

§. 32. *Coefficienten der Strahlenbrechung — Gesetz der mittleren terrestrischen Refraktion — etc.*

Von den Stationen *Semmelberg* und *Löhme* ist der *Marienthurm* in *Berlin* zu sehen: man hatte daher Anfangs die Idee, diesen Umstand zu einer Controle zu benutzen und die gegenseitigen Zenithdistanzen zwischen diesen Punkten zu beobachten; später erwies sich aber, daß dieselbe nicht ausführbar war, weil auf dem *Semmelberge* nur die äußerste Spitze des Thurms gesehen werden konnte, und dann war die Jahreszeit auch schon so weit vorgerückt, daß selbst die gegenseitige Beobachtung, zwischen dem *Marienthurm* und *Löhme*, wo sie möglich gewesen wäre, unterbleiben mußte. Um indessen doch einigen Nutzen von diesen Durchsichten zu ziehen, so sollten, sowohl in *Löhme* wie auf dem *Semmelberge*, bei bedecktem Himmel, Zenithdistanzen nach dem Knopfe des *Marienthurms* genommen werden, um daraus den Coefficienten der Strahlenbrechung bei bedecktem Himmel zu bestimmen; aber auch diese Beobachtung war auf dem *Semmelberge* nicht zu Stande zu bringen, weil der großen Entfernung wegen, der Knopf nicht mit Sicherheit gesehen werden konnte. In *Löhme* wurden dagegen am 13. und 14. Sept., bei völlig bedecktem Himmel und ruhiger Luft folgende Beobachtungen gemacht:

Datum.	Uhrzeit.	Namen der Punkte.	Zenithdistance.	<i>k</i>
Septbr. 13	3 <sup>u</sup> 53'	Berlin, Marienthurm, Mitte des Knopfs	90° 1' 54,41	3 <sup>u</sup> 55'
	58		49,25	0,612 Tb.
	4 3	—	45,85	0,1491
	8	—	45,85	
	13	—	48,27	
	18	—	47,45	4 <sup>u</sup> 29'
	28	—	47,39	0,710 Tb.
	33	—	45,22	0,1687
	38	—	42,26	
	43	—	44,73	
	48	—	36,96	
	53	—	41,59	5 <sup>u</sup> 6'
	5 3	—	35,96	0,800 Tb.
8	—	33,96	0,1945	
Septbr. 14	5 8	—	32,14	
	13	—	37,61	
	17	—	38,16	5 <sup>u</sup> 23'
	28	—	34,04	0,846 Tb.
	33	—	35,81	0,1939
	38	—	33,36	

Höhenunterschied zwischen *Löhme* und dem Knopf des *Marienthurms* = 117724.

Für die Bestimmung der Coefficienten der Strahlenbrechung konnte im Allgemeinen die Operation nicht sehr günstig sein, weil der Hauptzweck: eine möglichst genaue Ermittlung der Höhe von *Berlin*, die Bedingung auferlegte, die Entfernungen der einzelnen Stationen nicht sehr groß anzunehmen. Diese Entfernungen sollten dem ersten Projekte nach zwischen 2 bis 3 Meilen betragen, welche Gränze auch nur da überschritten wurde, wo die Lokalität es nicht anders gestattete, wie z. B. zwischen *Gollenberg* und *Ziegenort*. So vortheilhaft dieser Umstand auf der einen Seite für die Ermittlung der Höhen war, so nachtheilig mußte er auf der andern Seite für die Ableitung der Strahlenbrechung werden; denn nennt man den Fehler der beobachteten Summe der Zenithdistanzen  $\Delta z$ , so ist der Fehler des Werthes von  $1 - k = \frac{r \Delta z}{s^2 \cos^2}$  \*). Der Einfluß des Beobachtungsfehlers auf  $k$  nimmt daher ab, in dem Verhältniß, wie die Entfernungen zunehmen. Obgleich nun, aus dem eben erwähnten Grunde, den Bestimmungen von  $k$  kein großes Gewicht beigelegt werden kann, so scheinen die Resultate, welche sich über den Gang der Strahlenbrechung daraus folgern lassen, dennoch von einem Interesse zu sein, welches die Mittheilung rechtfertigen dürfte.

Bei Berechnung der Werthe von  $k$  wurden sämmtliche Beobachtungen, ohne Rücksicht auf ihre Anzahl, stundenweise geordnet, so daß stets alle diejenigen zusammengenommen wurden, welche zwischen 3 und 4, zwischen 4 und 5 Uhr u. s. w. liegen. Es geschah dies aus dem Grunde, um bei der Vergleichung verschiedener Tage pafsliche Intervalle zu erhalten. Die Anzahl der Beobachtungen, welche zu einer Bestimmung von  $k$  dient, ist daher verschieden; allein da die Beobachtungsfehler beträchtlich gegen die Veränderungen der Strahlenbrechung an verschiedenen Tagen zurücktreten, so schien dieser Umstand hier vernachlässigt werden zu können.

Da die Strahlenbrechung an jedem Tage vom Morgen gegen den Mittag hin abnimmt, und vom Mittage gegen den Abend hin wächst, und zwar im Durchschnitt immer ziemlich bis zu derselben Gröfse, so findet zu derselben Tageszeit, wie z. B. um 4 Uhr im hohen Sommer, eine andere Strahlenbrechung Statt, wie um 4 Uhr im Herbst; weil im letztern Falle 4 Uhr näher am Abend liegt, als im ersten. Um daher die einzelnen Bestimmungen unter einander vergleichbar zu machen, wurden sämmtliche Zeiten in Theilen ihres halben Tagebogens (diesen gleich 1 gesetzt) ausgedrückt, wodurch sich die folgende Zusammenstellung ergibt:

---

\*) §. 18. Gleichung 2.

Übersicht sämmtlicher Werthe von  $k$  an den verschiedenen Tageszeiten.

Datum.	Vor- oder Nachmittag.	Windrichtung.	Zeit in Theilen des halben Tagebogens.	$k$	Zeit in Theilen des halben Tagebogens.	$k$	Zeit in Theilen des halben Tagebogens.	$k$	Zeit in Theilen des halben Tagebogens.	$k$	Zeit in Theilen des halben Tagebogens.	$k$	Zeit in Theilen des halben Tagebogens.	$k$
Aug.	4	V	O	0,343	0,1369	—	—	0,502	0,1371	0,634	0,1425	—	—	—
		N	ONO	—	—	0,430	0,1330	—	—	—	—	—	—	—
	5	V	SSO	0,346	0,1411	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11	V	NW	0,376	0,0791	0,482	0,0932	0,591	0,1118	—	—	—	—	—
		N	O	—	—	0,442	0,0878	0,558	0,1111	—	—	—	—	—
	12	V	SSW	—	—	—	—	—	—	0,632	0,1505	—	—	—
	14	N	NW	—	—	—	—	—	—	—	—	0,770	0,1462	0,842
	15	N	OzN	—	—	0,469	0,1210	0,547	0,1224	0,626	0,1237	0,714	0,1383	—
	17	V	WSW	—	—	—	—	—	—	0,629	0,1897	—	—	—
	18	V	WNW	—	—	—	—	—	—	0,657	0,1284	—	—	—
		N	WNW	—	—	—	—	0,520	0,1074	0,602	0,1203	0,715	0,1347	—
	20	N	ONO	—	—	—	—	0,517	0,1328	0,601	0,1482	0,722	0,1693	—
	21	V	O	—	—	—	—	—	—	0,626	0,1410	—	—	—
		N	ONO	—	—	—	—	0,524	0,1445	0,606	0,1512	0,723	0,1626	—
23	V	SSO	—	—	—	—	—	—	0,649	0,1532	—	—	—	
24	N	WNW	—	—	—	—	0,587	0,1260	0,685	0,1334	0,783	0,1409	—	
25	V	OzS	—	—	—	—	—	—	0,670	0,1389	—	—	—	
Sept.	7	N	ONO	—	—	—	—	0,566	0,1118	0,687	0,1262	0,798	0,1501	—
	10	V	WSW	—	—	—	—	0,559	0,1203	0,661	0,1442	—	—	—
	11	V	SSO	—	—	—	—	—	—	—	—	0,741	0,2427	—
	12	V	WSW	—	—	0,447	0,0992	—	—	—	—	—	—	—
		N	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,860	0,1926
	13	V	SO	—	—	—	—	0,578	0,1169	0,671	0,1361	—	—	—
		N	SO	—	—	—	—	—	—	0,612	0,1491	0,701	0,1687	0,800
	14	N	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,846
	15	N	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,846
	16	N	SSO	—	—	—	—	—	—	0,687	0,1230	—	—	0,895
17	V	SSO	—	—	—	—	—	—	—	—	0,772	0,1738	0,873	
	N	SSO	—	—	—	—	—	—	—	—	0,709	0,0829	—	
	N	SzO	—	—	—	—	—	—	0,609	0,0424	0,715	0,1175	—	
19	N	S	—	—	—	—	—	—	0,602	0,1241	0,723	0,1763	—	
20	V	SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	0,712	0,1323	—	
	N	SSO	—	—	—	—	—	—	0,643	0,1365	0,770	0,1787	—	
Mittel			0,355	0,1190	0,454	0,1068	0,550	0,1220	0,639	0,1351	0,738	0,1543	0,853	0,2038

Die Zahlen in der 4., 6., 8. . . Spalte drücken den Abstand vom wahren Mittage in Theilen des halben Tagebogens aus, so das 0 dem Mittage und 1 dem Sonnen-Auf- oder Untergange entspricht. Sie wurden dadurch gefunden, das man den Abstand in Zeit vom wahren Mittage durch die halbe Tageslänge dividirte. Wenn also  $T$  den Abstand vom Mittage, und  $L$  die Tageslänge bedeutet, so erhält man die Zeit in Theilen des halben Tagebogens  $= \frac{2T}{L}$ ; z. B. am 4. August ist die Tageslänge  $= 15,33$  St. Die erste Bestimmung von  $k$  (§. 23.) ist um  $19'' 14'$  gemacht, also um 4,86 Stunden vom wahren Mittage entfernt; daraus erhält man:  $\frac{2 \cdot 4,86}{15,33} = 0,634$ , und dies ist, in der obigen Tabelle, der Werth in der 10. Spalte.

Wenn man die Zeit in Theilen des halben Tagebogens ausgedrückt umgekehrt in Uhrzeit verwandeln will, so hat man nur nöthig sie mit der halben Tageslänge zu multipliciren, und das Produkt zu dem wahren Mittage zu addiren, oder davon zu subtrahiren; z. B.  $0,634 \cdot \frac{15,33}{2} = 4,86 = 4 \text{ St. } 52'$  und da am 4. August der wahre Mittag um  $0^u 6'$  Statt findet, so entspricht der gefundene Abstand den Uhrzeiten  $19^u 14'$  oder  $4^u 58'$ .

Die Vormittags- und Nachmittags-Beobachtungen sind nicht von einander getrennt worden, weil in gleichen Abständen vom Mittage die Brechungen keine auffallenden Abweichungen gezeigt haben; bei ausgedehnteren Beobachtungen möchte es indessen doch von Interesse sein zu untersuchen, ob der mittlere Gang der Strahlenbrechung am Vormittage dem am Nachmittage völlig gleich ist.

Sämmtliche Bestimmungen von  $k$  sind aus Beobachtungen nach Heliotropenlicht abgeleitet, mit Ausnahme der an den Nachmittagen des 13. und 14. Septembers. In den letzten drei Columnen von  $k$  waren bei den Nachmittags-Beobachtungen die Heliotropenlichter ruhig, bei den übrigen aber, so wie bei den Vormittags-Beobachtungen, stets mehr oder weniger in einer zitternden Bewegung. Die Beobachtungen wurden aber jedesmal ausgesetzt oder abgebrochen, sobald das Zittern zu heftig erschien.

Die Engländer nehmen den Coefficienten der Strahlenbrechung  $= 0,2$ ; die Franzosen  $= 0,16$  an; *Corabeuf* fand ihn  $= 0,1285$ , wir bei der Gradmessung in Ostpreußen  $= 0,1370$ ; *Gaußs* giebt ihn  $= 0,1306$ , und *Struve*  $= 0,1237$  an. — Aus der obigen Zusammenstellung geht hervor, daß alle diese Werthe von  $k$  an ein und demselben Tage, aber zu verschiedenen Tageszeiten vorkommen.

Der größte Werth von  $k$  fand am 16. September bei ruhiger Luft und angenehmer Temperatur Statt; der kleinste zeigte sich unmittelbar darauf am 17. September bei empfindlicher Kälte und ziemlich heftigem Wind.

---

Bei den Beobachtungen am 4. und 5. August ging der Lichtstrahl über Wasser, wir werden daher dieselben bei der folgenden Untersuchung, über das Gesetz des mittleren täglichen Ganges der terrestrischen Strahlenbrechung, weglassen. Eben so werden wir den letzten Werth von  $k$  in der letzten Spalte ausschließen, weil er ungewöhnlich groß ist.

Nennen wir nun die in Theilen des halben Tagebogens ausgedrückte Zeit  $b$ , und nehmen als einfachste Hypothese an, dafs

$$k = \alpha b$$

wo  $\alpha$  eine aus den Beobachtungen zu bestimmende Constante ist, welche man erhält, wenn man die beobachteten Werthe von  $k$  durch ihre zugehörigen Tagebögen dividirt; so ergibt sich folgendes Resultat:

Anzahl der Bestimmungen von $k$	Zeit in halben Tagebögen. $b$	Beobachtete Werthe von $k$	$\frac{k}{b}$	Berechnete Werthe von $k = \alpha b$	Fehler.
1	0,376	0,0791	0,2104	0,0802	+ 0,0011
4	0,460	0,1003	0,2180	0,0981	- 0,0022
10	0,555	0,1205	0,2171	0,1183	- 0,0022
19	0,640	0,1347	0,2105	0,1364	+ 0,0017
15	0,738	0,1543	0,2091	0,1573	+ 0,0030
5	0,849	0,1912	0,2252	0,1810	- 0,0102
54		Mittel . . .	0,2132 = $\alpha$		

Die unter  $b$  und  $k$  aufgeführten Werthe sind aus der oben mitgetheilten Tabelle durch Summirung der einzelnen Columnen, mit Auslassung der vorhin näher bezeichneten Bestimmungen, hervorgegangen.

Der Ausdruck  $k = \alpha b$  leistet also den Beobachtungen so vollständig Genüge als es nur erwartet werden konnte, und es scheint daher, dafs man den Satz aufstellen könne: „Die mittlere Strahlenbrechung ist den halben Tagebögen proportional,“ oder es verhält sich:

$$1 : \alpha = b : k$$

Wenn dieser Satz richtig ist, so folgt daraus, dafs der mittlere Werth des Coefficienten  $k$  im wahren Mittag = 0, und bei Sonnen-Auf- oder Untergang =  $\alpha = 0,2132$  ist. Der letzte Werth stimmt mit mehreren andern Bestimmungen, welche ich gemacht habe, sehr nahe überein, was aber den ersten anbelangt, so habe ich bis jetzt noch keine Gelegenheit gefunden, ihn durch direkte Beobachtungen zu prüfen.

Mit Hülfe des gefundenen Ausdruckes ist es nun leicht, für jede Beobachtungszeit den zugehörigen mittleren Coefficienten der Strahlenbrechung

zu finden; denn wenn  $T$  den Abstand der Beobachtungszeit vom wahren Mittag, und  $L$  die Tageslänge bedeutet, dann ist  $b = \frac{2T}{L}$  und man erhält

$$k = \frac{0,2132 \cdot 2T}{L}$$

z. B. Es wird die Strahlenbrechung am 11. Juni um 7<sup>u</sup> 10' des Vormittags gesucht. Der wahre Mittag findet an diesem Tage um 0<sup>u</sup> 5' Statt; der Abstand vom wahren Mittage oder  $T$  ist daher = 4 St. 55' = 295', folglich  $2T = 590'$ . Die Tageslänge  $L$  ist = 16 St. 27' = 987'. Hieraus folgt nun

$$k = \frac{0,2132 \cdot 590}{987} = 0,1274$$

Denselben Werth von  $k$  erhält man für den Nachmittag desselben Tages um 5 Uhr. Wäre aber der Coefficient der Strahlenbrechung für dieselbe Uhrzeit am 11. August, wo die Tageslänge nur 14 St. 57' beträgt, verlangt worden, so hätte man erhalten

$$k = \frac{0,2132 \cdot 590}{897} = 0,1402$$

Mit Hülfe der Aufgabe 6. Seite 72. lassen sich auf jedem Stationspunkt die Veränderungen der Strahlenbrechung bestimmen, und daraus kann die Richtigkeit der §. 18. Seite 63. gemachten Voraussetzung über die Gleichheit von  $\Delta z$  und  $\Delta z'$  näher beurtheilt werden. Nennen wir auf den zusammengehörigen Stationen  $A$  und  $B$ , die Coefficienten der Strahlenbrechung  $k$  und  $k'$ , ihre Veränderungen  $\Delta k$  und  $\Delta k'$ ; eben so die auf  $A$  und  $B$  Statt findenden Brechungswinkel  $\Delta z$  und  $\Delta z'$ , und ihre Veränderungen  $\delta z$  und  $\delta z'$ , so erhalten wir

auf der Station  $A$

$$1. \delta z = {}_0z - {}_1z$$

$$2. \Delta k = \frac{2r \delta z}{s \omega}$$

auf der Station  $B$

$$1. \delta z' = {}_0z' - {}_1z'$$

$$2. \Delta k' = \frac{2r \delta z'}{s \omega}$$

z. B. Aus den Beobachtungen am 10. August erhält man für die Station *Ziegenort*

zwischen 19<sup>u</sup> 25' und 19<sup>u</sup> 52' im Mittel 19<sup>u</sup> 39' die Zenithdist. 89° 52' 41",22 =  ${}_0z$

— 21<sup>u</sup> 5' und 21<sup>u</sup> 28' — — 21<sup>u</sup> 16' — — — 89° 52' 48",99 =  ${}_1z$

folglich  $\delta z = -7",77$  und  $\log \delta z = 0,89042_n$

$$\log \frac{2r}{s \omega} = 7,51074$$

$$\log \Delta k = 8,40116_n \dots \Delta k = -0,0252$$

Eben so findet man aus den gleichzeitigen Beobachtungen in *Stolzenhagen*

um 19<sup>u</sup> 39' die Zenithdistance  $90^{\circ} 16' 26''{,}80 = {}_0z'$

um 21<sup>u</sup> 16' — — — —  $90^{\circ} 16' 39''{,}20 = {}_1z'$

und daraus folgt  $\delta z' = -12''{,}4$  und  $\Delta k' = -0,0402$

Auf dieselbe Weise sind sämtliche Werthe in der folgenden Tabelle berechnet worden.

*Zusammenstellung der beobachteten Veränderungen der Strahlenbrechung.*

Zwischen den Stationen	Datum.	Zeitintervall.	Theile des halben Tagebogens.	Veränderungen von $\Delta z$ und $\Delta z'$ oder Werthe von $\delta z$ u. $\delta z'$		Veränderungen von $k$ und $k'$	
				a. d. untern Station.	a. d. obern Station.	a. d. untern Station.	a. d. obern Station.
Ziegenort - Stolzenhagen . . .	Aug. 10	1 St. 37 M.	0,215	— 7''{,}77	— 12''{,}40	— 0,0252	— 0,0402
— — . . . . .	11	0 51	0,116	+ 4,27	+ 10,13	+ 0,0138	+ 0,0328
Stolzenhagen - Klütz . . . . .	14	0 32	0,072	+ 2,53	+ 9,04	+ 0,0085	+ 0,0305
— — . . . . .	15	1 48	0,245	+ 2,78	+ 7,49	+ 0,0094	+ 0,0253
Klütz - Garz . . . . .	18	1 25	0,195	+ 9,36	+ 5,60	+ 0,0341	+ 0,0204
Garz - Koboldsberg . . . . .	20	1 28	0,205	+ 22,63	+ 9,52	+ 0,0515	+ 0,0217
— — . . . . .	21	0 35	0,082	— 3,25	— 2,54	— 0,0074	— 0,0058
— — . . . . .	21	1 25	0,199	+ 9,03	+ 6,88	+ 0,0205	+ 0,0157
Koboldsberg - Pimpenellenberg	24	1 23	0,196	+ 4,57	+ 6,31	+ 0,0125	+ 0,0173
Pimpenellenberg - Semmelberg	Sept. 7	1 32	0,232	+ 4,90	+ 13,06	+ 0,0209	+ 0,0557
— — . . . . .	9	0 40	0,102	— 0,23	— 10,97	— 0,0010	— 0,0468
Semmelberg - Löhme . . . . .	12	0 36	0,093	— 6,07	— 7,58	— 0,0170	— 0,0213
— — . . . . .	15	1 19	0,208	+ 38,98	+ 22,54	+ 0,1094	+ 0,0633
Löhme - Eiche . . . . .	16	0 38	0,101	+ 19,12	+ 16,16	+ 0,1008	+ 0,0852
— — . . . . .	17	0 40	0,106	+ 10,71	+ 17,62	+ 0,0565	+ 0,0929
Eiche - Kreuzberg . . . . .	19	0 45	0,121	+ 18,23	+ 7,94	+ 0,0727	+ 0,0316
— — . . . . .	20	0 47	0,127	+ 14,07	+ 7,02	+ 0,0561	+ 0,0280

Die Minuszeichen deuten an, welche Beobachtungen des Vormittags gemacht worden sind.

Unter den 17 Bestimmungen in der obigen Tabelle sind die Veränderungen der Refraktion an der untern Station in neun Fällen kleiner als an der oberen, und in acht Fällen größer gewesen. Da nun die Wärmeabnahme im umgekehrten Verhältniß mit der Strahlenbrechung steht, so geht hieraus hervor, daß sich die Wärmeabnahme bald in der Tiefe größer als in der Höhe, bald in der Höhe größer als in der Tiefe gezeigt hat.

Die Veränderungen der Strahlenbrechung sind im September gröfser gewesen als im August.

Wenn wir, wie oben, die zu Anfange der Beobachtungen stattfindenden Brechungswinkel  $\Delta z$  und  $\Delta z'$ , und ihre respektiven Veränderungen während der Beobachtungszeit  $\delta z$  und  $\delta z'$  nennen, so erhalten wir nach der Seite 63. gemachten Voraussetzung  $\Delta z - \Delta z' = 0$  und  $(\Delta z + \delta z) - (\Delta z' + \delta z') = 0$  oder  $\Delta z - \Delta z' + \delta z - \delta z' = 0$ , woraus hervorgeht, dafs auch  $\delta z - \delta z' = 0$  sein mufs, oder: wenn die Brechungswinkel an beiden Stationen gleich bleiben sollen, so müssen auch alle Veränderungen die sie erleiden gleich sein. Dies ist nun aber nach der obigen Tabelle nicht der Fall, indem der Werth von  $\delta z - \delta z'$  bald plus bald minus wird, und am 15. Sept. sogar bis auf 16,44 Sec. steigt. Wenn aber die Veränderungen der Strahlenbrechung nicht gleich sind, so sind auch die Brechungswinkel selbst nicht gleich, und wir erhalten anstatt der obigen Gleichung die folgende  $\Delta z - \Delta z' + \delta z - \delta z' = m$ , welche für die Beobachtungen am 15. Sept. übergeht in  $\Delta z - \Delta z' + 16,44 = m$ . Wenn  $m$  hier Null oder doch nahe Null werden soll, so mufs  $\Delta z - \Delta z'$  einen gleichen oder nahe gleichen, aber entgegengesetzten Werth von  $\delta z - \delta z'$  haben. Dies würde mit andern Worten heifsen: Auf der Station wo der gröfste Brechungswinkel Statt findet ist die Veränderung der Refraktion am kleinsten.

Wenn man die im Ganzen kleinen Gröfsen der wahrscheinlichen Fehler betrachtet (§. 31.) so scheint es fast als ob eine ähnliche, ziemlich vollständige Compensation Statt gefunden haben müsse, denn es zeigt sich bei allen unsern Beobachtungen nur einmal, zwischen *Garz* und *Koboldsberg*, eine Ausnahme.

Die aus den Beobachtungen abgeleiteten Fehler sind aber auf diese Weise, aufser von den Beobachtungsfehlern, noch von der Strahlenbrechung nach einem unbekanntem Gesetz abhängig; die wahrscheinlichen Fehler können daher auch kein zuverlässiges Mafs für die Genauigkeit des Höhenunterschiedes abgeben, und es kann nicht befremden, wenn ein gröfser wahrscheinlicher Fehler mit einem kleinen wirklichen, und umgekehrt, zusammenfällt. Denn wenn die Beobachtungen an verschiedenen Tagen bei extremen Brechungen des Lichtstrahls angestellt wurden, so wird der wahrscheinliche Fehler bedeutend gröfs, der wirkliche dagegen klein ausfallen. Wären z. B. zwischen *Garz* und *Koboldsberg* die Beobachtungen am 21. August entweder gar nicht gemacht oder weggelassen worden, so würde der wahrscheinliche Fehler sehr viel kleiner ausgefallen sein; die Höhendifferenz hätte aber vermuthlich an Sicherheit verloren.