 30	60	0.66	-0.9	+0.01	±1.7	0.026	52	0.62	-1.1	0.12	±1.8	0.191
6 30	-15	1.00	2.0	0.10	±3.4	0.179	-11	0.87	5.7	0.02	±8.9	0.035
7 30	+28	0.96	5.6	0.07	8.6	0.110	+40	0.81	7.4	0.06	11.9	0.103
8 30	52	0.60	-6.7	+0.08	11.2	0.132	59	0.40	-3.7	-0.06	7.8	0.120
9 30	53	-0.16	0.0	0.00	5.6	0.059	55	+0.06	+0.4	+0.01	5.3	0.088
10 30	45	+0.23	+0.6	-0.01	5.3	0.070	42	-0.36	1.1	0.01	4.7	0.060
11 30	+30	+0.68	+1.3	-0.01	±4.5	±0.048	+24	-0.47	+0.8	+0.04	±2.6	±0.129
Mittel	.....	.....	+0.6	+0.01	±4.6	±0.080	.....	.....	-1.0	0.0	±3.8	±0.111

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass für alle Stunden der Mondculmination, mit Ausnahme derjenigen, welche zwischen 5 und 6 Uhr der Mondstunden stattfindet, wobei der umgekehrte Fall eintritt, die Correctionen für die Zeiten positiv oder negativ sind, je nachdem die Parallaxe ab- oder zunimmt. Diese Ausnahme scheint nicht durch zufällige Unregelmässigkeiten bedingt zu sein, denn sie ist für die gleiche Stunde der Mondculmination sowohl in den Hochwasser- als Niedrigwasserzeiten deutlich wahrzunehmen. Bei zunehmender Parallaxe sind für alle Stunden der Culmination die Correctionen für die Hochwasserhöhen positiv, während diejenigen für die Niedrigwasserhöhen negativ sind. Bei abnehmender Parallaxe findet das Umgekehrte statt.

Einfluss der Aenderungen der Mond-Declination auf die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe für Hoch- und Niedrigwasser. Um diese Untersuchung auf eine befriedigende Weise ausführen zu können, sollte man wenigstens über eine Beobachtungs-Reihe verfügen, die sich auf nicht weniger als zwölf Luationen erstreckt. Die Kürze unserer eigenen Reihe gestattete uns daher nicht, ein anderes Resultat zu erzielen, als ein näherungsweise.

Für den nicht-periodischen Einfluss ergab sich Folgendes:

(a) *Für Zeiten.* Bei zunehmender Declination des Mondes findet eine Abnahme der mittlern Hochwasser- und Niedrigwasserzeiten statt. Die Total-Abnahme zwischen Null- und Maximum-Declination beträgt für Hochwasser annähernd zwischen 6 und 7 Zoll; für Niedrigwasser dagegen 3 bis 4 Zoll.

(b) *Für Höhen.* Eine Zunahme der Declination scheint eine geringe Abnahme der mittlern Hochwasserhöhen zu bewirken; die Niedrigwasserhöhen dagegen nehmen ab, und zwar ohngefähr 5 Zoll zwischen Null- und Maximum-Declination.

(c) *Für den Retardationswinkel.* Aus einer graphischen Darstellung ergab sich, dass eine Zunahme der Declination einer Abnahme der Grösse α entspricht, sowohl für die Zeiten als die Höhen der Hoch- und Niedrigwasser. Diese Abnahme ist für die Zeiten von Hoch- und Niedrigwasser ohngefähr die gleiche und beträgt zwischen 8^0 und 15^05 Declination ohngefähr 5 Minuten; zwischen 15^05 und 21^05 dagegen nur 4 Minuten.

Die Untersuchung des periodischen Einflusses der Aenderung der Mond-Declination führt zu den folgenden Resultaten:

(a) *Zeiten.* Eine Zunahme der Declination bewirkt eine Zunahme der Amplitude des Hoch- und Niedrigwassers, welche für das Erstere grösser zu sein scheint als für das Letztere.

(b) *Höhen.* Eine Zunahme der Declination bedingt eine Zunahme der Amplitude des Hochwassers und eine Abnahme der Amplitude des Niedrigwassers.

(Die Tabellen, enthaltend die Correction der halbmonatlichen Ungleichheit wegen Declination des Mondes, siehe folgende Seite).

Tägliche Ungleichheit.

Tägliche Ungleichheit in Höhe. Bei nördlicher Declination ist jenes Hoch- oder Niedrigwasser, welches der oberen Culmination des Mondes folgt, das höhere der beiden Hoch- oder Niedrigwasser des Tages, während es bei südlicher Declination das niedrigere ist.

Dieser Satz erheischt jedoch eine gewisse Correction, welche weiter unten mitgetheilt werden soll; denn die Epochen von Null-Declination und des Verschwindens der täglichen Ungleichheit fallen nicht zusammen. Schott*) entdeckte ein ähnliches Verhältniss für Port Foulke;

*) Physical Observations in the Arctic Seas. By Isaac J. Hayes. Reduced and discussed by Charles A. Schott, p. 156.

Correction der halbmonatlichen Ungleichheit wegen Declination des Mondes.

a. Zeiten.

Appr. Stunde der Mondculmination		Für Hochwasserzeiten					Halbmonatliche Ungleichheit	Für Niedrigwasserzeiten					Halbmonatliche Ungleichheit		
		Declination =						Declination =							
		5:9	7:8	16:8	21:5	23:3		6:1	8:1	16:8	21:6	23:5			
		zwischen						zwischen							
		0°—12°	0°—15:5	12°—21°	15:5—25°	21°—25°			0°—12°	0°—15:5	12°—21°	15:5—25°	21°—25°		
h. m.	m.	m.	m.	m.	m.	h. m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	h. m.	m.	
0 30	+ 1	+ 4	+ 2	- 2	- 3	12 24	+ 3	+ 1	- 6	- 2	+ 2	+ 2	18 28	18 28	
1 30	6	6	4	3	0	12 05	8	8	0	6	- 6	- 6	18 05	18 05	
2 30	9	9	+ 8	6	- 12	11 46	9	5	+ 3	5	17	17	17 45	17 45	
3 30	15	5	- 4	4	10	11 27	- 16	8	- 4	7	8	8	17 37	17 37	
4 30	11	16	+ 3	11	10	11 16	4	10	+ 13	8	13	13	17 25	17 25	
5 30	15	+ 19	8	- 12	16	11 14	18	+ 16	5	- 13	17	17	17 31	17 31	
6 30	3	- 1	+ 8	0	- 16	11 59	+ 3	- 3	2	+ 2	- 8	- 8	18 12	18 12	
7 30	+ 2	+ 2	- 12	- 2	+ 13	12 42	- 7	3	+ 7	3	+ 1	+ 1	19 03	19 03	
8 30	- 11	- 6	+ 1	+ 7	11	13 06	4	5	- 8	3	12	12	19 22	19 22	
9 30	+ 3	2	- 12	- 4	3	13 07	6	7	9	5	17	17	19 18	19 18	
10 30	- 5	11	+ 1	+ 9	5	12 59	8	7	- 5	7	14	14	19 05	19 05	
11 30	- 5	- 4	- 3	+ 5	+ 11	12 44	- 10	- 10	0	+ 7	+ 6	+ 6	18 47	18 47	
Mittel	+ 3.6	+ 3.0	- 0.3	- 1.9	- 2.0	12 14	+ 2.2	+ 1.1	- 0.2	- 1.1	- 1.4	- 1.4	18 23	18 23	

b. Höhen.

Appr. Stunde der Mondculmination		Für Hochwasserhöhen					Halbmonatliche Ungleichheit	Für Niedrigwasserhöhen					Halbmonatliche Ungleichheit		
		Declination =						Declination =							
		5:9	7:8	16:8	21:5	23:3		6:1	8:1	16:8	21:6	23:5			
		zwischen						zwischen							
		0°—12°	0°—15:5	12°—21°	15:5—25°	21°—25°			0°—12°	0°—15:5	12°—21°	15:5—25°	21°—25°		
h. m.	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	
0 30	+0.42	+0.49	+0.64	+1.09	+1.51	7.22	-1.42	-1.24	-0.81	-0.28	+0.25	+0.25	1.84	1.84	
1 30	0.42	0.50	0.68	1.12	1.44	7.24	1.18	1.05	0.83	0.36	-0.02	-0.02	1.89	1.89	
2 30	0.48	0.62	0.76	0.65	0.66	7.03	0.58	0.61	0.39	0.40	0.47	0.47	2.04	2.04	
3 30	0.70	0.60	+0.38	+0.23	+0.17	6.78	-0.13	-0.16	-0.15	0.31	0.40	0.40	2.24	2.24	
4 30	0.43	+0.36	-0.27	-0.57	-0.54	6.21	+0.56	+0.60	+0.35	-0.05	-0.16	-0.16	2.76	2.76	
5 30	+0.08	-0.05	0.46	1.04	1.28	5.73	0.83	0.99	0.81	+0.34	+0.33	+0.33	3.15	3.15	
6 30	-0.30	0.30	0.87	1.54	1.78	5.39	1.33	1.19	0.81	0.65	0.45	0.45	3.40	3.40	
7 30	0.42	0.58	1.12	1.30	1.53	5.43	0.88	0.76	0.45	0.84	1.11	1.11	3.32	3.32	
8 30	0.36	0.50	0.85	0.72	0.64	5.79	+0.02	+0.09	0.29	0.71	0.99	0.99	2.93	2.93	
9 30	0.18	-0.18	-0.03	-0.15	-0.24	6.23	-0.43	-0.31	+0.33	0.41	0.63	0.63	2.59	2.59	
10 30	-0.13	+0.02	+0.44	+0.38	+0.40	6.62	1.13	1.00	-0.27	0.19	0.42	0.42	2.17	2.17	
11 30	+0.22	+0.29	+0.58	+1.04	+1.32	7.07	-1.44	-0.85	-0.73	+0.13	+0.68	+0.68	2.06	2.06	
Mittel	+0.11	+0.10	-0.01	-0.07	-0.04	6.39	-0.19	-0.13	-0.01	+0.15	+0.32	+0.32	2.53	2.53	

jedoch streng genommen nur für die Hochwasser dieses Orts, woselbst bei Niedrigwasser die tägliche Ungleichheit in Höhe verschwindet, wenn diejenige des Hochwassers ihren Maximalwerth erreicht. Aus unsern eigenen Beobachtungen geht ferner hervor, dass einem hohen Niedrigwasser ein niedriges Hochwasser folgt. Es findet nur dann von dieser Regel eine Ausnahme statt, wenn der Mond den Aequator passirt. Für die europäischen Küsten ist dies anders, denn dort folgt einem hohen Niedrigwasser gewöhnlich ein hohes Hochwasser. Dagegen findet Koldewey*) für die Gezeiten der Sabine-Insel die gleiche Eigenthümlichkeit, deren wir hier erwähnten.

Die tägliche Ungleichheit der Höhen ist überaus gering. Sie beträgt weniger als die Hälfte der Werthe, welche Schott für Port Foulke und Rensselaer Hafen ermittelt hat, und ist gleichfalls geringer als im Germania-Hafen der Sabine-Insel. Eine graphische Darstellung dieser Ungleichheit würde unregelmässige Curven ergeben, welche die Axe nahe den Epochen von 0° Declination schneiden würden. In Uebereinstimmung mit dem oben aufgestellten Satze würden diejenigen Curven, welche von den obern Culminationen abhängen, über die Axe fallen oder positive Ordinaten besitzen, wenn die Declination des Mondes nördlich ist; bei südlicher Declination würden sie dagegen unter die Axe fallen oder negativ sein. Der Unterschied zwischen der mittlern Amplitude der Hochwasser- und Niedrigwasser-Ungleichheiten ist sehr gering. Die mittlere Maximalamplitude beträgt für Hoch- und Niedrigwasser ohngefähr 1 Fuss. Theoretisch würde man eine solche geringe Amplitude a priori erwarten, da unter hohen Breiten die Ungleichheit nur gering sein kann. Das Intervall zwischen den Epochen von Null-Declinationen und den Epochen des Verschwindens der täglichen Ungleichheit in Höhe ist in der Tabelle (S. 545) zur Anschauung gebracht.

Das mittlere Intervall aus 14 halben Mondläufen beträgt für die Hochwasser-Ungleichheit 2.9 Tage. Bei der Sabine-Insel beträgt die gleiche Grösse etwa $1\frac{1}{2}$ Tage, im Rensselaer Hafen 1.6 und in Port Foulke 1.9 Tage. Die Niedrigwasser-Ungleichheit zeigt das auffallende Verhalten, dass die Intervalle sich auf ohngefähr zwei Tage vor und nach den Epochen beschränken, in welchen die Declination des Mondes Null wird. So ergibt sich für Hochwasser die Minimalungleichheit im Mittel 2.9 Tage nach der Epoche der geringsten Kraft und für Niedrigwasser 17 Stunden vor derselben. Es war uns nicht möglich, in den Beobachtungen von andern Orten ein ähnliches Verhalten zu entdecken; aber aus

*) Die zweite Deutsche Nordpolfahrt, in den Jahren 1869 u. 1870, unter Führung des Kapitän Karl Koldewey. Leipzig 1874. Bd. II, p. 662.

Epochen des Verschwindens der Ungleichheit in Höhe, nebst den Intervallen zwischen diesen und den Epochen von Null-Declination.

Mond-Null-Declination Mittlere Ortszeit Polaris-Bay	Die tägliche Ungleichheit in Höhe verschwindet für		Intervall für	
	Hochwasser	Niedrigwasser	Hochwasser	Niedrigwasser
1871. — Nov. 9. 21 ^h	Nov. 11. 14 ^h	Nov. 7. 08 ^h ?	+1 ^d 19 ^h	—2 ^d 13 ^h ?
Dec. 7 07	Dec. 9 04	Dec. 6 02	+1 21	—1 05
Dec. 19 20	Dec. 22 04	Dec. 19 02	+2 08	—0 18
1872. — Jan. 3 15	Jan. 8 18	Jan. 3 06	+5 03	—0 09
Jan. 16 03	Jan. 20 03	Jan. 16 14	+4 00	+0 11
Jan. 30 21	Feb. 4 20	Jan. 31 04	+4 23	+0 07
Feb. 12 12	Feb. 18 05	Feb. 14 14	+5 17	+2 02
Feb. 27 01	.....	Feb. 26 11	.....	—0 14
März 10 21	März 14 16	März 10 13	+3 19	—0 08
März 25 08	März 29 23	März 25 22	+4 15	+0 14
Apr. 7 06	Apr. 9 05	Apr. 6 13	+1 23	—0 17
Apr. 21 17	Apr. 22 13	Apr. 19 10	+0 20	—2 07
Mai 4 14	Mai 5 21	Mai 2 12	+1 07	—2 02
Mai 19 03	Mai 20 06	Mai 17 02	+1 03	—2 01
Mai 31 20	Juni 2 22	Mai 30 22	+2 02	—0 22
Mittlere Intervalle			+2 23	—0 17

einer dreijährigen Beobachtungsreihe, welche aus Kurrachee in Indien stammt, scheint sich zu ergeben, dass das Maximum der täglichen Flut dem Maximum der Kraft vorausgeht.

Nach Sir John Lubbock lässt sich die Mondcomponente der täglichen Ungleichheit durch die Formel $d_h = C \sin 2 d_m$ ausdrücken, in welcher d_m die Declination des Mondes und C eine Constante bezeichnet, welche durch die Beobachtung ermittelt werden muss.

In dem vorliegenden Falle wird die mathematische Darstellung der täglichen Ungleichheitscurve nur von geringem Werthe sein können, denn die Amplitude der Curve ist gering, ihre Form complicirt und die Beobachtungsreihe, aus welcher sie dargestellt werden konnte, verhältnissmässig kurz. Wahrscheinlich lässt sich die durchschnittliche Form dieser Curve nahe genug ausdrücken durch:

$$d_h = 14.5 \sin 2 d_m \text{ für Hochwasser, und}$$

$$d_h = 13.05 \sin 2 d_m \text{ für Niedrigwasser.}$$

Tägliche Ungleichheit in Zeit. Die Epochen des Verschwindens dieser Ungleichheit sind äusserst veränderlich. Sie scheinen sich für Hochwasser auf 3.3 Tage vor und auf 1.1 Tag nach Null-Declination zu beschränken, und zeigen in dieser Hinsicht eine ähnliche Eigenthümlichkeit, wie die Ungleichheit in Höhe des Niedrigwassers. Die durch-

schnittliche Acceleration der Epoche des Verschwindens beträgt für die Hochwasser-Ungleichheit ohngefähr 1.9 Tage. Die Ungleichheits-Epoche des Niedrigwassers schwankt zwischen 4.1 Tagen nach und 1.3 Tagen vor Null-Declination. Die durchschnittliche Verspätung beträgt 2.1 Tage, also nahezu so viel, wie die Höhen-Ungleichheit des Hochwassers. Die durchschnittlichen Maximal-Amplituden dieser Ungleichheit sind für Hoch- und Niedrigwasser nahezu gleich: bei jenem $1^h 13^m$ und $1^h 9^m$ bei diesem.

Die Form der Flutwellen.

Da die Flutwelle durch die Wirkung periodischer Kräfte erzeugt wird, so sollte ihre Form, abgesehen von nichtperiodischen Störungen, nahezu den Gesetzen entsprechen, welche die Wirkung solcher Kräfte beeinflussen.

Wegen der Kürze unserer Beobachtungsreihe beschränkten wir unsere Untersuchung ausschliesslich auf die Spring- und Nippflut. Aus 42 Beobachtungen ergeben sich als mittlere Ordinaten der erstern die folgenden Werthe:

1^{h93} , 2.31, 3.27, 4.59, 5.97, 6.91, 7.32, 6.95, 5.97, 4.55, 3.27, 2.33, 2.02;

und aus 39 Beobachtungen für die Nippflut:

3^{h23} , 3.40, 3.81, 4.36, 4.90, 5.29, 5.42, 5.31, 4.89, 4.34, 3.82, 3.49, 3.30.

Wenn wir diese Werthe nach der Besselschen Formel für periodische Functionen in eine analytische Form bringen, so erhalten wir für die Springflutwelle:

$$h = (2^{h69} + 1^{h93}) + 2^{h644} \sin(\Theta + 270^{\circ} 02') + 0^{h035} \sin(2\Theta + 85^{\circ} 16');$$

und für die Nippflutwelle:

$$h = (1^{h13} + 3^{h23}) + 1^{h058} \sin(\Theta + 269^{\circ} 50') + 0^{h015} \sin(2\Theta + 144^{\circ} 47').$$

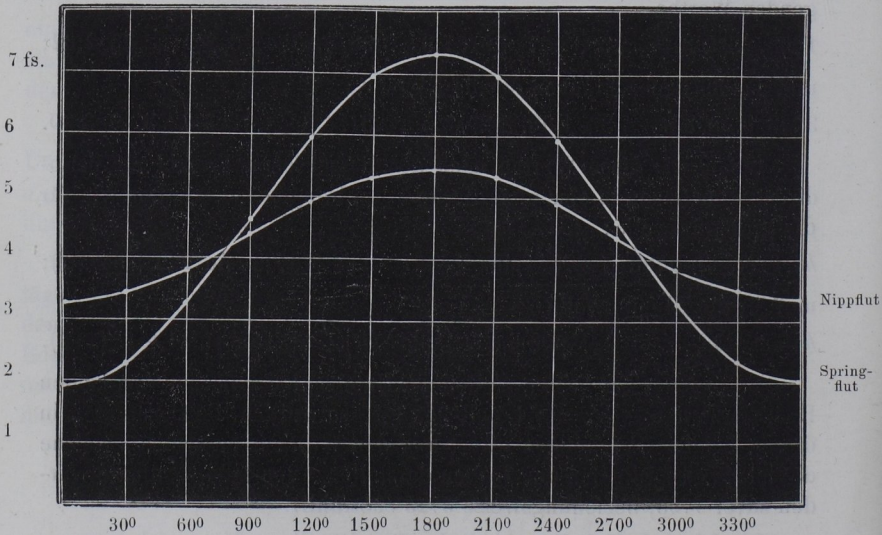
Da in jeder der beiden Wellen der Unterschied zwischen den beiden Hochwassern weniger als 1 Zoll beträgt, so wurden die Constanten in diesen beiden Gleichungen direct aus den Werthen berechnet, welche die mittleren Ordinaten der Wellen darstellen. Von jeder Ordinate wurden zuvor 1^{h93} , beziehungsweise 3^{h23} subtrahirt.

Die folgende Tabelle enthält das Resultat dieser Untersuchung:

Beobachtete und berechnete Werthe zur Darstellung der Form der Spring- und Nippflutwellen.

Phase	Springflut			Nippflut		
	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss
0 ⁰	1.93	1.99	-0.06	3.23	3.31	-0.08
30	2.31	2.33	-0.02	3.40	3.43	-0.03
60	3.27	3.27	0.00	3.81	3.81	0.00
90	4.59	4.59	0.00	4.36	4.35	+0.01
120	5.97	5.93	+0.04	4.90	4.89	+0.01
150	6.91	6.94	-0.03	5.29	5.29	0.00
180	7.32	7.32	0.00	5.42	5.43	-0.01
210	6.95	6.95	0.00	5.31	5.27	+0.04
240	5.97	5.93	+0.04	4.89	4.88	+0.01
270	4.55	4.58	-0.03	4.34	4.35	-0.01
300	3.27	3.27	0.00	3.82	3.84	-0.02
330	2.33	2.32	+0.01	3.49	3.46	+0.03
360	2.02	1.99	+0.03	3.30	3.31	-0.01

Diese Werthe sind der bessern Uebersicht wegen in dem folgenden Diagramm zur Anschauung gebracht.



Wir sehen, dass jede der beiden Wellen nahezu symmetrisch ist. Es war dies a priori zu erwarten, denn der Unterschied zwischen der mittlern Dauer der Ebbe und derjenigen der Flut beträgt nur 6.4 Minuten.

Nach Schott lassen sich die beiden entsprechenden Wellen des Rensselaer Hafens durch die folgenden Gleichungen darstellen:

$$h = 5^{\text{f}83} + 5^{\text{f}58} \sin(\Theta + 278^0) + 0^{\text{f}20} \sin(2\Theta + 281^0)$$

für die Springflut; und

$$h = 2^{\text{f}42} + 2^{\text{f}25} \sin(\Theta + 269^0) + 0^{\text{f}09} \sin(2\Theta + 290^0)$$

für die Nippflut.

Das Fortschreiten der Flutwelle.

Während meines Aufenthalts im hohen Norden, als meine literarischen Hilfsmittel nothwendiger Weise beschränkt waren, huldigte ich der Ansicht, dass die Flutwelle, welche die Gezeiten nach der Polaris-Bay bringt, pacifischen Ursprungs sei. Als ich jedoch kurz nach meiner Rückkehr unsere eignen Beobachtungen mit andern vergleichen konnte, sah ich sehr bald ein, dass diese Annahme auf einem Irrthum beruhte und dass die Welle aus dem Atlantischen Meere nach der Polaris-Bay gelangt, indem sie um die Nordküste Grönlands läuft.

Ueber das Fortschreiten der Flutwelle längs der Küste Ostgrönlands verdanken wir der zweiten deutschen Nordpol-Expedition werthvolle Nachrichten. Herr Koldewey hat die Beobachtungen dieser Expedition auf p. 664 und 665 des bereits mehrfach erwähnten Bandes zusammengestellt. Herr Schott dagegen hat diejenigen Daten gesammelt, welche auf das Fortschreiten der Flutwelle längs der grönländischen Westküste Bezug haben.

Die beiden Tabellen (S. 548) veranschaulichen das Fortschreiten der Wellen längs der beiden in Rede stehenden Küsten.

Aus der ersten dieser beiden Tabellen ergibt sich für die Flutwelle, welche die Gezeiten nach der Westküste Grönlands bringt, zwischen Julianshaab und dem van Rensselaer Hafen ein regelmässiges Fortschreiten. Dagegen bemerken wir, dass die Gezeiten um 8 Minuten früher nach der Polaris-Bay gelangen als nach dem van Rensselaer Hafen, obschon jene Localität 180 nautische Meilen weiter nördlich liegt als diese. Ein Blick auf die Karte genügt, um zu zeigen, dass die Gezeiten der Polaris-Bay ihren Ursprung einer andern Welle verdanken müssen als diejenigen des van Rensselaer Hafens.

Das Weitere ergibt sich aus der letztern der beiden Tabellen, wenn wir von den kleinen Unregelmässigkeiten absehen, die daher rühren, dass an manchen der Orte »die Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser nur auf die nächste halbe Stunde mit Sicherheit bestimmt werden konnten«. (Vergl. Koldewey, loc. cit. p. 665.)

Das Fortschreiten der Flutwelle längs der Küste West-Grönlands.

Ort	N. Breite	W. Länge	Mittlere Ortszeit von		Amplitude der		Absolute Hafenzzeit von	
			Hochwasser	Niedrigwasser	Spring-Fluten	Nipp-Fluten	Hochwasser	Niedrigwasser
			h. m.	h. m.	Fuss	Fuss	h. m.	h. m.
Julianshaab	60° 35'	46° 05'	4 56	.. ..	7.00	5.00	7 51	.. ..
Frederikshaab	62 00	50 05	5 53	.. ..	12.50	9.25	9 01	.. ..
Holsteinborg	66 56	53 42	6 20	.. ..	10.00	....	9 42	.. ..
Walfisch-Insel	68 59	53 13	8 05	.. ..	7.50	....	11 22	.. ..
Godhavn	69 12	53 28	8 50	.. ..	7.50	....	12 06	.. ..
Upernivik	72 47	56 03	10 50	.. ..	8.00	....	14 12	.. ..
Wolstenholm Sund	76 33	68 56	10 58	.. ..	7.50	7.00	15 12	.. ..
Port Foulke	78 18	73 00	11 14	17 9.5	9.50	5.00	15 43	21 27
Van Rensselaer Hafen	78 37	70 53	11 43	17 48	10.80	4.90	16 04	21 56
Polaris-Bay	81 37	61 44	12 14	18 23	5.40	1.99	15 56	21 52

Das Fortschreiten der Flutwelle längs der Küste Ost-Grönlands.

Ort	N. Breite	W. Länge	Absolute Hafenzzeit
			h. m.
Nubarbik	63° 24'	42° 02'	9 18
Eleonoren-Bay	73 27	25 03	12 25
Cap Broer Ruys	73 28	20 04	12 11
Jackson Insel	73 54	20 00	12 23
Sabine Insel	74 32	18 45	12 29
Klein-Pendulum	74 37	18 29	12 25
Cap Philip Broke	74 56	17 39	12 38
Cap Børgen	75 26	17 59	13 19

2. Aräometer-Beobachtungen.

Nachdem die Expedition New-London verlassen hatte, wurde an Bord der »Polaris« begonnen, die Dichtigkeit des Seewassers und dessen Temperatur zu bestimmen. Diese Beobachtungen wurden häufiger angestellt als die meteorologischen, jedoch in unregelmässigen Zeiträumen. Nachdem das Schiff den nördlichen Polarkreis überschritten hatte, erfolgten sie mindestens stündlich; öfter — zuweilen alle 10 Minuten — wenn sich dasselbe in der Nähe des Eises befand oder verschieden temperirte Wassergürtel passirte.

Das specifische Gewicht der See wurde mit Hilfe verschiedener Aräometer ermittelt, von Tagliabue in New-York eigens für den Gebrauch der Expedition verfertigt. Die Theilung dieser Instrumente ging