$$\text{Correction} = \underbrace{+\,7^m\,46{,}7^s \quad +\,7^m\,49{,}4^s}_{\text{Kimm}\ +\ 7^m\,48{,}0^s} \;\Big|\; \underbrace{+\,7^m\,41{,}2^s \quad 7^m\,42{,}4^s}_{\text{Künstlicher Horizont}\ +\ 7^m\,41{,}8^s}$$

Mittel

$$\text{Differenz } 6{,}2^s \qquad (14)$$

Die Beobachtungen über der Kimm verlangen eine um 6^s grössere Uhrcorrection 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 Freeden, „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 d o p p e l t e n 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.

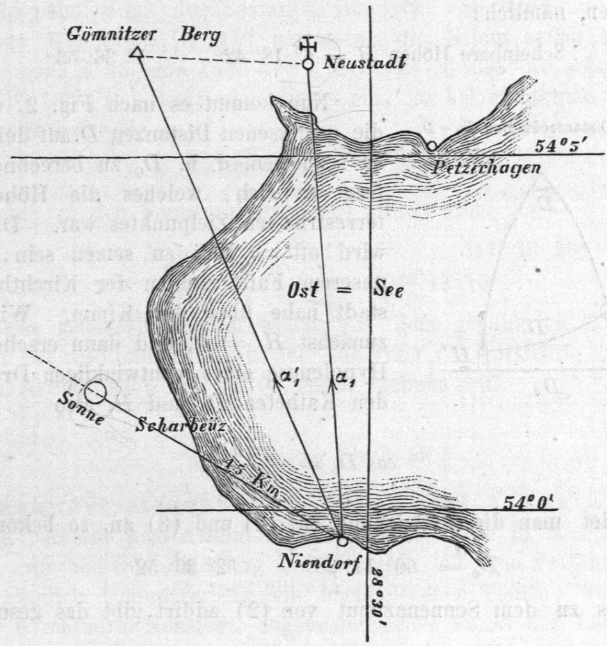
Mit unserem Sextanten von S. 157 sind auch die Messungen gemacht, welche wir schon in § 21. behandelt haben. Der mittlere Höhenfehler einer Reihe von 2—5 Messungen fand sich aus der Ausgleichung $= \pm\, 12''$ (s. (13) S. 115) und der mittlere Breitenfehler $= \pm\, 4''$ ((16) S. 116), (vergl. hiezu 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 Kirchthurm 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 nach der Karte = 4,5 km (vgl. Fig. 1.). Es war daher nach der Formel (9) § 9. S. 36 (h = 4 m s = 4,500 m) eine Kimmtiefe rund $t' = 4'\ 0''$ anzunehmen, mit welcher die Zeithöhen nach § 13. berechnet

Fig. 1. Neustädter Bucht.
(Maassstab 1 : 200 000.)



worden sind ($\varphi = 53^0\ 59'\ 50''$ und $\lambda = 0^h\ 43^m\ 18^s$ von Gr.). Die Uhrcorrection fügte sich in den schon anderwärts bekannten Gang der Uhr, weshalb wir jetzt sofort die in zwei Gruppenmittel zusammengefassten Distanzmessungen mit richtiger mittlerer Ortszeit angeben:

$$\text{Mittlere Ortszeit, 20. Juli 1883} \qquad 7^h\ 21^m\ 24^s \qquad 8^h\ 0^m\ 35^s$$

$$\text{Distanz: Sonne-Neustadt } D = \quad 60^0\ 26'\ 17'' \qquad 52^0\ 31'\ 55'' \tag{1}$$

Der Indexfehler, Blendung etc. ist an der Distanzmessung mit dem Sextanten bereits angebracht, auch der Sonnenhalbmesser ist berücksichtigt, nämlich eliminirt, weil abwechselnd beide Sonnenränder auf die Thurmspitze eingestellt wurden.

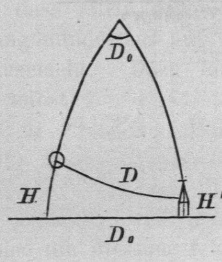
Man hat jetzt für die beiden angegebenen Zeitmomente die Azimute und Höhen der Sonne zu berechnen. Hiezu verwandelt man mittelst der Zeitgleichung ($-g = -6^m\ 5^s$) die mittleren Zeiten in wahre Zeiten, d. h. Stundenwinkel der Sonne, nimmt die Sonnendeclination aus dem Jahrbuch bzw. $+20^0\ 38'\ 40''$ und $+20^0\ 38'\ 22''$, und kann dann, nach den Formeln von § 4. (1) und (2) S. 11 oder (3) S. 13 die Azimute und die Höhen der Sonne berechnen:

Azimute	$117^0\ 0'\ 53''$	$124^0\ 45'\ 7''$	(2)
Wahre Höhen . . . $h =$	$6^0\ 10'\ 54''$	$1^0\ 14'\ 28''$	

Diese wahren Höhen verwandelt man durch Addition der Refraction und Subtraction der Parallaxe (Tafel S. [13] und S. [7] unten) in scheinbare Höhen, nämlich:

$$\text{Scheinbare Höhen } H = 6^0\ 18'\ 42'' \qquad 1^0\ 36'\ 53'' \tag{3}$$

Fig. 2. Distanzreduction $D_0 - D$.



Nun kommt es nach Fig. 2. darauf an, die gemessenen Distanzen D auf den Horizont zu reduciren, d. h. D_0 zu berechnen. Dabei fragt es sich, welches die Höhe H' des terrestrischen Zielpunktes war. Diese Höhe wird oft $=$ Null zu setzen sein, z. B. in unserem Fall erschien der Kirchthurm Neustadt nahe über der Kimm. Wir nehmen zunächst $H' = 0$, und dann erscheint D als Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks mit den Katheten D_0 und H, also

$$\cos D_0 = \frac{\cos D}{\cos H} \tag{4}$$

Wendet man diese Gleichung auf (1) und (3) an, so bekommt man:

$$D_0 = 60^0\ 14'\ 23'' \qquad 52^0\ 30'\ 52'' \tag{5}$$

Dieses zu dem Sonnenazimut von (2) addirt gibt das gesuchte

$$\text{Azimut Neustadt} = 177^0\ 15'\ 16'' \qquad 177^0\ 15'\ 59'' \tag{6}$$

$$\text{Mittel } 177^0\ 15'\ 38'' \tag{7}$$

Wenn H' in Fig. 2. nicht nahezu gleich Null ist, so könnte man etwa nach der Horizont-Reductionsformel von § 40. (4) S. 208 rechnen, da diese aber selbst von der Annahme ausgeht, dass die Sonnenhöhe H in Fig. 2. klein sei (etwa unter 5^0), was nicht immer zutrifft, so ziehen wir vor, die strenge Reductionsformel zu benutzen, nämlich nach Fig. 2.:

$$\cos D = \cos (90^0 - H) \cos (90^0 - H') + \sin (90^0 - H) \sin (90^0 - H') \cos D_0$$

$$\cos D_0 = \frac{\cos D - \sin H \sin H'}{\cos H \cos H'} \tag{8}$$

was mit $H' = 0$ in die Näherungsformel (4) übergeht. Man kann nach (8) sofort rechnen, ausser wenn D und D_0 in die Nähe von 0^0 oder 180^0 fallen, was man aber ohnehin vermeiden muss. Jedenfalls kann man übrigens auch (8) umformen, indem man setzt:

$$1 - \cos D_0 = 2 \sin^2 \frac{D_0}{2} = \frac{\cos H \cos H' - \cos D + \sin H \sin H'}{\cos H \cos H'}$$

woraus man findet:

$$\sin\frac{D_0}{2} = \sqrt{\frac{\sin\frac{D+(H-H')}{2}\,\sin\frac{D-(H-H')}{2}}{\cos H\cos H'}} \tag{9}$$

Um zu sehen, ob diese stengere Rechnung ein merklich anderes Resultat gibt als das frühere (7), nehmen wir nun auch die Höhe H'. Es wurde nämlich mit dem Sextanten die Höhe der Kirchthurmspitze über der freien Kimm $= 16'\ 37''$ gemessen, die Kimm selbst hat bei 4 m Aughöhe nach S. 35 eine Tiefe von $3'\ 36''$, es ist also die scheinbare Höhe $H' = 0^0\ 13'\ 1''$. Setzt man dieses ein, so bekommt man aus (8) und (9) übereinstimmend:

$$D_0 = 60^0\ 17'\ 2'' \qquad 52^0\ 31'\ 19''$$

Dieses zu den Sonnenazimuten (2) addirt gibt:

Azimut Neustadt $= 177^0\ 17'\ 55''$ $\qquad 117^0\ 16'\ 26''$

Mittel $177^0\ 17'\ 10''$ (10)

Dieses genauere Resultat weicht von dem genäherten (7) um $1'\ 32''$ ab, man hat also immerhin mit der Näherung (4) vorsichtig zu sein, wenn man im Azimut auch nur auf $1'$ genau rechnen will.

Anhang zu § 58.

Rückwärtseinschneiden durch zwei Azimute (s. o. Fig. 1. S. 281). Ausser dem Azimut nach Neustadt wurde in Niendorf auch der Winkel zwischen Gömnitzerberg und Neustadt mit dem Sextanten gemessen, es ist nämlich Gömnitzerberg ein hochgelegener Thurm, welcher ebenso, wie der Kirchthurm Neustadt, trigonometrischer Punkt der Landesaufnahme ist. Es bietet dieses eine Gelegenheit, im Anschluss an die vorstehende astronomische Azimutmessung, auch das geodätische Rückwärtseinschneiden durch zwei Azimute zu behandeln.

Nach Mittheilung der trigonometrischen Abtheilung der preussischen Landesaufnahme sind durch die Triangulirung von Schleswig-Holstein folgende geographische Coordinaten bestimmt worden:

Gömnitzer Berg. . . $\varphi_3 = 54^0\ 6'\ 43{,}888''$ $\qquad \lambda_3 = 28^0\ 24'\ 39{,}286''$ (11)

Neustadt, Kirchthurm $\varphi_2 = 54^0\ 6'\ 30{,}589''$ $\qquad \lambda_2 = 28^0\ 28'\ 54{,}954''$ (12)

(Der von Niendorf aus ebenfalls sichtbare Leuchtthurm Pelzerhagen, ist leider kein trigonometrischer Punkt der Landesaufnahme.) Für den Standpunkt Niendorf wurden aus der topographischen Karte folgende Näherungs-Coordinaten entnommen:

Niendorf, Näherung, $(\varphi) = 53^0\ 59'\ 50''$ $\qquad (\lambda) = 28^0\ 29'\ 20''$ (13)

Aus der oben behandelten astronomischen Messung nebst der Winkelmessung zwischen Gömnitzerberg und Neustadt wurden folgende Azimute erhalten:

Azimut Niendorf-Gömnitzerberg $= 158^0\ 1'$ von Süd über West
" " Neustadt (s. o. (10)) $= 177^0\ 17'$ " " " "
" " Pelzerhagen $= 195^0\ 46'$ " " " "

Es ist uns jedoch dieses Mal bequemer, die Azimute von Nord nach West (linksseitig) zu zählen (vgl. Fig. 3.), d. h.:

Gömnitzerberg $\alpha_1' = 21^0\ 59'$ von Nord über West (14)

Neustadt $\alpha_1 = 2^0\ 43'$ " " " " (15)

Wenn die Azimute, welche (nach (10) zu schliessen) etwa auf 30″ thatsächlich genau sind, hier auf 1′ abgerundet werden, so dürfte man die geographischen Coordinaten, entsprechend (11) und (12), auf 0,1″ abrunden (1′ Azimutfehler auf 13 km Entfernung gibt 4 m, und 0,1″ Breite ist = 3 Meter Erdbogen). Wir rechnen jedoch genauer, um ein formell consequentes Beispiel zu haben.

Die Beziehungen zwischen den Breiten $\varphi_1\ \varphi_2$ zweier Punkte des Erdellipsoids nebst ihrem Längenunterschied $\Delta\lambda$ einerseits, und der Entfernung s nebst den Azimuten α_1 und α_2 andererseits (vgl. Fig. 3.) werden geodätisch so dargestellt:

Man setze:

$$\frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} = \alpha = \text{Mittelazimut} \tag{16}$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = c = \text{Meridianconvergenz} \tag{17}$$

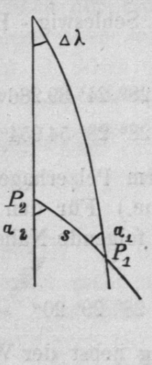
$$\frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2} = \varphi = \text{Mittelbreite} \tag{18}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi = \text{Breitendifferenz} \tag{19}$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \Delta\lambda = \text{Längendifferenz von West nach Ost} \tag{20}$$

$$\frac{\varrho}{R_m} = (1) \text{ und } \frac{\varrho}{R_n} = (2) \text{ (Geodätische Hauptcoefficienten)} \tag{21}$$

Fig. 3. Geodätische Uebertragung von Breite, Länge und Azimut.



wo R_m der Meridiankrümmungshalbmesser und R_n der Querkrümmungshalbmesser für die Mittelbreite φ ist, $\varrho = 206\,265''$, und *log* (1) und *log* (2) aus den „Rechnungsvorschriften für die trigonometrische Abtheilung der Landesaufnahme“ zu entnehmen sind. (In des Verfassers „Handb. d. Verm.“ II S. 286—287 sind diese *log* (1) und *log* (2) mit *log M* und *log N* bezeichnet, und auf S. 424—427 sind sie, nach Gauss verwechselt, mit *log* (2) und *log* (1) bezeichnet.) Damit hat man:

$$tang\,\alpha = \frac{\dfrac{\Delta\lambda}{(2)}\cos\varphi}{\dfrac{\Delta\varphi}{(1)}} = \frac{(1)}{(2)}\,\frac{\Delta\lambda\cos\varphi}{\Delta\varphi} \tag{22}$$

$$s = \frac{\Delta\lambda \cos\varphi}{(2) \sin\alpha} = \frac{\Delta\varphi}{(1) \cos\alpha} \tag{23}$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = c = -\Delta\lambda \sin\varphi \text{ (wenn } + \Delta\lambda \text{ von West nach Ost geht)} \tag{24}$$

$$\alpha_2 = \alpha + \frac{c}{2} \qquad \alpha_1 = \alpha - \frac{c}{2} \tag{25}$$

Nun besteht die Auflösung unserer Aufgabe darin, dass man mit den Näherungen (13), nebst den gegebenen Coordinaten (11) und (12) die diesseitigen Azimute α_1 und α_1' nach den Bezeichnungen und Formeln (16) bis (25) berechnet, und zusieht, ob diese Azimute mit den astronomisch gemessenen Azimuten (14) und (15) stimmen.

(Das Formelsystem (16) bis (25) ist daher zweimal anzuwenden, wobei für Gömnitzerberg α_1' an Stelle von α_1 und überall $_3$ an Stelle von $_2$ tritt.)

Aus der Vergleichung der so berechneten Azimute mit den bei (14) und (15) angegebenen astronomisch gemessenen Azimuten kann man auf die Verbesserungen der Näherungs-Coordinaten (φ) und (λ) von (13) schliessen, indem man die Azimutformel (22) nach φ und nach λ differentiirt. Dieses gibt:

$$d \, tang\, \alpha = \frac{d\alpha}{\cos^2\alpha} = \frac{(1)}{(2)} \frac{\cos\varphi}{\Delta\varphi} d\Delta\lambda - \frac{(1)}{(2)} \frac{\Delta\lambda \cos\varphi}{\Delta\varphi^2} d\Delta\varphi$$

oder wegen (23), mit Zusetzung von ϱ für $d\alpha$ in Secunden:

$$d\alpha = \frac{\varrho}{(2)} \frac{\cos\alpha}{s} \cos\varphi \, d\Delta\lambda - \frac{\varrho}{(1)} \frac{\sin\alpha}{s} d\Delta\varphi \tag{26}$$

Wenn man die Bedeutungen von $\Delta\varphi$ und $\Delta\lambda$ nach (19) und (20) nebst Fig. 3. ins Auge fasst, und wenn man nun bestimmt, dass die Aenderungen $\Delta\varphi$ und $\Delta\lambda$ nur auf den diesseitigen Punkt P_1 = Niendorf (Fig. 1. und Fig. 3.) fallen sollen, so ist in (26) zu setzen:

$$d\Delta\varphi = -d\varphi \qquad d\Delta\lambda = +d\lambda$$

also statt (26):

$$d\alpha = \frac{\varrho}{(1)} \frac{\sin\alpha}{s} d\varphi + \frac{\varrho}{(2)} \frac{\cos\alpha}{s} \cos\varphi \, d\lambda \tag{27}$$

Auch die Meridianconvergenz nach (24) ändert sich ein wenig:

$$dc = -d\lambda \sin\varphi \tag{28}$$

Die Aenderungen $d\alpha_2$ und $d\alpha_1$ von α_2 und α_1 setzen sich ebenso aus (27) und (28) zusammen, wie sich α_2 und α_1 selbst nach (25) zusammensetzen, d. h.:

$$d\alpha_2 = d\alpha + \frac{dc}{2} = \frac{\varrho}{(1)} \frac{\sin\alpha}{s} d\varphi + \left(\frac{\varrho}{(2)} \frac{\cos\alpha}{s} \cos\varphi - \frac{\sin\varphi}{2}\right) d\lambda$$

$$d\alpha_1 = d\alpha - \frac{dc}{2} = \frac{\varrho}{(1)} \frac{\sin\alpha}{s} d\varphi + \left(\frac{\varrho}{(2)} \cos\alpha \cos\varphi + \frac{\sin\varphi}{2}\right) d\lambda \tag{29}$$

Für jedes der beiden vorhandenen Azimute (14) und (15) schreibt man die Gleichung (29) an, löst diese beiden Gleichungen nach $d\varphi$ und $d\lambda$ auf, und fügt diese Correctionen den Näherungen (13) hinzu.

Mit (11), (12) und (13) berechnet man zu diesem Zweck:

$$\text{Niendorf-Gömnitzerberg. Näherung } \log s' = 4.139207 \qquad \alpha_1' = 21^0\ 44'\ 48'' \qquad (30)$$

$$\text{„ Neustadt „ } \log s = 4.093159 \qquad \alpha_1 = 2^0\ 6'\ 24'' \qquad (31)$$

Die Vergleichung mit (14) und (15) gibt:

$$d\,\alpha_1' = +\,14'\ 12'' = +\,852'' \qquad d\,\alpha_1 = +\,36'\ 36'' = +\,2196''$$

und wenn man auch noch die Coefficienten nach (29) ausrechnet, erhält man die zwei Gleichungen:

$$+\ 852'' = 170{,}5\ d\,\varphi + 253{,}8\ d\,\lambda$$
$$+\ 2196'' = 19{,}0\ d\,\varphi + 303{,}4\ d\,\lambda$$

Deren Auflösung gibt:

$$d\,\varphi = -\,6{,}370'' \qquad d\,\lambda = +\,7{,}638$$

Diese Correctionen werden zu den Näherungsannahmen (13) hinzugefügt und geben:

$$\text{Niendorf } \varphi_1 = 53^0\ 59'\ 43{,}630'' \qquad \lambda_1 = 28^0\ 29'\ 27{,}638''$$

Wiederholt man damit die Azimutberechnung, so findet man noch kleine (sachlich unerhebliche) Widersprüche, welche man durch eine zweite Gleichungsauflösung vollends zum Verschwinden bringen kann, deren Resultat ist:

$$\text{Niendorf endgültig (Preuss.) } \varphi_1 = 53^0\ 59'\ 43{,}583'' \qquad \lambda_1 = 28^0\ 29'\ 27{,}779'' \qquad (32)$$

Diese Coordinaten beziehen sich auf das geodätische System der Preussischen Landesaufnahme. Zur Reduction auf astronomische Werthe können wir die Angaben der Grossherzoglich Mecklenburgischen Landesvermessung benutzen, deren „Verzeichniss von geographischen Positionen, rechtwinkligen Coordinaten und Höhen, Schwerin 1882“ (C. Tafeln S. 8 und 9) Folgendes gibt (auf 0,1″ abgerundet):

$$\text{Mecklenburgische astron. Breite} = \text{Preuss. Breite} - 3{,}4'' \qquad (33)$$

$$\left\{\begin{array}{l} \text{Preussische Länge} = 29^0\ 5'\ 0'' + 14{,}5'' - \text{Mecklenburgische Länge} \\ \text{Greenwicher „} = 11^0\ 25'\ 1'' + 14{,}5'' - \text{„ „} \end{array}\right\}$$

also:

$$\text{Greenwicher Länge} = -\,17^0\ 39'\ 51'' + \text{Preussische Länge} \qquad (34)$$

Fügt man diese Correctionen (33) und (34) zu (32), so erhält man:

$$\text{Niendorf } \varphi = 53^0\ 59'\ 40{,}2'' \qquad \left.\begin{array}{l} \lambda = 10^0\ 49'\ 36{,}8'' \text{ östlich von Greenw.} \\ = 0^h\ 43^m\ 18{,}453^s \text{ „ „ „} \end{array}\right\} \qquad (35)$$

Die Länge von Greenwich ist hier „nach dem System der deutschen Küstenkarten“ gezählt.

Eine andere Längenreduction erhält man auch durch Vergleichung der Preussischen geodätischen Fundamentallänge, nämlich Berliner Sternwarte, Annahme vom Jahre 1865:

$$\text{Berlin} = 2^h\ 4^m\ 14{,}75^s = 31^0\ 3'\ 41{,}25'' \text{ östlich von Ferro} \qquad (36)$$

Der Generalbericht der Europäischen Gradmessung für 1880, Anhang III. S. 30 gibt:

$$\text{Berlin-Greenwich} = 0^h\,53^m\,34{,}870^s = 13^0\,23'\,43{,}05'' \qquad (37)$$

(Dieses ist der berechnete, ausgeglichene Werth, wobei zu beachten ist, dass auf S. 30, Anhang III. des Gen.-Ber. der Europ. Gradm. durch einen Druckfehler oben „Berechnete Länge“ und „Beobachtete Länge“ verwechselt sind.)

Aus (36) und (37) zusammen folgt, dass die Geodätischen Längen der Preussischen Landesaufnahme in astronomische Greenwicher Länge verwandelt werden durch die Zufügung von

$$-\,1^h\,10^m\,39{,}880^s = -\,17^0\,39'\,58{,}20'' \qquad (38)$$

dieses differirt um $0{,}5^s = 7{,}2''$ gegen (34).

Da wir diese Vergleichung nur aus theoretischem Interesse so scharf durchgeführt haben, haben wir, in der Länge jedenfalls auf 1^s genügend, für unseren mehrfach benutzten Beobachtungspunkt Niendorf, Strandhütte Schröder, am westlichen Ende des Dorfes nach (35):

$$\text{Niendorf} \quad \varphi = 53^0\,59'\,40'' \qquad \lambda = 0^h\,43^m\,18^s \text{ von Greenwich} \qquad (39)$$

Mit diesem geodätisch übertragenen Resultat stimmt unsere mit dem Sextanten aus Sonnenhöhen erhaltene astronomische Breite von § 21. (16) S. 116:

$$\varphi = 53^0\,59'\,52'' \pm 4'' \qquad (40)$$

innerhalb der allen Umständen entsprechenden Genauigkeit überein (für welche der früher zu $\pm\,4''$ berechnete mittlere Fehler kein genügendes Maass ist).

§ 59. Monddistanzen. Grundgedanke und Grundformeln.

Die Eigenbewegung des Mondes am Himmel ist so bedeutend, nämlich etwa 13^0 in 1 Tag, dass diese Bewegung zur Bestimmung absoluter Zeit, — im Gegensatz zur Ortszeit — benutzt werden kann; so dass aus der Vergleichung jener absoluten Zeit mit einer Ortszeit die geographische Länge des Ortes bestimmt wird.

Das Himmelsgewölbe mit seinen Sternen und dem darauf wandelnden Monde stellt gewissermaassen eine grosse Weltuhr vor; der Himmel ist das Zifferblatt, die Sterne sind die Ziffern, der Mond ist der Zeiger, und ohne Messinstrumente könnte man unter Umständen diese Weltuhr benutzen um das Datum eines Tages zu bestimmen, wenn man die in den astronomischen Jahrbüchern voraus berechneten Abstände des Mondes von einzelnen Sternen kennt. Man habe z. B. im Frühling 1884 am Anfang April eines Abends beobachtet, dass der Mond nahe der Mitte zwischen den beiden hellen Planeten Venus und Jupiter stand, jedoch etwa 1 Handbreit näher an Jupiter als an Venus; am folgenden Tage Abends war