

werden möge. Auch wäre uns ein kleineres Instrument, etwa mit 15 cm Kreisdurchmesser und Gewicht von höchstens 1000 Gramm für den Handgebrauch erwünscht.

Wenn die Reflexionsinstrumente nicht in freier Hand, sondern auf einem Stativ gebraucht werden, so stellt sich ihre Vergleichung zum Theil anders. Das geringe Gewicht und die Handlichkeit des Sextanten treten dann zurück, und man wird dann jedenfalls Vollkreise anwenden.

Bei Mondstrecken ist die Auswahl des directen und des zweifach reflectirten Strahles fast immer vorgeschrieben. Bei Tage ist der Mond direct und die Sonne zweifach reflectirt zu nehmen, bei Nacht der Stern direct und der Mond zweifach reflectirt, so dass unter Umständen das Instrument verkehrt gehalten werden muss. Dieses ist ein Umstand, welcher die Messung mit den meisten Reflexionsinstrumenten, sei es aus freier Hand, sei es auf dem Stativ, beeinträchtigt. Wer nicht mindestens eine einjährige Uebung besitzt, wird zwar Mondstrecken von freier Hand mit Normalhaltung (links direct) wohl messen können, aber die umgekehrte Sextantenhaltung (rechts direct) immer noch scheuen.

Auch auf dem Stativ wird man, wenn es irgend möglich ist, das Instrument so stellen, dass die Theilung und die Nonien oben sind, damit man besser beikommen kann, und namentlich damit man Reihen von 5—10 Distanzeinstellungen und Ablesungen nehmen kann, ohne das ganze Instrument verrücken zu müssen, d. h. Beobachtungsreihen, bei welchen die Bilder im Gesichtsfelde bleiben, so dass auch ein Beobachter wiederholt Distanzeinstellungen und ein zweiter Beobachter die zugehörigen Kreisablesungen machen kann.

In dieser Beziehung bietet unser Doppelspiegelkreis (§ 43. S. 222) einen wesentlichen Vortheil (neben dem schon früher (S. 223) erwähnten Vortheil der leichten Eliminirung des prismatischen Spiegelfehlers). Mit unserem Doppelspiegelkreis kann man nämlich nach Belieben das Fernrohr links oder rechts einschrauben, kann also auch den Mond nach Belieben direct oder doppelt reflectirt nehmen, ohne das Instrument umzuwenden.

Denselben Vortheil bietet auch der Prismenkreis, sei es dadurch, dass man nach Umständen das obere oder untere Prisma in beliebiger Stellung für den Mond nimmt, oder (beim Wegener'schen Kreis) dadurch, dass wenigstens ein Prisma in alle Stellungen von  $0^{\circ}$  bis  $360^{\circ}$  gegen das Fernrohr gebracht werden kann.

## § 57. Höhenwinkelmessung mit Reflexionsinstrumenten.

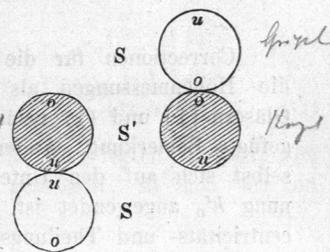
Von der Theorie der Reflexionsinstrumente, deren Gebrauch zu terrestrischen Messungen in § 40. zwischen die Instrumententheorie gelegentlich eingeschaltet wurde, gehen wir nun zur astronomisch-praktischen Anwendung dieser Instrumente, namentlich des Sextanten, über, und betrachten zuerst die Höhenwinkelmessung. Das Princip derselben mit dem

künstlichen Horizont haben wir schon in § 30. mit Fig. 1. S. 163 angegeben, und auch die seemännische Höhenmessung über der Kimm, durch die Formeln und Tabellen von § 9. S. 34—36 vorbereitet.

Die Haltung des Sextanten geschieht jedenfalls von freier Hand, ein Stativ wäre für Höhenwinkel viel zu umständlich. Man geht mit dem Sextanten möglichst nahe an den Horizont heran, damit man nicht in Gefahr kommt, beim unvermeidlichen Schwanken das Bild zu verlieren. Misst man in einem geschlossenen Zimmer mit dem Flüssigkeitsteller Fig. 2. S. 163, so kann man auch bei ziemlich bewegter äusserer Luft doch zeitweise ruhige Bilder erhalten, wenn man das Fenster nur so weit öffnet, dass gerade ein Spalt für die Sonne frei bleibt. Wer noch nicht sehr geübt ist, thut gut daran, zuerst das Fernrohr herauszuschrauben, und von freiem Auge visirend die Alhidade roh so zu stellen, dass beide Bilder  $S'$  und  $S$  (Fig. 1. S. 163) in gleiche Höhe kommen; setzt man nun das Fernrohr wieder an seine Stelle, so wird man bei Sonnenbeobachtungen den Anblick der nebenstehenden Fig. 1.  $a$  oder  $b$ , oder ähnlich, erhalten, und muss nun, mit der rechten Hand beständig seitwärts schwingend, mit der linken Hand durch die Alhidadenschraube die Berührung der beiden Sonnenbilder erlangen.

Nun entsteht die Frage, ob man den Fall 1  $a$ . oder 1  $b$ ., d. h. ob man den Sonnenunterrand oder den Oberrand hat. Wendet man verschiedenfarbige Blendgläser an, so kann man direct nach Fig. 1. die Bilder  $S'$  und  $S$  unterscheiden, und dann auch beurtheilen, ob man den Fall 1  $a$ . oder 1  $b$ . hat. Bei gleichfarbigen Blendungen sieht man dieses nicht unmittelbar, man kann aber nach kurzer Ueberlegung die Regel ableiten:

Fig. 1.  
 $a$ . Unterrand.       $b$ . Oberrand.



$S'$  und  $S$  entsprechen der Fig. 1. S. 163.

Vormittags (bei wachsenden Höhen) gehen nach der Berührung die Oberränder in einander, die Unterränder auseinander. Nachmittags ist es umgekehrt. Wenn man also z. B. Nachmittags nach einer Randberührungsmessung nochmals nach den Bildern sieht und dieselben dann in einander greifen, so hatte man den Unterrand.

Indessen kann bei Anwendung dieser Regel auch ein Irrthum unterlaufen; wir haben daher uns gewöhnt, in jeder Beobachtungsreihe immer mindestens zwei verschiedene Randeinstellungen zu nehmen.

Nimmt man abwechselnd beide Ränder, und combinirt deren Mittel mit dem Zeitemittel, so bekommt man Zahlenwerthe, welche für den Sonnenmittelpunkt gelten, ohne dass man sich Rechenschaft zu geben braucht, was der eine oder andere Rand war.

Da man aber bei dieser Methode zu einer Reihe von 4 bis 8 Ablesungen, welche man meist rasch hintereinander nimmt, sehr viel an der Alhidade zu schrauben haben würde, ist es bequemer, zu einem Satz von Beobachtungen nur einen Rand zu nehmen; wir machen dann aber am

Schluss rasch noch eine flüchtige Einstellung und Ablesung auf den „anderen Rand“ welche um etwa 1° grösser oder kleiner ausfällt, als die vorhergehende Ablesung, und damit unzweideutig zeigt, welcher Rand bei der Hauptreihe genommen war.

Wir nehmen nun zwei Beispiele von Sonnenhöhenmessungen, welche nebenbei insofern von Interesse sind, als sie eine Vergleichung von Höhen über dem künstlichen Flüssigkeitshorizont und Höhen über der Meereskimm enthalten.

Niendorf an der Ostsee ( $\varphi = 53^{\circ} 59' 50''$ ,  $\lambda = 0^h 43^m 18^s$  von Greenw.), 8. August 1883, Morgens (7. August astr.).

Sonnenhöhenmessung mit dem Sextanten von S. 157 über einem Horizont von Rothwein:

Chronometer	7 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	Sextant	46° 57' 30"	
	7 10 34		47 8 30	
	7 11 10		47 20 0	
	7 11 50		47 31 0	Anderer Rand
	7 12 35		47 43 0	48° 40'
Mittel	7 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 13,0 <sup>s</sup>		47° 20' 0"	(1)

Die Indexbestimmung ebenso wie auf S. 172 oben gab . . . . .  $i = \frac{7' 47''}{2 h'_u = 47^{\circ} 12' 13''}$  (2)

Correctionen für die Blendgläser kommen nicht hinzu, weil sowohl die Höhenmessungen als auch die Indexmessungen mit denselben Gläsern [1] und (1) gemacht sind. Die am Schluss der Messungen beigefügte Bemerkung „Anderer Rand = 48° 40'“ sagt, dass die Messungen selbst sich auf den Unterrand beziehen, weshalb bei (2) die Bezeichnung  $h'_u$  angewendet ist. Nach S. 214 fügen wir zu (2) noch die Excentricitäts- und Theilungscorrection — 21'' und haben jetzt:

$$2 h_u = 47^{\circ} 11' 52'' \quad (3)$$

$$h_u = 23 \ 35 \ 56$$

Luft 15°, Barometer 760 mm gibt nach S. [7], [9] und [11]  
 die Refraction — (2' 11'' — 3'' + 2'') = . . . . . — 2' 10''  
 Höhenparallaxe nach S. [7] unten . . . . . + 8

Wahre Höhe des Sonnenunterrandes . . . . . 23° 33' 54'' (4)

Hiezu der Sonnenhalbmesser nach S. [7] unten . . . . . + 15 49  
 Wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes  $h =$  . . . . . 23° 49' 43'' (5)

Damit kann die Zeitberechnung nach § 13. begonnen werden.

Wir nehmen nun eine zweite Sonnenhöhenmessung, über der Kimm, welche vor der vorstehenden gemacht wurde, Berührung eines Sonnenrandes (im Fernrohr scheinbar oben) mit der Kimm.

Chronometer	6 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 42	Sextant	19° 29' 30"	
	6 42 20		19 35 30	
	6 43 5		19 41 0	Anderer Rand
	6 44 0		19 49 0	20° 24'
Mittel	6 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 46,7 <sup>s</sup>		19° 38' 45"	(6)

Als Blendglas diene hiebei [2] (vgl. S. 171). Der Index wurde nachher mit den Blendgläsern (1) und (2) bestimmt, und zwar  $i' = 7' 26''$ . Da das Glas [2] sowohl beim Index als bei den Messungen (6) gebraucht ist, kommt seine Correction nicht in Betracht, dagegen nach S. 173 (1) = + 3'' zu  $i'$  genommen, gibt  $i = 7' 26'' + 3'' = 7' 29''$  und dieses von (6) abgezogen gibt:

$$h'_u = 19^\circ 31' 16'' \tag{7}$$

Nun kommt die Excentricitäts- und Theilungscorrection nach S. 214 = - 10'', was zu (7) hinzugefügt gibt:

$$h_u - 10'' = 19^\circ 31' 6'' \tag{8}$$

Die Aughöhe war 4 m über der Ostsee (die Kimm nach Osten frei, siehe Fig. 1. § 58.), also nach S. 35. die Kimmtiefe = 3' 36'', was von (7) abgezogen, gibt:

$$19^\circ 27' 30'' \tag{9}$$

Die Lufttemperatur war 14° und der Barometerstand 760 mm, also nach S. [7], [9] und [11] die Refraction = 2' 42'' - 2'' + 2'' = 2' 42'', hiezu, nach S. [7] unten, noch die Höhenparallaxe 8'', gibt - 2' 42'' + 8'' = - 2' 34'' als Correction von (9) und damit:

$$\text{Wahre Höhe des Sonnenunterrandes} \dots\dots\dots 19^\circ 24' 56'' \tag{10}$$

$$\text{Hiezu der Sonnenhalbmesser wie bei (4)} \dots\dots\dots + 15' 49''$$

$$\text{Wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes} \dots\dots\dots 19^\circ 40' 45'' \tag{11}$$

Ausser diesen in aller Ausführlichkeit vorgelegten Reihen von Messungen sind noch zwei ähnliche Reihen gemessen, so dass wir im Ganzen haben:

	Kimm		Künstlicher Horizont	
Chronometer . . .	6h 39m 13,6s	6h 42m 46,7s	7h 11m 13,0s	7h 14m 35,8s
Wahre Höhe. . .	19° 9' 2''	19° 40' 43''	23° 49' 43''	24° 19' 31''

Damit kann man die Ortszeit nach § 13. berechnen ( $\varphi$  und  $\lambda$  s. o. bei (1)). Der Nautical Almanac 1883, S. 129 gibt für diese vier Zeitmomente:

$$\begin{array}{cccc} \delta = + 16^\circ 15' 6'' & + 16^\circ 15' 4'' & + 16^\circ 14' 44'' & + 16^\circ 14' 41'' \\ g = + 5^m 29,8s & + 5^m 29,8s & + 5^m 29,7s & + 5^m 29,6s \end{array}$$

und die weitere Ausrechnung nach § 13. S. 59 oder S. 60 gibt:

$$\text{Mittlere Ortszeit} = 6^h 47^m 0,3s \quad 6^h 50^m 36,1s \quad 7^h 18^m 54,2s \quad 7^h 22^m 18,2s \tag{13}$$

Die Vergleichung von (13) mit (12) gibt die Correction des Chronometers:

$$\begin{array}{rcc|cc} \text{Correction} = & + 7^m 46,7^s & + 7^m 49,4^s & + 7^m 41,2^s & 7^m 42,4^s \\ & \text{Mittel} & \text{Kimm} + 7^m 48,0^s & \text{Künstlicher Horizont} & + 7^m 41,8^s \\ & & & & \text{Differenz } 6,2^s \end{array} \quad (14)$$

Die Beobachtungen über der Kimm verlangen eine um  $6^s$  grössere Uhr correction als die Beobachtungen über dem künstlichen Horizont.

Da nach der Tabelle auf S. 67 im August bei einem Stundenwinkel von  $5^h$  bis  $6^h$  etwa  $9,5''$  Höhenänderung auf 1 Zeitsecunde kommen, so entsprechen den bei (14) angegebenen  $6,2$  Zeitsecunden  $6,2 \times 9,5 = 59''$  Höhenänderung, welche man vermuthlich als Höhenfehler der Kimmmessung anzusehen hat, und zwar wären hiernach die Kimmhöhen um  $1'$  zu gross.

Ein solcher Fehler darf uns gar nicht wundern, wenn man nur bedenkt, dass allein schon die zu  $4$  m gemessene Aughöhe über der Uferbrandung mindestens auf  $0,5$  m unsicher anzunehmen ist, was nach S. 53  $14''$  ausmacht. Dazu kommt noch die Refractionsunsicherheit an der Kimm selbst.

Nach Freedén, „Handbuch der Nautik“ (Oldenburg 1864) S. 237 kann die Kimmhöhenmessung bis zu  $3'$  unsicher werden.

Die Höhenmessung über dem künstlichen Horizont ist auch schon deswegen genauer, weil man hier den doppelten Höhenwinkel misst, so dass also die Messungsfehler nur hälftig in das Resultat eingehen.

Mit einem guten Sextanten oder Reflexionskreis kann man über dem künstlichen Horizont leicht Höhen auf  $10''$  genau messen.

Mit unserem Sextanten von S. 157 sind auch die Messungen gemacht, welche wir schon in § 21. behandelt haben. Der mittlere Höhenfehler einer Reihe von 2—5 Messungen fand sich aus der Ausgleichung  $= + 12''$  (s. (13) S. 115) und der mittlere Breitenfehler  $= + 4''$  ((16) S. 116), (vgl. hiezu auch (40) S. 287).

## § 58. Azimutbestimmung mit dem Sextanten.

Wenn die Sonne geringe Höhe hat, kann man durch Distanzmessung zwischen der Sonne und einem terrestrischen Zielpunkte das Azimut dieses letzteren bestimmen. So ist z. B. das Azimut Tübingen-Kornbühl, welches heute noch zur Orientirung des Württembergischen Landes-Coordinatensystems dient, am Ende des vorigen Jahrhunderts von Bohnenberger mit einem Spiegelsextanten so bestimmt worden. Heute wird diese Methode wohl nur noch zur See bei Küstenaufnahmen gebraucht. Als Beispiel diene Folgendes (vgl. Fig. 1.):

Am 20. Juli 1883 Abends vor Sonnenuntergang maass ich in Niendorf zwei Reihen von Distanzen zwischen der Sonne (links) und dem Kirchturm von Neustadt (rechts). In der Pause zwischen den beiden Distanzmessungen wurden mehrere Sonnenhöhenmessungen eingeschaltet und zwar über der Kimm. Der Standpunkt war am Strande von Niendorf, Aughöhe  $4$  m über der Ostsee, die Sonne stand jedoch hiebei nicht über der freien Kimm, sondern im Azimut  $120^0$  von Süd, über Scharbeuz, mit Strandweite