

Zeitcorrection für die Differenz $\Delta \log p$ der Proportional-Logarithmen.

		$\Delta \log p$									
		± 2	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20
0h 0m	3h 0m	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$	$\mp 0^s$
0 10	2 50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0 20	2 40	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2
0h 30m	2h 30m	$\mp 0^s$	$\mp 1^s$	$\mp 1^s$	$\mp 1^s$	$\mp 2^s$	$\mp 2^s$	$\mp 2^s$	$\mp 3^s$	$\mp 3^s$	$\mp 3^s$
0 40	2 20	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4
0 50	2 10	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
1h 0m	2h 0m	$\mp 1^s$	$\mp 1^s$	$\mp 2^s$	$\mp 2^s$	$\mp 3^s$	$\mp 3^s$	$\mp 4^s$	$\mp 4^s$	$\mp 5^s$	$\mp 6^s$
1 10	1 50	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6
1 20	1 40	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6
1 30	1 30	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6

Eine weitergehende Tafel dieser Art findet man in jedem Jahrgange des Nautical Almanac, 1885 S. 470, 1886 S. 480, 1887 S. 476 oder in jedem Jahrgang des Nautischen Jahrbuchs, z. B. 1885 S. 197.

§ 63. Praktische Bemerkungen zur Messung und Reduction von Mondsdistanzen.

Die Mondsdistanzen des Nautical Almanac und des Berliner Nautischen Jahrbuchs beziehen sich auf die Sonne, auf die drei hellen Planeten Venus, Jupiter und Saturn und auf 7 Fixsterne 1. und 2. Grösse in der Nähe der Mondbahn, welche mit ihren mittleren Rectascensionen α und Declinationen δ (für das Jahr 1886) in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

Stern		Grösse	Rectascension α	Declination δ
	α Arietis	2	2h 0m 45s	+ 22° 55' 22"
Aldebaran,	α Tauri	1	4 29 23	+ 16 16 45
Pollux,	β Geminorum	1.2	7 38 20	+ 28 18 2
Regulus,	α Leonis	1.2	10 2 18	+ 12 31 26
Spica,	α Virginis	1	13 19 11	- 10 33 57
Antares,	α Scorpii	1.2	16 22 25	- 26 10 41
Fomalhaut,	α Pisc. Austr.	1.2	22 51 21	- 30 13 34
Markab,	α Pegasi	2	22 59 5	+ 14 35 31

Um sich unter diesen Sternen zu orientiren, genügt eine Kenntniss des Himmels, wie sie bei jedem Liebhaber der Astronomie vorausgesetzt wird. (Vgl. § 3. S. 8—9, Sternkarten).

Ehe man an eine Mondstandmessung selbst geht, muss man wissen, wie gross ungefähr (auf etwa 1° — 2° genau) die Distanz ist, denn ohne vorläufige Einstellung kann man die Bilder zweier Himmelskörper im Fernrohr nicht sofort zusammenbringen. Hat man das Jahrbuch zur Hand, das ja zur Auswahl dessen, was man überhaupt messen will, nöthig ist, so findet man hier auch die Distanz beiläufig auf 1° — 2° . Ist man genöthigt, ohne dieses Hilfsmittel zu beginnen, so schraubt man das Fernrohr heraus, und sucht zuerst mit freiem Auge, die der Distanz entsprechende erste genäherte Alhidadenstellung.

Fig. 1.

Sonnen-Mondstand. Anblick am Himmel.

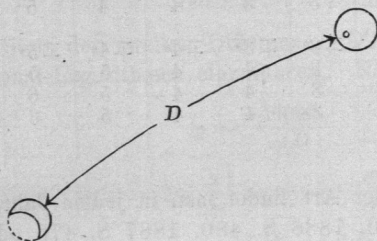
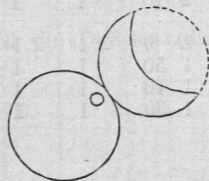


Fig. 2.

Sonnen-Mondstand. Anblick im Fernrohr.



Wir nehmen nun nach Fig. 1. den einfachsten und bequemsten Fall an: Distanzmessung bei Tage zwischen Mond links und Sonne rechts, was bei zunehmendem Mond, etwa in der Zeit des ersten Viertels, eintritt. Die Messung geschehe von freier Hand (ohne Stativ).

Man schraubt das Fernrohr möglichst hoch, und schlägt vor den grossen Spiegel die särke (rothe) Blendung.

Dann nimmt man den Sextanten in die rechte Hand, visirt mit dem Fernrohr direct nach dem Mond, und wenn man ihn im Gesichtsfelde hat, hält man das Mondbild unbedingt fest, und beginnt das ganze Instrument um das Fernrohr in der Richtung nach der Sonne zu drehen, bis plötzlich auch die Sonne als rothe Scheibe ins Gesichtsfeld kommt, und bei der Berührung mit dem Mond den Anblick von Fig. 2. gibt. Da man nicht so ruhig halten kann, dass beide Scheiben sich wirklich berühren, setzt man nun dieses Drehen und Schwingen langsam fort, hat dabei die linke Hand an der Mikrometerschraube, und stellt mit dieser Schraube langsam so ein, bis man die Ueberzeugung erlangt, dass die auf- und niederschwingende Sonnenscheibe den Mondrand berührt. Das kann man trotz der Bewegung sehr scharf machen. Nun schaut man rasch auf die Uhr (oder sagt dem die Uhr ablesenden Gehülfen „Top!“ vgl. S. 50), notirt zuerst die Zeit und dann die in aller Ruhe abgelesene Distanz. Solcher Messungen macht man 5—10 unmittelbar nacheinander (bei einiger Uebung kann man in 10 Minuten 10 Distanzen messen), den Indexfehler bestimmt man vor oder nachher, am besten vor und nachher, mittelst der Sonne (vgl. S. 169—170). Endlich wird noch das Luftthermometer und das Barometer abgelesen, und

damit hat man einen Satz von Messungen, welche nach § 64. berechnet werden können.

Die Sonnen-Monddistanz kann immer nur zwischen den beiden sich zugekehrten Rändern gemessen werden, wie Fig. 1. andeutet; den Anblick im Fernrohr zeigt Fig. 2., von deren Richtigkeit man sich, ausser durch den Versuch, durch die Ueberlegung der verschiedenen Bildumkehrungen überzeugt: links wird einmal durch das Fernrohr umgekehrt, rechts wird durch jeden der beiden Spiegel, und durch das Fernrohr, also im Ganzen dreimal umgekehrt. Man hat also bei der Berechnung immer zu einer Sonnen-Monddistanz die Summe der beiden Halbmesser zu addiren, was man sich ein für allemal merkt.

Wenn bei abnehmendem Mond (letztes Viertel) der Mond rechts von der Sonne steht, so muss man, um den lichtschwachen Mond direct ins Fernrohr zu kriegen, den Sextanten verkehrt halten (vgl. § 56. S. 276). Alles Uebrige bleibt wie im ersten Fall.

Die Zeit, während welcher Sonnen-Monddistanzen im Nautical Almanac angegeben sind, beträgt im Mittel etwa 18 Tage in einem Monat. Es fällt also von den 29^{1/2} Tagen des synodischen Monats etwa ein Drittel für den fraglichen Zweck aus. Die Vertheilung der Zeiten und die ungefähre Grösse der Distanzen zeigt folgende Zusammenstellung:

Neumond		
Erstes Viertel	Distanz 25° Distanz 135°	} 9 Tage Messung
Vollmond	7,5 Tage Pause	
Letztes Viertel	Distanz 135° Distanz 25°	} 9 Tage Messung
Neumond	4 Tage Pause	
	Distanz 25°	

Von diesen 18 Messungstagen sind aber diejenigen mit kleinen Distanzen, zwischen 25° und 40°, sehr ungünstig, denn es gehört erstens ein sehr heller Himmel, und zweitens ein gutes Auge und Gewandtheit dazu, um eine Distanz zu messen, wenn die schmale Mondsichel, die man mit freiem Auge kaum sieht, sehr nahe der Sonne ist, und wenn die Sonne selbst hoch steht. Man kann hiezu eine kleine Rechnung anstellen: Aus der Monddistanz D lässt sich auch die Mondphase berechnen, für den Halbmesser r des Mondes ist nämlich bei einer Distanz D :

$$\begin{aligned} \text{Der dunkle Theil der Mondscheibe} &= \frac{r^2 \pi}{2} (1 + \cos D) = r^2 \pi \cos^2 \frac{D}{2} \\ \text{„ helle „ „ „ „} & \frac{r^2 \pi}{2} (1 - \cos D) = r^2 \pi \sin^2 \frac{D}{2} \end{aligned}$$

wornach man die erleuchtete Fläche, in Theilen der vollen Scheibe ausgedrückt, so berechnet:

Distanz D	= 20°	30°	40°	60°	90°	120°	150°	180°
Helle Fläche	= 0,03	0,07	0,12	0,25	0,50	0,75	0,93	1,00

Diese Zahlen machen theoretisch ganz erklärlich, was die Erfahrung lehrt, dass kleine Sonnen-Mondsdistanzen, die ja sonst sehr erwünscht wären, schwer zu messen sind. Die kleinsten Distanzen dieser Art, welche ich selbst gemessen habe, sind: 43° , 41° , 38° . Ich fand es dabei nützlich, nachdem die Alhidade zum Voraus beiläufig auf die Distanz eingestellt ist, das zweifach reflectirte Bild der Sonne zuerst aufzusuchen, dieses festzuhalten, und dann erst durch Schwingen den Mond ins Gesichtsfeld zu bringen. Man kann auf diese Weise Distanzen messen, ohne den Mond mit blossem Auge überhaupt zu sehen.

Was die obere Grenze der Distanzen betrifft, so hätte man kurz vor oder nach der Vollmondszeit wohl oft Gelegenheit, auch Distanzen bis zu 150° oder gar 160° zu messen, nicht mit dem Sextanten, wohl aber mit dem Prismenkreis (s. §§ 53. 55. und 56.), man müsste dann aber zuvor diese im Nautical Almanac nicht mehr angegebenen Distanzen selbst aus den Rectascensionen und Declinationen berechnen.

Sternsdistanzen sind schon deswegen weniger bequem, weil man bei Nacht, wo alle Hülfen weniger zur Hand sind, operiren muss. Auch lässt sich die Berührung des Sternpunktes mit dem Mondrand nicht so scharf auffassen, wie die Berührung zweier Ränder. Andererseits haben Sternsdistanzen den Vorzug, dass sie zahlreicher zu haben sind, und namentlich den unschätzbaren Gewinn, dass man durch Combination von Distanzen mit Stern links vom Mond und Stern rechts vom Mond den Indexfehler, und, wenn die Distanzen nahe gleich sind, die Instrumentenfehler überhaupt eliminiren kann.

Man nimmt im Allgemeinen den Stern direct und den Mond mit grüner Blendung doppelt reflectirt, also wenn der Stern rechts steht, mit umgekehrtem Sextanten. Jupiter und Venus können auch ohne Blendung, beliebig links und rechts genommen werden (vgl. das Beispiel mit Jupiter S. 262).

In der Zeit kurz vor oder nach dem Vollmond kann man dem Mond nicht unmittelbar ansehen, welcher Rand der volle und welcher Rand der durch Phase verkleinerte ist. Man nimmt in diesem Falle am einfachsten abwechselnd beide Ränder und bringt die Phasencorrection nachher in Rechnung. Hiezu entnimmt man aus dem Jahrbuch (Naut. Alm. am Schluss der Mondephemeride jedes Monats) die Zeit T des Vollmonds und hat dann für die Beobachtungs-Greenwichzeit das Zeitintervall $T - t$ in Stunden = $(T - t)^h$; und da der Mond zu einer vollen Umdrehung im Mittel 29,5 Tage = 708 Stunden braucht, so wird der Phasenwinkel:

$$w = \frac{(T - t)^h}{708} 360^{\circ}$$

und die Phasencorrection

$$= R - R \cos w = 2 R \sin^2 \frac{w}{2}$$

Zur Uebersicht ist folgendes Täfelchen mit $R = 15' 40'' = 940''$ berechnet:

$T - t$	w	$2 R \sin^2 \frac{w}{2}$
1 ^h	0° 30'	0,04''
2	1 1	0,1
3	1 31	0,3
6	3 3	1,3
12	6 6	5,3
24	12 12	21,2

Die Phase kann also bis zu 3^h vor oder nach dem theoretischen Vollmond vernachlässigt werden; bis etwa zu einem Tag Abstand genügt vorstehende Näherung, von da an müsste der Phasenwinkel w als Rectascensionsdifferenz von Sonne und Mond berechnet werden. Zur Entscheidung, ob die Phase links oder rechts liegt, hat man die bekannten populären Hilfsmittel (C abnehmend, D zunehmend, Decrescit Dextra, sed crescit luna sinistra etc.).

Sobald übrigens die Phase erheblich wird, soll man überhaupt an dem nicht scharfen Rand keine Messung mehr machen.

Vollmond-Distanzen, abwechselnd an beiden Rändern, haben die sonst vermisste Annehmlichkeit, dass man entweder den Mondhalbmesser überhaupt eliminiren kann, oder in seiner Berücksichtigung eine gute Probe findet. Als Beispiel nehmen wir eine Messung vom 2. Januar 1874 Abends in der Oase Farafrah (Phys. Geogr. und Meteorol. der libyschen Wüste S. 34). Distanz: Pollux-Mond.

Die Messung fand statt nur $\frac{1}{2}$ Stunde vor der wahren Vollmondszeit, es war also die Phase unbedingt zu vernachlässigen.

Chronometer	Distanz vom jenseitigen Rand	Chronometer	Distanz vom diesseitigen Rand
7 ^h 23 ^m 10 ^s	9° 27' 30''	7 ^h 25 ^m 22 ^s	8° 55' 20''
7 26 55	9 25 40	7 28 38	8 54 50
7 30 30	9 24 10	7 33 8	8 51 20
7 35 10	9 23 0	7 37 5	8 50 40
7 39 0	9 21 0	7 41 8	8 47 20
7 43 23	9 18 30		
Mittel 7 ^h 33 ^m 1 ^s	9° 23' 18''	7 ^h 33 ^m 4 ^s	8° 51' 46''

Da die Zeitmittel für diesseits und jenseits zufällig auf 3^s zusammen stimmen, soll die Differenz 31' 32'' der Distanzmittel gleich dem zwei-

fachen Halbmesser sein. Der Jahrbuchshalbmesser ist $15' 27''$, der scheinbare (nach § 60. corrigirte) Halbmesser ist $15' 37''$, also $2R = 31' 14''$, was mit der Messung auf $18''$, also immerhin noch hinreichend, stimmt. Das Gesamtmittel:

$$\text{Chron.} = 7^h 33^m 3^s \quad D = 9^\circ 7' 32''$$

kann man wie eine Messung der Mittelpunktsdistanz weiter behandeln.

So viel über die Mondsdistanzen-Messung von freier Hand, welche zu Schiff die einzig mögliche und auch zu Land die am raschesten zu erledigende ist.

Nun bietet aber bei fester Aufstellung die Befestigung des Sextanten oder Prismenkreises auf einem mit Universalgelenk versehenen Stativ (§ 29. S. 160—162) unter Umständen bedeutende Vortheile. Allerdings das erste Aufsuchen der Bilder geht viel langsamer als von freier Hand, hat man aber einmal die Sextantenebene in die Ebene der zwei Himmelskörper gebracht, und die Berührung im Gesichtsfeld hergestellt, so geht das übrige Messen, Einstellen mit der Mikrometerschraube und Ablesen der Nonien, fast so ruhig und bequem wie mit einem Theodolit vor sich (ein Beispiel haben wir in § 55. S. 272 gegeben). Da die Sextantenfernrohre grosses Gesichtsfeld haben, ist auch das allmälige Nachrücken entsprechend der Bewegung des Himmels, mit passend angeordneten Schrauben des Stativs nicht schwer.

Wenn das Fernrohr nach rechts gerichtet werden soll, was nur bei umgekehrtem Sextanten möglich ist, so wird die Anwendung des Stativs unbequem, weil die Ablesung an den Nonien von unten her zu machen wäre und weil Umwenden und Neueinrichten des ganzen Instruments nach jeder Ablesung zu umständlich würde. Der Vortheil, nach einer Einrichtung des Ganzen lange und schöne Reihen von Distanzmessungen zu erhalten, würde bei umgekehrtem Instrument wieder verloren gehen (vgl. hiezu § 56. S. 276).

Die zur Reductionsberechnung nöthigen Höhen kann man entweder messen oder berechnen. Zu Schiff werden die Höhen meist gemessen, indem neben dem Hauptbeobachter für die Distanz noch zwei Nebenbeobachter für die Höhen thätig sind. Dieses mag sich dadurch rechtfertigen, dass zur See die Höhen, welche man berechnen würde, nicht nur mit den Fehlern der nächst vorhergegangenen Breiten und Ortszeitmessungen, sondern auch mit der Uebertragung derselben auf den Distanzmessungsort durch die Schifffahrtsrechnung („das Besteck“) behaftet sind, zudem ist an Bord grosser Schiffe genügendes Personal für jene Höhenmessungen vorhanden.

Ganz anders verhält sich die Sache für einen einzelnen Beobachter zu Lande: Die Höhen vor und nach der Distanz zu messen, und Alles auf gleichen Zeitpunkt zu reduciren, ist eine mühsame und dazu unsichere Sache; man thut viel besser daran, diese Arbeit auf die Breite und Ortszeit, die man ja ohnehin braucht, und dann auf die Berechnung der Höhen zu verwenden. An der Breite, die viele Tage vor oder nachher gemessen sein kann, geht nichts verloren, und auch die Ortszeit kann mit einem

mässig guten Chronometer mehrere Tage genügend genau übertragen werden. Mit diesen Elementen nebst genäherter Länge kann man aber die wahren Höhen, so genau man sie braucht, d. h. etwa auf 1' genau, nach § 4. S. 11—13, berechnen. Nach den ersten Versuchen auf diesem Gebiete habe ich bald das Messen der Reductionshöhen unbedingt aufgegeben, und durch Berechnung ersetzt.

Damit werden wir zu der Berechnung geführt, über welche ebenfalls einiges im Allgemeinen zu sagen ist. Die Vorbereitungsrechnung der Höhen und Azimute ist auf 1' genau genügend. Die Azimute mit zu berechnen, und zwar nach den Gauss'schen Formeln (3) S. 13, und nicht die Höhenberechnung auf die Formel (1) S. 11 zu beschränken, ist sehr nützlich, denn das Mondazimut braucht man für die Parallaxencorrectionen zweiter Ordnung ohnehin (zur See nimmt man hier Compasspeilung), ferner gewinnt man mittelst der beiden Azimute auch den Zenitwinkel Z , und kann dann die Winkel M und S nach den bequemen Sinusformeln (21) § 59. S. 292 berechnen, auch kann man dann eine Figur, wie Fig. 1. § 64. aufzeichnen, welche alle Verhältnisse klar legt, und vor groben Fehlern schützt.

Höhenparallaxen und Refractionen werden auf 1" genau berechnet, während die Höhen selbst nur auf 1' genau sind.

Für die eigentliche Reductionsberechnung ist die gewöhnliche Mittelbreitenformel (14) oder (16) § 59. S. 291 ohne Frage die beste Methode.

Wiederholung der Berechnung wird oft nicht zu umgehen sein, wenn die vorläufig angenommene Länge sich nachher als ungenügend erweist, indessen hat auch eine Längenänderung von 2^m kaum Einfluss von 1"—2" auf die Distanzreduction. Hat man auf einer Reise selbst Berechnungen gemacht, so genügen diese, nebst dem Itinerar, zur Gewinnung vorläufiger Längen, auf welche sich dann die endgültige Berechnung stützen kann.

(Nach der libyschen Expedition legte ich die Berechnung der 317 gemessenen Mondsdistanzen von Anfang an auf Wiederholung an, indem zuerst alle Gruppen in Mittel zusammengefasst wurden und dann erst die Berechnung nach der am Schluss von § 64. anzugebenden Methode von Neuem begann.)

Die Distanzänderung, von deren Geschwindigkeit hauptsächlich die Genauigkeit der Längenbestimmung abhängt, ist im Jahrbuch durch den Proportional-Logarithmus angezeigt, nämlich nach (3) § 62. S. 305 durch $\log p$, wo

$$p = \frac{10800}{\Delta D}, \text{ für } \Delta D \text{ in Sekunden.}$$

Für viele Zwecke ist uns ein anderes Aenderungsmaass bequemer, wir nehmen die Reciproke von p , d. h. die Geschwindigkeit:

$$v^{(\prime)} = \frac{1}{p} \left. \begin{array}{l} \text{in Bogenminuten pro 1 Zeitminute} \\ \text{oder in Graden pro 1 Stunde} \end{array} \right\}$$

oder

$$v^{(\prime\prime)} = \frac{60}{p} \left. \begin{array}{l} \text{in Sekunden pro 1 Zeitminute} \\ \text{oder in Minuten pro 1 Stunde} \end{array} \right\}$$

Zur Uebersicht bilden wir folgendes Täfelchen:

Prop. Log.	Bewegung in 1 Minute		Prop. Log.	Bewegung in 1 Minute	
	$v^{(\prime)}$	$v^{(\prime\prime)}$		$\log p$	$v^{(\prime)}$
0.2000	0,631'	37,9"	0.3000	0,501'	30,1"
0.2100	0,617	37,0	0.3100	0,490	29,4
0.2200	0,603	36,2	0.3200	0,479	28,7
0.2300	0,589	35,3	0.3300	0,468	28,1
0.2400	0,575	34,5	0.3400	0,457	27,4
0.2500	0,562	33,7	0.3500	0,447	26,8
0.2600	0,550	33,0	0.3600	0,436	26,2
0.2700	0,537	32,2	0.3700	0,427	25,6
0.2800	0,525	31,5	0.3800	0,417	25,0
0.2900	0,513	30,8	0.3900	0,407	24,4
0.3000	0,501	30,1	0.4000	0,398	23,9

Dass die Geschwindigkeit des Mondes in seiner Bahn im Mittel etwa $v^{(\prime\prime)} = 33''$ in 1 Minute beträgt, haben wir schon auf S. 288 erwähnt. Bei Sonne-Mond-Distanzen geht aber die Eigenbewegung der Sonne, welche in demselben Sinne wie diejenige des Mondes stattfindet, für die Distanzen wieder verloren; es vermindert sich also $v^{(\prime\prime)}$ um $\frac{1}{12}$ seines Werthes, und wird $= 33'' - 2,8'' = 30,2''$. Die Durchzahlung des Jahrgangs 1883 hat ergeben, dass die Proportional-Logarithmen der Sonne-Mondstanzanzen eine ziemlich gleichförmige (aber nicht mit der Distanz selbst gleichlaufende) monatliche Periode haben, und zwar im Mittel der Monate:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximum } \log p = 0.346 & v^{(\prime\prime)} = 27,0'' \\ \text{Minimum } \log p = 0.245 & v^{(\prime\prime)} = 34,1'' \\ \text{Mittel } \log p = 0.296 & v^{(\prime\prime)} = 30,5'' \end{array}$$

Die grösste Aenderung einer Fixsterndistanz im Jahre 1883 zeigt Aldebaran am 10. März mit Prop. Log. = 2003, und unter den Planetenstanzanzen zeigt Jupiter am 13. November das Minimum Prop. Log. = 1990, d. h. diese beiden gaben gemeinsam das Maximum 38'' Aenderung in 1 Minute. Bei raschen rückläufigen Planetenbewegungen können vielleicht noch grösserer Distanzänderungen vorkommen. Die sehr grossen Prop. Logarithmen, also kleinen Distanzänderungen (bis herab zu 12'') des Jahr-

buchs treten auf bei Sternen, die weit von der Mondbahn abliegen, namentlich Fomalhaut, mit 30° südlicher Declination.

Es erhellt aus diesen bedeutenden Unterschieden der Distanzänderungen, dass es sich wohl lohnt, vor Beginn der Messungen zu überlegen, ob der Mond gerade in langsamer oder rascher Bewegung ist, und welche Distanzen zu gegebener Zeit die günstigsten sind (die kleinsten Prop. Log. haben). Später werden wir noch andere Umstände ähnlicher Art kennen lernen (§ 66.), von denen wir zum Voraus bemerken, dass man den Mond im Meridian vermeiden soll.

Die Mondhorizontal-Parallaxe, das wichtigste Element der Reductionsberechnung, schwankt zwischen ziemlich weiten Grenzen, nämlich zwischen $61' 24''$ und $53' 56''$, das Mittel ist $= 57' 40''$, also die grösste Abweichung vom Mittel $= 6\%$. Die in die Reductionsrechnung eingehenden Höhendifferenzen des Mondes stellen wir, um einen Ueberblick ihres Verlaufes zu erhalten, in runden Zahlen in folgender Tabelle zusammen:

Scheinbare Höhe H	Refraction r	$\pi \cos (H - r) - r$		
		Maximum	Mittel	Minimum
0°	34,9'	26,5'	22,8'	19,0'
2	18,1	43,3	39,5	35,8
5	9,8	51,4	47,7	44,0
10	5,3	55,2	51,5	47,8
15	3,5	55,8	52,2	48,6
20°	2,6'	55,1'	51,6'	48,1'
25	2,0	53,7	50,3	46,9
30	1,7	51,5	48,3	45,0
35	1,3	49,0	45,9	42,9
40	1,1	46,0	43,1	40,2
45°	1,0	42,4'	39,8'	37,1'
60	0,5	30,2	28,3	26,5
75	0,2	15,8	14,8	13,8
90	0,0	0,0	0,0	0,0

Die Function $\pi \cos (H - r) - r$ hat ein sehr flaches Maximum mit geringer Aenderung zwischen 5° und 35° . In Hinsicht auf die Funktionsgrösse ist hier der Werth von π selbst wichtiger als der Höhenwinkel H .

§ 64. Beispiel einer Mondstanz-Reduction.

In der Oase Dachel der libyschen Wüste machte ich am 9. Januar 1874, Vormittags, mit dem auf S. 157 gezeichneten Sextanten folgende 13 Distanzmessungen zwischen dem Mond und der Sonne. Der Mond stand rechts, die Sonne links, der Sextant musste daher verkehrt gehalten