

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000301634

Neues Handbuch
der
Schiffahrtskunde.

Bearbeitet von

Dr. F. BOLTE

Direktor der Navigationsschule zu Hamburg.

Zweite Auflage.



Nr. 172.



HAMBURG

Verlagsanstalt und Druckerei A.-G. (vormals J. F. Richter)

Königl. schwedisch-norwegische Hofbuchhandlung.

X
1.080

Alle Rechte vorbehalten.



III 16652

Druck der Verlagsanstalt und Druckerei A.-G. (vormals J. F. Richter) in Hamburg.

Akc. Nr. 3822/50

Vorwort zur zweiten Auflage.

Als vor sechs Jahren das »Neue Handbuch der Schiffahrtskunde« herausgegeben wurde, war die leitende Absicht weniger auf die Veröffentlichung eines Lehrbuches für Navigationsschulen gerichtet, als vielmehr darin begründet, die seit den Zeiten des »Handbuches der Schiffahrtskunde« von Dr. Charles Rümcker in den Methoden der Nautik eingetretene Entwicklung in organischem Aufbau zur Darstellung zu bringen und insbesondere dem Prinzip der Standlinien die ihm nach Ansicht des Verfassers gebührende Stellung als Grundlage und Ausgangspunkt der astronomischen Nautik sichern zu helfen.

Wenn nunmehr die zweite Auflage der Öffentlichkeit übergeben wird, so ist zwar im allgemeinen der aus dieser Auffassung resultierende Aufbau beibehalten worden; indessen der Umstand, dass das Buch jetzt speziell als Leitfaden für den nautischen Unterricht an der Navigationsschule zu Hamburg dienen soll, hat eine in vielen Punkten wesentliche Abweichung in der Darstellung und Behandlung der einzelnen Teile notwendig gemacht.

Vor allen Dingen hat die astronomische Ortsbestimmung durch Gestirnhöhen, welche in den letzten Jahren für die Standliniennautik manche Vereinfachung gebracht hat, die maritime Meteorologie und die Deviationslehre, den neuen Anforderungen der nautischen Prüfungen gemäss, eine wesentliche Umarbeitung erfahren.

Hamburg, im Juni 1905.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

| | Seite |
|---|-------|
| Aufgabe der Schiffahrtskunde | I |
| § 1. Gestalt und Einteilung der Erde. Breite und Länge | I |
| § 2. Recht- und missweisender Kurs. Kursverwandlung | 3 |
| § 3. Kompasskurs. Kursverwandlung | 4 |
| § 4. Abtrift | 5 |
| § 5. Fahrt. Logge | 6 |
| § 6. Handlogge | 6 |
| § 7. Relingslogge | 9 |
| § 8. Patentlogge | 9 |
| § 9. Grundlogge | 10 |
| § 10. Bestimmung der Fahrt durch Ablaufen einer bekannten Distanz | 11 |

Erster Teil.

Die Schiffahrt nach der Karte (Küstenschiffahrt).

Erster Abschnitt.

Seekarten.

| | |
|---|----|
| § 11. Zweck der Seekarten | 12 |
| § 12. Die Loxodrome. Prinzip der Mercatorschen Projektion | 13 |
| § 13. Abweichung und Längenunterschied. Kursdreieck | 14 |
| § 14. Die Messung der Distanzen in Mercators Karte | 16 |
| § 15. Kartenzeichnen | 16 |
| § 16. Gebrauch der Mercatorschen Karte | 18 |
| § 17. Orientierung in der Karte durch Loten | 20 |

Zweiter Abschnitt.

Bestimmung des Schiffsortes durch Beobachtung von Landobjekten und Seezeichen.

| | |
|---|----|
| § 18. Schiffsort als Schnittpunkt zweier terrestrischer Standlinien | 20 |
| a) Ein Objekt sichtbar. | |
| § 19. Peilung und Lotung | 21 |
| § 20. Peilung eines Feuers in der Kimm | 21 |
| § 21. Peilung und Abstandsbestimmung durch Messen des Vertikalwinkels | 22 |
| § 22. Doppelpeilung | 24 |
| b) Zwei Objekte sichtbar. | |
| § 23. Kreuzpeilung | 27 |
| § 24. Abgestumpfte Doppelpeilung | 27 |
| § 25. Messung des Horizontalwinkels und eines Vertikalwinkels | 28 |
| § 26. Peilung und Messung des Horizontalwinkels | 30 |

| | | |
|-------|--------------------------------|-------|
| | c) Drei Objekte sichtbar. | Seite |
| § 27. | Das Pothenotsche Problem | 30 |

Dritter Abschnitt.

Stromschiffahrt.

| | | |
|-------|--|----|
| § 28. | Fundamentalsatz der Stromschiffahrt .. | 31 |
| § 29. | Erster Fall | 32 |
| § 30. | Zweiter Fall | 32 |
| § 31. | Dritter Fall | 33 |

Zweiter Teil.

Die Schiffahrt nach der Besteckrechnung.

Erster Abschnitt.

Die Besteckrechnung nach einzelnen Kursen.

| | | |
|-------|--|----|
| § 32. | Inhalt der Besteckrechnung | 35 |
| § 33. | Meridiansegeln | 35 |
| § 34. | Parallelsegeln | 36 |
| § 35. | Das Segeln auf einem Zwischenstrich. Kursdreieck | 37 |
| § 36. | Die Formeln der Rechnung nach Mittelbreite | 39 |
| § 37. | Erster Fall | 41 |
| § 38. | Zweiter Fall | 41 |

Zweiter Abschnitt.

Die Besteckrechnung nach Koppelkursen.

| | | |
|-------|---|----|
| § 39. | Erklärung der Methode. Beispiele | 42 |
| § 40. | Die Zuverlässigkeit der Besteckrechnung | 44 |
| § 41. | Die Besteckversetzung | 45 |

Dritter Abschnitt.

Das Segeln im grössten Kreise.

| | | |
|-------|---|----|
| § 42. | Erklärungen | 46 |
| § 43. | Berechnung von Anfangskurs, Endkurs und Distanz im Bogen des grössten Kreises | 47 |
| § 44. | Fall 1. Gleichnamige Breiten, Berechnung des Scheitelpunktes | 48 |
| § 45. | Schnittpunkte von Zwischenmeridianen | 49 |
| § 46. | Fall 2. Ungleichnamige Breiten, Berechnung des Übergangspunktes. Schnittpunkte von Zwischenmeridianen | 50 |
| § 47. | Methode von Jescewich | 51 |
| § 48. | Seekarten nach gnomonischer Projektion | 53 |
| § 49. | Vergleichung der orthodromischen Distanz mit der loxodromischen | 53 |

Dritter Teil.

Die Schiffahrt nach astronomischen Beobachtungen.

Erster Abschnitt.

Astronomische Grundbegriffe.

Erstes Kapitel.

Bestimmung des Gestirnortes am Himmel durch Koordinaten.

| | | |
|-------|---|----|
| § 50. | Hauptkreise am Himmel | 55 |
| § 51. | Das Koordinatensystem des wahren Horizontes | 56 |

| | | |
|-------|--|----|
| § 52. | Das Koordinatensystem des Himmelsäquators | 57 |
| § 53. | Die geographische Breite als Kreisbogen am Himmel..... | 59 |

Zweites Kapitel.

Die scheinbare tägliche Drehung des Himmels als Mass der Zeit.

| | | |
|-------|---|----|
| § 54. | Sterntag, Sternzeit | 59 |
| § 55. | Wahrer Sonnentag, wahre Ortszeit | 60 |
| § 56. | Mittlerer Sonnentag, mittlere Ortszeit | 61 |
| § 57. | Wahre Zeit und mittlere Zeit, Zeitgleichung | 62 |
| § 58. | Sternzeit und mittlere Zeit | 63 |
| § 59. | Länge als Differenz der mittleren Ortszeit und der mittleren Greenwicher Zeit | 63 |

Drittes Kapitel.

Das nautisch-astronomische Grunddreieck zwischen Zenit, Pol und Gestirn.

| | | |
|-------|--|----|
| § 60. | Die Seiten und Winkel des Dreiecks | 64 |
|-------|--|----|

Zweiter Abschnitt.

Die Vorbereitungsrechnungen der nautisch-astronomischen Aufgaben.

Erstes Kapitel.

Die Reduktion der Breite und Länge.

| | | |
|-------|----------------|----|
| § 61. | Aufgaben | 65 |
|-------|----------------|----|

Zweites Kapitel.

Verwandlung der beobachteten Kimmabstände in wahre Höhen.

| | | |
|-------|--|----|
| § 62. | Verwandlung der beobachteten Kimmabstände in scheinbare Höhen durch Subtraktion der Kimmtiefe | 66 |
| § 63. | Verwandlung der scheinbaren Höhe in die wahre Höhe | 68 |
| | a) Die Strahlenbrechung | 68 |
| | b) Die Parallaxe | 69 |
| | c) Der Halbmesser | 70 |
| § 64. | Verwandlung des beobachteten Kimmabstandes in die wahre Mittelpunktshöhe durch Anbringung der Gesamtkorrektion | 73 |
| | a) Die Sonne | 73 |
| | b) Fixsterne | 74 |
| | c) Planeten | 75 |
| | d) Der Mond | 75 |

Drittes Kapitel.

Die Berechnung der Greenwicher Zeit und die Interpolation der Jahrbuchsgrössen.

| | | |
|-------|--|----|
| § 65. | Die Berechnung der Greenwicher Zeit aus der Ortszeit mit Hilfe der Länge | 79 |
| § 66. | Die Bestimmung der Greenwicher Zeit durch Chronometer | 80 |
| § 67. | Die Interpolation der Jahrbuchsgrössen | 82 |

Viertes Kapitel.

Die Ermittlung der Stundenwinkel der Gestirne.

| | | |
|-------|---|----|
| § 68. | Der Stundenwinkel der Sonne | 83 |
| § 69. | Der Stundenwinkel der andern Gestirne | 84 |

Dritter Abschnitt.

Besondere Erscheinungen bei der scheinbaren täglichen Bewegung der Gestirne.

Erstes Kapitel.

Das Gestirn im Meridian.

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| § 70. | Die Kulmination der Sonne | 85 |
| § 71. | Die Kulmination des Mondes | 86 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| § 72. | Die Kulmination der Planeten | 87 |
| § 73. | Die Kulmination der Fixsterne | 88 |

Zweites Kapitel.

Das Gestirn im wahren Horizont.

| | | |
|-------|---|----|
| § 74. | Die Zeit des wahren Auf- und Unterganges. Halber Tagbogen | 90 |
| § 75. | Der Ort des wahren Auf- und Unterganges. Amplitude | 91 |

Drittes Kapitel.

Das Gestirn im ersten Vertikal.

| | | |
|-------|--|----|
| § 76. | Stundenwinkel im ersten Vertikal | 91 |
| § 77. | Höhe im ersten Vertikal | 92 |

Vierter Abschnitt.

Einige in der Nautik wiederholt Anwendung findende Berechnungen des Dreiecks Zenit—Pol—Gestirn.

Erstes Kapitel.

Die Bestimmung der mittleren Ortszeit.

| | | |
|-------|--|----|
| § 78. | Berechnung des Stundenwinkels | 92 |
| § 79. | Berechnung der mittleren Ortszeit aus dem Stundenwinkel der Sonne | 93 |
| § 80. | Berechnung der mittleren Ortszeit aus dem Stundenwinkel der übrigen Gestirne | 95 |

Zweites Kapitel.

Die Berechnung der wahren Zenitdistanzen.

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| § 81. | Ableitung der Formel. Beispiele | 96 |
|-------|---------------------------------------|----|

Drittes Kapitel.

Die Bestimmung des wahren Azimuts.

| | | |
|-------|---|-----|
| § 82. | Berechnung des Azimuts mit der Höhe (Höhenazimut) | 99 |
| § 83. | Berechnung des Azimuts mit dem Stundenwinkel (Zeitazimut) | 100 |
| § 84. | Berechnung des Polsternazimuts | 101 |
| § 85. | Berechnung des Azimuts nach Tafel 27 | 102 |

Fünfter Abschnitt.

Die astronomische Ortsbestimmung durch Standlinien.

Erstes Kapitel.

Die astronomische Standlinie (Höhengleiche).

| | | |
|-------|--|-----|
| § 86. | Erklärung der Höhengleiche | 103 |
| § 87. | Breite und Länge des Projektionspunktes | 104 |
| § 88. | Die Höhengleiche in Mercators Karte, Astronomische Standlinie, Sehnen- und Tangentenkonstruktion. | 105 |

Zweites Kapitel.

Die Konstruktion der astronomischen Standlinie in der Karte.

| | | |
|-------|--|-----|
| § 89. | Die terrestrische Projektion des Dreiecks Zenit—Pol—Gestirn | 105 |
| § 90. | Das Verfahren der Längenmethode | 106 |
| § 91. | Die Längenmethode als Sehnenkonstruktion | 107 |
| § 92. | Die Längenmethode als Tangentenkonstruktion | 108 |
| § 93. | Günstige Bedingung für die Anwendung der Längenmethode: Azimut möglichst nahe an 90° | 108 |
| § 94. | Das Verfahren der Breitenmethode | 109 |
| § 95. | Die Breitenmethode als Sehnenkonstruktion | 110 |
| § 96. | Die Breitenmethode als Tangentenkonstruktion | 111 |

| | | |
|-------|--|-----|
| § 97. | Günstige Bedingung für die Anwendung der Breitenmethode: Azimut möglichst nahe an 0° oder 180° | 111 |
| § 98. | Das Verfahren der Höhenmethode (stets Tangentenkonstruktion) | 111 |
| § 99. | Die Höhenmethode ist immer anwendbar | 113 |

Drittes Kapitel.

Die Zuverlässigkeit der konstruierten Standlinie.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 100. | Einfluss eines Fehlers im Chronometerstand | 113 |
| § 101. | Einfluss eines Höhenfehlers | 114 |
| § 102. | Ungenauigkeiten der Rechnung und Konstruktion | 114 |

Viertes Kapitel.

Die Anwendung der Standlinie in der Karte.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 103. | Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination zweier Standlinien bei zwei an demselben Orte gemessenen Höhen | 115 |
| § 104. | Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination zweier Standlinien bei zwei an verschiedenen Orten gemessenen Höhen | 116 |
| § 105. | Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination einer Standlinie mit einer gleichzeitigen Lotung | 116 |
| § 106. | Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination einer Standlinie mit einer nicht gleichzeitigen Lotung | 117 |
| § 107. | Anseglung von Land | 118 |
| § 108. | Chronometerkontrolle | 119 |
| § 109. | Bestimmung des wahrscheinlichsten Schiffsortes durch Kombination von mehr als zwei Standlinien | 120 |

Sechster Abschnitt.

Die astronomische Ortsbestimmung durch Breite und Länge.

Erstes Kapitel.

Die Bestimmung der Breite und Länge durch zwei Höhen (Zweihöhenproblem).

Fall I: Beide Höhen an demselben Orte beobachtet.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 110. | Bestimmung von Breite und Länge durch Konstruktion | 121 |
| § 111. | Bestimmung der Breite und Länge durch Rechnung | 123 |

Fall II: Beide Höhen an verschiedenen Orten beobachtet.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 112. | Bestimmung von Breite und Länge durch Konstruktion | 124 |
| § 113. | Bestimmung von Breite und Länge durch Rechnung | 124 |
| § 114. | Die Zuverlässigkeit des Zweihöhenproblems | 125 |

Zweites Kapitel.

Die Methode der Breitenbestimmung.

I. Breitenbestimmung durch Meridianhöhen (Meridianbreiten).

| | | |
|--------|---|-----|
| § 115. | Höhen im oberen Meridian | 126 |
| § 116. | Höhen im unteren Meridian | 127 |
| § 117. | Die Beobachtung von Meridianhöhen | 128 |
| § 118. | Die Zuverlässigkeit der Meridianbreiten | 128 |

II. Breitenbestimmung der Nebenmeridianhöhen (Nebenmeridianbreiten).

| | | |
|--------|--|-----|
| § 119. | Erklärung der Methode | 130 |
| § 120. | Die Zuverlässigkeit der Nebenmeridianbreiten | 132 |

III. Breitenbestimmung durch Polarsternhöhen.

| | | |
|--------|-----------------------|-----|
| § 121. | Erklärung der Methode | 133 |
|--------|-----------------------|-----|

Drittes Kapitel.

Die Methode der Längenbestimmung.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 122. | Die Methode der Chronometerlängen | 135 |
| § 123. | Die Zuverlässigkeit der Chronometerlängen | 136 |
| § 124. | Kombination von Meridianbreite und Chronometerlänge | 138 |

Siebenter Abschnitt.

Seite

Die Bestimmung der Gesamtmissweisung und der Deviation des Kompasses.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 125. | Die Bestimmung der Gesamtmissweisung..... | 139 |
| § 126. | Die Bestimmung der Deviation..... | 140 |
| § 127. | Die Reduktion auf andere Kompass..... | 140 |
| § 128. | Die Bestimmung der Deviation auf möglichst vielen Kursen. Deviationsdiagramme..... | 142 |

Achter Abschnitt.

Die Methoden der Chronometerkontrolle.

Erstes Kapitel.

Chronometerkontrolle durch Zeitsignale.

| | | |
|--------|-----------------------------|-----|
| § 129. | Erklärungen. Beispiele..... | 144 |
|--------|-----------------------------|-----|

Zweites Kapitel.

Chronometerkontrolle durch Gestirnhöhen.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 130. | Erklärungen. Beispiele..... | 145 |
| § 131. | Zuverlässigkeit der Chronometerkontrolle durch Gestirnhöhen..... | 148 |

Drittes Kapitel.

Chronometerkontrolle durch Mondstanz.

| | | |
|--|---|-----|
| § 132. | Erklärung des Wesens der Methode..... | 148 |
| a) Ermittlung der scheinbaren Höhen und der scheinbaren Mittelpunktsdistanz. | | |
| § 133. | Ermittlung der scheinbaren Höhen durch Beobachtung..... | 149 |
| § 134. | Ermittlung der scheinbaren Höhen durch Rechnung..... | 150 |
| § 135. | Ermittlung der scheinbaren Mittelpunktsdistanz. Korrektion der Halbmesser..... | 151 |
| b) Verwandlung der scheinbaren Mittelpunktsdistanz in die wahre Mittelpunktsdistanz. | | |
| § 136. | Die erste und zweite Korrektion..... | 154 |
| § 137. | Die dritte Korrektion. Einfluss von Thermometer- und Barometerstand..... | 155 |
| § 138. | Einfluss der Parallaxe des Distanzgestirns..... | 156 |
| c) Ableitung der mittleren Greenwicher Zeit aus der wahren Mittelpunktsdistanz. | | |
| § 139. | Annahme der gleichmässigen Änderung der Distanzen. Korrektion für zweite Differenzen..... | 157 |
| § 140. | Vollständige Durchführung der Rechnung von Mondstanz..... | 158 |
| § 141. | Die Zuverlässigkeit der Chronometerkontrolle durch Mondstanz..... | 158 |
| § 142. | Die rationellste Ausnutzung der Mondstanz..... | 159 |

Vierter Teil.

Grundzüge der maritimen Meteorologie und Ozeanographie.

Erster Abschnitt.

Meteorologische Elemente.

| | | |
|--------|------------------|-----|
| § 143. | Allgemeines..... | 161 |
|--------|------------------|-----|

Erstes Kapitel.

Die Temperatur.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 144. | Einstrahlung und Ausstrahlung..... | 161 |
| § 145. | Einfluss der Sonnenhöhe; tägliche und jährliche Periode der Temperatur..... | 162 |
| § 146. | Unterschied zwischen Festland und Meer..... | 163 |

Zweites Kapitel.

Seite

Der Luftdruck und die Entstehung der Winde.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 147. | Die Schwere der Luft. Die Korrekturen der Barometerangaben | 164 |
| § 148. | Die graphische Darstellung der Luftdruckverteilung durch Isobaren, Maxima, Minima, Gradient .. | 164 |
| § 149. | Ausgleich der Gleichgewichtsstörung in der Atmosphäre durch die Winde. Buys-Ballotsches Gesetz | 166 |

Drittes Kapitel.

Feuchtigkeit und Niederschläge.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 150. | Absolute und relative Feuchtigkeit, Taupunkt, Latente Wärme | 168 |
| § 151. | Niederschläge | 168 |

Zweiter Abschnitt.

Die Luftdruckverteilung auf der Erdoberfläche und die Windgebiete.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Luftdruckverteilung, Kalmen, Passate, Westwinde der gemässigten Zone.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 152. | Allgemeine Luftdruckverteilung | 169 |
| § 153. | Der Kalmengürtel, die Rossbreiten | 169 |
| § 154. | Die Passate | 170 |
| § 155. | Die Westwinde der gemässigten Zonen | 170 |

Zweites Kapitel.

Der Einfluss der Kontinente.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 156. | Die Verschiedenheit des Luftdruckes über dem Meer und über dem Kontinent | 171 |
| § 157. | Die Monsune | 172 |
| § 158. | Land- und Seewinde | 172 |

Dritter Abschnitt.

Atmosphärische Störungen (Stürme).

Erstes Kapitel.

Die Wirbelstürme der Tropen.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 159. | Allgemeine Erscheinungen der tropischen Wirbelstürme | 173 |
| § 160. | Die besonderen Wirbelstürme in den verschiedenen Meeresteilen | 174 |
| § 161. | Das Manöverieren in tropischen Wirbelstürmen | 174 |

Zweites Kapitel.

Die Stürme der gemässigten Zone.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 162. | Allgemeine Erscheinungen dieser Stürme | 178 |
| § 163. | Das Manöverieren in diesen Stürmen | 178 |

Drittes Kapitel.

Lokale Stürme.

| | | |
|--------|--------------------------------|-----|
| § 164. | Der Pampero | 179 |
| § 165. | Der mexikanische Norder | 179 |
| § 166. | Der afrikanische Tornado | 179 |
| § 167. | Die Bora | 179 |
| § 168. | Der Scirocco | 179 |
| § 169. | Der Harmattan | 179 |

Vierter Abschnitt.

Seite

Die Meeresströmungen.

Erstes Kapitel.

Die Entstehung der Meeresströmungen.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 170. | Die Ursachen der Meeresströmungen | 180 |
| § 171. | Allgemeine ozeanische Stromsysteme | 180 |

Zweites Kapitel.

Die Strömungen des Atlantischen Ozeans.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 172. | Die Strömungen des südatlantischen Ozeans | 181 |
| § 173. | Die Strömungen des nordatlantischen Ozeans | 181 |

Drittes Kapitel.

Die Strömungen des Stillen Ozeans.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 174. | Die Strömungen des südlichen Stillen Ozeans | 183 |
| § 175. | Die Strömungen des nördlichen Stillen Ozeans | 183 |

Viertes Kapitel.

Die Strömungen des Indischen Ozeans.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 176. | Die Strömungen des südlichen Indischen Ozeans | 184 |
| § 177. | Die Strömungen des nördlichen Indischen Ozeans | 184 |

Fünfter Abschnitt.

Ebbe und Flut.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Erscheinungen im Verlauf von Ebbe und Flut.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 178. | Die Abhängigkeit der Gezeiten vom Monde. Mondtiden | 185 |
| § 179. | Sonntiden. Halbmonatliche Ungleichheit. Spring- und Nipptiden | 185 |
| § 180. | Die tägliche Ungleichheit | 186 |
| § 181. | Die Hafenzzeit | 187 |

Zweites Kapitel.

Die Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 182. | Die Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser unter Zugrundelegung der Mondkulmination | 187 |
| § 183. | Die Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser mit Hilfe von Basisstationen | 188 |
| § 184. | Die Reduktion einer Lotung auf Niedrigwasser | 189 |

Fünfter Teil.

Die nautischen Instrumente und ihr Gebrauch.

Erster Abschnitt.

Der Kompass.

Erstes Kapitel.

Physikalische Vorkenntnisse über Magnetismus.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 185. | Allgemeines über Magnetismus | 190 |
| § 186. | Magnetische Induktion durch den Erdmagnetismus | 191 |

Zweites Kapitel.

Seite

Der Schiffsmagnetismus.

| | | |
|--------|---------------------------------|-----|
| § 187. | Der feste Magnetismus | 192 |
| § 188. | Der flüchtige Magnetismus | 194 |
| § 189. | Der halbfeste Magnetismus | 195 |

Drittes Kapitel.

Die halbkreisartige Deviation.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 190. | Die Ablenkung der Magnetnadel durch einen festen Pol | 195 |
| § 191. | Die Längsschiffskomponente des festen Magnetismus und des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen. Der Koeffizient B | 197 |
| § 192. | Die Querschiffskomponente des festen Magnetismus und des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen. Der Koeffizient C | 197 |

Viertes Kapitel.

Die viertelkreisartige Deviation.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 193. | Die Deviation des horizontalen Eisens. Der Koeffizient D . Die Deviationsformel | 198 |
|--------|---|-----|

Fünftes Kapitel.

Die Berechnung der Deviationskoeffizienten und der Deviationstabelle.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 194. | Die Berechnung der fünf Koeffizienten aus einer vollständigen Rundschiwoiung | 201 |
| § 195. | Die Berechnung der Deviationstafel aus den Koeffizienten | 203 |

Sechstes Kapitel.

Die Veränderlichkeit der Koeffizienten mit der Breite.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 196. | Die konstanten Koeffizienten A , D , E | 205 |
| § 197. | Die veränderlichen Koeffizienten B und C | 205 |

Siebentes Kapitel.

Die Veränderlichkeit der Koeffizienten durch den halbfesten Magnetismus.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 198. | Die Veränderung der Koeffizienten bei neuen Schiffen | 207 |
| § 199. | Die Veränderung der Koeffizienten durch den vorher gesteuerten Kurs | 208 |

Achtes Kapitel.

Die Krängungsdeviation.

| | | |
|--------|------------------------------------|-----|
| § 200. | Der Krängungskoeffizient K | 208 |
|--------|------------------------------------|-----|

Neuntes Kapitel.

Die Kompensation der Deviation.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 201. | Allgemeines. Die Kompensation der halbkreisartigen Deviation | 210 |
| § 202. | Die Kompensation der viertelkreisartigen Deviation | 212 |
| § 203. | Die Kompensation des Krängungsfehlers | 212 |

Zehntes Kapitel.

Die Konstruktion und Behandlung des Kompasses.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 204. | Die Grundbedingungen für die Konstruktion | 213 |
| § 205. | Die verschiedenen Arten der Kompassse | 214 |
| § 206. | Die Prüfung der Kompassse an Bord | 216 |
| § 207. | Die Aufstellung der Kompassse an Bord | 217 |
| § 208. | Die Behandlung und Aufbewahrung der Kompassse an Bord | 219 |

Zweiter Abschnitt.

Die Spiegelinstrumente.

Erstes Kapitel.

Einrichtung und Gebrauch der Sextanten.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 209. | Notwendige Bestandteile des Sextanten. Prinzip der Winkelmessung..... | 219 |
| § 210. | Hilfsvorrichtungen am Sextanten..... | 220 |
| § 211. | Der wahre Nullpunkt der Teilung. Indexkorrektion. Spiegelparallaxe..... | 221 |
| § 212. | Die Messung eines Winkels durch die Drehung der Alhidade..... | 222 |

Zweites Kapitel.

Die Instrumentalfehler des Sextanten.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 213. | Die Stellung des grossen Spiegels..... | 223 |
| § 214. | Die Stellung des kleinen Spiegels..... | 223 |
| § 215. | Die Stellung des Fernrohres..... | 224 |
| § 216. | Die Beschaffenheit der Spiegel..... | 225 |
| § 217. | Die Beschaffenheit der Blendgläser..... | 226 |
| § 218. | Die Teilung des Limbus und des Nonius..... | 226 |
| § 219. | Der Exzentrizitätsfehler. Vollkreise..... | 227 |

Dritter Abschnitt.

Das Chronometer.

Erstes Kapitel.

Die Beschreibung des Chronometers.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 220. | Die allgemeine Einrichtung des Chronometers..... | 228 |
| § 221. | Besondere Vorrichtungen des Chronometers..... | 230 |

Zweites Kapitel.

Die Prüfung der Chronometer.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 222. | Die Ursachen der Gangänderungen..... | 230 |
| § 223. | Die Voruntersuchung der Chronometer. Die Temperaturtabelle..... | 231 |

Drittes Kapitel.

Die Führung des Chronometerjournals.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 224. | Die Verwendung eines einzigen Chronometers..... | 232 |
| § 225. | Die Verwendung von zwei Chronometern..... | 233 |

Viertes Kapitel.

Die Behandlung des Chronometers.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 226. | Der Transport..... | 233 |
| § 227. | Die Aufstellung und Behandlung beim Gebrauche..... | 234 |

Vierter Abschnitt.

Die meteorologischen Instrumente.

Erstes Kapitel.

Das Barometer.

| | | |
|--------|--|-----|
| § 228. | Allgemeine Beschreibung des Barometers. Der Fehler der Kapillarität und der Kapazität..... | 235 |
| § 229. | Das Marinebarometer..... | 236 |
| § 230. | Das Aneroidbarometer..... | 237 |

Zweites Kapitel.

Seite

Das Thermometer.

| | | |
|--------|---|-----|
| § 231. | Das Quecksilberthermometer | 238 |
| § 232. | Das Minimum- und Maximumthermometer | 238 |

Fünfter Abschnitt.

**Instrumente und Apparate für terrestrische und ozeanographische
Beobachtungen.**

| | | |
|--------|------------------------|-----|
| § 233. | Das Prismenkreuz | 239 |
| § 234. | Die Patentlogge | 239 |
| § 235. | Die Lotmaschine | 240 |

Einleitung.

Die Aufgabe der Schiffahrtskunde (Nautik) besteht darin:

1. für eine bestimmte Zeit den Schiffsort auf See durch Breite und Länge zu bestimmen, und
2. den Weg des Schiffes bis zum Bestimmungsorte durch Kurs und Distanz zu ermitteln.

Den Inhalt der Schiffahrtskunde bilden somit diejenigen Methoden, welche zur Lösung dieser beiden Aufgaben dienen.

§ 1. Gestalt und Einteilung der Erde.

Breite und Länge. Zur Bestimmung eines Ortes auf der Erdoberfläche muss man die Gestalt der Erde kennen. Nach Einteilung der Oberfläche durch bestimmte feste Linien dienen die von diesen aus gerechneten Abstände als Bestimmungsstücke, Koordinaten.

Die Gestalt der Erde weicht so wenig von derjenigen einer Kugel ab, dass diese Abweichung in der Nautik im allgemeinen vernachlässigt werden kann.

Die Erde dreht sich in der Richtung von West nach Ost um einen Durchmesser als Achse, die sogenannte Erdachse. Die Endpunkte derselben heissen Pole, Nordpol und Südpol (N und S).

Denkt man sich durch die Erdachse beliebig viele Ebenen gelegt, so schneiden diese die Erdoberfläche in grössten Kreisen. Dieselben werden durch die beiden Pole in Halbkreise geteilt, welche Meridiane genannt werden. Zwei Orte desselben Meridians liegen in der Richtung Nord-Süd voneinander. Als ersten Meridian bezeichnet man in der Nautik den Meridian von Greenwich.

Denkt man sich ferner beliebig viele Ebenen senkrecht zur Erdachse gelegt, so schneiden diese die Erdoberfläche in kleineren Kreisen, welche Parallelkreise genannt werden. Dieselben sind um so kleiner, je näher die Ebenen den Polen liegen. Zwei Orte desselben Parallelkreises liegen in der Richtung Ost-West voneinander. Unter allen Parallelkreisen ist ein einziger grösster Kreis, dessen Ebene durch den Erdmittelpunkt geht, Äquator oder Linie genannt. Derselbe teilt die Erdoberfläche in eine nördliche und südliche Hälfte, schneidet alle Meridiane senkrecht und ist überall 90° von beiden Polen entfernt.

Die Orientierung auf der so eingeteilten Erdoberfläche geschieht nun durch die Koordinaten Breite und Länge. Breite eines Ortes (P_1) ist der Bogen (P_1R_1) seines

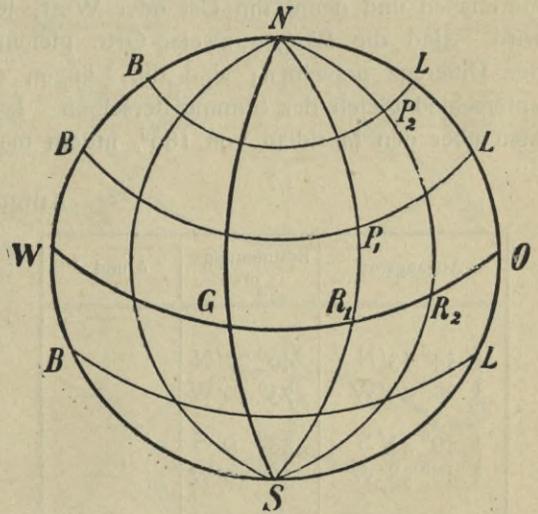


Fig. 1

Meridians vom Äquator bis zum Orte; sie hat den Namen Nord oder Süd, je nachdem der Ort auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel liegt, und wächst vom Äquator bis zu den Polen von 0° bis 90° . Alle Orte von derselben Breite liegen auf demselben Parallelkreise; man nennt daher die Parallelkreise auch Breitenparallele.

Zwei Orte, welche nicht auf demselben Breitenparallele liegen, haben einen Breitenunterschied (δ). Man versteht darunter den Bogen eines Meridians zwischen den beiden Breitenparallelen und nennt ihn Nord oder Süd, je nachdem er nach Nord oder Süd gezählt wird. Sind die Breiten der beiden Orte gleichnamig, so ist ihr Breitenunterschied gleich der Differenz derselben; sind die Breiten dagegen ungleichnamig, so ist ihr Breitenunterschied gleich der Summe derselben.

Länge eines Ortes (P_1) ist der Bogen (GR_1) des Äquators vom ersten Meridian bis zum Meridian des Ortes; sie hat den Namen Ost oder West, je nachdem der Ort östlich oder westlich vom ersten Meridian liegt. Man rechnet die Länge nach beiden Richtungen von 0° bis 180° , so dass 180° Ost und 180° West denselben Meridian bezeichnen. Alle Orte von derselben Länge liegen auf demselben Meridian.

Zwei Orte, welche nicht auf demselben Meridian liegen, haben einen Längenunterschied (l). Man versteht darunter den Bogen des Äquators zwischen den beiden Meridianen und nennt ihn Ost oder West, je nachdem er nach Ost oder West gezählt wird. Sind die Längen zweier Orte gleichnamig, so ist ihr Längenunterschied gleich der Differenz derselben; sind die Längen dagegen ungleichnamig, so ist ihr Längenunterschied gleich der Summe derselben. Ist dieselbe aber grösser als 180° , so rechnet man über den Meridian von 180° , indem man die Summe von 360° subtrahiert.

Aufgaben.

| Abgangsort | Bestimmungs-ort | δ und l |
|--|--|------------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} 54^{\circ} 13' N \\ 20^{\circ} 49' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 40^{\circ} 27' N \\ 73^{\circ} 50' W \end{array} \right.$ | |
| $\left\{ \begin{array}{l} 49^{\circ} 33' S \\ 48^{\circ} 58' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 33^{\circ} 9' S \\ 37^{\circ} 50' W \end{array} \right.$ | |
| $\left\{ \begin{array}{l} 5^{\circ} 24' N \\ 22^{\circ} 48' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 21^{\circ} 17' S \\ 26^{\circ} 43' W \end{array} \right.$ | |
| $\left\{ \begin{array}{l} 50^{\circ} 24' S \\ 175^{\circ} 38' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 52^{\circ} 30' S \\ 169^{\circ} 15' W \end{array} \right.$ | |

| Abgangsort | δ und l | Ankunftsort |
|--|--|-------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} 39^{\circ} 31' S \\ 122^{\circ} 58' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 2^{\circ} 48' S \\ 19^{\circ} 39' O \end{array} \right.$ | |
| $\left\{ \begin{array}{l} 5^{\circ} 19' N \\ 83^{\circ} 28' O \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 9^{\circ} 24' S \\ 2^{\circ} 35' W \end{array} \right.$ | |
| $\left\{ \begin{array}{l} 39^{\circ} 11' N \\ 178^{\circ} 55' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 0^{\circ} 29' S \\ 7^{\circ} 39' W \end{array} \right.$ | |
| $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} 15' S \\ 2^{\circ} 46' W \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} 2^{\circ} 40' N \\ 5^{\circ} 6' O \end{array} \right.$ | |

Die Kreisbogen auf der Erdoberfläche dienen zugleich als Grundlage für die in der Nautik gebräuchlichen Längenmasse. Seemeile ist die Länge einer Bogenminute auf einem grössten Kreise. Da nach der ursprünglichen Definition das Meter der zehnmillionste Teil des Meridianquadranten sein sollte, so ist

$$1 \text{ sml} = \frac{10\,000\,000}{90 \cdot 60} = 1852 \text{ m.}$$

Der zehnte Teil der Seemeile heisst Kabellänge; dieselbe ist also 185 m.

Bis auf England haben alle Kulturstaaten das Meter als Längeneinheit angenommen. Dort ist die Einheit noch immer der englische Fuss. Zur Verwandlung von engl. Fuss

in Meter und umgekehrt dient Tafel 7. Die Wassertiefe in englischen Karten ist in Faden angegeben. Ein Faden ist 6 engl. Fuss. Zur Verwandlung von Faden in Meter und umgekehrt dient ebenfalls Tafel 7.

§ 2. **Recht- und missweisender Kurs. Kursverwandlung.** Der Kurs eines Schiffes wird durch den Winkel bestimmt, welchen die Richtung des Schiffskieles mit dem Meridian macht; derselbe wird von Nord oder Süd nach Ost oder West herumgezählt und durch den Kompass gemessen. Die Verwendung des Kompasses zur Kursbestimmung beruht auf der Eigenschaft seines wichtigsten Bestandtheiles, der Magnetnadel, an jedem Orte der Erde eine bestimmte, bald mehr, bald weniger von dem geographischen Meridian abweichende Lage anzunehmen, wenn durch lokale Beeinflussung benachbarter Eisenteile keine Ablenkung aus dieser Richtung, dem sogenannten magnetischen Meridian, hervorgerufen wird. Der Winkel zwischen geographischem und magnetischem Meridian heisst Ortsmissweisung. Dieselbe erhält den Namen Ost oder West, je nachdem das magnetische oder missweisende Nord östlich oder westlich vom wahren oder rechtweisenden Nord liegt; sie wird auf See aus Karten entnommen.

Dementsprechend unterscheidet man einen wahren oder rechtweisenden Kurs, welcher vom wahren oder rechtweisenden Nord, und einen magnetischen oder missweisenden Kurs, welcher vom magnetischen oder missweisenden Nord ab gezählt wird. Da der Kompass, abgesehen von der durch die Eisenteile des Schiffes hervorgerufenen Ablenkung, nur missweisende Kurse liefert, die Bestimmung der Breite und Länge aber rechtweisende Kurse erfordert, so ist es oft nötig, missweisenden in rechtweisenden Kurs zu verwandeln und umgekehrt.

Denkt man sich eine kleinere missweisende Strichrose konzentrisch auf eine grössere rechtweisende gelegt, und zwar einmal bei einer Ortsmissweisung von 1^{str.} Ost (Fig. 2) und einmal bei einer solchen von 1^{str.} West (Fig. 3), so werden in jeder Figur die gleichlautenden Kurse beider Strichrosen einen Strich voneinander entfernt sein. Für den ersteren Fall (Fig. 2) wird jeder Strich der missweisenden Rose zusammenfallen mit dem um einen Strich nach rechts herum (↷) weiter liegenden Strich der rechtweisenden Rose, z. B. missw. N. mit rechtw. NzO, missw. S mit rechtw. SzW, missw. SW mit rechtw. SWzW usw. Bei westlicher Ortsmissweisung (Fig. 3) dagegen fällt jeder Strich der missweisenden Rose zusammen mit dem um einen Strich nach links herum (↶) weiter liegenden Strich der rechtweisenden Rose, z. B. missw. N mit rechtw. NzW, missw. SO mit rechtw. SOzO usw.

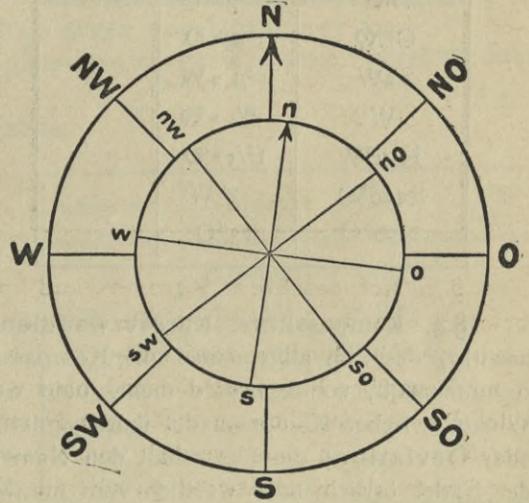


Fig. 2

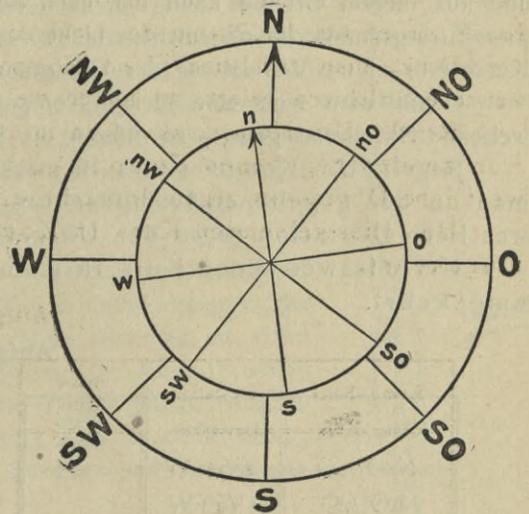


Fig. 3

Man erhält somit folgende

Regel: Um missweisenden Kurs in rechtweisenden Kurs zu verwandeln, bringt man an den gegebenen missweisenden Kurs östliche Ortsmissweisung **mit** dem Uhrzeiger, westliche Ortsmissweisung **gegen** den Uhrzeiger an.

Um rechtweisenden Kurs in missweisenden Kurs zu verwandeln, verfährt man umgekehrt.

Aufgaben.

| missw. Kurs | Ortsmw. | rechtw. Kurs |
|--------------------------------|----------------------|--------------|
| ONO | 2 ^{str.} O | |
| SzW | 1 ^{1/2} » W | |
| W | 3 ^{1/4} » W | |
| N ^{1/4} W | 1 ^{1/4} » O | |
| S ₄₂ ⁰ W | 7 ⁰ W | |
| N ₅₆ ⁰ O | 13 ⁰ O | |

| rechtw. Kurs | Ortsmw. | missw. Kurs |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------|
| WzS | 1 ^{3/4} ^{str.} W | |
| SSO ^{1/4} O | 1 ^{1/2} » O | |
| WNW ^{1/2} W | 2 ^{1/4} » O | |
| O ^{3/4} S | 1 » W | |
| N8 ₁ ⁰ O | 19 ⁰ W | |
| S ₅ ⁰ W | 11 ⁰ O | |

§ 3. Kompasskurs. Kursverwandlung. Die Anziehung der Eisenteile des Schiffes bewirkt, dass im allgemeinen die Kompassnadel nicht mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt, sondern bald mehr, bald weniger aus dieser Lage abgelenkt wird. Der Winkel zwischen Kompassnadel und magnetischem Meridian heisst örtliche Ablenkung oder Deviation; dieselbe erhält den Namen Ost oder West, je nachdem das Nordende der Nadel östlich oder westlich vom missweisenden Norden liegt. Nun ist die Magnetnadel unter der Kompassrose parallel zur Nord-Südlinie der Roseneinteilung angebracht, und aus diesem Grunde kann der nach dem Kompass gesteuerte Kurs, auch Kompasskurs genannt, im allgemeinen nicht der missweisende Kurs sein, sondern diese beiden Kurse müssen um den Betrag der Deviation voneinander verschieden sein.

Denkt man sich eine kleine Kompassrose konzentrisch auf eine grössere missweisende Strichrose gelegt, so führen die in § 2 angestellten Betrachtungen hier zu der

Regel: Um Kompasskurs in missweisenden Kurs zu verwandeln, bringt man an den gegebenen Kompasskurs östliche Deviation **mit** dem Uhrzeiger, westliche Deviation **gegen** den Uhrzeiger an.

Um missweisenden Kurs in Kompasskurs zu verwandeln, verfährt man umgekehrt.

Aufgaben.

| Komp.-Kurs | Deviation | missw. Kurs |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------|
| NzO ^{1/2} O | 1 ^{1/4} ^{str.} W | |
| NWzN | 3 ^{1/4} » O | |
| O ^{1/2} S | 1 ^{1/2} » O | |
| SSW | 2 ^{1/2} » W | |
| N ₂₈ ⁰ W | 9 ⁰ O | |
| S ₈₈ ⁰ O | 13 ⁰ W | |

| missw. Kurs | Deviation | Komp.-Kurs |
|--------------------------------|------------------------------------|------------|
| WSW | 2 ^{1/4} ^{str.} W | |
| SO ^{1/2} O | 1 ^{1/2} » O | |
| O | 3 ^{1/4} » O | |
| S | 1 ^{1/4} » O | |
| S ₁₅ ⁰ O | 12 ⁰ O | |
| S ₆₉ ⁰ W | 17 ⁰ W | |

Will man Kompasskurs in rechtweisenden Kurs verwandeln, so braucht man denselben nicht erst durch Anbringung der Deviation in missweisenden Kurs und darauf diesen durch Anbringung der Ortsmissweisung in rechtweisenden Kurs zu verwandeln, sondern man kann direkt die algebraische Summe von Ortsmissweisung und Deviation an den Kompasskurs anbringen. Diese algebraische Summe heisst Gesamtmissweisung des Kompasses und bedeutet den Winkel zwischen der Kompassnadel und dem geographischen Meridian. Verfährt man auch hier wieder wie in § 2, indem man sich eine kleinere Kompassrose konzentrisch auf eine grössere rechtweisende Strichrose gelegt denkt, so gelangt man zu der

Regel: Um Kompasskurs in rechtweisenden Kurs zu verwandeln, bringt man an den gegebenen Kompasskurs östliche Gesamtmissweisung **mit** dem Uhrzeiger, westliche Gesamtmissweisung **gegen** den Uhrzeiger an.

Um rechtweisenden Kurs in Kompasskurs zu verwandeln, verfährt man umgekehrt.

Aufgaben.

| Komp.-Kurs | Deviation | Ortsmw. | rechtw. Kurs |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| NOzO | 1 $\frac{1}{2}$ str.W | 1 $\frac{1}{2}$ str.W | |
| SzW $\frac{1}{2}$ W | 2 » O | 1 $\frac{1}{2}$ » W | |
| WNW | 1 $\frac{1}{4}$ » W | 1 $\frac{1}{2}$ » O | |
| SO | 1 $\frac{1}{2}$ » O | 1 $\frac{1}{2}$ » W | |
| N35 $^{\circ}$ W | 13 $^{\circ}$ W | 18 $^{\circ}$ O | |
| S86 $^{\circ}$ O | 5 $^{\circ}$ O | 2 $^{\circ}$ W | |

| rechtw. Kurs | Deviation | Ortsmw. | Komp.-Kurs |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| O | 1 $\frac{1}{4}$ str.W | 1 $\frac{1}{2}$ str.O | |
| SW $\frac{1}{2}$ S | 1 $\frac{1}{2}$ » W | 1 $\frac{1}{4}$ » O | |
| NOzN | 1 $\frac{1}{2}$ » W | 1 $\frac{1}{2}$ » W | |
| SSO | 1 » W | 1 » O | |
| S20 $^{\circ}$ W | 0 $^{\circ}$ W | 7 $^{\circ}$ W | |
| S1 $^{\circ}$ O | 0 $^{\circ}$ O | 0 $^{\circ}$ W | |

Zur Erleichterung der Einprägung merke man, dass, wie die obigen 3 Regeln angeben, bei allen Verwandlungen, welche in dem Sinne Kompasskurs — missw. Kurs — rechtw. Kurs vor sich gehen, östliche Korrekturen mit dem Uhrzeiger, westliche Korrekturen gegen den Uhrzeiger anzubringen sind, dass dagegen bei allen Verwandlungen, welche im entgegengesetzten Sinne rechtw. Kurs — missw. Kurs — Kompasskurs vor sich gehen, östliche Korrekturen gegen den Uhrzeiger, westliche Korrekturen mit dem Uhrzeiger anzubringen sind.

§ 4. **Abtritt.** Der seitliche Druck des Windes, wenn das Schiff beim Winde segelt, bewirkt, dass das Schiff sich nicht immer in der Richtung des Kiels fortbewegt, sondern von dieser Richtung um einen Winkel seitlich »abtreibt« ($\sphericalangle \alpha$, Fig. 4), welchen man Abtritt nennt, und zwar mit Steuerbordhalsen nach Backbord, mit Backbordhalsen nach Steuerbord. Die Grösse der Abtritt findet man durch Schätzung des Winkels zwischen dem Kielwasser und der über das Heck hinaus verlängerten Kielrichtung.

Da nun der an der Innenseite des Kompasskessels angebrachte vertikale schwarze Steuerstrich, an welchem der gesteuerte Kurs abgelesen wird, die Kielrichtung angibt, so muss, um den »Kurs durch das Wasser« zu erhalten, ausser Deviation und Ortsmissweisung noch die Abtritt angebracht werden. Da Abtritt nach Steuerbord den Kurs stets im Sinne mit dem Uhrzeiger ändert, also wie östliche Deviation und östliche Ortsmissweisung

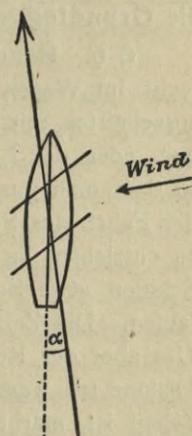


Fig. 4

wirkt, Abtrift nach Backbord dagegen im Sinne gegen den Uhrzeiger, also wie westliche Deviation und westliche Ortsmissweisung, so kann man den gesteuerten Kompasskurs am einfachsten dadurch in den rechtweisenden Kurs durch das Wasser verwandeln, dass man der Abtrift nach Steuerbord den Namen Ost, und der Abtrift nach Backbord den Namen West gibt und dann die algebraische Summe von Deviation, Ortsmissweisung und Abtrift nach der am Ende von § 3 gegebenen Regel an den gesteuerten Kurs anbringt, also als Ost mit dem Uhrzeiger, als West gegen den Uhrzeiger.

Aufgaben.

| Wind | Komp.-Kurs | Abtrift | Deviation | Ortsmw. | rechtw. Kurs durch d. Wasser |
|----------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|
| Westlich | SzW | $\frac{1}{2}$ str. | $\frac{1}{4}$ str.W | $1\frac{1}{2}$ str. O | |
| SOlich | NO $\frac{1}{2}$ O | $\frac{3}{4}$ » | $\frac{1}{2}$ » O | $\frac{1}{2}$ » W | |
| | S $\frac{1}{2}$ O | 1 » | $1\frac{1}{4}$ » W | $\frac{1}{2}$ » W | |
| Östlich | ONO | $1\frac{1}{2}$ » | o | $1\frac{3}{4}$ » O | |
| | NNO | 6 » | $\frac{3}{4}$ str. O | $\frac{3}{4}$ » O | |
| SW | SOzS | 2 » | $\frac{1}{4}$ » W | $1\frac{1}{2}$ » O | |

§ 5. **Fahrt. Logge.** Zur Bestimmung des von einem Schiffe zurückgelegten Weges durch das Wasser gehört ausser dem Kurs auch die in einer bestimmten Zeit durchsegelte in Seemeilen angegebene Distanz. Dieselbe wird bestimmt mit Hilfe der Logge. Die in einer Stunde zurückgelegte Distanz heisst Fahrt des Schiffes. Zur Bestimmung der Fahrt durch das Wasser dienen

1. die Handlogge,
2. die Relingslogge,
3. die Patentlogge.

Segelt ein Schiff in einer Strömung, so ist von dem Weg durch das Wasser der Weg über Grund zu unterscheiden. Zur Ermittlung der Fahrt über Grund dient die Grundlogge.

§ 6. **Handlogge.** Das Loggen mit der Handlogge beruht darauf, dass das aufrecht im Wasser stehende Loggebrett, ein kleines Brett von der Gestalt eines Kreis-ausschnittes mit dem Radius von etwa 20 cm und dem Zentriwinkel von etwa 70° bis 90° , oder der Loggebeutel beim Weitersegeln des Schiffes an derselben Stelle bleibt, so dass man aus der Länge der während einer bestimmten Zeit ausgelaufenen Leine auf die Fahrt des Schiffes schliessen kann. Um das Loggebrett dem Sog des Kielwassers zu entziehen, lässt man, bevor die Messung beginnt, einen Teil der Leine, bei kleineren Schiffen etwa Schiffslänge, bei grösseren etwa 60 m, den sogenannten Vorläufer, auslaufen. Die Zeit wird durch ein Sandglas von in der Regel 14 sec Laufzeit gemessen. Um aber der Rechnung enthoben zu sein, wie gross die in einer Stunde durchlaufene Distanz ist, wenn in 14 sec eine Strecke von der Länge der ausgelaufenen Leine zurückgelegt ist, markt man auf der letzteren durch eingebundene Knoten Strecken von solcher Länge ab, die sogenannten Knotenlängen, dass die Anzahl der in einer Stunde zurückgelegten Seemeilen gleich der Anzahl der während der Laufzeit des Glases ausgelaufenen Knotenlängen ist. Hierauf ist der Gebrauch zurückzuführen, die stündliche Fahrt auch in Knoten anzugeben.

Es fragt sich nun, wie gross zu diesem Zwecke die Knotenlängen genommen werden müssen.

Wenn das Glas eine Stunde lief, so müsste jede Knotenlänge 1 sml = 1852 m lang sein, um die stündliche Fahrt in Seemeilen gleich der Anzahl der ausgelaufenen Knotenlängen zu erhalten. Es leuchtet nun ein, dass, wenn während der 14 sec, welche das Loggglas wirklich läuft, dieselbe der stündlichen Fahrt in Seemeilen entsprechende Anzahl Knotenlängen auslaufen soll, diese Knotenlängen in demselben Verhältnis kürzer genommen werden müssen, als die Zeit verkürzt ist, d. h. die Knotenlänge für ein 14-Sekundenglas müsste $\frac{1852}{3600} \cdot 14 = 0,514 \cdot 14$ m betragen.

Allgemein ausgedrückt wird man also die Knotenlängen, welche zu einem Loggglase gehören, gleich machen müssen 0,514 m, der sogenannten Meridiantertie, multipliziert mit der Anzahl der Sekunden, welche das Glas läuft, wenn die Anzahl der beim Loggen ausgelaufenen Knotenlängen gleich der stündlichen Fahrt des Schiffes in Seemeilen sein soll.

Nun sind aber die Voraussetzungen, auf denen diese Rechnung beruht, beim Loggen nicht streng erfüllt, und es treten konstante Fehlerquellen auf, welche die geloggte Fahrt teils verringern, teils vergrössern.

Zunächst wird nämlich die Bedingung, dass das Loggebrett beim Loggen an derselben Stelle stehen bleibt, in Wirklichkeit nicht vollkommen erfüllt sein; dasselbe wird vielmehr dem Schiffe etwas nachschleppen und so bewirken, dass zu wenig Leine ausläuft, also zu wenig Fahrt geloggt wird. Die Ausgleichung dieses Fehlers kann dadurch geschehen, dass man die Knotenlängen entsprechend verkürzt, und zwar, wie auf englischen Schiffen üblich, durch Abrundung der Knotenlänge auf volle Fuss nach unten, oder bei der Rechnung nach Metern um $\frac{1}{20}$ ihres Betrages.

Demgegenüber wird die ausgelaufene Leine je nach Richtung und Stärke von Wind und Seegang nicht immer steif angezogen sein und dadurch mehr Fahrt geloggt werden, als das Schiff wirklich macht. Zudem geht bei den Kommandos »turn« und »stop« immer etwas Zeit, vielleicht $\frac{1}{2}$ sec bis 1 sec verloren, und hierdurch wird ebenfalls zu viel Leine auslaufen, also auch eine zu grosse Fahrt erhalten werden. In diesen beiden Ursachen ist auch der Grund für die auf den ersten Blick etwas willkürlich erscheinende Wahl der Laufdauer des Loggglases von 14 sec zu suchen. Es wurden nämlich früher die Knotenlängen für ein Viertelminutenglas eingerichtet und dann wegen der Verspätungen bei turn und stop beim Glase eine Sekunde abgerechnet.

Auf dieses Mittel, dem in Rede stehenden Fehler zu begegnen, hat man aber in neuerer Zeit mehr und mehr verzichtet, indem man die der wirklichen Laufzeit des Glases entsprechende Knotenlänge in Anwendung brachte, dann aber auf der andern Seite auch keine Verkürzung wegen Nachschleppens rechnete und so die Fehler als sich gegenseitig aufhebend ansah. Weil aber einerseits die Grösse des zu erwartenden Fehlers von einer Reihe anderer Umstände, z. B. von der Person des Loggenden, der Fahrt des Schiffes, Richtung und Stärke von Wind und Seegang, abhängt, und andererseits das Resultat des Loggens immer nur die der Zeit des Loggens entsprechende stündliche Fahrt des Schiffes angibt und nach Schätzungen des wachhabenden Offiziers wegen der Veränderungen der Windstärke korrigiert werden muss, so rechtfertigt sich die Wahl einer abgerundeten Knotenlänge, und als solche empfiehlt sich diejenige, welche durch Multiplikation der Sekundenanzahl mit 0,5 m, anstatt mit dem genauen Werte der Meridiantertie 0,514 m, gefunden wird, und zwar um so mehr, weil es unter allen Umständen weniger gefährlich ist, zu viel, als zu wenig Fahrt zu loggen.

Aufgaben.

Es sollen die Knotenlängen für ein Loggeglas von 14 sec, 14¹/₂ sec, 15 sec, 28 sec, 29 sec und 30 sec berechnet werden.

Da aber die Leine im Gebrauche reckt und krimpt und daher nicht immer die der Laufzeit des Glases entsprechende Länge hat, so muss in diesem Falle die geloggte Fahrt verbessert werden. Es ist klar, dass in demselben Verhältnisse, wie die Knotenlängen zu gross sind, die geloggte Fahrt zu klein ausfällt, und man erhält die richtige Fahrt einfach aus der Proportion:

Wahre Knotenlänge : falsche Knotenlänge = geloggte Fahrt : wirkl. Fahrt.

Aufgaben.

Mit einem 14¹/₂-Sekundenglase und 7,8 m Knotenlänge loggt man 9,5 kn Fahrt. Wie gross ist die wirkliche Fahrt?

$$14,5 \cdot 0,5 : 7,8 = 9,5 : x$$

$$x = \frac{7,8 \cdot 9,5}{14,5 \cdot 0,5} = 10,2 \text{ kn.}$$

| Das Glas läuft | Knotenlänge | Geloggte sind | Wahre Distanz |
|----------------------------------|-------------|---------------|---------------|
| 14 sec | 6,78 m | 8,5 kn | |
| 15 » | 7,33 » | 53 sml | |
| 14 ¹ / ₂ » | 7,55 » | 9,3 kn | |
| 29 » | 14,56 » | 283 sml | |
| 28 ¹ / ₂ » | 14,12 » | 11,4 kn | |

Anmerkung. Wenn die Loggeleine nicht nach Metern, sondern nach engl. Fuss eingeteilt ist, so findet man die der Laufzeit des Glases entsprechende Knotenlänge, indem man die Anzahl der Sekunden mit der in engl. Fuss angegebenen Meridiantertie multipliziert. Da 1 m = 3,28' engl., so ist 0,514 m = 1,69' engl. Will man auch hier einen nach unten abgerundeten, sehr bequemen Wert annehmen, so empfiehlt es sich, den gemeinen Bruch $\frac{10}{6}$ (1,67) zugrunde zu legen. So ist z. B. für ein 14¹/₂-Sekundenglas die zugehörige Knotenlänge $14,5 \cdot \frac{10}{6} = \frac{145}{6} = 24,2'$ engl.

Wie gross sind hiernach die Knotenlängen zu nehmen, wenn das Glas 14 sec, 15 sec, 28¹/₂ sec, 29¹/₂ sec läuft?

Um eine Loggeleine einzurichten, nimmt man eine ungeteerte Leine, reckt dieselbe und lässt sie dann eine Zeitlang nachschleppen. Die Einteilung in Vorläufer und Knotenlängen, letztere entsprechend der Laufzeit des Glases, geschieht, noch ehe die Leine ganz trocken geworden ist.

Die Knotenlängen müssen von Zeit zu Zeit, am besten an zwei eingeschlagenen Nägeln, kontrolliert werden.

Da die Handlogge immer nur die Fahrt gerade für die Zeit des Loggens gibt, so ist an Bord eines Segelschiffes darauf zu achten, dass Wind und Segelführung während des Loggens auch den Verhältnissen für die ganze Periode, für welche das Resultat des Loggens in Rechnung gesetzt werden soll, entsprechen; es muss also vermieden werden, bei gelegentlichem kürzeren Auffrischen oder Nachlassen des Windes zu loggen, und

besonders beim Winde segelnd ist auf gutes Steuern während des Loggens zu achten. Je unbeständiger die Windverhältnisse sind, desto öfter muss geloggt werden.

Das Loggen geschieht auf Segelschiffen von der Leeseite des Achterdecks aus.

§ 7. **Relingslogge.** Bei nicht zu grosser Fahrt (bis zu 5 kn) lässt sich dieselbe nur mit Hilfe einer Uhr auch in der Weise messen, dass man die Zeit beobachtet, welche ein Stück Holz gebraucht, um eine bestimmte, auf der Luvreling abgemessene Strecke zu passieren.

Die Rechnung gestaltet sich am einfachsten, wenn eine bestimmte Anzahl Meridiantertien (0,514 m oder 1,69' engl.) abgemerkt ist. Da das Schiff in einer Stunde ebensoviel Semeilen durchläuft, als es Meridiantertien $\left(\frac{1852 \text{ m}}{60 \cdot 60}\right)$ in einer sec macht, so erhält man die stündliche Fahrt, wenn man die Anzahl der abgemessenen Meridiantertien durch die Anzahl der Sekunden dividiert, welche zum Passieren derselben nötig sind.

Aufgabe.

Eine Strecke von 60 Meridiantertien passiert ein treibender Gegenstand in 18 sec. Wie gross ist die Fahrt?

$$\text{Fahrt} = \frac{60}{18} = 3,3 \text{ kn.}$$

Wenn die Strecke auf der Reling nicht in Meridiantertien, sondern in Metern abgemessen ist, so verwandelt man diese dadurch in Meridiantertien, dass man ihre Anzahl durch 0,514 dividiert und dann, wie oben, durch die Anzahl der Sekunden dividiert.

Aufgaben.

1. Eine Strecke von 40 m passiert ein auf der Back über Bord geworfenes Stück Holz in 22 sec. Wie gross ist die Fahrt?

$$\text{Fahrt} = \frac{40}{0,514 \cdot 22} = 3,5 \text{ kn.}$$

2. Ein Schiff hat eine 68 m lange freie Reling. Es ist eine Tafel zu berechnen, welche die Fahrt des Dampfschiffes angibt für jede volle Sekunde von 19 sec bis 22 sec, welche ein schwimmender Gegenstand zum Passieren dieser Strecke gebraucht.

Anmerkung. Die Methode der Relingslogge lässt sich auch an Bord eines vor Anker in der Richtung des Stromes liegenden Schiffes anwenden, um die Fahrt des Stromes zu bestimmen.

§ 8. **Patentlogge.** Das Prinzip der Patentlogge besteht darin, dass die Umdrehungen einer nachgeschleppten Schraube durch ein Räderwerk auf ein Zifferblatt übertragen werden in der Weise, dass man die während einer bestimmten Zeit durchlaufene Distanz direkt ablesen kann. Die Vorteile der Patentlogge gegenüber der Handlogge bestehen einmal in der erheblich grösseren Bequemlichkeit und zweitens in dem Umstande, dass die Patentlogge die Fahrt nicht für einen kurzen Zeitraum, sondern die ganze Distanz für eine beliebig grosse Zeit angibt und somit nicht an die Voraussetzung annähernd konstanter Windverhältnisse gebunden ist.

Dem stehen aber auch verschiedene Nachteile gegenüber. Erstens kann die Patentlogge durch treibende Gegenstände leicht beschädigt werden; zweitens bedarf sie einer sorgfältigen Behandlung (häufige Reinigung und gründliches Einölen); drittens sind ihre Angaben für extreme Geschwindigkeiten sehr unzuverlässig, und viertens sind die Angaben für die verschiedenen Geschwindigkeiten mit Fehlern behaftet, welche nur durch Versuche ermittelt werden können. Diese Prüfung geschieht in der Weise, dass man beim Durchlaufen einer bekannten Distanz diese selbst mit der Angabe der Patentlogge vergleicht. Wenn z. B. beim Ablaufen einer Distanz von 40 sml die Patentlogge nur 36 sml

anzeigt, so müssen für diese Geschwindigkeit alle Ablesungen der Patentlogge mit dem Korrektionsfaktor $\frac{40}{36} = \frac{10}{9}$ multipliziert werden. Vorausgesetzt ist hierbei, dass kein Strom vorhanden ist, da die Patentlogge nur die durch das Wasser zurückgelegte Distanz angibt. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, so würde man einen genaueren Wert des Korrektionsfaktors erhalten, wenn man das Mittel der Angaben der Patentlogge für die Hin- und Rücktour (bei gleichbleibender Strömung) mit der wirklichen Distanz vergleicht.

§ 9. Grundlogge. Während die bis jetzt behandelten Loggeapparate die Fahrt des Schiffes durch das Wasser angeben, dient die Grundlogge dazu, in Strömungen die Fahrt über Grund zu bestimmen. Das Verfahren besteht darin, dass man am Heck das Lot wirft, dann beim Weitersegeln des Schiffes wieder einen Teil der Leine, den Vorläufer, auslaufen lässt und hierauf, ebenso wie beim Loggen mit der Handlogge, aus der Länge der während der Laufzeit des Loggeglasses durch die Hand gleitenden Leine einen Schluss auf die Fahrt des Schiffes macht. Bezeichnet in nebenstehender Fig. 5 L das Lot, A den Punkt, an welchem das Lot geworfen wird, B den Schiffsort, wo der Vorläufer ausgelaufen ist, also das Loggeglas gekehrt wird, und C endlich denjenigen Ort, an welchem das

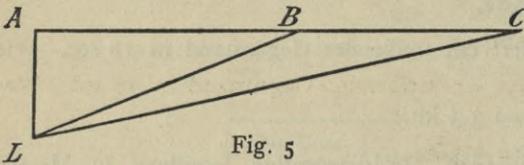


Fig. 5

Glas ausgelaufen ist, so ist BC die vom Schiffe während der Laufzeit des Glases durchsegelte Strecke, und man kann daher, wenn BC bekannt, die Fahrtbestimmung nach der Grundlogge dadurch auf die Methode der Handlogge zurückführen, dass man berechnet, wieviel richtige Knotenlängen der Handlogge in BC enthalten sind. Um BC zu finden, rechnet man zuerst im rechtwinkligen $\triangle ABL$

$$AB = \sqrt{BL^2 - AL^2},$$

wo BL als Vorläufer und AL als Summe von Wassertiefe und Heckhöhe bekannt sind; dann ebenso im rechtwinkligen $\triangle ACL$

$$AC = \sqrt{CL^2 - AL^2}.$$

Dann ist: $BC = AC - AB$ und somit

$$\text{Fahrt} = \frac{BC \text{ (in Metern)}}{\text{Anzahl der Sekunden} \cdot 0,5}.$$

Da die Genauigkeit desto grösser ist, je mehr die Linien BL und CL sich der horizontalen Lage nähern, so sind von der Methode der Grundlogge nur bei nicht zu grosser Wassertiefe brauchbare Resultate zu erwarten, und dann muss der Vorläufer etwa dreimal so lang sein als Wassertiefe und Heckhöhe zusammen. Die Rechnung wird mit genügender Genauigkeit mit Hilfe der Gradtafel (Tafel 1) geführt.

Aufgaben.

- Bei 4 m Heckhöhe findet man 13 m Wassertiefe, lässt die Lotleine bis 50 m auslaufen und kehrt dann ein 14-Sekundenglas. Als dasselbe ausgelaufen, passiert die 80-Metermarke das Heck. Was ist hiernach die Fahrt über Grund?

$$AB = \sqrt{50^2 - 17^2} = 47,0 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{80^2 - 17^2} = 78,2 \text{ m}$$

$$BC = 31,2 \text{ m}$$

$$\text{Fahrt} = \frac{31,2}{14 \cdot 0,5} = 4,5 \text{ kn.}$$

| Wassertiefe | Heckhöhe | Vorläufer | Glas | Ausgelaufene Leine | Fahrt über Grund |
|-------------|----------|-----------|---------------------|--------------------|------------------|
| 15 m | 4 m | 55 m | 15 sec | 75 m | |
| 21 » | 3,5 » | 60 » | 14 » | 85 » | |
| 12 » | 5 » | 50 » | 14 ^{1/2} » | 72 » | |
| 10 » | 3,5 » | 40 » | 15 ^{1/2} » | 78 » | |
| 13 » | 3 » | 45 » | 14 » | 71 » | |

§ 10. **Bestimmung der Fahrt durch Ablaufen einer bekannten Distanz.** Die genaueste Bestimmung der Fahrt über Grund erhält man, wenn man eine Strecke von bekannter Länge abläuft und hierbei beim Anfang und Ende derselben die Zeit notiert.

Wenn z. B. ein Schiff zum Ablaufen von 3850 m 8 min 12 sec braucht, so macht es in 1 Stunde

$$\frac{3850 \cdot 3600}{492} \text{ m} = \frac{3850 \cdot 3600}{492 \cdot 1852} \text{ sml} = 15,2 \text{ sml.}$$

Um die Fahrt des Schiffes, unbeeinflusst durch den Strom, also durch das Wasser zu erhalten, läuft man gleich darauf dieselbe Strecke in der entgegengesetzten Richtung ab und legt dann das Mittel aus den beiden gefundenen Zeiten zugrunde.

Wenn z. B. dasselbe Schiff auf der Rücktour 10 min 4 sec gebraucht hätte, so würde die mittlere Dauer 9 min 8 sec betragen, mithin die stündliche Fahrt

$$\frac{3850 \cdot 3600}{548 \cdot 1852} \text{ sml} = 13,7 \text{ sml.}$$

Diese Methode findet besonders Anwendung bei Probefahrten.

Erster Teil.

Die Schifffahrt nach der Karte (Küstenschifffahrt).

Erster Abschnitt.

Seekarten.

§ 11. **Zweck der Seekarten.** Bei der Schifffahrt in der Nähe von Land ist es unerlässliche Bedingung, dass man im Besitze guter Seekarten von den in Frage kommenden Küstenstrichen und Meeresteilen ist, in welchen alles das dargestellt ist, was dem Seemann zur Orientierung dienen kann und für ihn von Wichtigkeit ist bei der Bestimmung des Schiffsortes und der zu steuernden Kurse, um möglichst schnell und sicher den Bestimmungshafen zu erreichen. Hierzu gehört in erster Linie eine der Wirklichkeit entsprechende Darstellung der Küsten und Inseln mit den Leuchtfeuern, Baken und anderen Seezeichen, sowie allen für die Ortsbestimmung in Betracht kommenden, von See aus sichtbaren Landmarken, ferner Angabe der Wassertiefen und der Bodenbeschaffenheit, die Hervorhebung gefährlicher Untiefen, die Kennzeichnung von Strömen nach Richtung und Stärke durch Pfeile mit nebengeschriebenen kleinen Zahlen, sowie die zur Berechnung der Hochwasserzeit nötigen Daten und endlich die Eintragung von recht- und missweisenden Kompassrosen an geeigneten Stellen.¹

Eine wirklich naturgetreue Abbildung der Oberfläche der Erdkugel ist nur auf einer Kugel möglich, und daher müssen alle Karten verzerzte Abbildungen der Erdoberfläche oder eines Teiles derselben liefern. Nur in dem Falle, wo der zur Abbildung gebrachte Teil so klein ist, dass man ihn als eben ansehen darf, lässt sich derselbe auf einer Karte so zur Darstellung bringen, dass er dem Urbilde planimetrisch ähnlich ist, und man nennt eine solche Darstellung etwa einer Stadt oder eines Hafens sehr bezeichnend Plan.

Sobald aber die Ausdehnung des darzustellenden Teiles einer Kugelfläche so gross wird, dass man ihn nicht mehr als eben betrachten darf, treten Verunstaltungen auf, welche durch keine der vielen Abbildungsarten (Projektionen) vermieden werden können, und die Wahl der einen oder der andern unter diesen wird dann in jedem einzelnen Falle durch den Zweck der Abbildung und durch die an sie gestellten Anforderungen bedingt.

¹ Eine unentbehrliche Ergänzung erfahren die Seekarten durch »das Verzeichnis der Leuchtfeuer und Nebelsignalstationen aller Meere«, durch die für bestimmte Meeresteile geltenden »Segelanweisungen« und »Gezeitentafeln« und durch die »Mitteilungen für Seefahrer«, in welchen regelmässig die neusten Veränderungen aller Seezeichen angegeben werden.

Die Forderungen nun, welche der Seemann an eine Karte stellt, bestehen darin, dass auf ihr erstens die auf den gesteuerten Kursen zurückgelegten Schiffswege als gerade Linien abgesetzt werden können, zweitens diese Kurse in Richtung unverändert zur Abbildung kommen, und drittens die gesegelten Distanzen leicht auf einer Skale der Karte gemessen werden können.

Aus diesem Grunde ist für die Ermittlung einer für die Seekarte geeigneten Abbildungsart die Untersuchung desjenigen Weges notwendige Vorbedingung, welcher bei einem bestimmten Kurse vom Schiffe auf der Erdoberfläche zurückgelegt wird.

§ 12. Die Loxodrome. Prinzip der Mercatorschen Projektion. Wenn ein Schiff längere Zeit denselben Kurs, etwa NO, steuert, so bleibt der Winkel, welchen die Kielrichtung mit den sämtlichen passierten Meridianen bildet, immer derselbe. Weil aber auf der Erdoberfläche die Meridiane gegen die Pole hin konvergieren, so muss ein solches Schiff einen Weg beschreiben, welcher in Form einer Spirale um den Pol herum führt und daher den Namen Loxodrome (schieflaufend) trägt (Fig. 6). Soll nun diese mit allen Meridianen denselben Winkel bildende Kurve in den Seekarten als gerade Linie erscheinen, wie in § 11 gefordert wurde, so müssen (Fig. 7) alle Meridiane unter sich parallel gezeichnet werden, d. h. man muss dieselben, da sie in Wirklichkeit nach den Polen hin konvergieren, gewissermassen auseinanderbiegen.

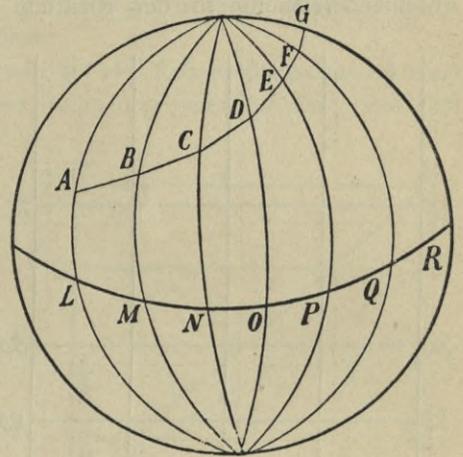


Fig. 6

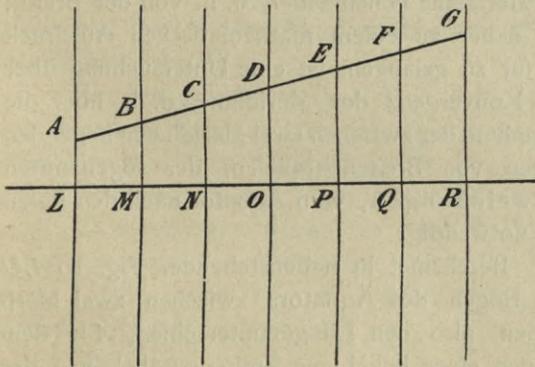


Fig. 7

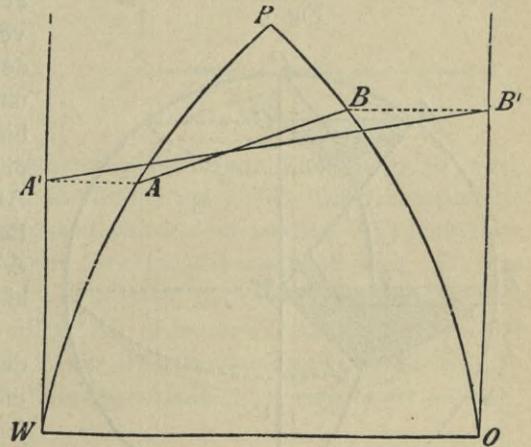


Fig. 8

Tut man dies, ohne indessen dabei die Abstände der Breitenparallele, also die Breiten, zu verändern, so müssen dadurch alle Teile der Oberfläche in der Richtung Ost-West auseinandergezogen erscheinen, und diese Verzerrung wird um so grösser sein, je geringer der Abstand zweier benachbarter Meridiane, d. h. je grösser die Breite ist. Die Folge hiervon ist, dass auch die loxodromische Linie in ihrer Richtung eine Änderung erleiden muss, und zwar im Sinne einer Annäherung an die Ost-West-Richtung, wie aus Fig. 8 ersichtlich, in welcher die Loxodrome AB zwischen zwei benachbarten Meridianen in die Richtung A'B' übergeht. Es würde also eine durch Auseinanderbiegung der Meridiane hervorgerufene Parallelität derselben bei unveränderten

Breiten die erste der in § 11 an eine Seekarte gestellten Anforderungen, dass die Loxodrome als gerade Linie erscheint, zwar befriedigen, dagegen die zweite in der Unveränderlichkeit der Kurse liegende Bedingung unerfüllt lassen.

Um auch dieser letzteren Genüge zu leisten, hat der deutsche Geograph Gerh. Mercator die in der Richtung Ost-West vor sich gehende Verzerrung in ihrem Einfluss auf die Richtung der Loxodrome dadurch aufgehoben, dass er alle Teile in der Richtung Nord-Süd ebenso stark auseinanderzog und dadurch die Ähnlichkeit der einzelnen Flächenelemente der Karte mit denen der Kugeloberfläche wiederherstellte. Wenn z. B. ein kleines kreisrundes Stück Oberfläche durch die bei unveränderten Breiten vor sich gehende Auseinanderziehung in der Richtung Ost-West die Gestalt einer von Ost nach West

langgestreckten Ellipse annimmt, so wird nach dem Vorgange von Mercator diese Ellipse dadurch wieder in die Form eines Kreises übergeführt, dass man zweitens einen ebenso starken Zug in der Richtung Nord-Süd ausübt. Die Wirkung hiervon besteht darin, dass die Breitenparallele voneinander getrennt werden, und zwar entsprechend der nach den Polen hin zunehmenden Auseinanderzerrung um so mehr, je grösser die Breite ist, wie aus Fig. 9 ersichtlich. Aus diesem Grunde nennt man so hergestellte Karten nach Mercators Projektion auch wohl Karte nach vergrößerter Breite.

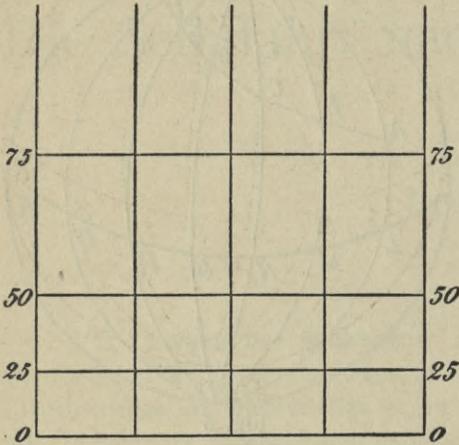


Fig. 9

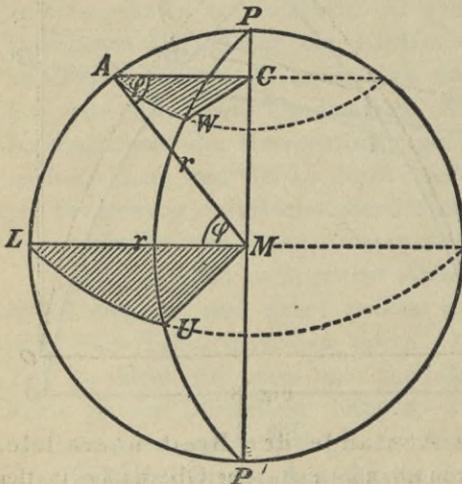


Fig. 10

§ 13. Abweichung und Längenunterschied. Kursdreieck. Das Mass der Breitenvergrößerung ist abhängig von der Entfernung der Meridiane voneinander, d. h. von der Breite; um daher zu einem mathematischen Ausdruck hierfür zu gelangen, ist eine Untersuchung über die Konvergenz der Meridiane, d. h. über die Abnahme der zwischen zwei Meridianen liegenden Bogen von Breitenparallelen, der sogenannten Abweichungen, vom Äquator nach den Polen hin notwendig.

Bezeichnet in nebenstehender Fig. 10 LU den Bogen des Äquators zwischen zwei Meridianen, also den Längenunterschied, AW denjenigen eines beliebigen Breitenparallels von der Breite φ zwischen denselben Meridianen, also die Abweichung, so sind diese Bogen, in Gradmass gemessen, einander gleich, weil die zugehörigen Zentriwinkel ACW und LMU einander gleich sind als Neigungswinkel der sich schneidenden Meridianebenen. In Längenmass gemessen ist aber:

$$AW : LU = AC : LM.$$

Bezeichnet man nun den Erdradius LM oder AM mit r , so ist $AC = r \cdot \cos \varphi$, daher

$$AW : LU = r \cos \varphi : r, \text{ folglich}$$

$$AW = LU \cos \varphi, \text{ und demnach}$$

$$AW \cdot \sec \varphi = LU.$$

Man hat somit

Abweichung = Längenunterschied mal $\cos \varphi$, und
 Längenunterschied = Abweichung mal $\sec \varphi$.

Wenn also in Mercators Karte die Meridiane parallel laufen, d. h. die Abweichungen auf den Breitenparallelen, in Längenmass gemessen, gleich dem Längenunterschied auf dem Äquator gemacht sind, so ist jede Abweichung mit der Sekante ihrer Breite multipliziert, und es müssen daher, um die Ähnlichkeit der einzelnen Flächenelemente auf der Erdoberfläche und in der Karte nicht zu zerstören, die Bogen der Meridiane, also der Breitenunterschiede, in demselben Verhältnis vergrössert werden, so dass die vergrösserten Breitenunterschiede der Karte aus den wahren Breitenunterschieden ebenfalls durch Multiplikation mit der Sekante der Breite hervorgehen.

Dass bei diesem Verfahren die gesteuerten Kurse auf der Erdoberfläche unverändert in die Seekarte übergehen, wie in § 11 als zweite Bedingung gefordert war, lässt sich dadurch sehr anschaulich machen, dass man die bei einem gesteuerten Kurse in Betracht kommenden Bogen des Meridians und Breitenparallels, also Breitenunterschied (b) und Abweichung (a) ins Auge fasst.

Legt man durch den Abgangsort A eines von A nach B mit dem Kurswinkel K segelnden Schiffes einen Meridian und durch den Ankunfts-ort B einen Breitenparallel, so entsteht das bei nicht zu grosser Ausdehnung geradlinige, bei C rechtwinklige $\triangle ACB$, das sogenannte Kursdreieck, in welchem AB die gesegelte Distanz d , AC den gutgemachten Breitenunterschied b , BC die gutgemachte Abweichung a , und K den stets von Nord oder Süd gerechneten Kurswinkel bedeutet.

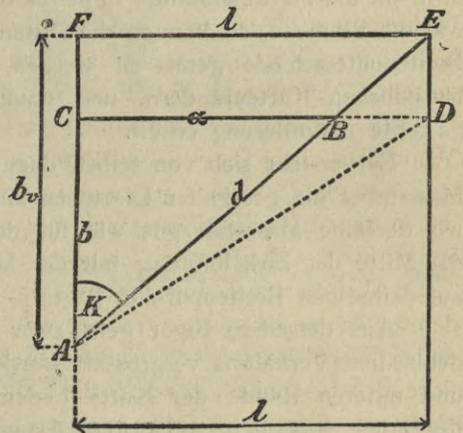


Fig. 11

Gelangt nun dieses Dreieck in einer Mercatorschen Karte zur Abbildung, so wird, wie oben bewiesen, die Abweichung mit $\sec \varphi$ multipliziert, um gleich dem Abstände der parallelen Meridiane CD oder gleich dem Längenunterschiede l zu werden. Weil dadurch aber der Kurswinkel K bei gleichbleibendem Breitenunterschied sich bis zum $\sphericalangle CAD$ vergrössern würde, so muss die Linie CD so weit nach oben parallel mit sich selbst zwischen den Meridianen verschoben werden, bis D in die Verlängerung von AB nach E fällt, wobei C nach F fallen möge, d. h. der Breitenunterschied b muss bis zur Grösse AF , dem sogenannten vergrösserten Breitenunterschiede (b_v), vergrössert werden.

Nun ist

$$\begin{aligned} AF : FE &= AC : CB \\ b_v : l &= b : a \\ b_v &= \frac{b \cdot l}{a} = \frac{b \cdot a \sec \varphi}{a} = b \sec \varphi. \end{aligned}$$

Hieraus folgt, dass nur, wenn man den Breitenunterschied ebenfalls mit der Sekante der Breite multipliziert, die Karte der Anforderung genügt, dass sie die Kurswinkel unverändert gegen die Werte auf der Erdoberfläche wiedergibt, und hierin liegt eben das charakteristische Merkmal der Mercatorschen Karte.

Will man hiernach zum Zwecke der Anfertigung einer Mercatorschen Karte den Abstand der einzelnen Breitenparallele vom Äquator, die sogenannten vergrösserten Breiten, oder Meridionaltheile berechnen, so muss man, jede Minute des Meridians,

vom Äquator anfangend, mit der Sekante ihrer Breite multiplizieren und die Summe dieser vergrößerten Breitenminuten bilden. So ist z. B. die vergrößerte Breite für 10^0 Breite

$$1' \sec 1' + 1' \sec 2' + 1' \sec 3' + \dots + 1' \sec 600'$$

$$= 1' (\sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \dots + \sec 600') = 603'$$

wo die Längenminute auf dem Äquator als Einheit genommen ist.

Wenn man dies Verfahren schrittweise von $10'$ zu $10'$ fortsetzt, so gelangt man zu den in Tafel 4 angegebenen Werten der vergrößerten Breiten, nach welcher man den vergrößerten Breitenunterschied, welcher zwei beliebig gegebenen geographischen Breiten entspricht, durch einfache Differenzbildung finden kann.¹

§ 14. Die Messung der Distanzen in Mercators Karte. Die Einheit der Distanzmessung, die Seemeile, ist gleich der Einheit der Breitenmessung, der Meridianminute. Da nun nach Fig. 11

$$d : AE = b : b_v,$$

d. h. da die Meridianminute in Mercators Karte nach demselben Massstab vergrößert wird wie die Seemeile, so können die Distanzen auf derselben Skale gemessen werden, wo die Breitenunterschiede gemessen werden, also auf den beiden seitlich, rechts und links befindlichen Kartenrändern, und damit ist auch die dritte in § 11 an die Seekarten gestellte Anforderung erfüllt.

Es versteht sich von selbst, dass man wegen des mit wachsender Breite zunehmenden Massstabes die gesegelten Distanzen an denjenigen Stellen der Seitenskale abzusetzen hat, wo derselbe Massstab gilt wie für den gutgemachten Breitenunterschied, also so, dass die Mitte der Zirkelöffnung mit der Mitte des versegelten Breitenunterschiedes ungefähr auf demselben Breitenparallel liegt.

Aus derselben Figur geht zwar auch hervor, dass die Abweichungen ebenfalls in demselben Verhältnis vergrößert werden wie die Distanzen; aber die Zahlen am oberen und unteren Rande der Karte bedeuten nicht die auf dem betreffenden Breitenparallel liegenden Seemeilen, sondern die Längenminuten, und da diese nicht gleich der Seemeile sind, so dürfen Distanzen nicht auf der Skale des oberen oder unteren Randes gemessen werden.

§ 15. Kartenzeichnen. Das Wesen der Mercatorschen Projektion wird durch nichts mehr geklärt, als durch das Entwerfen von Kartennetzen, deren Grenzen in Breite und Länge vorgeschrieben sind.

Ist der Massstab durch Angabe der Grösse einer Längenminute vorgeschrieben, so berechnet man sich die Länge des Längengrades, indem man den gegebenen Massstab mit 60 multipliziert, und trägt von diesen Längengraden so viele auf einer horizontalen Graden, welche den unteren Rand der Karte darstellen soll, ab, wie der Ausdehnung der Karte in Länge entspricht. Dann errichtet man in jedem Endpunkte derselben ein Lot und teilt auf jedem so viele Längenminuten ab, wie der den Breitengrenzen nach Tafel 4 entsprechende vergrößerte Breitenunterschied Minuten enthält. Die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Lote stellt den oberen Rand der Karte dar. Nachdem so die Grenzen des Kartennetzes festgelegt sind, teilt man die einzelnen Längengrade der horizontalen Ränder in 60 unter sich gleiche Teile, so dass jeder Teil gleich einer Längenminute ist, und zeichnet dann je nach Ausdehnung und Zweck der Karte die erforderliche Anzahl der Meridiane ein, indem man die korrespondierenden Punkte des oberen und unteren Randes miteinander verbindet. Die Unterabteilung der die Breitenskale enthaltenden

¹ Dass streng genommen die Vergrößerung der Meridianbogen durch Multiplikation mit $\sec \varphi$ nicht sprungweise von Minute zu Minute, sondern kontinuierlich fortschreitend geschehen muss, liegt auf der Hand; jedoch kann die Entwicklung nicht auf elementar-mathematische Weise gegeben werden.

Seitenränder findet man, indem man nach Tafel 4 die vergrösserten Breitenunterschiede ermittelt, diese mit dem gegebenen Massstab multipliziert und die so erhaltenen Werte abträgt. Dann geben die Verbindungslinien der Punkte gleicher Breite die Breitenparallele.

Aufgaben.

1. Ein Kartennetz zu entwerfen nach Mercators Projektion für die Grenzen 53° N bis 54° N und 9° O bis 10° O nach dem Massstabe 1 Längenminute = 2 mm.

Der Längengrad ist $60 \cdot 2 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$ (siehe Figur auf Seite 19).

$$\text{Für } \varphi = 54^{\circ} \text{ ist vergr. } \varphi = 3864,6$$

$$\text{Für } \varphi = 53^{\circ} \text{ ist vergr. } \varphi = 3763,8$$

$$b_v = 100,8$$

$$\text{Ausdehnung in Breite} = 100,8 \cdot 2 \text{ mm} = 201,6 \text{ mm.}$$

$$\text{Für } \varphi = 53^{\circ} 10' \text{ ist vergr. } \varphi = 3780,4$$

$$\text{Für } \varphi = 53^{\circ} 0' \text{ ist vergr. } \varphi = 3763,8$$

$$b_v = 16,6$$

$$\text{Abstand zwischen } 53^{\circ} 0' \text{ und } 53^{\circ} 10' = 16,6 \cdot 2 \text{ mm} = 33,2 \text{ mm.}$$

$$\text{Für } \varphi = 53^{\circ} 20' \text{ ist vergr. } \varphi = 3797,1$$

$$\text{Für } \varphi = 53^{\circ} 0' \text{ ist vergr. } \varphi = 3763,8$$

$$b_v = 33,3$$

$$\text{Abstand zwischen } 53^{\circ} 0' \text{ und } 53^{\circ} 20' = 33,3 \cdot 2 \text{ mm} = 66,6 \text{ mm.}$$

Auf dieselbe Weise findet man die übrigen Werte der Abstände zu 100,2 mm, 134,0 mm, 167,8 mm.

2. Ein Kartennetz zu entwerfen nach Mercators Projektion für die Grenzen 60° N bis 61° N und 10° W bis 12° W nach dem Massstabe 1 Längenminute = 1,5 mm.
3. Ein Kartennetz zu entwerfen nach Mercators Projektion für die Grenzen 42° S bis 45° S und 0° O bis 5° O nach dem Massstabe 1 Längenminute = 0,8 mm.

Ist der vorgeschriebene Massstab nicht durch die Grösse einer Längenminute, sondern durch den Wert angegeben, welchen eine Seemeile in der Karte enthalten soll, so führt man diese Aufgabe dadurch auf die oben behandelte Form zurück, dass man zunächst die dem angegebenen Massstabe entsprechende Grösse einer Längenminute ermittelt. Da nach § 13 auf einem Breitenparallel von der Breite φ die Ausdehnung einer Bogenminute gleich der Äquatorminute multipliziert mit dem Kosinus der Breite ist, die Äquatorminute aber gleich der Seemeile ist, so ist auf dem Breitenparallel von der Breite φ 1 Bogenminute = 1 sml $\cos \varphi$. Wenn also die Länge der Seemeile in der anzufertigenden Karte durch den vorgeschriebenen Massstab bekannt ist, so erhält man die Grösse der Bogenminute auf dem Breitenparallel, indem man den Massstab mit $\cos \varphi$ multipliziert. Das weitere Verfahren ist dann dasselbe wie oben.

Es ist jedoch hierbei zu bemerken, dass der in dieser Art vorgeschriebene Massstab sich, streng genommen, nur auf einen bestimmten Breitenparallel beziehen kann, weil der Massstab einer Mercatorschen Karte mit zunehmender Breite selbst grösser wird. Man bezieht daher am zweckmässigsten den vorgeschriebenen Massstab einer Seemeile auf den mittleren Breitenparallel, d. h. man multipliziert denselben mit dem Kosinus der zwischen den Grenzen der Karte in Breite liegenden Mittelbreite.

Aufgabe.

Ein Kartennetz zu entwerfen nach Mercators Projektion für die Grenzen 67° N bis 69° N und 2° O bis 5° W nach dem Massstabe 1 sml = 4 mm.

Auf dem Breitenparallel der Mittelbreite 68° ist

$$1 \text{ Bogenminute} = 1 \text{ sml} \cdot \cos 68^{\circ} = 4 \text{ mm} \cdot \cos 68^{\circ} = 1,50 \text{ mm.}$$

usw. wie oben.

§ 16. Gebrauch der Mercatorschen Karte. Für den sicheren Gebrauch der Mercatorschen Karte ist vollständige Vertrautheit mit folgenden Aufgaben unerlässliche Bedingung:

1. Den einer gegebenen Breite und Länge entsprechenden Schiffsort in die Karte einzuzeichnen.

Man sucht auf der Breitenskale (rechter oder linker Rand) die gegebene Breite, misst mit dem Zirkel den Abstand von dem nächsten in der Karte durchgezogenen Breitenparallel und zieht zu diesem im Abstand der Zirkelöffnung in der Nähe des der gegebenen Länge entsprechenden Meridians eine Parallele; so stellt diese den Breitenparallel des Schiffsortes dar. Hierauf sucht man auf der Längenskale (oberer oder unterer Rand) die gegebene Länge, misst mit dem Zirkel den Abstand von dem nächsten in der Karte durchgezogenen Meridian und zieht zu diesem im Abstand der Zirkelöffnung eine Parallele, welche den eingetragenen Breitenparallel schneidet; so ist diese Parallele der Meridian des Schiffsortes, und folglich der Schnittpunkt der gesuchte Schiffsort selbst.

2. Die Breite und Länge eines in der Karte gegebenen Schiffsortes zu finden.

Man misst mit dem Zirkel den Abstand des Schiffsortes vom nächsten Breitenparallel, trägt denselben auf der Breitenskale von demselben Breitenparallel ab und erhält so die gesuchte Breite. Hierauf misst man den Abstand des Schiffsortes vom nächsten Meridian und findet in derselben Weise die Länge in der Längenskale.

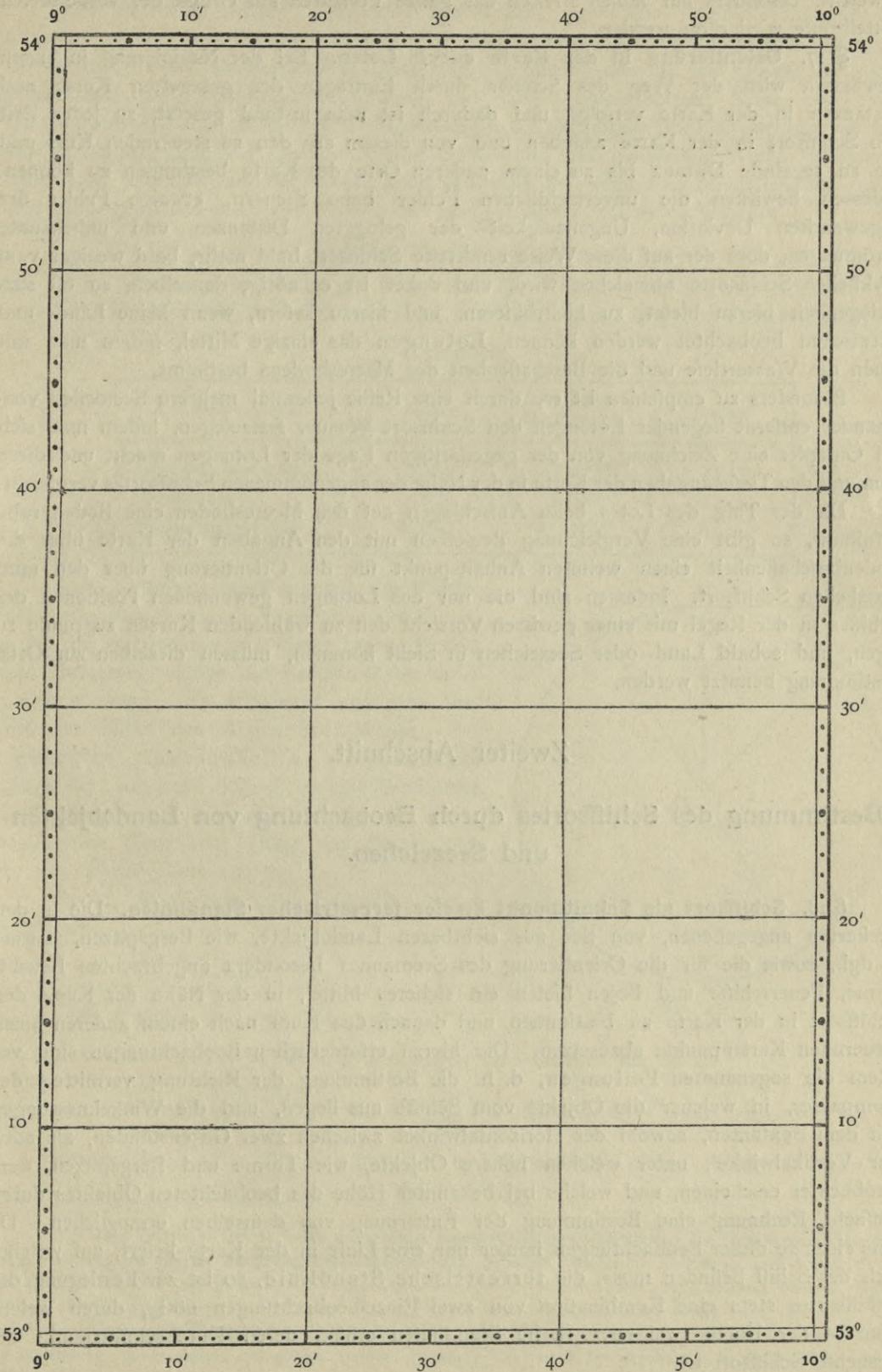
3. Den Kurs und die Distanz zwischen zwei in der Karte gegebenen Schiffsorten zu finden.

Man verbindet die beiden Orte durch eine gerade Linie und zieht zu dieser durch den Mittelpunkt der zunächst liegenden Kompassrose eine Parallele; so gibt diese auf dem Rand der Rose den gesuchten Kurs an. Hierauf misst man mit dem Zirkel die Distanz der Orte in der Karte und trägt dieselbe auf der Breitenskale so ab, dass die Mitte der Zirkelöffnung mit der Mittelbreite zwischen den Breitenparallelen der beiden Orte zusammenfällt. Liest man dann die beiden Breiten ab, auf welchen die Zirkelspitzen stehen, so ist der Breitenunterschied derselben in Minuten gleich der gesuchten Distanz in Seemeilen. Ist die Distanz zu gross, so zerlegt man sie in kleinere Teile und trägt diese in derselben Weise nacheinander ab. Die Summe der einzelnen Breitenunterschiede ist dann die gesuchte Distanz.

4. Von einem Kartenpunkte aus einen gegebenen Kurs und Distanz in die Karte einzuzeichnen.

Auf der zunächst liegenden Kompassrose setzt man den gegebenen Kurs ab und zieht hierzu durch den gegebenen Kartenpunkt eine Parallele. Danach misst man auf der Breitenskale mit dem Zirkel so viele Breitenminuten ab, als die Distanz Seemeilen enthält, wobei indessen zu berücksichtigen ist, dass die Mitte der Zirkelöffnung auf denselben Breitenparallel fällt, welcher die Mittelbreite zwischen dem Abgangs- und Ankunftsort darstellt. Mit dieser Zirkelöffnung setzt man dann die Distanz auf der vorher eingezeichneten Kurslinie ab. Wenn die Distanz zu gross ist, so verfährt man mit den einzelnen Teilen derselben in derselben Weise und trägt die abgemessenen Breitenunterschiede hintereinander auf der Kurslinie ab.

Da die Mittelbreite nach Augenmass gefunden wird, so muss, wenn nach Eintragung der Distanz sich herausstellt, dass die wirkliche Mittelbreite von der geschätzten merklich



abweicht, besonders auf hohen Breiten das ganze Verfahren auf Grund der verbesserten Mittelbreite wiederholt werden.

§ 17. **Orientierung in der Karte durch Loten.** Bei der Navigierung in engen Gewässern wird der Weg des Schiffes durch Eintragen der gesegelten Kurse und Distanzen in der Karte verfolgt, und dadurch ist man instand gesetzt, zu jeder Zeit den Schiffsort in der Karte angeben und von diesem aus den zu steuernden Kurs und die zu segelnde Distanz bis zu einem anderen Orte der Karte bestimmen zu können. Indessen bewirken die unvermeidlichen Fehler beim Steuern, etwaige Fehler der angewandten Deviation, Ungenauigkeit der geloggtten Distanzen und unbekanntes Strömungen, dass der auf diese Weise ermittelte Schiffsort bald mehr, bald weniger vom wirklichen Schiffsorte abweichen wird, und daher ist es nötig, denselben, so oft sich Gelegenheit hierzu bietet, zu kontrollieren, und hierzu liefern, wenn keine Land- und Seezeichen beobachtet werden können, Lotungen das einzige Mittel, indem man mit ihnen die Wassertiefe und die Beschaffenheit des Meeresbodens bestimmt.

Besonders zu empfehlen ist es, durch eine Reihe jedesmal mehrere Seemeilen voneinander entfernt liegender Lotungen den Schiffsort genauer festzulegen, indem man sich auf Ölpapier eine Zeichnung von der gegenseitigen Lage der Lotungen macht und diese dann mit den Tiefenangaben der Karte in der Nähe des angenommenen Schiffsortes vergleicht.

Da der Talg des Lotes beim Aufschlagen auf den Meeresboden eine Bodenprobe aufnimmt, so gibt eine Vergleichung desselben mit den Angaben der Karte über die Bodenbeschaffenheit einen weiteren Anhaltspunkt für die Orientierung über den mutmasslichen Schiffsort. Indessen sind die nur aus Lotungen gewonnenen Positionen des Schiffes in der Regel mit einer gewissen Vorsicht den zu wählenden Kursen zugrunde zu legen, und sobald Land- oder Seezeichen in Sicht kommen, müssen dieselben zur Ortsbestimmung benutzt werden.

Zweiter Abschnitt.

Bestimmung des Schiffsortes durch Beobachtung von Landobjekten und Seezeichen.

§ 18. **Schiffsort als Schnittpunkt zweier terrestrischer Standlinien.** Die in den Seekarten angegebenen, von See aus sichtbaren Landobjekte, wie Bergspitzen, Türme u. dgl., sowie die für die Orientierung des Seemannes besonders angebrachten Leuchttürme, Feuerschiffe und Bojen bieten ein sicheres Mittel, in der Nähe der Küste den Schiffsort in der Karte zu bestimmen und danach den Kurs nach einem anderen anzusteuernden Kartenpunkte abzusetzen. Die hierzu erforderlichen Beobachtungen sind vor allem die sogenannten Peilungen, d. h. die Bestimmung der Richtung vermittels des Kompasses, in welcher die Objekte vom Schiffe aus liegen, und die Winkelmessungen mit dem Sextanten, sowohl der Horizontalwinkel zwischen zwei Gegenständen, als auch der Vertikalwinkel, unter welchen höhere Objekte, wie Türme und Bergspitzen, dem Beobachter erscheinen, und welche bei bekannter Höhe des beobachteten Objektes durch einfache Rechnung eine Bestimmung der Entfernung von demselben ermöglichen. Da eine einzelne dieser Beobachtungen immer nur eine Linie in der Karte liefert, auf welcher sich das Schiff befinden muss, die terrestrische Standlinie, so ist zur Festlegung des Schiffsortes stets eine Kombination von zwei Einzelbeobachtungen nötig, durch welche man in der Karte zwei terrestrische Standlinien erhält, deren Durchschnittspunkt der gesuchte Schiffsort ist.

Die zu einer Peilung gehörende terrestrische Standlinie ist die vom gepeilten Objekte in der der Peilung entgegengesetzten Richtung abgesetzte gerade Linie; die Beobachtung eines Vertikalwinkels liefert als Standlinie einen um das Objekt als Mittelpunkt mit der berechneten Entfernung als Radius beschriebenen Kreis, und einem Horizontalwinkel endlich entspricht als Standlinie die Peripherie eines Kreises, in welchem die Verbindungslinie der beiden Objekte Sehne und der gemessene Winkel Peripheriewinkel ist. Die Auswahl der Kombination geschieht für jeden Fall besonders und richtet sich im allgemeinen nach der Anzahl der zur Verfügung stehenden Objekte.

a) Ein Objekt sichtbar.¹

§ 19. **Peilung und Lotung.** Man setzt die Peilung vom gepeilten Orte in entgegengesetzter Richtung in der Karte ab und sucht auf dieser Linie die gelotete Wassertiefe.

Aufgaben.

| Gepoiltes Objekt | Peilung | Gesamtmissw. des Kompasses | Lotung |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| Ameland Feuer . . | SSW | 1 ¹ / ₄ str.W | 21 m |
| Hirtshals | OzN | 18°W | 22 » |
| Schiermonikoog F. | SO ³ / ₄ S | 1 ¹ / ₂ str.W | 23 » |

§ 20. **Peilung eines Feuers in der Kimm.**
Sieht man von *A* aus ein Feuer *F* in der Kimm, so ist die Verbindungslinie dieser beiden Punkte eine Tangente, welche die Erdoberfläche in *K* berühren möge. Es entspricht nun einer bestimmten Höhe des Auges über Wasser, der sogenannten Augeshöhe, *h*, eine bestimmte Länge der Tangente *AK*, d. h. eine bestimmte Entfernung *x* der Kimm, und ebenso einem bestimmten Werte der Höhe des Feuers, *H*, ein bestimmter Wert von *y*.

Es ist, wenn man den Erdradius mit *r* bezeichnet,

$$(2r + h) : x = x : h$$

$$x = \sqrt{(2r + h)h} = \sqrt{2rh}$$

(da *h* gegen *2r* sehr klein ist).

Gibt man *r* und *h* in Metern, *x* dagegen in Seemeilen an, so ist

$$x = \frac{\sqrt{2,6366738 \cdot h}}{1852} \text{ sml} = \frac{3568}{1852} \sqrt{h} \text{ sml} = 1,927 \sqrt{h} \text{ sml.}$$

Ébenso ist $y = 1,927 \sqrt{H}$, und danach ist

$$x + y = 1,927 (\sqrt{H} + \sqrt{h}).$$

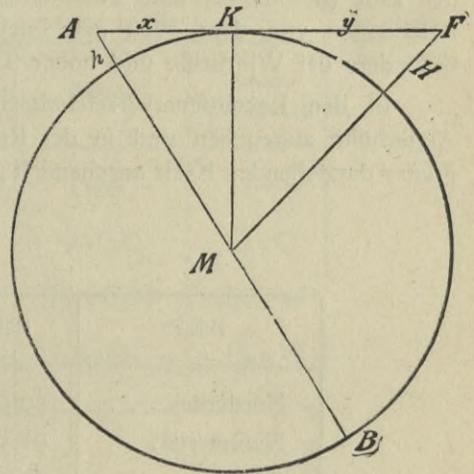


Fig. 12

¹ Vor dem Verfahren, selbst unter ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen, den Schiffsort nach einer einzigen Peilung bei blosser Schätzung des Abstandes vom gepeilten Objekte zu bestimmen und danach einen sehr nahe an Untiefen vorbeiführenden Kurs zu bestimmen, kann nicht dringend genug gewarnt werden. Jeder Jahrgang der »Entscheidungen der Seeämter und des Oberseeamtes« bringt mehrere solche Fälle, wo durch die hierbei vorgekommenen Überschätzungen der Entfernung Strandungen verursacht sind, welche durch eine einzige Lotung sicher hätten vermieden werden können. Die in § 19 gegebenen Beispiele sind diesen »Entscheidungen usw.« entnommen.

Nun werden aber durch die Strahlenbrechung in der Atmosphäre (siehe § 63) alle Lichtstrahlen, wie in Fig. 13 anschaulich gemacht, aus der geradlinigen Richtung heraus

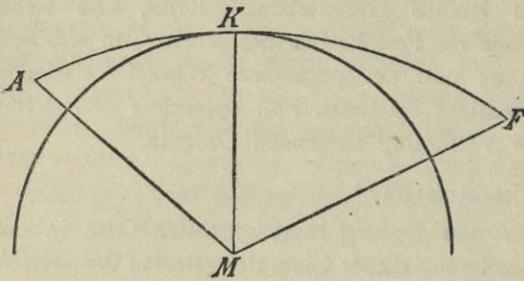


Fig. 13

gekrümmt, und infolgedessen ist die Sichtweite des Feuers grösser, und zwar, wie Beobachtungen ergeben haben, um $\frac{1}{13}$ des oben angegebenen Wertes. Demnach ist der

$$\text{Abstand des Feuers} = 2,075 (\sqrt{H} + \sqrt{h}).$$

Nach diesem Ausdrucke ist Tafel 8 berechnet, aus welcher man bei bekannter Höhe des Auges und des Feuers in Metern die Entfernung der letzteren in Seemeilen ausnehmen kann.

Zugleich leuchtet ein, dass man dieser Tafel auch die einer bestimmten Augeshöhe entsprechende Entfernung der scheinbaren Kimm entnehmen kann, indem man mit der Höhe des Feuers 0 eingeht.

Man findet danach den Schiffsort, indem man die Peilung entgegengesetzt absetzt und auf der Peilungslinie die gefundene Entfernung abträgt. Indessen ist hierbei zu bemerken, dass der Einfluss der atmosphärischen Strahlenbrechung sehr von dem Zustande der Luft (Barometer- und Thermometerstand) abhängt und ziemlich beträchtliche Abweichungen von dem oben gerechneten Mittelwerte $\frac{1}{13}$ hervorrufen kann. Daher ist besonders bei Windstille und hoher Temperatur der Luft einige Vorsicht erforderlich.

In den Leuchtfeuerverzeichnissen ist die Sichtweite der Feuer für eine mittlere Augeshöhe angegeben und in der Regel in den Karten durch einen die Sichtbarkeitsgrenze darstellenden Kreis anschaulich gemacht oder durch beigedruckte Zahlen angegeben.

Aufgaben.

| Feuer | Höhe | Augeshöhe | Peilung | Deviation |
|-----------------|--------|-----------|--------------------|---------------------|
| Norderney . . . | 59,5 m | 5 m | S $1\frac{1}{2}$ O | $\frac{1}{4}$ str.O |
| Hammeren . . . | 91,5 » | 6 » | SSW | $\frac{1}{2}$ » W |
| Rixhöft | 69 » | 6,5 » | S26°O | 4°O |
| Eddystone . . . | 40,5 » | 6,5 » | N39°O | 3°W |

Wenn der optische Apparat eines Feuers zu schwach ist, um die seiner Höhe entsprechende Entfernung mit seinem Lichte durchdringen zu können, so ist seine Sichtweite kleiner, als es Tafel 8 entsprechen würde.

§ 21. Peilung und Abstandsbestimmung durch Messen des Vertikalwinkels.

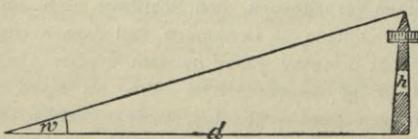


Fig. 14

Ist die Höhe h des gepeilten Objektes bekannt, so misst man mit dem Sextanten den Höhenwinkel w , unter welchem dasselbe vom Schiffe aus gesehen wird, und findet dann die Entfernung d nach der Formel

$$d = h \cdot \cotg w.$$

Gibt man d und h in Metern, w in Minuten an, so ist

$$d_m = \frac{h_m}{\tan w'}, \text{ und da } \tan w' = w \tan 1' \text{ gesetzt werden darf,}$$

$$d_m = \frac{h_m}{w'} \cotg 1' = \frac{h_m}{w'} \cdot 3438.$$

Will man den Abstand in Seemeilen haben, ist

$$d = \frac{h_m}{w'} \cdot \frac{3438}{1852} \text{ sml oder mit genügender Genauigkeit}$$

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{h_m}{w'} \text{ sml.}$$

Anmerkung: Will man sich bei der Winkelmessung von der Indexkorrektur des Instrumentes unabhängig machen, so misst man den Höhenwinkel »vor- und rückwärts«, d. h. man bringt einmal die Spitze des Objektes mit der Basis und danach umgekehrt die Basis mit der Spitze zur Deckung. Die halbe algebraische Differenz der Ablesungen ist dann der gesuchte Winkel; liegen also beide Ablesungen auf derselben Seite des Nullpunktes, so ist ihre Differenz zu nehmen und durch 2 zu dividieren; liegen sie dagegen auf verschiedenen Seiten des Nullpunktes, so ist ihre Summe zu bilden und durch 2 zu dividieren. Wenn z. B. die Ablesungen $20'40''$ links und $16'10''$ rechts sind, so ist $w = \frac{20'40'' + 16'10''}{2} = \frac{36'50''}{2} = 18',4$. Wenn aber die Ablesungen $20'40''$ und $16'10''$, beide links, sind, so ist $w = \frac{20'40'' - 16'10''}{2} = \frac{4'30''}{2} = 2',3$.

Aufgaben.

| Turm | Höhe | Ablesung | | Peilung | Gesamtmissweisung |
|-----------------|------|--|---|--------------------|--------------------|
| | | links | rechts | | |
| Roter Kliff . . | 62 m | $20'10''$ | $24'30''$ | OzN | $1^{\text{str.}}W$ |
| Vlieland . . . | 46 » | $\left\{ \begin{array}{l} 2'30'' \\ 34'40'' \end{array} \right.$ | | SO $\frac{1}{4}$ O | $\frac{1}{4}$ » O |
| Helgoland . . . | 68 » | | | $15'20''$ | $29'30''$ |
| Darsser Ort. . | 33 » | | $\left\{ \begin{array}{l} 5'50'' \\ 28'0'' \end{array} \right.$ | SzO | $\frac{3}{4}$ » W |

Bis jetzt war vorausgesetzt, dass das beobachtete Objekt ganz innerhalb des Seehorizontes liegt. Ist dies nicht der Fall, so verdeckt die Kimm den untersten Teil des Objektes, und es darf in die Formel nicht die ganze Höhe, sondern nur der obere sichtbare Teil eingesetzt werden.

Zunächst berechnet man sich einen ersten Näherungswert für den Abstand durch die Formel

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{H}{w'}. \text{ Subtrahiert man von demselben die}$$

der Augeshöhe h entsprechende Entfernung der scheinbaren Kimm d_1 (nach Tafel 8), so erhält man das Stück d_2 , mit welchem man nach derselben Tafel einen angenäherten Wert von x erhält. Hiermit berechnet man den zweiten Näherungswert

$$\frac{13}{7} \cdot \frac{H-x}{w'}. \text{ Nachdem darauf das Verfahren mit Zugrundelegung des arithmetischen Mittels der}$$

beiden Näherungswerte wiederholt ist, kann man aus der Abweichung der beiden zugrunde

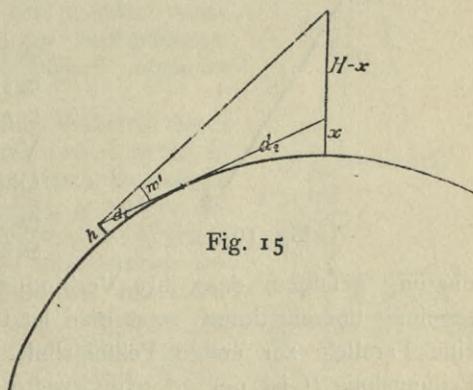


Fig. 15

gelegten Werte unter sich und der Abweichung der beiden resultierenden Werte unter sich durch Anwendung einer Proportion denjenigen Wert finden, bei dessen Zugrundelegung derselbe Wert resultieren würde.

Die Berechtigung des Mittelbildens liegt in dem Umstande, dass der zugrunde gelegte Wert stets nach der entgegengesetzten Seite hin falsch sein muss wie der resultierende, weil einer zu gross angenommenen Entfernung auch ein zu grosses d_2 , folglich auch ein zu grosses x , folglich ein zu kleines $H-x$ entspricht.

Aufgabe.

Bei einer Augeshöhe 3 m wurde die Höhe eines 1461 m hohen Berges gemessen gleich 1°30'. Wie gross war der Abstand?

$$\text{Erster Näherungswert} = \frac{13}{7} \cdot \frac{1461}{90} = 30 \text{ sml.}$$

Für $h = 3$ m ist $d = 3,6$ sml. Danach $d_2 = 30 - 3,6 = 26,4$ sml, woraus $x = 162$ m folgt. Danach wird

$$\text{zweiter Näherungswert} = \frac{13}{7} \cdot \frac{1461 - 162}{90} = 26,8 \text{ sml.}$$

Wiederholt man dasselbe Verfahren, indem man die Distanz $\frac{30 + 26,8}{2} = 28,4$ sml zugrunde legt, so wird $x = 143$ und damit $\frac{13}{7} \cdot \frac{1461 - 143}{90} = 27,2$ sml.

Da einem Unterschiede von 1,6 sml in der zugrunde gelegten Entfernung ein Unterschied von 0,4 sml in dem resultierenden Werte entspricht, so wird einer Differenz von 0,8 sml in dem zugrunde gelegten Werte eine solche von 0,2 sml in der resultierenden Differenz entsprechen, d. h. wenn man die Rechnung mit 27,6 sml wiederholen würde, würde man die Entfernung 27,4 sml erhalten, woraus der richtige Abstand 27,4 sml folgt als derjenige Wert, welcher bei der Wiederholung der Rechnung wieder auf 27,4 sml führen würde.

Aufgaben.

| Höhe des Objectes | Augeshöhe | w | Abstand |
|-------------------|-----------|-------|---------|
| 610 m | 5 m | 53' | |
| 829 » | 6 » | 58' | |
| 1235 » | 7 » | 1°19' | |
| 958 » | 6 » | 49' | |

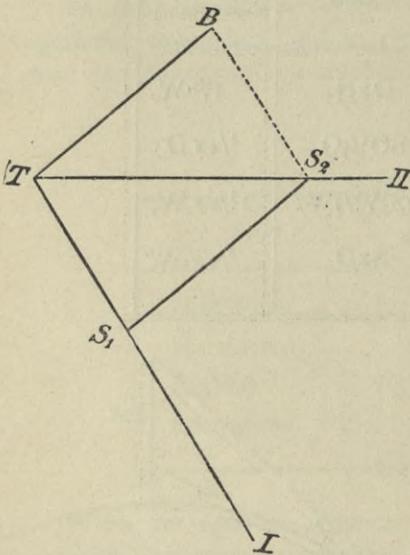


Fig. 16

§ 22. **Doppelpeilung.** Dieselbe besteht in der zweimaligen Peilung desselben Objectes in Verbindung mit der zwischen den beiden Peilungen liegenden, nach Kurs und Distanz möglichst genau bestimmten Versegelung. Man setzt dann von dem gepeilten Objecte T aus die beiden Peilungslinien I und II entgegengesetzt ab. Um nun auf diesen die beiden Schiffsorte S_1 und S_2 zu erhalten, welche der Bedingung

genügen, dass ihre Verbindungslinie nach Richtung und Länge mit der Versegelung übereinstimmt, setzt man letztere von T aus ab und zieht durch den Endpunkt B eine Parallele zur ersten Peilungslinie I. Der Schnittpunkt derselben mit der zweiten Peilungslinie II ist der gesuchte zweite Schiffsort S_2 . Zieht man dann noch $S_2 S_1 \parallel BT$, so ist S_1 der erste Schiffsort. Der Beweis dafür, dass S_1 und S_2 der obigen Bedingung genügen, liegt darin, dass TBS_2S_1 nach Konstruktion ein Parallelogramm ist, folglich $S_1S_2 = TB$.

Aufgaben.

| Objekt | I. Peilung | Kurs u. Distanz | II. Peilung | Deviation des Peilkomp. | Deviation des Steuerkomp. | Ortsmissw. |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|------------|
| Helgoland Feuer | NW | WzS 8 sml | NO ¹ / ₄ N | 9°O | 6°O | 14°W |
| Outer Gabbard Feuerschiff . . | N75°W | N30°W 5 » | S30°W | 2°W | 5°W | 16°W |
| Start Point . . . | NO ¹ / ₂ O | OzS 7 » | NW ¹ / ₄ N | 1 ¹ / ₂ str.W | 1 str.W | |

Ein besonderer Fall der Doppelpeilung ist die besonders auf Dampfern beliebte »Vierstrichpeilung«. Wenn die erste Peilung 4 Strich seitlich von vorn, die zweite recht dwars ist, so ist $\triangle TS_1S_2$ ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck, und daher ist der Abstand bei der Dwarspeilung gleich der in der Zwischenzeit gelaufenen Distanz. Dasselbe findet man, wenn die erste Peilung die Dwarspeilung und die zweite Peilung 4 Strich seitlich von achtern ist.

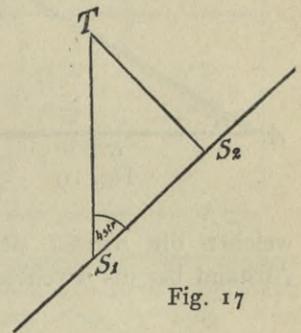


Fig. 17

Aufgaben.

| Objekt | I. Peilung | Kurs u. Distanz | II. Peilung | Deviation d. Steuerkomp. | Ortsmissw. |
|---------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------|
| Borkum Feuerschiff | 4 ^{str.} voraus BB | WzN 4,5 sml | dwars | 6°W | 14,5 W |
| Varne Feuerschiff . | dwars an BB | SW 4 » | 4 ^{str.} von achtern | 1 ¹ / ₄ str. O | |

Die Genauigkeit der Methode hängt in erster Linie von der Genauigkeit des durchsegelten Weges nach Kurs und Distanz ab, und daher ist genau auf das Steuern und Loggen zu achten und in Gegenden mit stärkerer Strömung überhaupt kein zuverlässiges Resultat zu erwarten. Weil aber alle nautischen Beobachtungen an grösseren oder kleineren Ungenauigkeiten leiden, so muss der Seemann seine Methode stets so auswählen, dass der Einfluss der Beobachtungsungenauigkeit auf das Resultat, also hier den Schiffsort, möglichst klein wird.

Angenommen, die erste Peilung wäre um den Winkel w falsch gewesen, so würden dadurch die Schiffsorte von S_1 und S_2 nach S_1' und S_2' verlegt werden, und es ist klar, dass der durch die falsche Peilung hervorgerufene Fehler S_1S_1' um so grösser wird, je kleiner der Winkel S_1TS_2 , d. h. je kleiner der Unterschied der beiden Peilungen ist. Auch der Fehler in der Distanz übt dann, wie eine analoge Betrachtung lehrt, den grössten Einfluss auf den Schiffsort aus, und daher liefern Doppelpeilungen, bei denen die Peilung sich während der Segelung nur wenige Striche ändert, nur sehr unsichere Schiffspeditionen. Die Figur 18 lehrt ferner, dass der aus dem Fehler w der ersten Peilung resultierende Fehler $S_1'S_1$ im Schiffsort dann am kleinsten ist, wenn $S_1S_1' \perp TC$ fällt, d. h., da $S_1'S_1 \parallel TB$ ist, wenn die Peilungen selbst rechtwinklig aufeinander stehen. Auch der Fehler in der gesegebenen Distanz übt dann einen beträchtlich kleineren Einfluss aus. Nimmt man den Winkel zwischen den Peilungen noch

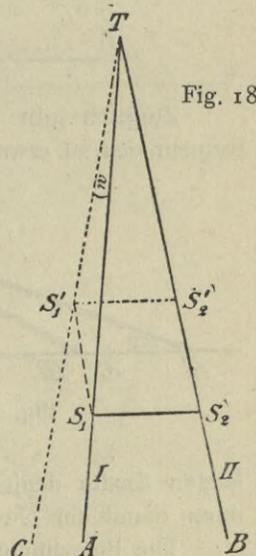


Fig. 18

grösser, also stumpf, so wird zwar der Einfluss eines Fehlers der gesegelten Distanz auf den Schiffsort noch weiter verkleinert werden können, aber der auf ungenauem Peilen beruhende Fehler des Schiffsortes würde wieder zunehmen. Ausserdem würde die zu segelnde Distanz so gross werden, dass der Fehler derselben und daher auch dessen Einfluss auf den Schiffsort aus diesem Grunde grösser würde, und endlich spricht der Umstand, dass bei sehr grossem Winkel ein etwaiger Fehler im Kurse den Schiffsort stark beeinflusst, gegen diese Lage des Dreiecks. Es ist daher im allgemeinen am vorteilhaftesten, wenn der Unterschied der Peilungen etwa 8^{str.} beträgt.

In manchen Fällen ist es bequem, bei dem in Aussicht stehenden Passieren eines Feuers den Abstand ohne Konstruktion in der Karte zu finden. Hat man in *A* das Feuer *F* an Backbord α^0 von vorn gepeilt und später, nachdem man die Strecke *s* bis *B* gesegelt, dasselbe Feuer in einer um β^0 geänderten Peilung, so kann man den Abstand *d* bei der zweiten Peilung finden mit Hilfe der Sinusregel

$$d = s \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

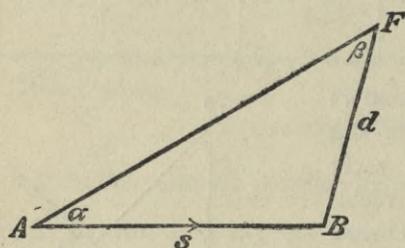


Fig. 19

Der Faktor $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ ist in Tafel 9 tabuliert worden; er stellt somit diejenige Zahl dar, mit welcher die Anzahl der versegelten Seemeilen multipliziert werden muss, um den Abstand bei der zweiten Peilung zu erhalten.

Aufgaben.

| I. Peilung | Segelung | Veränderung der Peilung | Abstand bei der zweiten Peilung |
|--------------|----------|-------------------------|---------------------------------|
| 36° von vorn | 5,5 sml | 85° | |
| 43° » » | 3,8 » | 62° | |
| 67° » » | 6,8 » | 78° | |

Zugleich gibt Tafel 9 in ihrer letzten Spalte ein Mittel an die Hand, um recht bequem den zu erwartenden Abstand bei der Dwarspeilung zu erhalten.

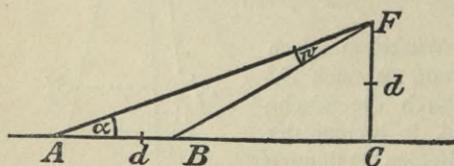


Fig. 20

Zu diesem Zwecke ist für einen beliebigen Winkel α (Winkel zwischen Kurs und erster Peilung) in Fig. 20 derjenige Wert w der Peilungsänderung berechnet, für welchen die zugehörige Versiegelung *AB* gleich dem Abstand *FC* bei der Dwarspeilung ist.

Man braucht also nur mit dem jeweiligen Winkel zwischen Kurs und erster Peilung in die erste Vertikalspalte einzugehen und dazu aus der letzten Spalte denjenigen Winkel zu entnehmen, um welchen sich die Peilung ändern muss, damit der Dwarsabstand gleich der Versiegelung ist.

Die Berechnung der Tafel beruht auf folgender Formel:

$$\cotg(\alpha + w) = \frac{BC}{d} = \frac{AC - d}{d} = \frac{AC}{d} - 1 = \cotg \alpha - 1.$$

Aufgaben.

Wieviel muss sich die Peilung geändert haben, damit der Dwarsabstand gleich der Versegelung ist, wenn der Winkel zwischen Kurs und erster Peilung a) 36° , b) 42° , c) 63° ist?

b) Zwei Objekte sichtbar.

§ 23. **Kreuzpeilung.** Dieselbe besteht darin, dass man zwei gleichzeitig sichtbare Gegenstände peilt. Setzt man dann von diesen aus in der Karte die Peilungslinien entgegengesetzt ab, so ist der Schnittpunkt derselben der Schiffsort.

Aufgaben.

| Objekt | Peilung | Objekt | Peilung | Deviation | Ortsmissw. |
|---------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|------------|
| Rixhöft . . . | W $\frac{1}{2}$ N | Hela | SzW $\frac{1}{2}$ W | 5°W | 9°W |
| Sandhammer | WzS | Hammeren | SSO | 2°O | 11°W |
| Helgoland . . | WSW $\frac{1}{4}$ W | Eider Feuerschiff | SzO $\frac{3}{4}$ O | $\frac{1}{4}$ str.W | |

Um den Einfluss zu untersuchen, welchen ein Fehler in den Peilungen auf den Schiffsort ausübt, wählen wir in Fig. 21 die drei Fälle, wo der Winkel zwischen den beiden Peilungen erstens sehr klein, etwa 4^{str} , zweitens 8^{str} und drittens sehr gross, etwa 13^{str} , ist. Man erkennt sofort, dass die durch ungenaues Peilen hervorgerufene Unsicherheit des Schiffsortes, welche durch die schraffiert gezeichneten Vierecke dargestellt wird, für den zweiten Fall am kleinsten ausfällt, und daher müssen Kreuzpeilungen, wenn irgend möglich, so genommen werden, dass der Winkel zwischen den Peilungen möglichst nahe $1 R$ ist.

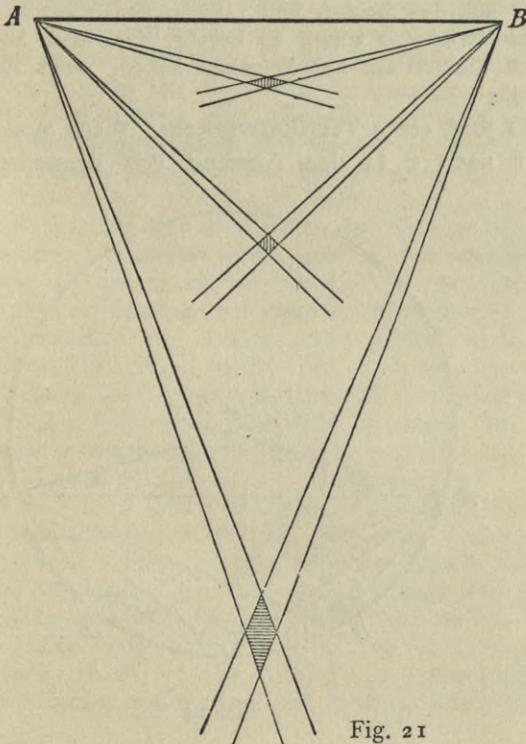


Fig. 21

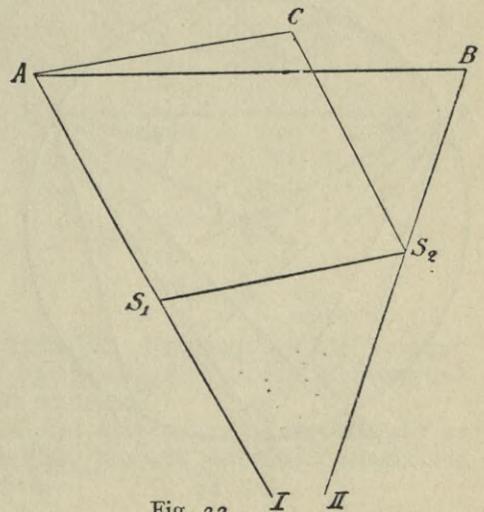


Fig. 22

§ 24. **Abgestumpfte Doppelpeilung.** Wenn die einfache Doppelpeilung von § 22 wegen eines zu kleinen Winkels zwischen den Peilungen oder auch aus dem Grunde nicht

anwendbar ist, weil das gepeilte Objekt während der Segelung aus Sicht verloren ist, so kann man für die zweite Peilung auch ein anderes Objekt benutzen. Man setzt zunächst die beiden Peilungen entgegengesetzt ab. Die Schiffsorte bei den Peilungen werden dann auf diesen Peilungslinien so liegen, dass ihre Verbindungslinie mit dem in der Zwischenzeit zurückgelegten Schiffswege in Kurs und Distanz übereinstimmt. Man erhält dieselben, indem man von dem zuerst gepeilten Objekte A aus Kurs und Distanz absetzt und durch den Endpunkt C eine Parallele zur ersten Peilungslinie zieht. Wo diese die zweite Peilungslinie schneidet, ist der zweite Schiffsort S_2 . Zieht man dann $S_2 S_1 \parallel CA$, so ist S_1 der Schiffsort bei der ersten Peilung. Der Beweis dafür, dass diese beiden Schiffsorte die oben angegebene Bedingung erfüllen, liegt darin, dass $S_1 S_2$ und AC gegenüberliegende Seiten eines Parallelogramms sind.

Aufgaben.

| Objekt | Peilung | Kurs und Distanz | Objekt | Peilung | Deviation des | |
|--------------------|------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | Peilkomp. | Steuerkomp. |
| Darsser Ort F. . . | $S1\frac{1}{2}W$ | ONO $\frac{1}{4}O$ 22 sml | Arkona F. | SO $2O\frac{1}{4}O$ | $\frac{1}{4}$ str.W | $\frac{1}{4}$ str.O |
| Sandhammar F. . . | N 50^0O | W $\frac{1}{4}N$ 17 » | Smygehuk F. . . . | N 8^0W | 3^0W | 0 |
| Borkum F. | S 10^0W | O 7,5 » | Norderney F. . . | S 48^0O | 6^0O | 2^0W |
| Cap de la Hague F. | SW | OSO 11 » | Cap de Barfleur F. | SSO $\frac{1}{4}O$ | 0 | $\frac{1}{4}$ str.W |

Wie bei der einfachen Doppelpeilung, so muss auch hier die Versegelung in bezug auf Kurs und Distanz gut bekannt sein und daher auf das Steuern und Loggen genau geachtet werden. Ferner geht aus der Wiederholung des Verfahrens von § 22 hervor, dass auch hier die Ungenauigkeiten der Peilungen den kleinsten Einfluss auf den Schiffsort haben, wenn der Winkel zwischen den beiden Peilungen 8^{str} beträgt.

§ 25. Messung des Horizontalwinkels und eines Vertikalwinkels. Wenn ausser einem Höhenwinkel eines Objectes, welcher nach § 21 den Abstand von demselben

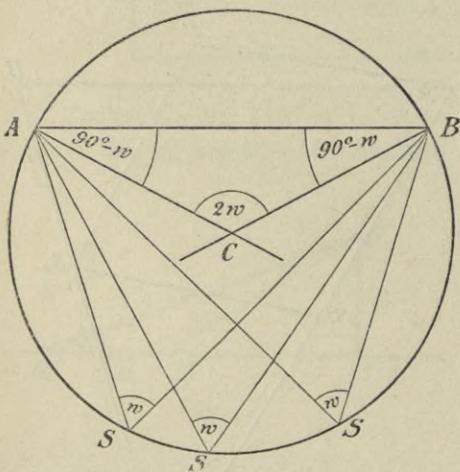


Fig. 23

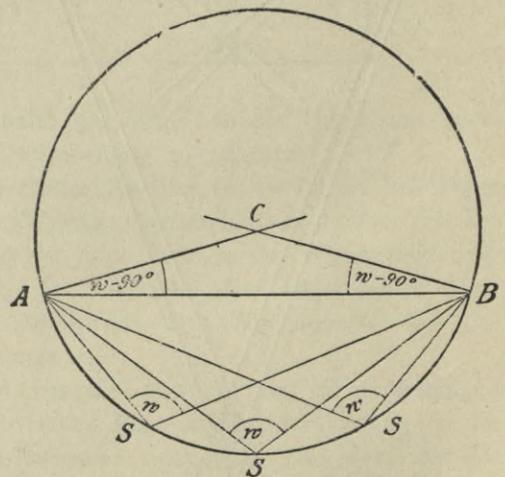


Fig. 24

ergibt, noch der Horizontalwinkel gemessen ist, unter welchem die Verbindungslinie beider Objecte erscheint, so ist die demselben entsprechende Standlinie der Bogen eines Kreises, in welchem die Verbindungslinie Sehne und der gemessene Winkel Peripherie-

winkel ist. Um diesen zu konstruieren, trägt man in A und B , wenn der gemessene Winkel w spitz ist (Fig. 23), dessen Komplementwinkel nach derselben Seite an AB , auf welcher das Schiff steht, wenn der gemessene Winkel w dagegen stumpf ist (Fig. 24), den Überschuss über 90° nach der entgegengesetzten Seite. Der Schnittpunkt der Schenkel der angetragenen Winkel ist der Mittelpunkt des Kreises, auf welchem das Schiff steht. Beschreibt man also um diesen Punkt C den Kreis, welcher durch A und B geht, und ausserdem um das Objekt, dessen Höhenwinkel gemessen ist, einen Kreisbogen, dessen Radius der damit berechnete Abstand ist, so ist der Schnittpunkt der beiden Kreisbogen der Schiffsort.

Der Beweis dafür, dass jeder Punkt S des ersten Kreises die Bedingung erfüllt, dass von ihm aus die Linie AB unter dem Winkel w erscheint, oder mit anderen Worten, dass $\sphericalangle ASB = w$ ist, wird so geführt, dass man zunächst zeigt, dass der Zentriwinkel über dem Bogen AB gleich $2w$ ist, woraus weiter folgt, dass $\sphericalangle ASB$ als Peripheriewinkel auf demselben Bogen gleich w ist.

Anmerkung. Es ist besonders hervorzuheben, dass diese Methode der Ortsbestimmung vollständig unabhängig vom Kompass ist. Man kann dieselbe daher benutzen, wenn gleichzeitig eines der beiden Objekte gepeilt ist, die Missweisung des Kompasses zu bestimmen, indem man die Kompasspeilung mit der rechtweisenden Richtung vergleicht, in welcher das Objekt in der Karte von dem gefundenen Schiffsorte aus liegt.

Von den Fehlern der Winkelmessung braucht man hier keinen merklichen Einfluss auf den Schiffsort zu erwarten, da unter normalen Umständen die Ungenauigkeit der Winkel ein

paar Minuten kaum überschreiten wird, und somit liegt die einzige in Betracht kommende Fehlerquelle in den kleinen Ungenauigkeiten aller Konstruktionen. Bei kleinen Horizontalwinkeln, wo der in A und B anzutragende Winkel gross ist, zieht eine Ungenauigkeit in der Konstruktion der Winkelanztragung eine grössere Ungenauigkeit des Kreises nach sich als dieselbe Ungenauigkeit bei grösseren Horizontalwinkeln. Der Grund hierfür liegt darin, dass erstens der Mittelpunkt des Kreises bei kleinen Horizontalwinkeln viel stärker durch diese Ungenauigkeit verschoben wird (C_2), als wenn der anzutragende Winkel klein ist (C_1), und zweitens der Radius selbst grösser wird, beides Ursachen, welche sich für die Verschiebung des Kreises summieren. (Bei stumpfem Winkel [C_3] üben diese beiden Ursachen eine einander entgegengesetzte Wirkung auf die Lage des Kreises aus.)

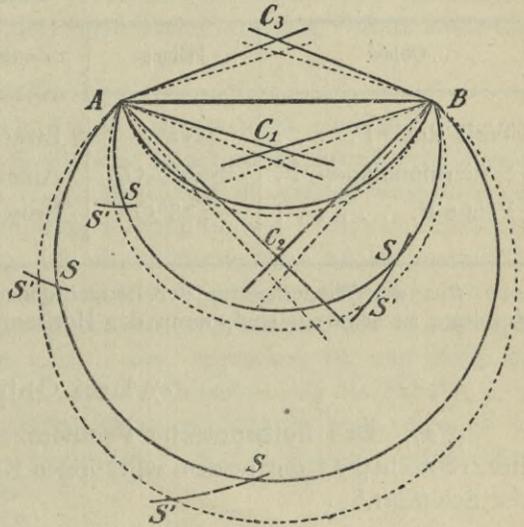


Fig. 25

In noch höherem Grade wird aber die Genauigkeit des Schiffsortes von dem Winkel beeinflusst, unter welchem sich die beiden Kreise schneiden. Ein Blick auf Fig. 25 lehrt, dass diejenigen Lagen zu vermeiden sind, bei denen der Kreis des Höhenwinkels denjenigen des Horizontalwinkels unter einem sehr kleinen Winkel schneidet.

Die Berücksichtigung dieser beiden Einflüsse und eine oberflächliche Vorstellung der zu erwartenden Figur lässt hiernach in jedem gegebenen Falle stets mit genügender Annäherung den Moment finden, wo diese Methode am sichersten ist.

Die im vorstehenden erklärte Konstruktion des Horizontalwinkels enthält ebenfalls ein geeignetes Mittel, um beim Passieren von zwei Objekten A und B (Fig. 26) vorgelagerte Untiefen zu vermeiden. Um denjenigen Kreis zu finden, welcher die Untiefen

einschliesst, errichtet man auf AB die Mittelsenkrechte und wählt auf dieser den Mittelpunkt

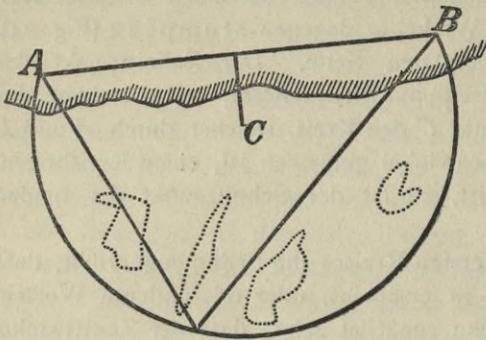


Fig. 26

so, dass der durch A und B gehende Kreis alle Untiefen einschliesst, und misst dann den zugehörigen Peripheriewinkel. Um nun sicher zu sein, dass man mit dem Schiff nicht innerhalb des Kreises kommt, muss man durch fortlaufende Beobachtung des Horizontalwinkels zwischen A und B mit dem Sextanten verhüten, dass dieser Winkel grösser wird als der durch jene Konstruktion gefundene Wert, der sogenannte Gefahrwinkel.

§ 26. Peilung und Messung des Horizontalwinkels. Man setzt die Peilungslinie wieder entgegengesetzt ab und trägt in einem beliebigen Punkte derselben den gemessenen Winkel nach der Seite der Objekte hin an. Zieht man dann zu dem Schenkel des angetragenen Winkels durch den anderen Ort eine Parallele, so ist der Schnittpunkt derselben mit der Peilungslinie der Schiffsort.

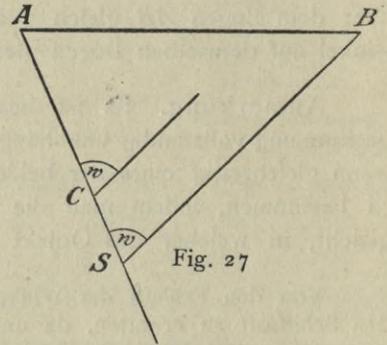


Fig. 27

Aufgaben.

| Objekt | Peilung | Anderes Objekt | Horizontalwinkel | Deviation | Ortsmissw. |
|----------------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------------|------------|
| Wolf Rock F. | NzW | Lizard Head F. | 95° 18' | 1 1/4 ^{str.} W | |
| Schiermonnikoog F. | SSO 1/4 O | Ameland F. . . | 81° 43' | o | |
| Pillau F. | S28° O | Brüsterort F. . | 110° 11' | 2° O | 7° W |

Aus der Wiederholung der Betrachtungen von § 23 folgt, dass auch hier die besten Resultate zu erwarten sind, wenn der Horizontalwinkel annähernd 90° beträgt.

c) Drei Objekte sichtbar.

§ 27. Das Pothenotsche Problem. Man misst zwei Horizontalwinkel und konstruiert nach § 25 die beiden zugehörigen Kreise, so ist der Durchschnittspunkt derselben der Schiffsort.¹

Aufgaben.

| Winkel zwischen | beträgt | Winkel zwischen | beträgt |
|-----------------------------------|---------|------------------------------------|----------|
| Neuwerk und Helgoland Feuer | 130° | Helgoland- und Wangeroog. Feuer | 112° 30' |
| Anvil Point und Needles | 69° 18' | Needles und St. Cathar. Point. . . | 53° 46' |
| Dover und Folkestone | 49° 33' | Folkestone und Varne Feuersch. . | 86° 31' |

¹ Auch für diese Methode gilt das in der Anmerkung zu § 25 Gesagte.

Die kleinen Ungenauigkeiten der Messung fallen auch hier gegenüber den Ungenauigkeiten der Konstruktion nicht ins Gewicht. Die Genauigkeit der Konstruktion und demgemäss des Schiffsortes hängt hier von dem Winkel ab, unter welchem die beiden Kreise sich schneiden. Wie in § 25, so ist auch hier die Lage am ungünstigsten, wenn die Kreise sich unter einem sehr kleinen Winkel schneiden. Die genauesten Resultate sind zu erwarten, wenn sie sich rechtwinklig schneiden, d. h. wenn in beiden Kreisen die durch den Schiffsort gehenden Radien SD und SE senkrecht aufeinander stehen.

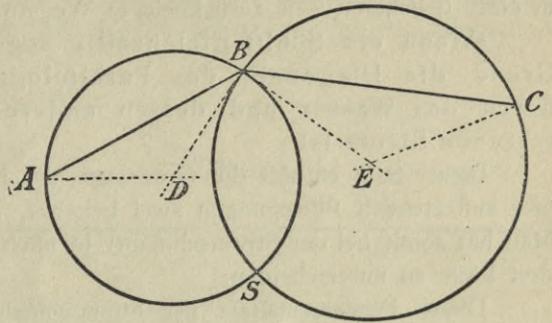


Fig. 28

Dritter Abschnitt.

Stromschiffahrt.

§ 28. **Fundamentalsatz der Stromschiffahrt.** Der durch Kompass und Logge bestimmte Weg des Schiffes ist, abgesehen von den dieser Methode anhaftenden Fehlern, der Weg, welchen das Schiff durch das Wasser zurücklegt. Derselbe stimmt nur dann mit dem wirklichen Weg über Grund überein, wenn kein Strom vorhanden ist. Segelt ein Schiff dagegen in einer Strömung, so fällt der Weg über Grund nicht mit dem Weg durch das Wasser zusammen, und da der erstere für die Ortsveränderung des Schiffes in Betracht kommt, so muss bei der Navigierung auf den Strom Rücksicht genommen werden.

Die Mittel hierzu bietet die Stromschiffahrt.

Bezeichnet AB (Fig. 29) den Weg durch das Wasser, welchen ein Schiff vermöge seiner eignen Fortbewegungsfähigkeit, durch Segel oder Maschine, in stromfreiem Wasser in einer Stunde zurücklegen würde, und AC den Weg, auf welchem die ganzen Wassermassen, in welchen das Schiff segelt, sich fortbewegen, also Richtung und Fahrt des Stromes, so wird das Schiff, obgleich die Kielrichtung mit der Richtung von AB zusammenfällt, durch den Einfluss des Stromes einen Weg über Grund einschlagen, welcher zwischen AB und AC liegt. Hierbei wird die Kielrichtung nun dieselbe bleiben, wie in der Figur durch die aufeinander folgenden Schiffslagen 1, 2, 3 usw. angegeben ist, und somit die vereinte Wirkung von Segeln und Treiben eine parallele Verschiebung des Schiffes sein.

Will man den genauen Weg über Grund ermitteln, so bedenke man, dass es für die Ortsveränderung des Schiffes einerlei ist, ob die beiden hier in Betracht kommenden durch Segeln und Treiben hervorgerufenen Bewegungen des Schiffes gleichzeitig oder nacheinander stattfinden. Nimmt man daher an, dass das Schiff zuerst eine Stunde segelt, ohne zu treiben, und hierauf eine Stunde treibt, ohne zu segeln, so würde dasselbe zuerst von A nach B segeln und darauf von B nach D treiben. Nach demselben Punkte D würde man gelangen, wenn man annähme, dass das Schiff zuerst eine Stunde treibt (von A nach C), ohne zu segeln, und darauf eine Stunde segelt (von C nach D), ohne zu treiben. Wenn daher das Schiff eine Stunde lang gleichzeitig segelt und treibt, so wird es sich von A nach D

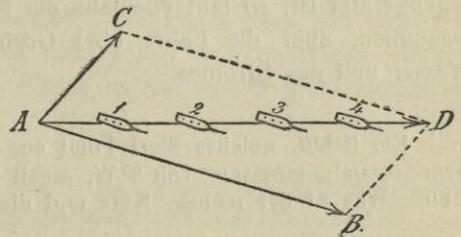


Fig. 29

bewegen, und somit stellt die Linie AD nach Kurs und Fahrt den über den Grund zurückgelegten Weg des Schiffes dar. Da dieselben Beziehungen gelten für irgendwelche in einer beliebigen Zeit zurückgelegte Wegstrecken, so erhält man die Regel:

»Wenn ein Schiff gleichzeitig segelt und treibt, so ist der Weg über Grund die Diagonale des Parallelogramms, dessen eine Seite der Weg durch das Wasser und dessen andere Seite der während derselben Zeit setzende Strom ist.«

Dieser Satz enthält die Grundlage der ganzen Stromschiffahrt. Sind von den drei hier auftretenden Bewegungen zwei bekannt, so lässt sich die dritte leicht konstruieren. Man hat somit bei der Stromschiffahrt je nach dem gesuchten Stücke des Parallelogramms drei Fälle zu unterscheiden.

Dieser Fundamentalsatz der Stromschiffahrt ist nur eine spezielle Fassung für den allgemeinen physikalischen Satz vom Parallelogramm der Kräfte: »Wenn auf einen Punkt gleichzeitig zwei Kräfte wirken, so lassen sich dieselben ersetzen durch eine einzige Kraft (Resultierende), welche nach Richtung und Kraft durch die Diagonale desjenigen Parallelogramms dargestellt wird, dessen Seiten jene beiden Kräfte (Seitenkräfte) darstellen.«

§ 29. **Erster Fall.** Gegeben: Der Weg durch das Wasser und der Strom.
Gesucht: Der Weg über Grund.



Fig. 30

Die Lösung dieser Aufgabe folgt aus den Betrachtungen von § 28.

Man setzt von dem Abgangsorte aus den Weg durch das Wasser und vom Endpunkte desselben den Strom ab; verbindet man dann den Abgangsort mit dem Endpunkte des Stromes, so stellt diese Verbindungslinie den Weg über Grund dar.

Aufgaben.

1. Ein Schiff, welches Borkum Feuerschiff dwars an Backbord in 1 sml Abstand hat, segelt $NWzW\frac{1}{2}W$ 9 kn bei 3° westlicher Deviation und 14° westlicher Ortsmissweisung, während der Strom rechth. WzS 1,2 kn setzt. Welches ist der rechth. Kurs und Fahrt über Grund?

2. Ein Schiff, welches Cap de Barfleur $S20^\circ O$ peilt bei 11° westlicher Gesamtmissweisung in einem Abstände von 7 sml, segelt SO 18 sml nach demselben Kompass, während der Strom rechth. WSW 5 sml setzt. Welches ist der rechth. Kurs und die Distanz über den Grund?

Wenn der Kurs durch das Wasser und die Richtung des Stromes zusammenfallen, so ist der Kurs über Grund gleich dem Kurs durch das Wasser und die Fahrt über Grund gleich der Summe der Fahrt durch das Wasser und der Geschwindigkeit des Stromes. Wenn dagegen der Kurs durch das Wasser der Richtung des Stromes entgegengesetzt ist, so fällt ebenfalls der Kurs über Grund mit dem Kurse durch das Wasser zusammen, aber die Fahrt über Grund ist gleich der Differenz der Fahrt durch das Wasser und des Stromes.

Aufgabe.

Ein Schiff, welches Start Point aus 5 m Augeshöhe in der Kimm peilt in $NNO\frac{1}{2}O$ bei einer Gesamtmissweisung von $8^\circ W$, segelt in einem Strome, der rechth. WzS 3 kn setzt, West 8 kn. Was ist der rechth. Kurs und die Fahrt über Grund?

§ 30. **Zweiter Fall.** Gegeben: Der Weg über Grund und der Strom.
Gesucht: Der Weg durch das Wasser.

Ist A der Abgangsort und P der Bestimmungsort, so ist AP der Weg über Grund und gibt somit die Richtung der Diagonale des Parallelogramms an. (Die Länge der

Diagonale, welche die stündliche Fahrt über Grund angibt, ist nicht bekannt, da AP die ganze über den Grund abzusegelnde Distanz angibt.) Bezeichnet AC den nach Richtung und Stärke gegebenen Strom, so ist AC die eine Seite des Parallelogramms. Man erkennt nun sofort aus der

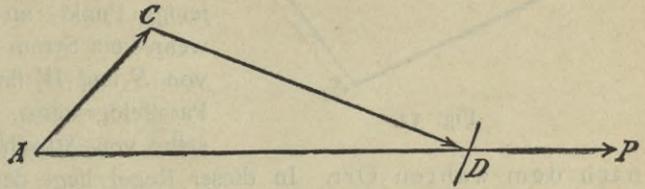


Fig. 31

Figur, dass die Lage der anderen Parallelogrammseite, d. h. der durch das Wasser zu segelnde Kurs, von der stündlichen Fahrt des Schiffes durch das Wasser abhängt. Dieselbe muss also noch bekannt sein, wenn der zu steuernde Kurs ermittelt werden soll. Man beschreibt dann mit derselben um den Endpunkt des Stromes C einen Kreisbogen, welcher AP in D schneidet, so gibt CD den zu segelnden Kurs durch das Wasser an, und AD ist die stündliche Fahrt über Grund.

Dividiert man die ganze Distanz über Grund durch die stündliche Fahrt über Grund, so erhält man die Zeitdauer der Segelung in Stunden, welche nötig ist, um den Bestimmungsort zu erreichen. Durch Multiplikation dieser Zahl mit der stündlichen Fahrt durch das Wasser endlich bekommt man die durch das Wasser zu segelnde Distanz.

Aufgabe.

Ein Schiff, welches Orfordness Feuer in $WNW\frac{1}{2}W$ und Shipwash Feuerschiff in SW peilt bei $\frac{1}{2}$ str. östl. Deviation, will nach Outer Gabbard Feuerschiff segeln, während ein Strom rechth. $SWzS$ 2 kn setzt. Welches ist der zu segelnde rechtweisende und Kompasskurs, die Fahrt über den Grund, die Zeitdauer der Segelung und die durch das Wasser zu segelnde Distanz, wenn $\frac{1}{2}$ str. östl. Deviation gerechnet wird und die Ortsmissweisung $1\frac{1}{2}$ str. West beträgt?

Wenn die Fahrt des Stromes grösser ist als die Fahrt des Schiffes durch das Wasser, so ist die Lösung der Aufgabe zweideutig oder unmöglich, weil dann der mit der stündlichen Fahrt durch das Wasser um den Endpunkt des Stromes beschriebene Kreisbogen den Weg über Grund zweimal oder gar nicht schneidet. Doch wird man im ersteren Falle in der Praxis denjenigen Kurs wählen, auf welchem das Ziel in der kürzeren Zeit erreicht wird.

Aufgabe.

Welchen Kompasskurs muss ein mit beschädigter Maschine 4 kn laufender Dampfer steuern, um nach einem rechth. SW 7 sml entfernt liegenden Orte zu gelangen, wenn der Strom rechth. SzW 5,5 kn setzt, und nach welcher Zeit wird er den Ort erreichen? Gesamtmissweisung des Kompasses $\frac{3}{4}$ str. Ost.

Wenn der Weg über Grund mit der Stromrichtung zusammenfällt, so ist der Kurs durch das Wasser derselbe wie der Kurs über Grund. Die Fahrt über den Grund ist gleich der Summe oder Differenz von Fahrt durch das Wasser und Fahrt des Stromes, je nachdem man mit dem Strom oder gegen den Strom segelt, wie in § 29 angegeben.

Aufgabe.

Ein Schiff, welches Texel Feuerschiff in $missw. OSO$ 4 sml ab peilt, will nach Terschelling Feuerschiff, während ein Strom gerade entgegen 1,2 kn setzt. Welchen Kompasskurs muss man steuern bei $\frac{1}{4}$ str. östl. Deviation, und wie lange muss man segeln, wenn die Fahrt durch das Wasser 8,5 kn beträgt?

§ 31. **Dritter Fall.** Gegeben: Der Weg durch das Wasser und der Weg über Grund.
Gesucht: Richtung und Fahrt des Stromes.

In nebenstehender Figur ist AW der in einer beliebigen Zeit zurückgelegte wahre Weg über Grund, also W der wahre Ort des Schiffes, AS der in derselben Zeit zurückgelegte scheinbare Weg durch das Wasser, also S der scheinbare Ort des Schiffes, d. h. derjenige Punkt, an welchem das Schiff stehen würde, wenn kein Strom vorhanden wäre. Durch Verbindung von S und W findet man dann die andere Seite des Parallelogramms, also den Strom, und zwar setzt derselbe von S nach W , also stets vom scheinbaren

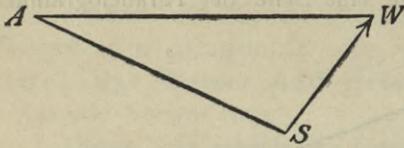


Fig. 32

nach dem wahren Ort. In dieser Regel liegt der Schlüssel zu der Lösung aller der in verschiedener Form sich darbietenden Strombestimmungen. Der scheinbare Weg ist stets angegeben durch Kompass und Logge und damit der scheinbare Ort bestimmt. Der wahre Ort wird in verschiedener Weise durch irgendeine der im zweiten Abschnitt behandelten Ortsbestimmungen oder auch durch astronomische Beobachtungen gefunden, oder endlich der wahre Weg durch die Fahrtmessung nach der Grundlogge nebst Peilung der Grundloggeleine ermittelt, und somit der wahre Ort als Endpunkt des wahren Weges ebenfalls bestimmt.

Aufgaben.

1. In Windstille treibend peilt man Portland Feuer in missw. $N^{1/4}O$ 6 sml ab und 4 Stunden später in missw. $NO^{1/4}O$ 8 sml ab. Wie setzt der Strom?
2. Man peilt Start Point in $N69^{\circ}O$ und Eddystone in $N49^{\circ}W$. Dev. $2^{\circ}O$, segelt $S80^{\circ}O$ bei 3° Ost Deviation 28 sml und verliert darauf Start Point in $N52^{\circ}W$ aus Sicht aus 5 m Augeshöhe. Deviation des Peilkompasses auf diesem Kurse $4^{\circ}O$. Ortsmissweisung $19^{\circ}W$. Wie setzt der Strom rechtw.?
3. Man peilt auf $NO^{1/2}N$ Kurs Scheveningen Feuer in $SOzS$ in der Kimm aus 5 m Augeshöhe, segelt auf demselben Kurse 20 sml und peilt dann das Feuer von Kijkduin in ONO und Texel Feuerschiff in N . Deviation des Peilkompasses $1/4^{str.}W$, des Steuerkompasses O . Ortsmissweisung $16^{\circ}W$. Wie setzt der Strom missweisend und rechtweisend?
4. Man peilt Texel Feuerschiff auf missw. $SWzS$ Kurs dwars an Backbord 2 sml ab, segelt auf diesem Kurse 29 sml, missw. $SSW^{1/2}W$ 16 sml, missw. SW 7 sml und erblickt jetzt Hook of Schouwen Feuer in der Kimm in missw. $S^{1/2}W$ aus 7 m Augeshöhe. Ortsmissw. $16^{\circ}W$. Wie setzt der Strom rechtw.?
5. Ein Schiff segelt nach der Handlogge rechtw. $SWzS$ 4,2 kn, nach der Grundlogge rechtw. $SWzW$ 2,5 kn. Wie setzt der Strom?
6. Man peilt die Handloggeleine in $NzW^{1/2}W$, während die Handlogge 3 kn Fahrt ergibt, und die Grundloggeleine in $N^{1/2}O$, während die Grundlogge 4 kn Fahrt ergibt. Wie setzt der Strom, wenn die Gesamtmissweisung des Kompasses $1/4^{str.}O$ beträgt?

Zweiter Teil.

Die Schifffahrt nach der Besteckrechnung.

Erster Abschnitt.

Die Besteckrechnung nach einzelnen Kursen.

§ 32. **Inhalt der Besteckrechnung.** Bei der im ersten Teile behandelten Küstenschifffahrt wurde der Weg des Schiffes, wie er durch Kurs und Distanz bestimmt ist, durch Eintragen in die Karte verfolgt und dadurch wurde ermöglicht, den hieraus sich ergebenden Schiffsort, abgesehen von den unvermeidlichen Fehlern des Steuerns, Loggens, etwaiger Ungenauigkeit der Deviation und Strömungen, für jede Zeit der Karte entnehmen zu können. Bei der Schifffahrt ausserhalb Sicht von Land würde diese Methode aber wegen des zu kleinen Massstabes der Karten, besonders bei sehr häufigen Kursänderungen, zu ungenau werden, und daher wird hier die Konstruktion in der Karte durch die Rechnung ersetzt, die sogenannte Besteckrechnung.

Im allgemeinen handelt es sich bei der Schifffahrt nach der Besteckrechnung wie auch bei der Konstruktion in der Karte um zwei Fälle:

1. Wenn die Breite und Länge des Abfahrtsortes sowie der gesteuerte Kurs und die gesegelte Distanz gegeben ist, den erreichten Schiffsort zu finden.

2. Wenn die Breite und Länge des Abfahrtsortes und des Bestimmungsortes gegeben ist, den zu steuernden Kurs und die zu segelnde Distanz zu finden.

Diese beiden Aufgaben sollen zunächst für die beiden speziellen Fälle, wo das Schiff in einem Meridiane (rechth. Nord—Süd) und in einem Breitenparallele (rechth. Ost—West) segelt, behandelt werden, und dann der allgemeine Fall, wo ein beliebiger Kurs auf einem Zwischenstrich gesteuert wird, auf jene beiden speziellen Fälle zurückgeführt werden.

§ 33. **Meridiansegeln.** Wenn ein Schiff rechth. Nord oder Süd segelt, so segelt es auf einem und demselben Meridian. Es ändert daher dann seine Länge nicht, sondern nur seine Breite. Da eine Seemeile gleich einer Bogenminute eines grössten Kreises auf der Erdoberfläche, also auch eines Meridians ist, so ist der versegelte Breitenunterschied in Minuten gleich der gesegelten Distanz in Seemeilen.

Wenn also die Breite des Abfahrtsortes sowie der rechtweisende Nord- oder Südkurs und die Distanz gegeben ist, so bringt man die gegebenen Seemeilen als Minuten Breitenunterschied (nötigenfalls in Grade und Minuten zu verwandeln) an die gegebene

Breite an, und zwar bei Nordkurs mit dem Namen Nord, bei Südkurs mit dem Namen Süd; so erhält man die erreichte Breite.

Aufgaben.

| Abfahrtsort | | rechtw. Kurs | Distanz | Ankunftsort | |
|-------------|-----------|-----------------|---------|-------------|-------|
| Breite | Länge | | | Breite | Länge |
| 50° 12' N | 23° 47' W | N | 133 sml | | |
| 39° 52' S | 79° 39' W | N | 78 » | | |
| 1° 19' N | 63° 25' O | S | 154 » | | |

Wenn aber die Breite des Abfahrts- und Bestimmungsortes auf demselben Meridian gegeben ist, so ist der zu steuernde Kurs rechtw. Nord oder Süd, je nachdem der Bestimmungsort nördlich oder südlich vom Abfahrtsorte liegt, und die zu segelnde Distanz in Seemeilen ist gleich dem Breitenunterschiede in Minuten.

Aufgaben.

| Abfahrtsort | | Bestimmungsort | | rechtw. Kurs | Distanz |
|-------------|------------|----------------|------------|-----------------|---------|
| Breite | Länge | Breite | Länge | | |
| 43° 40' S | 39° 50' W | 40° 50' S | 39° 50' W | | |
| 23° 25' S | 156° 48' O | 25° 12' S | 156° 48' O | | |
| 2° 16' S | 111° 27' W | 1° 49' N | 111° 27' W | | |

§ 34. **Parallelsekeln.** Wenn ein Schiff rechtw. Ost oder West segelt, so segelt es auf einem und demselben Breitenparallel und verändert daher nur seine Länge, nicht seine Breite. Die auf einem Breitenparallel in Seemeilen gemessene Distanz nennt man nach § 13 Abweichung. Da aber Breitenparallele mit Ausnahme des Äquators kleinere Kreise sind, so kann nur auf dem Äquator der versegelte Längenunterschied in Minuten gleich der gesegelten Distanz in Seemeilen sein; auf jedem anderen Breitenparallel muss eine Bogenminute kleiner sein als eine Seemeile, und daher enthält der zwischen zwei Orten desselben Breitenparallels liegende Bogen mehr Minuten Längenunterschied als Seemeilen Abweichung. Nach § 13, Fig. 10, nehmen die zwischen zwei Meridianen liegenden Bogen der Breitenparallele so ab, dass der Bogen eines Parallelkreises von der Breite φ gleich ist dem Bogen des Äquators zwischen denselben Meridianen mal $\cos \varphi$. Weil aber diese beiden Bogen, in Gradmass gemessen, einander gleich sind und daher gleich viel Minuten enthalten, und ferner eine Minute des Äquators gleich einer Seemeile ist, so ist auf einem beliebigen Breitenparallel

$$1 \text{ Bogenminute} = 1 \text{ sml} \cdot \cos \varphi \text{ und daher}$$

$$1 \text{ sml} = 1 \text{ Bogenminute} \cdot \sec \varphi.$$

Wenn also die Breite und Länge des Abfahrtsortes sowie Kurs (rechtw. Ost oder West) und Distanz gegeben ist, so muss man die Anzahl der Seemeilen mit $\sec \varphi$ multiplizieren, um die Anzahl der Minuten Längenunterschied zu bekommen. Der

Längenunterschied erhält den Namen Ost oder West, je nachdem der Kurs Ost oder West ist. Zur bequemen Verwandlung von sml Abweichung in Minuten Längenunterschied dient Tafel 3.

Aufgaben.

| Abfahrtsort | | rechtw. Kurs | Distanz | Ankunftsort | |
|-------------|------------|--------------|---------|-------------|-------|
| Breite | Länge | | | Breite | Länge |
| 46° 37' N | 38° 19' W | O | 185 sml | | |
| 43° 58' S | 2° 11' W | O | 211 » | | |
| 22° 15' S | 178° 43' W | W | 173 » | | |

Wenn aber die Breite und Länge des Abfahrts- und Bestimmungsortes auf demselben Breitenparallel gegeben ist, so ist der zu steuernde Kurs rechth. Ost oder West, je nachdem der Bestimmungsort östlich oder westlich vom Abfahrtsorte liegt, und man erhält die Anzahl der zu segelnden Seemeilen, wenn man die Anzahl der Minuten Längenunterschied mit $\cos \varphi$ multipliziert. Die Ausführung geschieht am bequemsten mit genügender Genauigkeit mit Hilfe der Gradtafel, indem man mit der Breite als Winkel und mit der Anzahl der Längenminuten in die *a*-Spalte eingeht und dann die Anzahl der Seemeilen aus der *b*-Spalte entnimmt.

Aufgaben.

| Abfahrtsort | | Bestimmungsort | | rechtw. Kurs | Distanz |
|-------------|-----------|----------------|-----------|--------------|---------|
| Breite | Länge | Breite | Länge | | |
| 39° 51' S | 18° 15' O | 39° 51' S | 22° 50' O | | |
| 58° 23' N | 1° 9' W | 58° 23' N | 4° 37' O | | |
| 43° 39' S | 178° 5' O | 43° 39' S | 178° 5' W | | |

§ 35. **Das Segeln auf einem Zwischenstrich. Kursdreieck.** Wenn das Schiff weder in der rechtweisenden Nord-Süd-Richtung noch in der rechtweisenden Ost-West-Richtung segelt, sondern auf einem beliebigen sogenannten Zwischenstrich, so verändert es gleichzeitig seine Breite und Länge. Dieser allgemeine Fall lässt sich dadurch auf jene beiden speziellen Fälle zurückführen, dass man durch den Abfahrtsort (*A*) einen Meridian und durch den Ankunftsort (*B*) einen Breitenparallel zieht und die auf einem beliebigen Zwischenstriche in der Loxodrome versiegelte Distanz (*AB*) durch zwei Versiegelungen ersetzt, von denen die eine (*AC*) im Meridian des Abfahrtsortes bis zum Breitenparallel des Ankunftsortes, die andere (*CB*) auf diesem bis zum Ankunftsorte selbst vor sich geht. Sieht man das so entstehende Kursdreieck *ACB* (siehe § 13) bei nicht zu grosser Ausdehnung als ein ebenes, bei *C* rechtwinkliges Dreieck an, dessen Hypotenuse die gesegelte Distanz *d*,

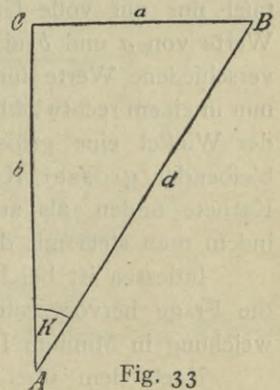


Fig. 33

dessen Katheten der Breitenunterschied b und die Abweichung a , und in welchem der zwischen b und d liegende Winkel der Kurswinkel (K) der Loxodrome ist, so ist

$$\left. \begin{aligned} b &= d \cos K \\ a &= d \sin K \\ \text{tang } K &= \frac{a}{b} \end{aligned} \right\}$$

$$d = \begin{cases} b \sec K \\ a \operatorname{cosec} K \end{cases}$$

Sind von den vier hier auftretenden Grössen zwei bekannt, so lassen sich danach die anderen beiden berechnen. Bequemer jedoch erhält man dieselben durch Benutzung der Gradtafel (Tafel 1), welche die Auflösungen sämtlicher rechtwinkligen Dreiecke für alle Winkel von Grad zu Grad und für alle Hypotenusen von 1 bis 359 enthält. Wird der Kurswinkel in Strichen gerechnet, so nimmt man die sonst ganz gleich eingerichtete Strichtafel (Tafel 2).

Für die beiden in § 32 angegebenen Fälle der Besteckrechnung gestaltet sich das Verfahren so:

Erster Fall. Ist der rechtweisende Kurs und die von dem Abfahrtsorte aus gesegele Distanz gegeben, so geht man mit dem Kurswinkel und mit der Distanz in die Grad- oder Strichtafel ein und nimmt dann den Breitenunterschied in der b -Spalte und die Abweichung in der a -Spalte aus. Darauf verwandelt man die Seemeilen Abweichung in Minuten Längenunterschied nach Tafel 3. Der Name des Breitenunterschiedes und des Längenunterschiedes folgt aus dem Quadranten des Kurses. Bringt man endlich diese Grössen an die verlassene Breite und Länge an, so erhält man die erreichte Breite und Länge.

Zweiter Fall. Soll der Kurs und die Distanz zwischen zwei nach Breite und Länge gegebenen Orten gefunden werden, so bildet man zuerst Breitenunterschied und Längenunterschied und verwandelt letzteren nach § 34 in Abweichung. Darauf findet man den Kurswinkel, indem man nach der dritten der obigen Formel die Abweichung durch den Breitenunterschied dividiert (auf 2 Dezimalstellen) und den gefundenen Tangentenwert in der Gradtafel aufsucht. Den Quadranten des Kurses erhält man aus der Benennung des Breiten- und Längenunterschiedes. Um dann auch die Distanz zu bestimmen, müsste man unter dem gefundenen Kurswinkel mit den Werten von a und b eingehen und dann die Distanz der d -Spalte entnehmen. Weil aber der Kurswinkel in der Gradtafel nur auf volle Grade gerechnet wird, so werden im allgemeinen die gefundenen Werte von a und b nicht nebeneinander in der Gradtafel vorkommen. Man erhält daher verschiedene Werte für d , je nachdem man mit a oder b in die Tafel geht. Weil nun in einem rechtwinkligen Dreiecke bei gleichbleibender kleiner Kathete eine Änderung der Winkel eine grössere Änderung der Hypotenuse nach sich zieht als bei gleichbleibender grosser Kathete, so lässt sich die Hypotenuse sicherer aus der grösseren Kathete finden als aus der kleineren. Aus diesem Grunde findet man die Distanz, indem man stets mit der grösseren der beiden Grössen a und b in die Gradtafel geht.

Indessen ist bei beiden Fallen eine Schwierigkeit nicht zu übersehen, welche durch die Frage hervorgerufen wird, für welche Breite die Verwandlung von Seemeilen Abweichung in Minuten Längenunterschied und umgekehrt geschehen muss.

Nach dem über die Entstehung des Kursdreiecks Gesagten, wonach durch den Abgangsort der Meridian und durch den Ankunftsort der Breitenparallel gelegt wird, könnte es scheinen, als ob diese Verwandlung mit der Breite des Ankunftsortes ausgeführt werden müsste. Dass dies aber nicht richtig sein kann, erhellt aus folgender Betrachtung.

Angenommen, ein Schiff hätte auf einem beliebigen Zwischenstriche eine beliebige Distanz gesegelt, und man hätte aus der Grad- oder Strichtafel die dem Kurswinkel und der Distanz entsprechenden Werte für Breitenunterschied und Abweichung entnommen. Bringt man dann den ersteren an die verlassene Breite an, verwandelt mit der so erlangten Breite die Abweichung in Längenunterschied und bringt denselben an die verlassene Länge an, so muss, wenn das Verfahren richtig ist, durch Zurücksegeln derselben Distanz auf dem entgegengesetzten Kurse der erste Ort wieder erreicht werden, wenn man dasselbe Verfahren für diesen Rückweg anwendet, d. h. nun mit der Breite des ersten Abfahrtsortes rechnet. Weil aber das Kursdreieck des Rückweges wegen der gleichen Werte für den Kurswinkel und die Distanz auch dieselben Werte von a und b liefert wie bei der ersten Segelung, so würde man bei der zweiten Rechnung auch einen anderen Längenunterschied erhalten, d. h. man würde durch Zurücksegeln desselben Weges nicht wieder nach der verlassenen Länge zurückkommen. Da dies jedenfalls widersinnig ist, so kann die Breite des Ankunftsortes nicht diejenige sein, mit welcher die Abweichung in Längenunterschied verwandelt werden muss. Dasselbe lässt sich auch für die Breite des Abfahrtsortes beweisen.

Die hiermit klargestellte Schwierigkeit der Verwandlung von Abweichung in Längenunterschied und umgekehrt beim Segeln auf einem Zwischenstrich wird nun dadurch gelöst, dass diese Verwandlung mit dem Mittel der verlassenen und der erreichten Breite, der sogenannten Mittelbreite, vorgenommen wird.

Bei der Erklärung und Begründung dieser Methode soll zugleich gezeigt werden, dass die Benutzung des Kursdreiecks auch dann noch statthaft ist, wenn die gesegelte Distanz so gross ist, dass das Kursdreieck nicht mehr als ein ebenes betrachtet werden darf.

§ 36. Die Formeln der Rechnung nach Mittelbreite. Bedeutet in nebenstehender Fig. 34 AB ein beliebig grosses Stück einer Loxodrome mit dem Kurswinkel K , welches nicht mehr an die Beschränkung gebunden ist, dass das zugehörige Kursdreieck so klein ist, dass es als ein ebenes angesehen werden kann, so lässt sich AB in so viele unter sich gleiche Teile d teilen, dass alle zu den Distanzen d gehörigen Kursdreiecke, welche wegen der Eigenschaft der Loxodrome auch in K übereinstimmen und daher kongruent sind, als ebene rechtwinklige Dreiecke aufzufassen sind, für welche die unter sich gleichen Werte der Abweichungen a und der Breitenunterschiede b daher aus der Grad- oder Strichtafel entnommen werden können. Eine fernere hierüber noch hinausgehende Beschränkung der Dimensionen der Dreiecke werde durch die Bedingung bewirkt, dass der zu jedem Kursdreieck gehörige Längenunterschied gefunden werden könne, indem man a mit der Sekante der Ankunfts-

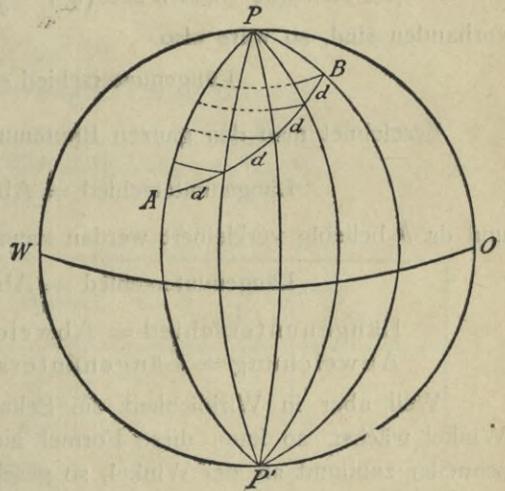


Fig. 34

man a mit der Sekante der Ankunfts-

Nach den Formeln des Kursdreiecks ist

$$b = d \cdot \cos K.$$

Wenn nun AB in n gleiche Teile geteilt ist, so folgt

$$nb = nd \cdot \cos K, \text{ d. h.}$$

$$\text{Breitenunterschied} = \text{Distanz} \cdot \cos K.$$

Diese Gleichung lehrt, dass auch bei beliebig grossen Distanzen der versegelte Breitenunterschied aus der Grad- oder Strichtafel entnommen werden kann.

Ebenso ist

$$a = d \sin K$$

$$na = nd \sin K$$

$$\text{Abweichung} = \text{Distanz} \cdot \sin K.$$

Hieraus wird ersichtlich, dass auch die Abweichung bei beliebig grossen Distanzen in gewöhnlicher Weise aus der Grad- oder Strichtafel entnommen werden kann; es verdient aber hierbei hervorgehoben zu werden, dass der so gewonnene Wert der Abweichung nicht der Bogen BC auf dem Breitenparallel des Ankunftsortes, sondern gleich der Summe der Abweichungen der kleinen Dreiecke ist.

Um nun die Abweichung in Längenunterschied zu verwandeln, bezeichnet man die Breite von A mit φ und die den einzelnen kleinen Dreiecken entsprechenden Werte des Längenunterschiedes mit $l_1, l_2 \dots l_n$; so ist wegen der oben hinsichtlich der Kleinheit der Dreiecke aufgestellten Bedingung

$$\text{Längenunterschied} = l_1 + l_2 + \dots + l_n = a \sec(\varphi + b) + a \sec(\varphi + 2b) + \dots + a \sec(\varphi + nb).$$

Die Winkelwerte der rechten Seite wachsen von Glied zu Glied um dieselbe Grösse b . Wenn also die Sekante eines Winkels in demselben Verhältnisse zunähme wie der Winkel, so würden auch die einzelnen Glieder der rechten Seite jedesmal von Glied zu Glied um dieselbe Grösse zunehmen. Wählt man nun für n eine ungerade Zahl, so würde die rechte Seite daher unverändert bleiben, wenn jedes Glied derselben durch das in der Mitte stehende Glied $a \sec\left(\varphi + \frac{1+n}{2}b\right)$ ersetzt würde. Da im ganzen n Glieder vorhanden sind, so wäre also

$$\text{Längenunterschied} = na \cdot \sec\left(\varphi + \frac{1+n}{2}b\right).$$

Bezeichnet man den ganzen Breitenunterschied nb mit BU , so ist

$$\text{Längenunterschied} = \text{Abweichung} \cdot \sec\left(\varphi + \frac{BU}{2} + \frac{b}{2}\right),$$

und da b beliebig verkleinert werden kann,

$$\text{Längenunterschied} = \text{Abweichung} \cdot \sec\left(\varphi + \frac{BU}{2}\right) \text{ oder}$$

$$\text{Längenunterschied} = \text{Abweichung} \cdot \sec \text{Mittelbreite, und daher}$$

$$\text{Abweichung} = \text{Längenunterschied} \cdot \cos \text{Mittelbreite.}$$

Weil aber in Wirklichkeit die Sekante nicht in demselben Verhältnisse wie der Winkel wächst, so kann diese Formel auch nicht streng richtig sein. Da die Sekante schneller zunimmt als der Winkel, so geschieht das Anwachsen der Glieder rechts um so stärker, je weiter rechts dieselben stehen. Die Folge davon ist, dass der Mittelwert aller Glieder, welcher an die Stelle jedes einzelnen Gliedes gesetzt werden darf, nicht in der Mitte, sondern weiter rechts steht, also zu einem grösseren Winkel gehört als bei der obigen Annahme. Demnach ist in Wirklichkeit

$$\text{Längenunterschied} = \text{Abweichung} \cdot \sec(\text{Mittelbreite} + w), \text{ und daher}$$

$$\text{Abweichung} = \text{Längenunterschied} \cdot \cos(\text{Mittelbreite} + w).$$

Man nennt (Mittelbreite + w) die verbesserte Mittelbreite im Gegensatz zur einfachen Mittelbreite. Der Winkel w , für welchen der Ausdruck abgeleitet werden wird, ist aus Tafel 5 zu entnehmen. Doch ist derselbe von so geringem Einflusse, dass die Rechnung nach der einfachen Mittelbreite genügt und auf See auch ausschliesslich angewandt wird.

Zu denselben Formeln würde man kommen, wenn das Schiff von einer höheren nach einer niedrigeren Breite segelt. Dagegen verlieren dieselben ihre Gültigkeit, wenn die gesegelte Distanz den Äquator schneidet, weil dann die Voraussetzung der gleichmässigen Änderung der Winkelwerte nicht mehr erfüllt ist, sondern dieselben bis zum Äquator abnehmen und dann wieder zunehmen. Man darf daher die Rechnung nach Mittelbreite nicht anwenden, wenn man von Nord- auf Südbreite oder umgekehrt übergeht. Für die Praxis genügt es hier vollständig, wenn man für die täglichen Versegelungen eines Schiffes den Längenunterschied in Minuten der Abweichung in Seemeilen gleichsetzt, obgleich dies, streng genommen, nur für den Äquator selbst gilt.

Nach dem Vorstehenden gestaltet sich die Rechnung nach Mittelbreite für die beiden Fälle der Besteckrechnung so:

§ 37. **Erster Fall.** Wenn Breite und Länge des Abfahrtsortes sowie der rechtweisende Kurs und Distanz gegeben, so nimmt man aus der Grad- oder Strichtafel den Breitenunterschied in der b -Spalte und die Abweichung in der a -Spalte aus. Durch Anbringung des Breitenunterschiedes an die verlassene Breite erhält man die erreichte Breite. Danach findet man die Mittelbreite, indem man den halben Breitenunterschied an die verlassene Breite anbringt, und zwar bei zunehmender Breite addiert, bei abnehmender Breite subtrahiert. Mit dieser Mittelbreite verwandelt man die ausgenommene Abweichung nach Tafel 3 in Längenunterschied. Bringt man diesen an die verlassene Länge an, so erhält man die erreichte Länge.

Beispiel.

Von $50^{\circ}38'N$ und $14^{\circ}58'W$ segelt ein Schiff rechth. $S53^{\circ}W$ 216 sml; in welche Breite und Länge ist es gekommen?

$S53^{\circ}W$ 216 sml gibt $b = 130'S$; $a = 172,5$ sml W.

| | | | | |
|------------------------------------|------------|----------------------|------------------------------------|------------|
| Verlassene Breite $50^{\circ}38'N$ | b 2 10 S | \swarrow 40°33' | Verlassene Länge $14^{\circ}58'W$ | l 4 26 W |
| Erreichte Breite $48^{\circ}28'N$ | | | Erreichte Länge $19^{\circ}24'W$. | |

Aufgaben.

| Abfahrtsort | | rechth. Kurs | Distanz | Ankunftsort | |
|------------------|------------------|------------------|---------|-------------|-------|
| Breite | Länge | | | Breite | Länge |
| $33^{\circ}28'S$ | $9^{\circ}43'W$ | $SO\frac{1}{2}O$ | 128 sml | | |
| $56^{\circ}19'N$ | $6^{\circ}50'O$ | WSW | 89 » | | |
| $1^{\circ}12'S$ | $28^{\circ}43'W$ | $N21^{\circ}O$ | 228 » | | |

§ 38. **Zweiter Fall.** Wenn Kurs und Distanz zwischen zwei nach Breite und Länge gegebenen Orten berechnet werden soll, so bildet man zunächst Breitenunterschied und Längenunterschied und findet dann mit dem halben Breitenunterschied wie in § 37 die Mittelbreite. Mit dieser verwandelt man den Längenunterschied in Abweichung mit Hilfe der Gradtafel, indem man mit der Mittelbreite als Kurswinkel und mit dem Längen-

unterschied in die *d*-Spalte eingeht und dann die Abweichung in der *b*-Spalte entnimmt. Darauf findet man nach dem in § 35 angegebenen Verfahren Kurs und Distanz.

Beispiel.

Was ist Kurs und Distanz von $43^{\circ}51'S$ und $42^{\circ}9'W$ nach $35^{\circ}S$ und $35^{\circ}W$?

$$\begin{array}{r} \text{Abfahrtsort } \varphi = 43^{\circ}51'S \\ \text{Bestimmungsort } \varphi = 35^{\circ}S \\ \hline b = 8^{\circ}51'N \end{array} \begin{array}{l} \nearrow 30^{\circ}25' \\ \searrow 30^{\circ}25' \end{array} \begin{array}{l} \lambda = 42^{\circ}9'W \\ \lambda = 35^{\circ}W \\ \hline l = 7^{\circ}9'O = 429'O. \\ a = 333 \text{ sml.} \end{array}$$

N $32^{\circ}O$ 627 sml.

Aufgaben.

| Abfahrtsort | | Bestimmungsort | | rechtw. Kurs | Distanz |
|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------|---------|
| Breite | Länge | Breite | Länge | | |
| $10^{\circ}54'S$ | $93^{\circ}15'O$ | $22^{\circ}9'S$ | $105^{\circ}17'O$ | | |
| $40^{\circ}40'S$ | $178^{\circ}19'O$ | $41^{\circ}0'S$ | $177^{\circ}25'W$ | | |
| $2^{\circ}38'N$ | $30^{\circ}30'W$ | $1^{\circ}50'S$ | $32^{\circ}30'W$ | | |

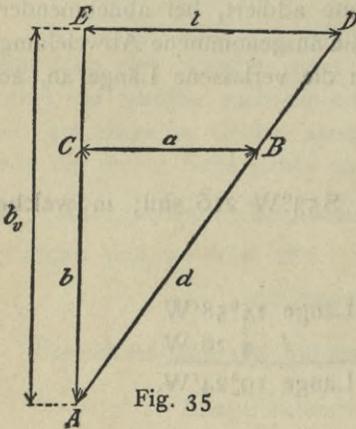


Fig. 35

Bei der Ermittlung des Ausdrucks für die in § 36 angegebene Korrektur der einfachen Mittelbreite dienen dieselben Formeln als Grundlage, auf welchen in § 13 die Abbildung des Kursdreiecks in Mercators Karte beruhte. In nebenstehender Fig. 35 ist, wenn b_v den vergrößerten Breitenunterschied bezeichnet,

$$l : a = b_v : b.$$

Nach § 36 ist

$$l : a = \sec(\text{Mittelbr.} + w)$$

$$\sec(\text{Mittelbr.} + w) = \frac{b_v}{b}.$$

Die numerische Berechnung dieser Formel für die verschiedenen Werte von Mittelbreite und Breitenunterschied führt zu Tafel 5, wobei die Tafelwerte stets zur Mittelbreite zu addieren sind.

Zweiter Abschnitt.

Die Besteckrechnung nach Koppelnkursen.

§ 39. Erklärung der Methode. Beispiele. Auf See findet der erste Fall der Besteckrechnung täglich Anwendung, indem der von Mittag zu Mittag, im sogenannten Etmale, versiegelte Breiten- und Längenunterschied an die verlassene Breite und Länge angebracht, und dann die erreichte Breite und Länge in das Schiffsjournal eingetragen wird.

Wenn, wie auf Segelschiffen in der Regel der Fall, während des Etmals verschiedene Kurse gesegelt sind, so könnte man mit jedem einzelnen Kurse nach § 37 verfahren, indem man die sich aus einem Kurse ergebende erreichte Breite und Länge für den folgenden Kurs wieder als verlassene Breite und Länge in Rechnung stellt. Doch ist es bequemer, die einzelnen rechtweisenden Kurse in der Weise zu »koppeln«, dass man

die Breitenunterschiede und Abweichungen der einzelnen Kursdreiecke algebraisch addiert und mit dem so entstandenen Gesamtbreitenunterschied und der Gesamtabweichung so verfährt, als wären beide aus einem einzigen Kurse, dem sogenannten Gesamtkurse, und einer einzigen Distanz, der sogenannten Gesamtdistanz, entstanden.

Das Koppeln der Kurse geschieht am zweckmässigsten nach dem an Bord allgemein üblichen Koppelkurschema.

Beispiel.

Von $55^{\circ}41'N$ und $16^{\circ}38'O$ segelt ein Schiff bei 10° westlicher Ortsmissweisung folgende Kurse und Distanzen. Gesucht wird erreichte Breite und Länge.

| Kompass-Kurse | Wind | Abtrift | Deviation | rechtw. Kurse | Distanzen | <i>b</i> | | <i>a</i> | |
|--------------------|--------|--------------------|--------------|-----------------|-----------|----------|------|----------|-------|
| | | | | | | N | S | O | W |
| NzW | NWlich | $\frac{1}{2}$ str. | $1^{\circ}W$ | N $17^{\circ}W$ | 2 sml | 1,9 | — | — | 0,6 |
| W $\frac{3}{4}$ S | » | $\frac{1}{2}$ » | $7^{\circ}W$ | S $59^{\circ}W$ | 8 » | — | 4,1 | — | 6,9 |
| WSW | » | $\frac{3}{4}$ » | $6^{\circ}W$ | S $43^{\circ}W$ | 11 » | — | 8,0 | — | 7,5 |
| SW $\frac{3}{4}$ W | » | I » | $5^{\circ}W$ | S $27^{\circ}W$ | 7 » | — | 6,2 | — | 3,2 |
| N $\frac{1}{2}$ O | » | $\frac{1}{2}$ » | $1^{\circ}O$ | N $2^{\circ}O$ | 9 » | 9,0 | — | 0,3 | — |
| | | | | | | 10,9 | 18,3 | 0,3 | 18,2 |
| | | | | | | | 10,9 | | 0,3 |
| | | | | | | | 7,4S | | 17,9W |

$$\begin{array}{r}
 \text{Verl. Br. } 55^{\circ}41'N \\
 \quad \quad \quad b \quad 7 S \\
 \hline
 \text{Err. Br. } 55^{\circ}34'N
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Verl. Lg. } 16^{\circ}38'O \\
 \quad \quad \quad l \quad 32 W \\
 \hline
 \text{Err. Lg. } 16^{\circ}6'O.
 \end{array}$$

Wenn der Abfahrtsort für den Koppelkurs durch die Peilung eines Objektes in Verbindung mit einer Abstandsbestimmung fixiert ist, so empfiehlt es sich, die rechtweisende Peilung als einen vom gepeilten Objekte ausgehenden entgegengesetzten rechtweisenden Kurs in Rechnung zu setzen, so dass der Abfahrtsort dann die Breite und Länge des gepeilten Objektes wird.

Aufgabe.

Rixhöft Feuer ($54^{\circ}50'N$, $18^{\circ}20'O$) wird gepeilt in missw. SWzS, Abstand 7 sml Ortsmissweisung $8^{\circ}W$. Darauf segelt man, wie folgt. Welches ist die erreichte Breite und Länge?

| Kompasskurse | Wind | Abtrift | Deviation | rechtw. Kurse | Distanzen | <i>b</i> | | <i>a</i> | |
|----------------------------------|--------|--------------------|--------------|---------------|-----------|----------|---|----------|---|
| | | | | | | N | S | O | W |
| Peilung entgegengesetzt. | | | | | 7 sml | | | | |
| NzO $\frac{1}{2}$ O | NWlich | $\frac{1}{2}$ str. | $5^{\circ}O$ | | 26 » | | | | |
| WzS | » | $\frac{1}{4}$ » | $6^{\circ}W$ | | 29 » | | | | |
| NNO $\frac{3}{4}$ O | » | $\frac{3}{4}$ » | $6^{\circ}O$ | | 10 » | | | | |

Ist der während des Etmals setzende Strom bekannt, so wird derselbe als gesegelter Kurs mit gekoppelt, da es für die Ortsveränderung des Schiffes einerlei ist, ob das Schiff diesen Kurs segelt oder treibt.

Aufgabe.

Von $1^{\circ}10'S$ und $21^{\circ}59'W$ segelt man bei $18^{\circ}W$ Missweisung, während ein Strom rechth. WSW 21 sml setzt, folgende Kurse und Distanzen. Gesucht wird erreichte Breite und Länge.

| Gest. Kurse | Wind | Abtrift | Deviation | rechth. Kurse | Distanzen | b | | a | |
|--------------------|------|--------------------|--------------|----------------|-----------|-----|---|-----|---|
| | | | | | | N | S | O | W |
| $S\frac{1}{2}W$ | OSO | $\frac{1}{4}$ str. | $8^{\circ}O$ | | 11 sml | | | | |
| SWzW | SzO | $\frac{1}{2}$ » | o | | 9 » | | | | |
| SW $\frac{1}{4}$ W | SSO | $\frac{1}{2}$ » | $3^{\circ}O$ | | 15 » | | | | |
| SW $\frac{1}{4}$ S | SzO | o » | o | | 20 » | | | | |
| SWzS | SOzS | $\frac{1}{2}$ » | $4^{\circ}O$ | | 7 » | | | | |
| Strom | | | | $S68^{\circ}W$ | 21 » | | | | |

§ 40. Die Zuverlässigkeit der Besteckrechnung. Die Zuverlässigkeit des aus der Besteckrechnung gefundenen Schiffsortes hängt ab

1. von der Genauigkeit der Kurse,
2. von der Genauigkeit der geloggtten Distanzen,
3. von etwaigen Strömungen,
4. von dem Einflusse der bei der Rechnung gemachten vereinfachenden Annahmen.

Auf die Sicherheit der in Rechnung gesetzten Kurse wirkt in erster Linie die Genauigkeit des Steuerns ein, welche ihrerseits wieder von dem Mann am Ruder, von der Bauart, Beladung des Schiffes und von den Windverhältnissen abhängt. Besonders wenn das Schiff beim Winde segelt, wird der Kurs ein anderer, je nachdem der Rudersmann »gut voll« oder »eben voll« hält, und dazu kommt, dass bei den kleinen Veränderungen der Windrichtung der Kurs sich ebenfalls ändert, so dass der vom wachhabenden Offizier in das Journal eingetragene Kurs nur als ein durch Schätzung gewonnener Mittelwert angesehen werden kann. Ebenso werden sich die an den gesteuerten Kurs anzubringenden Korrekturen, Abtrift und Gesamtmissweisung des Kompasses, nicht immer genau ermitteln lassen, besonders weil zu einer zuverlässigen Bestimmung der letzteren auf See astronomische Beobachtungen notwendig sind, welche oft tagelang nicht erhalten werden können, und weil die Deviation sich mit einer Kurs- und Ortsveränderung ebenfalls ändert. Aus diesen Gründen ist eine Ungenauigkeit von $\frac{1}{4}$ str. bis $\frac{1}{2}$ str. in dem rechtweisenden Kurse nichts Auffallendes, und in ungünstigen Fällen kann dieser Wert gewiss noch recht erheblich überschritten werden.

Auch die Zuverlässigkeit der geloggtten Distanzen ist, besonders auf Segelschiffen, wie bei der Loggerechnung erklärt, eine beschränkte. Schätzt man den zu erwartenden Fehler der Distanz auf etwa 5%, so würde dies auf ein Etmaal von 240 sml schon einem Fehler von 12 sml entsprechen. Da nach der Strichtafel eine Ungenauigkeit des rechtweisenden Kurses von $\frac{1}{4}$ str. bei 240 sml Distanz einen Fehler des erreichten Schiffsortes von ebenfalls 12 sml nach sich ziehen würde, so würde also der Teil der Erdoberfläche, innerhalb dessen Grenzen der erreichte Schiffsort zu erwarten ist, etwa ein Quadrat sein, dessen Seiten eine Ausdehnung von 24 sml besitzen.

Endlich kommt für die Zuverlässigkeit des Besteckortes noch in Betracht, dass durch Kompass und Logge immer nur der Weg durch das Wasser gefunden wird, und daher der Einfluss des Stromes in dem nach der Besteckrechnung ermittelten Schiffsorte nicht zur Geltung kommt. Zwar sind für viele Meeresteile angenäherte Werte für Richtung und Stärke der Strömungen bekannt und in Karten angegeben; indessen sind dies doch nur vorsichtig aufzufassende Mittelwerte, die in jedem einzelnen Falle je nach der Richtung und Stärke der Winde, welche an den betreffenden Stellen geherrscht haben, sich ändern, so dass selbst die Berücksichtigung der in den Karten angegebenen Strömungen keine grosse Genauigkeit verbürgt.

Gegenüber solchen Fehlerquellen fallen die kleinen Ungenauigkeiten, welche durch vereinfachende Annahmen bei der Rechnung gemacht werden, gar nicht ins Gewicht. Als solche haben wir zuerst die Zugrundelegung des nicht ganz korrekten Wertes der einfachen Mittelbreite anstatt der verbesserten Mittelbreite und dann die in der Zusammenfassung sämtlicher Kursdreiecke zu einem einzigen Gesamtkursdreieck anzusehen. Was zunächst den Fehler der Rechnung nach einfacher Mittelbreite betrifft, so ist klar, dass die erreichte Breite hiervon nicht berührt wird. Der Fehler des nach einfacher Mittelbreite gefundenen Längenunterschiedes gegenüber dem nach verbesserter Mittelbreite gefundenen Werte desselben ist mit Hilfe von Tafel 5 leicht zu ermitteln. Bei einer Mittelbreite von 30° und einem Breitenunterschiede von 3° ist $w = 1'$, was bei einer Abweichung von 200 sml im Längenunterschiede einem Fehler von weniger als $0,1$ entspricht. Bei einer Mittelbreite von 60° ist für dieselben Werte der Fehler in Länge kleiner als $0,4$ ($0,2$ sml) und endlich bei 70° Mittelbreite kleiner als $1,4$ ($0,5$ sml).

Es folgt hieraus, dass für die tägliche Besteckrechnung an Bord die Rechnung nach einfacher Mittelbreite stets vollständig genügt.

Etwas grösser kann unter besonders ungünstigen Umständen der Fehler werden, welcher durch das Koppeln der Einzelkurse zu einem Gesamtkurse hervorgerufen wird. Die Ungenauigkeit des Verfahrens liegt dann darin, dass die Gesamtabweichung für einen Breitenparallel in Längenunterschied verwandelt wird, welcher nicht mit dem Mittel derjenigen Breitenparallele übereinstimmt, auf welchem die einzelnen Abweichungen wirklich versegelt sind. Wenn z. B. von 60°N und 30°W zuerst rechth. N 100 sml und darauf rechth. O 100 sml gesegelt ist, so ist die durch den ersten Kurs erreichte Breite $61^{\circ}40'\text{N}$. Auf diesem Breitenparallel ist die ganze Abweichung versegelt worden, und daher müsste auch für diese Breite die Verwandlung der 100 sml Abweichung in Längenunterschied geschehen anstatt für die Mittelbreite $60^{\circ}50'\text{N}$. Demnach wäre der richtige Längenunterschied $3^{\circ}30',7$ anstatt $3^{\circ}25',2$. Wenn also auf hohen Breiten grössere Distanzen auf östlichen oder westlichen Kursen gesegelt sind, so lässt sich die Genauigkeit der Rechnung etwas erhöhen, indem man vor und nach diesen Kursen das ganze Etmal in Abschnitte teilt, und für jeden derselben die erreichte Breite und Länge ermittelt.

§ 41. Die Besteckversetzung. Nach dem in § 40 Gesagten ist es einleuchtend, dass von der Besteckrechnung kein genauer Schiffsort erwartet werden kann. Es ist daher nötig, die Resultate der Besteckrechnung auf hoher See durch astronomische Beobachtungen unter steter Kontrolle zu halten, wie im dritten Teile gelehrt werden wird. Trägt man dann die aus diesen astronomischen Beobachtungen folgende Breite und Länge ebenso wie die Besteckbreite und -länge für Mittag in das Journal ein, so kann man die sogenannte Besteckversetzung, welche wir als die Wirkung aller einzelnen Fehler der Besteckrechnung anzusehen haben, leicht finden, indem man Kurs und Distanz vom Besteckorte nach dem astronomischen Orte berechnet. Indessen ist hierbei zu beachten, dass die einzelnen Ursachen der Besteckversetzung während des ganzen Etmals, also von dem Schiffsorte des ersten Mittagess bis zum Schiffsorte des zweiten Mittagess, in Wirk-

samkeit gewesen sind, und daher die Verwandlung von Längenunterschied in Abweichung eigentlich nicht mit der Mittelbreite zwischen der Besteckbreite und der astronomischen Breite des zweiten Mittagess ausgeführt werden darf. Streng genommen hätte man den nach astronomischer Beobachtung versiegelten Längenunterschied mit der astronomischen Mittelbreite in Abweichung zu verwandeln und diese mit der nach der Besteckrechnung versiegelten zu vergleichen, um die Abweichung für die Besteckversetzung zu erhalten. Doch genügt es vollständig, besonders mit Rücksicht auf die mehr nebensächliche Bedeutung der Besteckversetzung und den geringen Grad der gewünschten Genauigkeit, wenn man den Längenunterschied vom Besteckort nach dem astronomischen Ort mit der angenäherten Mittelbreite des ganzen Etmals in Abweichung verwandelt und mit dem zugehörigen Breitenunterschied in gewöhnlicher Weise Kurs und Distanz der Besteckversetzung berechnet.

Beispiel.

Ein Schiff befindet sich am Mittag des 3. Mai 1905 in $50^{\circ}31'S$ und $49^{\circ}43'W$, am folgenden Mittag nach Besteck in $47^{\circ}55'S$ und $47^{\circ}50'W$, dagegen nach astronomischer Beobachtung in $48^{\circ}2'S$ und $47^{\circ}41'W$. Wie ist die Besteckversetzung?

$$\begin{array}{l} \text{Besteckort: } \varphi = 47^{\circ}55'S; \lambda = 47^{\circ}50'W \\ \text{astronom. Ort: } \varphi = 48 \quad 2 \text{ S; } \lambda = 47 \quad 41 \text{ W} \\ \hline b = \quad 7'S; \quad l = \quad 9' \text{ O.} \\ \quad \quad \quad a = 5,9 \text{ sml.} \end{array}$$

Besteckversetzung $S40^{\circ}O \ 9 \text{ sml.}$

Aufgaben.

| Abgangsort | | Ankunftsort | | | |
|------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------|
| | | nach Besteck | | nach astronom. Beobacht. | |
| φ | λ | φ | λ | φ | λ |
| $37^{\circ}58'S$ | $56^{\circ}21'W$ | $40^{\circ}51'S$ | $57^{\circ}54'W$ | $40^{\circ}45'S$ | $58^{\circ} \ 2'W$ |
| $3^{\circ}47'S$ | $32^{\circ}25'W$ | $0^{\circ} \ 4'N$ | $30^{\circ}59'W$ | $0^{\circ} \ 1'S$ | $31^{\circ}11'W$ |
| $51^{\circ}30'N$ | $20^{\circ}38'W$ | $49^{\circ}13'N$ | $23^{\circ}11'W$ | $49^{\circ}26'N$ | $23^{\circ} \ 4'W$ |

Dritter Abschnitt.

Das Segeln im grössten Kreise.

§ 42. **Erklärungen.** Die kürzeste Verbindungslinie zweier Orte auf der Erdoberfläche ist der Bogen des grössten Kreises. Derselbe hat die Eigenschaft, dass der von ihm mit den Meridianen gebildete Winkel sich von Punkt zu Punkt ändert, und daher fällt der grösste Kreisbogen nicht mit der Loxodrome zusammen, wenn man von den speziellen Fällen absieht, wo das Schiff auf einem Meridian oder auf dem Äquator segelt. In der Mercatorschen Karte, in welcher die Loxodrome als gerade Linie erscheint, wird daher der grösste Kreisbogen als eine Kurve dargestellt werden, und es ist begreiflich, dass die Kenntnis des Verlaufes dieser Kurve, der sogenannten Orthodrome, für eine auszuführende Reise von grosser Bedeutung ist. Besonders Dampfer können

durch Berücksichtigung dieser Kurve die Länge der ganzen zurückzulegenden Distanz erheblich abkürzen; aber auch an Bord von Segelschiffen, wo die einzuschlagende Route in erster Linie von den zu erwartenden Windverhältnissen abhängt, gibt öfters bei der Frage, über welchen Bug bei ungünstigem Winde gesegelt werden soll, die möglichste Annäherung an den grössten Kreisbogen den Ausschlag. In solchen Fällen, wo auf die Abkürzung der Distanz durch das Segeln im grössten Kreise Rücksicht genommen werden soll, empfiehlt es sich daher, den Verlauf des grössten Kreisbogens in die Mercatorsche Karte einzuzichnen, und zwar genügt es für die Bedürfnisse der Praxis vollkommen, wenn einzelne Punkte desselben nach Breite und Länge berechnet und in die Karte eingetragen werden, und die loxodromischen Kurse und Distanzen von Punkt zu Punkt dann in der Karte abgesetzt werden. Die Entfernung der einzelnen Punkte hängt von der Abweichung der Loxodrome von dem grössten Kreisbogen ab. Dieselbe kann am grössten werden, wenn auf hohen Breiten der loxodromische Kurs annähernd Ost-West ist, und ist um so kleiner, je mehr sich dieser Kurs der Nord-Süd-Richtung nähert.

§ 43. **Berechnung von Anfangskurs, Endkurs und Distanz im Bogen des grössten Kreises.** Während die Loxodrome mit allen Meridianen gleiche Winkel bildet, ändert sich der Kurs in der Orthodrome von Meridian zu Meridian. Um zunächst für die Orthodrome AB in Fig. 36 den Anfangskurs am Abgangsort A , welcher dargestellt wird durch den Winkel NAB , sowie den Endkurs am Bestimmungsort B , welcher dargestellt wird durch den Winkel NBA , zu berechnen, ist das sphärische Dreieck NAB aufzulösen.

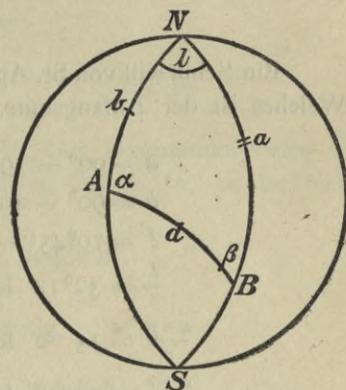


Fig. 36

In diesem bezeichnet $NA = b$ und $NB = a$ die Polabstände der beiden Orte. Man rechnet dieselben stets von demjenigen Pole, dass ihre Summe kleiner als 180° bleibt, bei gleichnamigen Breiten also stets vom gleichnamigen Pole, so dass in diesem Falle die Polabstände gleich den Breitenkomplementen sind. Der von a und b eingeschlossene Winkel ist der Längenunterschied l der beiden Orte.

Dann ist nach den Neperschen Analogien:

$$\operatorname{tang} \frac{\alpha + \beta}{2} = \operatorname{cotg} \frac{l}{2} \cdot \frac{\cos \frac{a - b}{2}}{\cos \frac{a + b}{2}}$$

$$\operatorname{tang} \frac{\alpha - \beta}{2} = \operatorname{cotg} \frac{l}{2} \cdot \frac{\sin \frac{a - b}{2}}{\sin \frac{a + b}{2}}$$

woraus weiter sich ergibt

$$\alpha = \frac{\alpha + \beta}{2} + \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\beta = \frac{\alpha + \beta}{2} - \frac{\alpha - \beta}{2}$$

Nachdem somit die beiden Endkurse gefunden, berechnet man die orthodromische Distanz d nach einer der beiden Formeln:

$$\operatorname{tang} \frac{\alpha + \beta}{2} = \operatorname{tang} \frac{d}{2} \cdot \frac{\cos \frac{\alpha - \beta}{2}}{\cos \frac{\alpha + \beta}{2}}$$

$$\operatorname{tang} \frac{\alpha - \beta}{2} = \operatorname{tang} \frac{d}{2} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha - \beta}{2}}{\sin \frac{\alpha + \beta}{2}}$$

aus denen folgt:

$$\operatorname{tang} \frac{d}{2} = \operatorname{tang} \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \sec \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\operatorname{tang} \frac{d}{2} = \operatorname{tang} \frac{\alpha - \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

Die erstere derselben wird ungenau, wenn $\frac{\alpha + \beta}{2}$ nahe an 90° beträgt; die zweite dagegen, wenn $\frac{\alpha - \beta}{2}$ nahe Null ist.

Beispiel.

Ein Schiff will von St. Agnes ($49^\circ 54' N$, $6^\circ 21' W$) nach Porto-Plata ($19^\circ 50' N$, $70^\circ 45' W$). Welches ist der Anfangskurs, der Endkurs und die orthodromische Distanz?

| | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|
| $a = 90^\circ - 19^\circ 50' = 70^\circ 10'$ | | | | | |
| $b = 90^\circ - 49^\circ 54' = 40^\circ 6'$ | | | | | |
| $l = 70^\circ 45' - 6^\circ 21' = 64^\circ 24'$ | | | | | |
| $\frac{l}{2} = 32^\circ 12'$ | log cotg | 0.2008 | log cotg | 0.2008 | |
| $\frac{\alpha - \beta}{2} = 15 \quad 2$ | log cos | 9.9849 | log sin | 9.4139 | log tg |
| $\frac{\alpha + \beta}{2} = 55 \quad 8$ | log sec | 0.2429 | log cosec | 0.0859 | 9.4291 |
| $\frac{\alpha + \beta}{2} = 69^\circ 33'$ | log tg | 0.4286 | | log sin | 9.9717 |
| $\frac{\alpha - \beta}{2} = 26 \quad 39$ | | log tg | 9.7006 | log cosec | 0.3482 |
| $\alpha = 96^\circ 12'$ | | $\frac{d}{2} = 29^\circ 18'$ | log tg | 9.7490 | |
| $\beta = 42^\circ 54'$ | | $d = 58^\circ 36'$ | | | |
| Anfangskurs $S 84^\circ W$ | | $= 3516' = 3516 \text{ sml.}$ | | | |
| Endkurs $S 43^\circ W$ | | | | | |

§ 44. Fall 1: Gleichnamige Breiten, Berechnung des Scheitelpunktes. Für die weitere Behandlung der Aufgabe, die Orthodrome in die Karte einzutragen, sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Die Breiten des Abfahrts- und Bestimmungsortes sind gleichnamig.
2. Die Breiten des Abfahrts- und Bestimmungsortes sind ungleichnamig.

Im ersteren Falle berechnet man zunächst die Breite und Länge des Scheitelpunktes V , d. h. desjenigen Punktes, in welchem der Bogen des grössten Kreises seine grösste Breite erreicht, und in welchem der Kurs gerade Ost-West ist, weil hier der grösste Kreisbogen mit dem Meridian von V einen rechten Winkel bildet (Fig. 37 und 38).

Wenn die beiden Endkurswinkel α und β beide spitz sind (Fig. 37), so liegt der Scheitelpunkt V zwischen den beiden Orten; wenn dagegen die beiden Winkel ver-

schiedenartig sind, d. h. der eine spitz und der andere stumpf (Fig. 38), so fällt V ausserhalb der zu segelnden Distanz, und zwar nach der Seite des stumpfen Winkels hin.

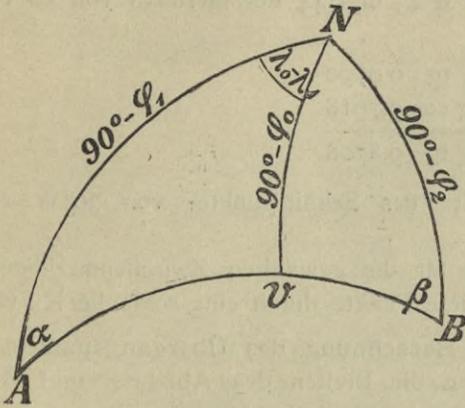


Fig. 37

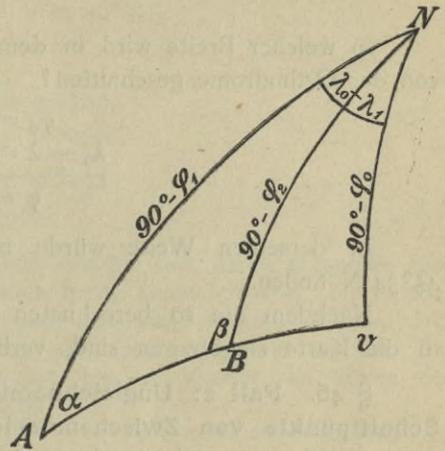


Fig. 38

Bezeichnet man die Breite und Länge des Abfahrts- und Bestimmungsortes mit φ_1 und λ_1 resp. φ_2 und λ_2 , diejenige des Scheitelpunktes mit φ_0 und λ_0 , so ist im rechtwinkligen sphärischen $\triangle ANV$

$$\sin(90^\circ - \varphi_0) = \sin(90^\circ - \varphi_1) \cdot \sin \alpha, \text{ folglich}$$

$$\cos \varphi_0 = \cos \varphi_1 \cdot \sin \alpha,$$

und zwar ist φ_0 mit den beiden gegebenen Breiten gleichnamig.

Ferner ist

$$\cos(90^\circ - \varphi_1) = \cotg \alpha \cdot \cotg(\lambda_0 - \lambda_1), \text{ folglich}$$

$$\tg(\lambda_0 - \lambda_1) = \operatorname{cosec} \varphi_1 \cdot \cotg \alpha.$$

Um stets mit einem spitzen Wert von α rechnen zu können, empfiehlt es sich, das rechtwinklige Dreieck zugrunde zu legen, welches zum Orte mit der kleineren Breite gehört.

Beispiel.

Es soll Breite und Länge des Scheitelpunktes im Beispiel von § 43 berechnet werden.

$$\begin{array}{r} \varphi_2 = 19^\circ 50' \log \cos 9.9734 \log \operatorname{cosec} 0.4694 \\ \beta = 42^\circ 54' \log \sin 9.8330 \log \cotg 0.0319 \\ \hline \varphi_0 = 50^\circ 11' \log \cos 9.8064 \log \tg 0.5013 \\ \lambda_0 - \lambda_1 = 72^\circ 30' \\ \lambda_1 = 70^\circ 45' \text{ W} \\ \hline \lambda_0 = 1^\circ 45' \text{ O.} \end{array}$$

§ 45. **Scheitelpunkte von Zwischenmeridianen.** Um nun den Verlauf der Orthodrome in die Karte einzutragen, berechnet man die Breiten, in welchen eine Anzahl von willkürlich gewählten Meridianen, etwa von 10° zu 10° , von ihr geschnitten werden.

Bezeichnet man die Länge eines beliebig gewählten Zwischenmeridians mit λ , die Breite, in welcher dieser im Schnittpunkt S (Fig. 39) von der Orthodrome geschnitten wird, mit φ , so ist

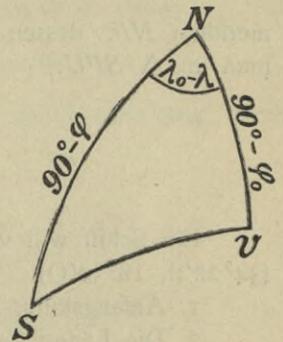


Fig. 39

$$\cos(\lambda_0 - \lambda) = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{cotg} \varphi_0, \text{ folglich}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot \cos(\lambda_0 - \lambda).$$

Beispiel.

In welcher Breite wird in dem Beispiel von § 43 und 44 der Meridian von 50°W von der Orthodrome geschnitten?

$$\begin{array}{r} \varphi_0 = 50^\circ 11' \quad \log \operatorname{tg} \quad 0.0790 \\ \lambda_0 - \lambda = 51 \quad 45 \quad \log \cos \quad 9.7918 \\ \hline \varphi = 36^\circ 36' \text{N} \quad \log \operatorname{tg} \quad 9.8708 \end{array}$$

In derselben Weise würde man die Breite des Schnittpunktes von 30°W zu $45^\circ 34'\text{N}$ finden.

Nachdem die so berechneten Schnittpunkte für die gewählten Zwischenmeridiane in die Karte eingetragen sind, verbindet man diese Punkte durch eine schlanke Kurve.

§ 46. Fall 2: Ungleichnamige Breiten, Berechnung des Übergangspunktes, Schnittpunkte von Zwischenmeridianen. Wenn die Breiten des Abfahrts- und Bestimmungsortes ungleichnamig sind, so schneidet die Orthodrome den Äquator, und es gewinnt dann der Übergangspunkt eine ähnliche Bedeutung, wie im Falle der gleichnamigen Breiten der Scheitelpunkt.

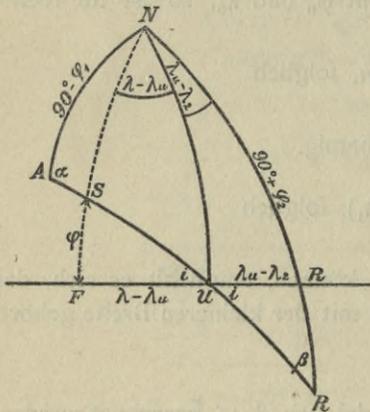


Fig. 40

Nachdem zunächst nach dem Vorgange von § 43 die Werte der Endkurse α und β (Fig. 40) sowie die Distanz AB berechnet worden, bestimmt man die Länge des Übergangspunktes λ_u , indem man seinen Längenunterschied gegen B , $\lambda_u - \lambda_2$, berechnet in dem bei R rechtwinkligen sphärischen $\triangle BRU$; es ist

$$\sin \varphi_2 = \operatorname{tg}(\lambda_u - \lambda_2) \cdot \operatorname{cotg} \beta, \text{ folglich}$$

$$\operatorname{tg}(\lambda_u - \lambda_2) = \sin \varphi_2 \operatorname{tg} \beta.$$

Ferner findet man den Neigungswinkel i durch die Formel

$$\cos i = \cos \varphi_2 \cdot \sin \beta.$$

Um damit für einen beliebigen Zwischenmeridian NF , dessen Länge wieder λ sein möge, die Breite φ zu berechnen, hat man im $\triangle SFU$:

$$\sin(\lambda - \lambda_u) = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{cotg} i, \text{ folglich}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \sin(\lambda - \lambda_u) \cdot \operatorname{tg} i.$$

Beispiel.

Ein Schiff will von Sandy Hook ($40^\circ 28'\text{N}$, $74^\circ 2'\text{W}$) nach Kap der guten Hoffnung ($34^\circ 22'\text{S}$, $18^\circ 30'\text{O}$). Welches ist

1. Anfangskurs, Endkurs und orthodromische Distanz?
2. Die Länge des Übergangspunktes?
3. Die Breite des Schnittpunktes der Meridiane 50°W und 20°W ?

Die Berechnung von 1. geschieht in derselben Weise wie in § 43. Es ergibt sich, wenn Fig. 40 dem Beispiel zugrunde gelegt wird,

$$\alpha = 116^\circ 12', \quad \beta = 55^\circ 48', \quad AB = 6788 \text{ sml.}$$

Addiert man diese beiden Gleichungen, so folgt

$$\cos \varphi_{1/2} (\tan \varphi_0 + \tan \varphi_1) = 2 \cdot \sin \varphi_{1/2} \cos \frac{l}{2}, \text{ mithin}$$

$$\tan \varphi_{1/2} = \frac{\tan \varphi_0 + \tan \varphi_1}{2 \cdot \cos \frac{l}{2}}$$

Multipliziert man auf der rechten Seite Zähler und Nenner mit $\cos \varphi_0 \cos \varphi_1$, so ist endlich

$$\tan \varphi_{1/2} = \frac{\sin (\varphi_0 + \varphi_1)}{2 \cdot \cos \frac{l}{2} \cos \varphi_0 \cos \varphi_1}$$

Weil der Nenner nur die Funktion cosinus enthält, so hängt das Vorzeichen von $\tan \varphi_{1/2}$ nur vom Zähler ab, d. h.:

Wenn φ_0 und φ_1 gleichnamig, so erhält $\varphi_{1/2}$ denselben Namen. Wenn dagegen φ_0 und φ_1 ungleichnamig, so erhält $\varphi_{1/2}$ den Namen der grösseren Breite.

In derselben Weise erhält man ferner

$$\tan \varphi_{1/4} = \frac{\sin (\varphi_0 + \varphi_{1/2})}{2 \cdot \cos \frac{l}{4} \cos \varphi_0 \cdot \cos \varphi_{1/2}} \quad \text{und} \quad \tan \varphi_{3/4} = \frac{\sin (\varphi_{1/2} + \varphi_1)}{2 \cdot \cos \frac{l}{4} \cos \varphi_{1/2} \cos \varphi_1} \text{ usw.,}$$

wobei zu beachten ist, dass bei der numerischen Berechnung viele Logarithmen wiederholte Verwendung finden.

Die Berechnung der zu den eingeschalteten Mittelmeridianen gehörigen Breiten wird solange fortgesetzt, dass der Verlauf der Kurve in der Karte erkennbar wird und aus freier Hand eingetragen werden kann.

Beispiel.

Es sollen die Zwischenpunkte des grössten Kreisbogens zwischen Kap der guten Hoffnung ($34^{\circ}21'S$, $18^{\circ}29'O$) und Kap Otway ($38^{\circ}51'S$, $143^{\circ}34'O$) berechnet und die Kurve in die Mercatorsche Karte eingetragen werden.

$$\tan \varphi_{1/2} = \frac{\sin (\varphi_0 + \varphi_1)}{2 \cdot \cos \frac{l}{2} \cos \varphi_0 \cos \varphi_1}$$

$$\varphi_0 = 34^{\circ}21'S \quad \log \sec \quad 0.0832$$

$$\varphi_1 = 38^{\circ}51'S \quad \log \sec \quad 0.1086$$

$$\varphi_0 + \varphi_1 = 73^{\circ}12' \quad \log \sin \quad 9.9811$$

$$\frac{l}{2} = 62^{\circ}32' \quad \log \sec \quad 0.3361$$

$$2 \cdot \text{colog} \quad 9.6990$$

$$\varphi_{1/2} = 58^{\circ}13'S \quad \log \tan \quad 0.2080$$

$$\lambda_{1/2} = 81^{\circ}1'O.$$

$$\tan \varphi_{1/8} = \frac{\sin (\varphi_0 + \varphi_{1/2})}{2 \cdot \cos \frac{l}{8} \cos \varphi_0 \cdot \cos \varphi_{1/2}}$$

$$\varphi_0 = 34^{\circ}21'S \quad \log \sec \quad 0.0832$$

$$\varphi_{1/2} = 53^{\circ}21'S \quad \log \sec \quad 0.2241$$

$$\varphi_0 + \varphi_{1/2} = 87^{\circ}42' \quad \log \sin \quad 9.9996$$

$$\frac{l}{8} = 15^{\circ}38' \quad \log \sec \quad 0.0164$$

$$2 \cdot \text{colog} \quad 9.6990$$

$$\varphi_{1/8} = 46^{\circ}28'S \quad \log \tan \quad 0.0223$$

$$\lambda_{1/8} = 34^{\circ}7'O.$$

$$\tan \varphi_{1/4} = \frac{\sin (\varphi_0 + \varphi_{1/2})}{2 \cdot \cos \frac{l}{4} \cos \varphi_0 \cdot \cos \varphi_{1/2}}$$

$$\varphi_0 = 34^{\circ}21'S \quad \log \sec \quad 0.0832$$

$$\varphi_{1/2} = 58^{\circ}13'S \quad \log \sec \quad 0.2784$$

$$\varphi_0 + \varphi_{1/2} = 92^{\circ}34' \quad \log \sin \quad 9.9996$$

$$\frac{l}{4} = 31^{\circ}16' \quad \log \sec \quad 0.0682$$

$$2 \cdot \text{colog} \quad 9.6990$$

$$\varphi_{1/4} = 53^{\circ}21'S \quad \log \tan \quad 0.1284$$

$$\lambda_{1/4} = 49^{\circ}45'O.$$

$$\tan \varphi_{3/8} = \frac{\sin (\varphi_{1/2} + \varphi_{1/8})}{2 \cdot \cos \frac{l}{8} \cos \varphi_{1/2} \cdot \cos \varphi_{1/8}}$$

$$\varphi_{1/2} = 53^{\circ}21'S \quad \log \sec \quad 0.2241$$

$$\varphi_{1/8} = 58^{\circ}13'S \quad \log \sec \quad 0.2784$$

$$\varphi_{1/2} + \varphi_{1/8} = 111^{\circ}34' \quad \log \sin \quad 9.9685$$

$$\frac{l}{8} = 15^{\circ}38' \quad \log \sec \quad 0.0164$$

$$2 \cdot \text{colog} \quad 9.6990$$

$$\varphi_{3/8} = 56^{\circ}56'S \quad \log \tan \quad 0.1864$$

$$\lambda_{3/8} = 65^{\circ}23'O.$$

$$\begin{aligned} \text{tang } \varphi^{3/4} &= \frac{\sin(\varphi^{1/2} + \varphi_1)}{2 \cdot \cos \frac{l}{4} \cos \varphi^{1/2} \cos \varphi_1} \\ \varphi^{1/2} &= 58^{\circ} 13' \text{ S } \log \sec 0.2784 \\ \varphi_1 &= 38 51 \text{ S } \log \sec 0.1086 \\ \hline \varphi^{1/2} + \varphi_1 &= 97^{\circ} 4 \quad \log \sin 9.9967 \\ \frac{l}{4} &= 31^{\circ} 16 \quad \log \sec 0.0682 \\ &2 \cdot \text{colog } 9.6990 \\ \hline \varphi^{3/4} &= 54^{\circ} 46' \text{ S } \log \text{tang } 0.1509 \\ \lambda^{3/4} &= 112^{\circ} 17' \text{ O.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tang } \varphi^{5/8} &= \frac{\sin(\varphi^{1/2} + \varphi^{3/4})}{2 \cdot \cos \frac{l}{8} \cos \varphi^{1/2} \cos \varphi^{3/4}} \\ \varphi^{1/2} &= 58^{\circ} 13' \text{ S } \log \sec 0.2784 \\ \varphi^{3/4} &= 54 46 \text{ S } \log \sec 0.2389 \\ \hline \varphi^{1/2} + \varphi^{3/4} &= 112^{\circ} 59' \quad \log \sin 9.9641 \\ \frac{l}{8} &= 15^{\circ} 38' \quad \log \sec 0.0164 \\ &2 \cdot \text{colog } 9.6990 \\ \hline \varphi^{5/8} &= 57^{\circ} 34' \text{ S } \log \text{tang } 0.1968 \\ \lambda^{5/8} &= 96^{\circ} 39' \text{ O.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tang } \varphi^{7/8} &= \frac{\sin(\varphi^{3/4} + \varphi_1)}{2 \cdot \cos \frac{l}{8} \cos \varphi^{3/4} \cos \varphi_1} \\ \varphi^{3/4} &= 54^{\circ} 46' \text{ S } \log \sec 0.2389 \\ \varphi_1 &= 38 51 \text{ S } \log \sec 0.1086 \\ \hline \varphi^{3/4} + \varphi_1 &= 93^{\circ} 37' \text{ S } \log \sin 9.9991 \\ \frac{l}{8} &= 15^{\circ} 38' \quad \log \sec 0.0164 \\ &2 \cdot \text{colog } 9.6990 \\ \hline \varphi^{7/8} &= 49^{\circ} 5' \text{ S } \log \text{tang } 0.0620 \\ \lambda^{7/8} &= 127^{\circ} 56' \text{ O.} \end{aligned}$$

Diese sieben Zwischenpunkte genügen, um die Kurve der Orthodrome in die Karte einzuzeichnen.

§ 48. **Seekarten nach gnomonischer Projektion.** Das Verfahren zur Ermittlung der Zwischenpunkte wird noch einfacher, wenn man Karten zur Hand hat, auf welchen die grössten Kreise als gerade Linien erscheinen. Weil die grössten Kreisebenen durch den Mittelpunkt der Kugel gehen, ist dies der Fall, wenn man die Erdoberfläche so zur Darstellung bringt, wie sie einem im Mittelpunkte der Erde befindlichen Auge erscheinen würde, d. h. man projiziert die Oberfläche vom Erdmittelpunkte aus auf eine Ebene, welche die Erdkugel in einem Punkte berührt. Man nennt diese Projektionsart die gnomonische Projektion, und die Karten heissen gnomonische Karten. Trägt man in diese Karten Abgangs- und Bestimmungsort ein und verbindet sie durch eine gerade Linie, so kann man direkt beliebig viele Zwischenpunkte der Karte entnehmen und in die Mercatorsche Karte eintragen. Für die Zwecke der Nautik sind hier besonders die in gnomonischer Projektion hergestellten, von dem hydrographischen Amte der Vereinigten Staaten in Washington herausgegebenen 5 Great Circle Sailing Charts für die folgenden Meeresteile zu nennen: Nordatlantischen Ozean, südatlantischen Ozean, nördlichen stillen Ozean, südlichen stillen Ozean und indischen Ozean. Dieselben enthalten eine vollständige Anleitung, um die gesuchten Kurse und Distanzen direkt der gnomonischen Karte selbst entnehmen zu können.

§ 49. **Vergleichung der orthodromischen Distanz mit der loxodromischen.** [Das in § 38 behandelte Verfahren, Kurs und Distanz zwischen zwei Orten in der Loxodrome mit Hilfe der einfachen Mittelbreite zu finden, ist nur dann zulässig, wenn der versegelte Breitenunterschied und die Distanz keine zu grossen Werte besitzen. Aus diesem Grunde müsste, wenn es sich um die Vergleichung der loxodromischen Distanz

mit der orthodromischen zwischen zwei weit voneinander entfernten Orten handelt, die verbesserte Mittelbreite (Tafel 5) angewandt werden. Auf den Fall, dass die Breite des Abfahrtsortes mit derjenigen des Bestimmungsortes ungleichnamig ist, passt die Rechnung nach Mittelbreite nach den in § 36 gemachten Auseinandersetzungen überhaupt nicht, und es müsste daher für diesen Fall die Distanz in zwei durch den Äquator getrennte Teile geteilt, und für jeden dieser Teile dann die Rechnung nach Mittelbreite angewandt werden.

Aus diesen Gründen empfiehlt es sich, wenn es sich um die Vergleichung grösserer Distanzen zwischen zwei Orten in der Loxodrome und in der Orthodrome handelt, eine andere Methode für die Berechnung der loxodromischen Distanz zu wählen, die Methode nach vergrösserter Breite.

Nach derselben wird der Kurswinkel nicht mit Hilfe der Abweichung gefunden, sondern berechnet nach der aus Fig. 35 folgenden Formel:

$$\text{tg } K = \frac{l}{b_v}$$

in welcher l der Längenunterschied zwischen den beiden Orten und b_v der vergrösserte Breitenunterschied, d. h. der Unterschied der nach Tafel 4 gefundenen vergrösserten Breiten ist.

Nachdem auf diese Weise K gefunden ist, findet man die Distanz d in der bekannten Weise durch die Formel

$$d = b \cdot \sec K.$$

Es muss hierbei indessen bemerkt werden, dass bei grösseren Distanzen K auf Minuten genau gefunden werden muss.

Beispiel.

Wie gross ist Kurs und Distanz in der Loxodrome in dem Beispiele von § 43?

| | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|
| St. Agnes $\varphi_1 = 49^{\circ} 54' N$; | vergr. $\varphi_1 = 3465 N$; | $\lambda_1 = 6^{\circ} 21' W$ |
| Porto-Plata $\varphi_2 = 19^{\circ} 50' N$; | vergr. $\varphi_2 = 1215 N$; | $\lambda_2 = 70^{\circ} 45' W$ |
| | | |
| $b = 30^{\circ} 4' S$; | $b_v = 2250 S$; | $l = 64^{\circ} 24' W$ |
| $= 1804'$ | | $= 3864'$ |
| $l \ 3864 \log \ 3.5870$ | | |
| $b_v \ 2250 \log \ 3.3522$ | | |
| $K = 59^{\circ} 47' \log \ \text{tg} \ 0.2348$ | | |
| | | $\log \ \sec \ 0.2982$ |
| | | $b \ 1804 \log \ 2.2562$ |
| $d = 3584 \log \ 2.5544$ | | |
| S 60° W 3584 sml. | | |

Die Differenz der loxodromischen Distanz gegen die orthodromische beträgt also 68 sml.

Dritter Teil.

Die Schifffahrt nach astronomischen Beobachtungen.

Erster Abschnitt.

Astronomische Grundbegriffe.

Erstes Kapitel.

Bestimmung des Gestirnortes am Himmel durch Koordinaten.

§ 50. **Hauptkreise am Himmel.** Während in der Besteckrechnung der Schiffsort immer nur unter Zugrundelegung eines vorhergehenden Ortes mit Hilfe der stattgefundenen Versegelung gefunden wird und daher nach § 40 mit ziemlich grossen Fehlern behaftet sein kann, gestatten die Methoden der astronomischen Ortsbestimmung eine unmittelbare, von jenen Fehlerquellen unabhängige Berechnung des gesuchten Schiffsortes. Die Möglichkeit, durch astronomische Beobachtungen am Himmel den Ort des Beobachters auf der Erdoberfläche zu bestimmen, liegt in dem Umstande, dass von verschiedenen Beobachtungsorten aus gesehen die Gestirne in verschiedenen Stellungen zum Horizonte erscheinen. Wenn also durch irgendwelche astronomischen Beobachtungen der Ort eines Gestirns am Himmel bestimmt ist, so lässt sich hieraus auch umgekehrt ein Schluss auf die Lage des Beobachtungsortes auf der Erde ziehen. Zur Bestimmung eines Gestirnortes dienen bestimmte Kreise am Himmel, auf welche die Lage der Gestirne durch Koordinaten in derselben Weise bezogen wird, wie ein Ort auf der Erdoberfläche nach § 1 durch Breite und Länge.

In Fig. 42 denkt man sich die Erdkugel mit der Erdachse pp' und dem Äquator aq in der Mitte der scheinbaren Himmelskugel mit dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte M so aufgestellt, dass der Beobachtungsort o oben liegt, weil an jedem Orte der Erdoberfläche der Beobachter seinen Ort als oben liegend ansieht. Wenn man die Richtung des Bleilotes, d. h. den Erdradius des Ortes o nach beiden Seiten verlängert, so schneidet diese Verlängerung das scheinbare Himmelsgewölbe oben im Zenit Z und unten im Nadir Z' . ZZ' heisst Zenit-Nadirlinie oder Vertikallinie. Eine Ebene NS , welche durch den Mittelpunkt der Erde geht und senkrecht auf der Vertikallinie steht, schneidet die Himmelskugel in einem grössten Kreise, welcher wahrer Horizont genannt wird.

Um sich am Horizonte zu orientieren, ist die Festlegung eines Ausgangspunktes für die Zählung, also eines Hauptstriches der Windrose erforderlich. Zu diesem Zwecke denkt man sich die Erdachse pp' , bei welcher p den Nordpol, p' den Südpol bezeichnet,

nach beiden Seiten bis zur Himmelskugel verlängert. Sie schneidet dann als Weltachse die Himmelskugel in den beiden Himmelspolen oder Weltpolen P und P' , welche

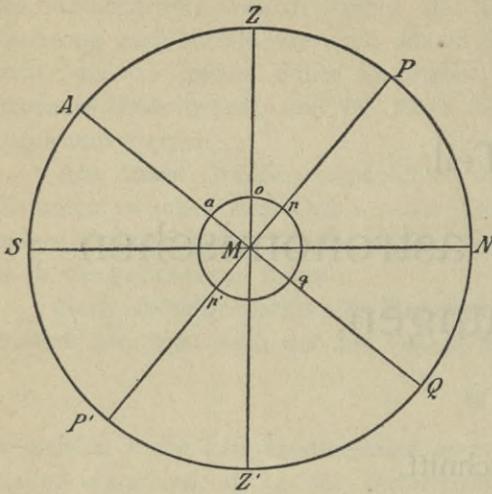


Fig. 42

entsprechend den zugehörigen Erdpolen Nordpol und Südpol genannt werden. Der grösste Kreis $ZPZ'P'$, welcher durch Zenit, Nadir und beide Pole geht, heisst der Himmelsmeridian des Ortes o , weil er mit dessen Erdmeridian pop' in einer Ebene liegt. Die beiden Punkte N und S , in welchen der Himmelsmeridian den wahren Horizont schneidet, heissen Nord- und Südpunkt, und zwar liegt der Nordpunkt auf der Seite des Nordpols, der Südpunkt auf der Seite des Südpols. Die Weltachse teilt den Meridian in zwei Hälften, den oberen Meridian mit dem Zenit und den unteren Meridian mit dem Nadir. Erweitert man die Ebene des Erdäquators nach allen Seiten, so wird die Himmelskugel in dem grössten Kreise AQ

geschnitten, welcher Himmelsäquator genannt wird. Der Himmelsäquator schneidet den wahren Horizont in dem Ost- und Westpunkte.

Man kann nun den Ort eines Gestirns am Himmel durch Koordinaten sowohl in bezug auf den wahren Horizont, als auch in bezug auf den Himmelsäquator bestimmen und unterscheidet danach das Koordinatensystem des wahren Horizontes und das Koordinatensystem des Himmelsäquators.

§ 51. Das Koordinatensystem des wahren Horizontes. In nebenstehender Fig. 43 bezeichnet G den Ort eines Gestirns am Himmel. Legt man durch Zenit, Nadir und

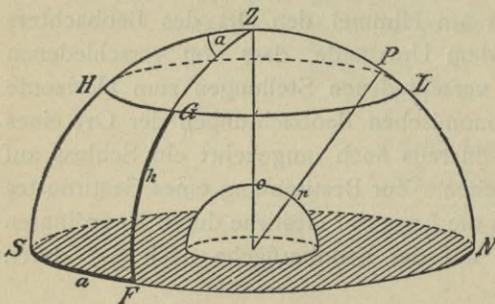


Fig. 43

den Gestirnsort einen grössten Kreis, einen sogenannten Vertikalkreis oder Höhenkreis, welcher den wahren Horizont rechtwinklig in F schneidet, so heisst der in diesem Höhenkreise gemessene Winkelabstand FG des Gestirns vom wahren Horizont die wahre Höhe (h) des Gestirns. Legt man ferner durch G einen kleineren Kreis HL parallel mit dem wahren Horizont, einen sogenannten Höhenparallel, so leuchtet ein, dass alle Gestirne, welche dieselbe Höhe haben, auf diesem Höhenparallel liegen, und dass auch

umgekehrt alle Gestirne auf einem und demselben Höhenparallel dieselbe wahre Höhe haben. Daher ist der Ort eines Gestirns am Himmel durch die wahre Höhe allein noch nicht bestimmt. Als zweites Bestimmungsstück dient der vom Nord- oder Südpunkt bis zum Fusspunkte F des Höhenkreises gezählte Bogen (a) des wahren Horizontes oder, mit anderen Worten, der Winkel am Zenit zwischen dem Meridian und dem Höhenkreise des Gestirns. Dieses Stück heisst Azimut (a) des Gestirns. Alle Gestirne, welche dasselbe Azimut haben, liegen auf demselben Höhenkreise, und auch umgekehrt haben alle Gestirne auf einem und demselben Höhenkreise dasselbe Azimut. Da also die wahre Höhe den Höhenparallel und das Azimut den Höhenkreis des Gestirns bestimmt, so ist der Ort eines Gestirns am Himmel bestimmt durch Höhe und Azimut.

Der Winkelabstand z eines Gestirns vom Zenit, im Höhenkreise gemessen, heisst Zenitdistanz. Sie ist das Komplement der Höhe; $h + z = 90^\circ$. Unter erstem Vertikal versteht man den Höhenkreis, welcher durch den Ost- und Westpunkt geht.

Aufgaben.

Es sollen nach Augenmass die folgenden Gestirnsorte in eine Figur eingezeichnet werden:

1. $h = 50^\circ$; Azimut S 50° O.
2. $h = 15^\circ$; Azimut N 30° W.
3. Wo steht ein Gestirn, dessen Höhe 0° , 90° beträgt?
4. Wo steht ein Gestirn, dessen Azimut 0° , 90° , 180° beträgt?
5. Wie gross ist z , wenn $h = 41^\circ 10'$?
6. Wie gross ist h , wenn $z = 23^\circ 39'$?
7. Wie gross ist das Azimut des ersten Vertikals; wie steht letzterer zum Meridian?

§ 52. **Das Koordinatensystem des Himmelsäquators.** Legt man in Fig. 44 durch die beiden Himmelspole und den Gestirnsort G einen grössten Kreis, den sogenannten Deklinationskreis (Stundenkreis), welcher den Himmelsäquator rechtwinklig in R schneidet, so heisst der in diesem Deklinationskreise gemessene Winkelabstand RG des Gestirns vom Himmelsäquator die Deklination (δ) oder Abweichung des Gestirns. Dieselbe hat den Namen Nord oder Süd, je nachdem das Gestirn auf der nördlichen oder südlichen Hälfte der Himmelskugel steht. Legt man ferner durch G einen kleineren Kreis DL parallel mit dem Himmelsäquator, einen sogenannten Deklinationsparallel, so leuchtet ein, dass alle Gestirne, welche dieselbe Deklination haben, auf diesem Deklinationsparallel liegen, und dass auch umgekehrt alle Gestirne auf demselben Deklinationsparallel dieselbe Deklination haben. Daher ist der Ort eines Gestirns am Himmel durch seine Deklination allein noch nicht bestimmt. Als zweites Bestimmungsstück dient der vom oberen Meridian bis zum Schnittpunkt R des Deklinationskreises gezählte Bogen AR des Himmelsäquators oder, mit anderen Worten, der Winkel am Himmelspol zwischen dem Meridian und dem Deklinationskreise des Gestirns. Dieser Winkel heisst Stundenwinkel (t) des Gestirns; er wird gezählt in Stundenmass nach Ost oder West. Alle Gestirne, welche denselben Stundenwinkel haben, liegen auf demselben Deklinationskreise, und auch umgekehrt haben alle Gestirne auf demselben Deklinationskreise denselben Stundenwinkel. Da also die Deklination den Deklinationsparallel und der Stundenwinkel den Deklinationskreis bestimmt, so ist der Ort eines Gestirns am Himmel bestimmt durch Deklination und Stundenwinkel.

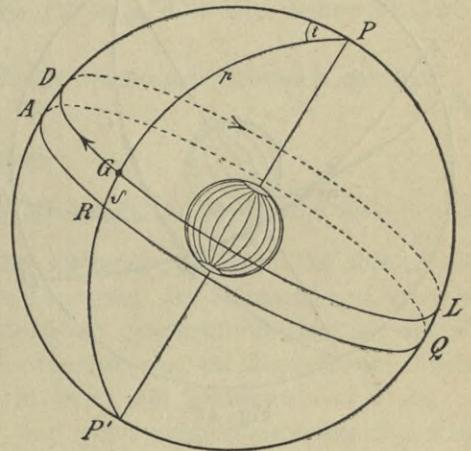


Fig. 44

Der Winkelabstand eines Gestirns vom sichtbaren, d. h. über dem Horizont befindlichen Himmelspol, im Deklinationskreise gemessen, heisst Poldistanz (ϕ). Zwischen Poldistanz und Deklination besteht folgende Beziehung:

$\phi = 90^\circ \pm \delta$, je nachdem Breite und Deklination ungleichnamig oder gleichnamig sind.

Unter Sechsuhrkreis versteht man den Deklinationskreis, welcher durch den Ost- und Westpunkt geht.

Aufgaben.

Es sollen nach Augenmass die folgenden Gestirnsorte eingezeichnet werden bei derselben Lage der Himmelskugel wie in Fig. 44:

1. $\delta = 20^{\circ}\text{N}$; $t = 3^{\text{h}}$ Ost.
2. $\delta = 12^{\circ}\text{S}$; $t = 1^{\text{h}}$ W.
3. $\delta = 50^{\circ}\text{N}$; $t = 7^{\text{h}}$ Ost.
4. Wo steht das Gestirn, dessen Deklination 0° , 90° beträgt?
5. Wo dasjenige, dessen Stundenwinkel 0^{h} , 6^{h} , 12^{h} beträgt?
6. Wie gross ist p , wenn $\delta = 15^{\circ}11'\text{N}$ und $\varphi = 53^{\circ}18'\text{N}$?
7. Ebenso für $\varphi = 53^{\circ}18'\text{S}$?
8. Wie gross ist der Stundenwinkel des Sechsuhrkreises, wie steht derselbe zum Meridian?

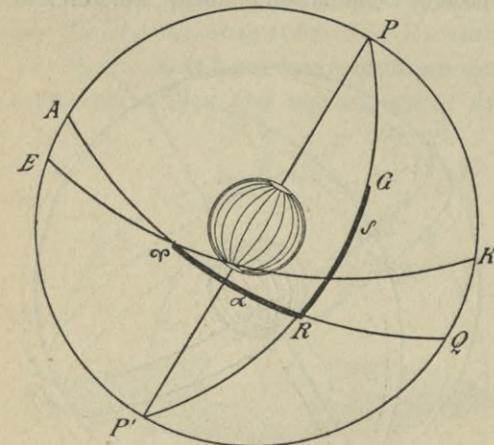


Fig. 45

Die tägliche Drehung der Erde um ihre Achse von West nach Ost bewirkt, dass sich die Himmelskugel um dieselbe Achse, also die Weltachse, in der entgegengesetzten Richtung, also von Ost nach West zu drehen scheint, d. h. dass jeder am Himmel feststehende Fixstern sich in seinem Deklinationsparallel zu bewegen scheint, wie der Pfeil in Fig. 44 angibt, und zwar in einem Tage einmal herum. Während demnach die

Deklination eines Fixsterns bei dieser scheinbaren täglichen Drehung konstant bleibt, ändert sich der Stundenwinkel in jedem Augenblicke. Aus diesem Grunde führt man im Koordinatensystem ausser der Deklination als zweite Koordinate statt des Stundenwinkels ein anderes Bestimmungsstück ein, von der Eigenschaft, dass es bei der scheinbaren täglichen Bewegung des Gestirns in seinem Deklinationsparallel seinen Wert nicht verändert. Man erreicht diesen Zweck, indem man die zweite Koordinate auf dem Äquator nicht wie den Bogen AR von dem bei der täglichen Drehung veränderlichen Schnittpunkt A des Äquators und des Meridians, sondern von einem festen Punkte des Äquators, dem sogenannten Widderpunkt (φ), aus zählt (Fig. 45).

Man nennt dann den Bogen des Äquators zwischen dem Widderpunkt und dem Deklinationskreise des Gestirns die Rektaszension (α) oder gerade Aufsteigung desselben. Dieselbe wird der scheinbaren täglichen Drehung des Himmels entgegengesetzt gezählt, also von West nach Ost. Der Ort eines Gestirns am Himmel ist also bestimmt durch Rektaszension und Deklination.

Die Lage des Widderpunktes auf dem Äquator ist bestimmt durch die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne am Himmel. Um sich diese jährliche scheinbare Bewegung der Sonne klar zu machen, stellt man sich am besten vor, dass die scheinbare tägliche Drehung der ganzen Himmelskugel in irgend einem Augenblicke aufhörte, so würden alle fest am Himmel stehenden Fixsterne an ihrem Orte stehen bleiben. Die Sonne dagegen

würde sich unter diesen Sternen von West nach Ost in einem Jahre einmal am Himmel herumbewegen in einem grössten Kreise, welcher Ekliptik (*EK*) genannt wird.¹ Dieselbe ist gegen den Äquator unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$, der sogenannten Schiefe der Ekliptik, geneigt und schneidet den Äquator in zwei gegenüberliegenden Punkten, einmal am 21. März, wenn der Sonnenmittelpunkt von der südlichen Halbkugel auf die nördliche übergeht, im Widderpunkt (ϖ) und einmal am 23. September, wenn der Sonnenmittelpunkt von der nördlichen Halbkugel auf die südliche übergeht, im sogenannten Punkt der Wage (ϖ). Jenen Widderpunkt nun hat man als den festen Anfangspunkt für die Zählung der Rektaszension angenommen.

§ 53. **Die geographische Breite als Kreisbogen am Himmel.** Die Möglichkeit, aus astronomischen Beobachtungen am Himmel die geographische Breite des Beobachtungsortes auf der Erde bestimmen zu können, erhellt aus nebenstehender Fig. 46. In derselben ist ao die geographische Breite φ des Beobachtungsortes o , und da AZ , in Gradmass gemessen, gleich ao ist, so ist $AZ = \varphi$, d. h. die Zenitdistanz des Äquators ist gleich der Breite.

Weil aber $PA = 90^{\circ}$ ist, so ist $PZ = 90^{\circ} - \varphi$, d. h. die Zenitdistanz des Pols oder die Poldistanz des Zenits ist gleich dem Komplement der Breite.

Da endlich auch $ZN = 90^{\circ}$ ist, so folgt, dass $PN = \varphi$, d. h. die wahre Polhöhe ist gleich der Breite.

Von diesen drei Beziehungen wird in der Nautik wiederholt Gebrauch gemacht.

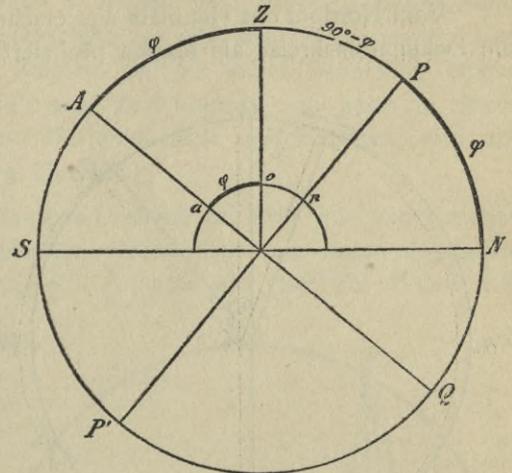


Fig. 46

Zweites Kapitel.

Die scheinbare tägliche Drehung des Himmels als Mass der Zeit.

§ 54. **Sterntag, Sternzeit.** Da die tägliche Drehung der Erde um ihre Achse von West nach Ost oder die scheinbare tägliche Bewegung der Himmelskugel von Ost nach West mit vollständig gleichförmiger Geschwindigkeit geschieht, so dient sie uns als Mass der Zeit. Wenn ein am Himmel feststehendes Gestirn, also ein Fixstern, im oberen Meridian steht (z. B. im Punkte *D* in Fig. 44), d. h. wenn sein Stundenwinkel 0^h ist, so befindet er sich in seiner oberen Kulmination, und wenn er im unteren Meridian steht (z. B. im Punkte *L* in Fig. 44), d. h. wenn sein Stundenwinkel 12^h beträgt, so befindet er sich in seiner unteren Kulmination. Man nennt nun die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen eines und desselben Fixsterns verfließt, oder die Zeit, welche die Erde zur einmaligen Umdrehung um ihre Achse braucht, einen Sterntag. Derselbe beginnt, oder es ist 0^h Sternzeit, wenn der Widderpunkt in seiner oberen Kulmination ist. Der Sterntag wird eingeteilt in 24 Sternzeitstunden, welche von 0^h bis 24^h durchgezählt werden. Unter Sternzeit eines Ortes versteht man die in Stern-

¹ Die von der Sonne in der Ekliptik passierten zwölf Sternbilder: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische liegen in ungefähr gleichem Abstand (etwa 30°) in einem Gürtel, welcher Tierkreis genannt wird.

zeitstunden ausgedrückte Zeit, welche seit der oberen Kulmination des Widderpunktes verflissen ist, d. h. den westlichen Stundenwinkel des Widderpunktes. Da alle Sterntage wegen der Gleichförmigkeit der täglichen Drehung einander gleich sind, so können Uhren nach Sternzeit reguliert werden.

Vom Nordpol des Himmels aus erscheint der Himmelsäquator als Kreis, auf welchen die Deklinationskreise als Radien projiziert werden (Fig. 47). Der Meridian erscheint als

vertikaler Durchmesser, welcher den Äquator oben in O und unten in U schneidet. Dann ist rechts West und links Ost, und die scheinbare tägliche Drehung des Himmels geht in der Richtung des oben befindlichen Pfeiles vor sich. Ist MG die Projektion des Deklinationskreises eines Gestirns, so ist OG der westliche Stundenwinkel desselben (t_w); ferner ist ΥG die vom Widderpunkte Υ in der Richtung des eingezeichneten Pfeils gezählte Rektaszension des Gestirns und endlich $O\Upsilon$ der westliche Stundenwinkel des Widderpunktes, d. h. die Sternzeit. Da dies für alle Gestirne gilt, so gilt für alle Gestirne die Beziehung

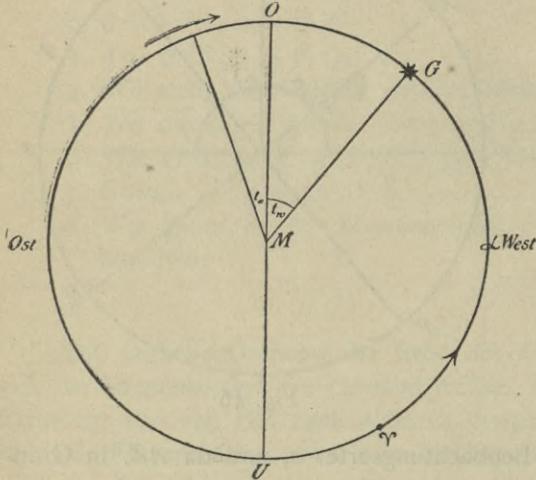


Fig. 47

$$\text{Sternzeit} = \alpha + t_w.$$

Für einen östlichen Stundenwinkel t_o irgend eines Gestirns überzeugt man sich ebenso leicht von der Richtigkeit der Gleichung

$$\text{Sternzeit} = \alpha - t_o.$$

Hieraus folgt unmittelbar, dass für den Moment der oberen Kulmination irgend eines Gestirns, wo der Stundenwinkel $t = 0$ ist,

$$\text{Sternzeit der Kulmination} = \alpha.$$

Nach den beiden ersten Gleichungen müsste man also, um die Sternzeit zu erhalten, den westlichen Stundenwinkel eines Gestirns zu seiner Rektaszension addieren, den östlichen Stundenwinkel von derselben subtrahieren. Um der Unbequemlichkeit dieser Unterscheidung zu entgehen, empfiehlt es sich, für alle Beziehungen zwischen Sternzeit und Stundenwinkel den letzteren stets als westlich in Rechnung zu setzen und dann einheitlich zugrunde zu legen

$$\text{Sternzeit} = \alpha + t$$

Den westlichen Stundenwinkel eines Gestirns erhält man aus dem östlichen, indem man letzteren von 24^h subtrahiert.

§ 55. **Wahrer Sonnentag, wahre Ortszeit.** Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen der Sonne verfließt, heisst wahrer Sonnentag. Derselbe beginnt, oder es ist 0^h wahre Ortszeit, wenn der Mittelpunkt der Sonne im oberen Meridian steht oder kulminiert. Der wahre Sonnentag wird eingeteilt in 24 Stunden, welche astronomisch von 0^h bis 24^h durchgezählt werden. Unter der wahren Ortszeit eines Ortes versteht man den westlichen Stundenwinkel der Sonne. Weil die Sonne in der Ekliptik der scheinbaren täglichen Drehung des Himmels entgegen von West nach Ost fortschreitet, und zwar jeden Tag um etwa 1° (in 365 Tagen 360°), so bleibt sie gegen die Sterne bei der scheinbaren täglichen Drehung täglich um

etwa 1° zurück. Wenn z. B. an einem bestimmten Tage die Sonne mit dem Widderpunkte gleichzeitig kulminiert, so dass zugleich der wahre Sonnentag und der Sterntag beginnt, so wird nach Verlauf eines Sterntages, wenn also der Widderpunkt wieder im oberen Meridian steht, die Sonne noch um etwa 1° östlich vom Meridian stehen, und wenn bald darauf die Sonne dann den Meridian erreicht, so wird der Widderpunkt schon wieder etwas westlich vom Meridian stehen. Folglich ist der wahre Sonnentag länger als der Sterntag, und zwar um so viel, als die Sonne Zeit braucht, um jenen in einem Sterntage zurückgebliebenen einen Grad bis zum Meridian noch zurückzulegen, also um etwa 4 Minuten. (360° in 24^h , folglich 1° in 4 Minuten.)

Während die Sterntage wegen der gleichförmigen Drehung der Erde alle von gleicher Dauer sind, ist die Länge der wahren Sonnentage veränderlich aus einem doppelten Grunde. Wenn in nebenstehender Figur 48 AQ den Äquator mit dem Pol P und EK die Ekliptik darstellt, in welcher sich die Sonne in gleichen Zeiten, z. B. in drei aufeinander folgenden Sterntagen von A nach B , von B nach C und von C nach D bewegt, so würden die wahren Sonnentage nur dann gleiche Dauer haben, wenn $ab = bc = cd$ wäre, d. h. wenn die Rektaszension der Sonne gleichmässig zunähme. Der erste Grund, warum dies nicht der Fall ist, liegt darin, dass die Bewegung der Sonne in der Ekliptik keine gleichförmige ist, und daher auch die Abschnitte AB , BC und CD einander nicht gleich sind. Aber auch wenn die Bewegung der Sonne in der Ekliptik gleichförmig, d. h. $AB = BC = CD$ wäre, so würden zweitens ab , bc und cd doch nicht einander gleich sein; es würden nämlich dann die Abschnitte auf dem Äquator desto kleiner ausfallen, je grösser der Winkel ist, den die Bewegungsrichtung der Sonne in der Ekliptik mit dem Äquator bildet, also im März und September kleiner als im Juni und Dezember.

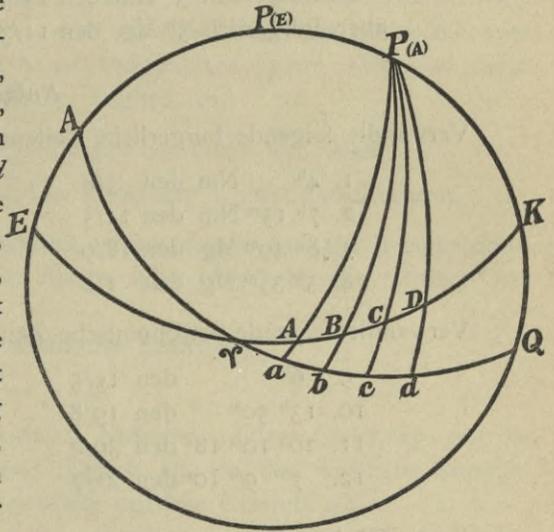


Fig. 48

Aus diesen beiden Gründen sind die wahren Sonnentage nicht einander gleich. Daher können sie nicht als Zeitmass verwandt werden, und kann es auch keine nach wahrer Zeit regulierte Uhren geben.

§ 56. **Mittlerer Sonnentag, mittlere Ortszeit.** Man denkt sich daher eine zweite Sonne, die sogenannte mittlere Sonne, von der Eigenschaft, dass sie sich im Äquator mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegt, und zwar so, dass sie sich in einem Jahre ebenfalls einmal im Äquator herum bewegt. Man nennt dann die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen der mittleren Sonne verfließt, einen mittleren Sonnentag. Derselbe beginnt, oder es ist 0^h mittlere Ortszeit, mittlerer Mittag, wenn der Mittelpunkt der mittleren Sonne sich im oberen Meridian des Ortes befindet. Der mittlere Sonnentag wird eingeteilt in 24 Stunden, welche astronomisch von 0^h bis 24^h durchgezählt werden. Unter der mittleren Ortszeit eines Ortes versteht man den westlichen Stundenwinkel der mittleren Sonne. Weil die mittlere Sonne sich im Äquator mit gleichförmiger Geschwindigkeit von West nach Ost bewegt, so sind die mittleren Sonnentage stets um dieselbe Zeit, etwa 4 Minuten, länger als die

unter sich gleichen Sterntage, folglich unter sich auch gleich. Daher können sie als Zeitmass dienen.

Die im bürgerlichen Leben gebrauchten, nach mittlerer Zeit regulierten Uhren zählen die 24 Stunden in der Weise, dass sie zweimal von 0^h bis 12^h rechnen, und zwar einmal morgens und einmal nachmittags. Der bürgerliche Tag beginnt, wenn die mittlere Sonne im unteren Meridian ist, also um Mitternacht; von da ab zählt die bürgerliche Zeit weiter als 1^h morgens, 2^h morgens usw. bis 12^h morgens oder 0^h nachmittags, also mittags. Hier beginnt der astronomisch gezählte Tag, bei 0^h beginnend. Während des Nachmittags von 0^h Nm bis 12^h Nm stimmt die Zeitangabe nach bürgerlicher und astronomischer Rechnung überein. Während dann aber nach Mitternacht der astronomische Tag über 12^h hinaus bis 24^h weiterzählt, fängt bürgerlich ein neues Datum an, wieder bei 0^h Mg beginnend, z. B.:

Bürgerlich 3^h Nm den 15/6 = Astronomisch 3^h den 15/6,
aber Bürgerlich 5^h Mg den 11/3 = Astronomisch 17^h den 10/3.

Aufgaben.

Verwandle folgende bürgerliche Zeitangaben in astronomische:

- | | |
|---|--|
| 1. 4 ^h Nm den 3/8 | 5. 6 ^h 11 ^m Nm den 15/10 |
| 2. 7 ^h 15 ^m Nm den 11/5 | 6. 3 ^h 0 ^m Mg den 1/12 |
| 3. 8 ^h 49 ^m Mg den 18/9 | 7. Mittag den 7/8 |
| 4. 5 ^h 33 ^m Mg den 1/2 | 8. Mitternacht den 30/8 |

Verwandle folgende astronomische Zeitangaben in bürgerliche:

- | | |
|--|--|
| 9. 6 ^h den 15/5 | 13. 12 ^h den 3/9 |
| 10. 13 ^h 50 ^m den 19/8 | 14. 0 ^h den 5/1 |
| 11. 20 ^h 10 ^m 18 ^s den 30/4 | 15. 23 ^h 11 ^m 39 ^s den 31/8 |
| 12. 7 ^h 9 ^m 10 ^s den 21/7 | 16. 3 ^h 7 ^m 5 ^s den 28/2 |

§ 57. **Wahre Zeit und mittlere Zeit, Zeitgleichung.** Weil die wahre Sonne ihre Rektaszension ungleichförmig, die mittlere Sonne nach § 56 dagegen gleichförmig ändert, so ist die Rektaszension der wahren Sonne bald grösser, bald kleiner als die Rektaszension der mittleren Sonne. Nach Fig. 48 folgt, dass ein Gestirn desto später kulminiert, je grösser seine Rektaszension; folglich geht die wahre Sonne im ersteren Falle später, im

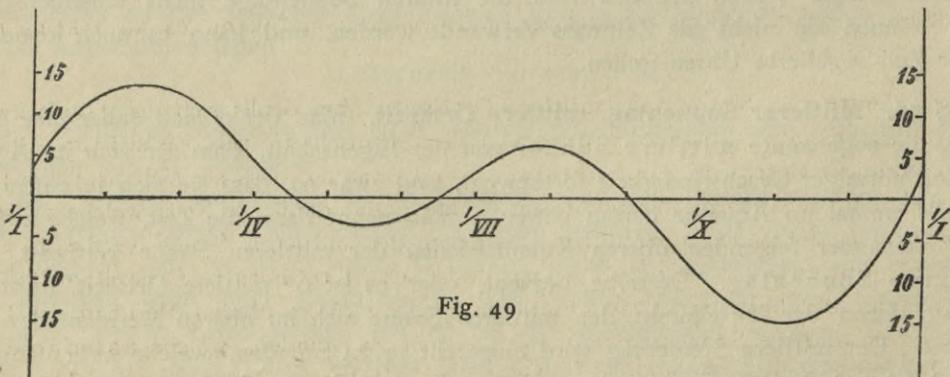


Fig. 49

zweiten Falle eher als die mittlere Sonne durch den Meridian, d. h. im ersteren Falle ist die wahre Ortszeit kleiner, im zweiten Falle grösser als die mittlere Ortszeit, und zwar um so viel, als der Unterschied der Rektaszension der wahren Sonne gegen die Rekt-

aszension der mittleren Sonne beträgt. Dieser in den nautischen Jahrbüchern für jeden Tag vorausberechnete Unterschied heisst *Zeitgleichung*. Dieselbe hat dasjenige Vorzeichen, mit welchem sie an die wahre Ortszeit anzubringen ist, um die mittlere Ortszeit zu erhalten.

Der Verlauf der Zeitgleichung während des Jahres ist in Fig. 49 anschaulich gemacht, in welcher auf der horizontalen Mittellinie die Monate des Jahres und in rechtwinkligen Abständen hiervon die Werte der Zeitgleichung eingetragen sind, + nach oben, — nach unten.

§ 58. **Sternzeit und mittlere Zeit.** Wenn für einen Ort die mittlere Sonne zugleich mit dem Widderpunkt kulminiert, so ist es an diesem Orte sowohl 0^h mittlere Ortszeit als auch 0^h Sternzeit. Da die mittlere Sonne sich vom Widderpunkte in der Richtung von West nach Ost fortbewegt, so bleibt bei der scheinbaren täglichen Drehung des Himmels die mittlere Sonne gegen den Widderpunkt so viel zurück, wie ihre Rektaszension zunimmt. Nun gebraucht aber die Sonne, um wieder zum Widderpunkte zurückzukehren, 365,24222 mittlere Sonnentage; diese Zeit heisst tropisches Jahr. Während dieser Zeit hat der Widderpunkt einmal mehr kulminiert; folglich sind

365,24222 mittlere Sonnentage = 366,24222 Sterntage und daher

$$1 \text{ mittlerer Sonnentag} = \frac{366,24222}{365,24222} \text{ Sterntage} = 1 \text{ Sterntag} + 3^m 56^s,56 \text{ Sternzeit.}$$

Eine in der astronomischen Nautik wiederholt vorkommende Aufgabe besteht darin, die Sternzeit mit Hilfe der mittleren Ortszeit zu finden, oder umgekehrt die mittlere Ortszeit aus der Sternzeit zu berechnen.

Den Schlüssel hierzu bietet die in § 54 ermittelte Beziehung

$$\text{Sternzeit} = \alpha + t$$

in welcher t stets den westlichen Stundenwinkel bedeutet. Diese Gleichung gilt für alle Gestirne, also auch für die mittlere Sonne; folglich ist, da der westliche Stundenwinkel der mittleren Sonne die astronomisch gezählte mittlere Ortszeit ist,

$$\text{Sternzeit} = \text{Rekt. der mittl. Sonne} + \text{astron. mittl. Ortszeit,}$$

d. h. man findet die Sternzeit, indem man die Rektaszension der mittleren Sonne und die astronomisch gezählte mittlere Ortszeit zueinander addiert.

Will man umgekehrt die mittlere Ortszeit aus der Sternzeit berechnen, so formt man die obige Gleichung so um:

$$\text{astron. mittl. Ortszeit} = \text{Sternzeit} - \text{Rekt. der mittl. Sonne,}$$

d. h. man findet die astronomisch gezählte mittlere Ortszeit, indem man die Rektaszension der mittleren Sonne von der Sternzeit subtrahiert.

§ 59. **Länge als Differenz der mittleren Ortszeit und der mittleren Greenw. Zeit.** Je weiter ein Ort nach Ost liegt, desto eher kommt die Sonne in seinen Meridian, desto grösser ist also seine Ortszeit, und zwar entspricht einem Längenunterschiede von 15^0 ein Zeitunterschied von 1^h . Ebenso ist an einem westlicher gelegenen Orte die Ortszeit für je 15^0 Längenunterschied eine Stunde kleiner. Umgekehrt kann man daher auch von dem Unterschiede der Ortszeiten zweier Orte auf den Längenunterschied derselben schliessen. Da $1^h = 15^0$ und $4^m = 1^0$ ist, so muss man, um Zeitmass in Gradmass zu verwandeln, die Anzahl der Stunden mit 15 multiplizieren und die Anzahl der Zeitminuten durch 4 dividieren; die Summe dieser beiden Resultate gibt dann die Anzahl der Grade. Ebenso ist $1^m = 15'$ und $4^s = 1'$; man findet daher die Anzahl der Bogenminuten, wenn man den Rest der Zeitminuten mit 15 multipliziert, die Anzahl der Zeitsekunden durch

4 dividiert und diese beiden Resultate addiert. Die übrigbleibenden Zeitsekunden verwandelt man in Bogenminuten, und zwar ist $1^s = 0',3$, $2^s = 0',5$ und $3^s = 0',8$. Indessen genügt es für die Praxis, wenn man auf volle Minuten abrundet, d. h. den Rest 1^s vernachlässigt, die Reste 2^s und 3^s dagegen gleich $1'$ rechnet.

Aufgaben.

Verwandle in Gradmass:

| | | | |
|----|-----------------|----|-----------------|
| 1. | $3^h 17^m 40^s$ | 5. | $8^h 52^m 39^s$ |
| 2. | 5 39 56 | 6. | 10 10 0 |
| 3. | 10 45 5 | 7. | 1 25 53 |
| 4. | 0 17 26 | 8. | 9 0 0 |

Da der Seemann die Länge vom Meridian von Greenwich aus rechnet, so erhält man die geographische Länge, indem man die mittlere Ortszeit mit der mittleren Greenwicher Zeit vergleicht und den Zeitunterschied in Bogenmass verwandelt. Ist die mittlere Ortszeit grösser als die mittlere Greenwicher Zeit, so ist die Länge Ost; ist sie dagegen kleiner als die mittlere Greenwicher Zeit, so ist die Länge West. Zur Verwandelung von Zeitmass in Gradmass und umgekehrt dient Tafel 25.

Aufgaben.

Wie gross ist die Länge, wenn

| | | | | | | | | | |
|----|-------------|------------------|----|--------|-----|-------------|-----------------|----|---------|
| 1. | m. Ozt. | $3^h 16^m 48^s$ | Nm | $3/8$ | 6. | m. Ozt. | $1^h 36^m 15^s$ | Mg | $20/2$ |
| | m. Grw. Zt. | 2 38 5 | Nm | $3/8$ | | m. Grw. Zt. | 8 16 59 | Nm | $19/2$ |
| 2. | m. Ozt. | $8^h 18^m 35^s$ | Mg | $16/9$ | 7. | m. Ozt. | $3^h 16^m 37^s$ | Nm | $5/1$ |
| | m. Grw. Zt. | 9 12 36 | Mg | $16/9$ | | m. Grw. Zt. | 1 29 39 | Mg | $6/1$ |
| 3. | m. Ozt. | $7^h 56^m 6^s$ | Mg | $18/4$ | 8. | m. Ozt. | $11^h 2^m 56^s$ | Mg | $30/10$ |
| | m. Grw. Zt. | 2 16 38 | Nm | $18/4$ | | m. Grw. Zt. | 0 6 6 | Mg | $30/10$ |
| 4. | m. Ozt. | $3^h 58^m 36^s$ | Nm | $11/5$ | 9. | m. Ozt. | $5^h 6^m 18^s$ | Nm | $7/11$ |
| | m. Grw. Zt. | 10 15 16 | Mg | $11/5$ | | m. Grw. Zt. | 6 19 42 | Mg | $7/11$ |
| 5. | m. Ozt. | $10^h 56^m 16^s$ | Nm | $3/7$ | 10. | m. Ozt. | $8^h 39^m 51^s$ | Mg | $27/4$ |
| | m. Grw. Zt. | 3 19 58 | Mg | $4/7$ | | m. Grw. Zt. | 11 51 31 | Nm | $26/4$ |

Drittes Kapitel.

Das nautisch-astronomische Grunddreieck zwischen Zenit, Pol und Gestirn.

§ 60. Die Seiten und Winkel des Dreiecks. Legt man durch den Ort G (Fig. 50) eines Gestirns am Himmel einen Höhenkreis und einen Deklinationskreis, so entsteht das sphärische Dreieck ZPG , welches den meisten nautisch-astronomischen Rechnungen zugrunde liegt. Die drei Seiten sind das Breitenkomplement $ZP = 90^\circ - \varphi$, die Zenitdistanz $ZG = z$ und die Poldistanz $PG = p$; die drei Winkel sind der Stundenwinkel t am Pol, das Azimut a am Zenit und der parallaktische Winkel am Gestirn; indessen ist der letztere für die Nautik ohne Bedeutung. Wenn von diesen Stücken drei bekannt sind, so lassen sich die übrigen sphärisch trigonometrisch berechnen.

Von diesen Stücken können einige, nämlich $(90^\circ - \varphi)$, z und t , je nach der gerade vorliegenden Aufgabe bald als bekannte, bald als gesuchte Stücke auftreten; die Poldistanz p kommt stets als gegebenes, das Azimut a dagegen stets als gesuchtes Stück vor.

In bezug auf die vier als bekannte Stücke möglichen Grössen ($90^\circ - \varphi$), z , ρ und t ist indessen zu bemerken, dass dieselben nie direkt gegeben sind, sondern immer erst durch Vorbereitungsrechnungen ermittelt werden müssen:

Die Seite ($90^\circ - \varphi$) erhält man, indem man die Breite von 90° subtrahiert; dieselbe ist aber im allgemeinen nicht zu derselben Zeit bestimmt, für welche die Berechnung des Dreiecks ZPG stattfinden soll, und muss daher mit Hilfe der Besteckrechnung von der Zeit, wo sie gefunden ist, auf die Zeit, wo sie gebraucht werden soll, reduziert werden.

Die Zenitdistanz z wird gefunden, indem man die Höhe von 90° subtrahiert; letztere wird durch Beobachtung mit dem Sextanten ermittelt; weil aber der wahre Horizont keine sichtbare Linie ist, so können auch keine wahren Höhen direkt gemessen werden, sondern es müssen die über der Kimm gemessenen Kimmabstände erst in wahre Höhen verwandelt werden.

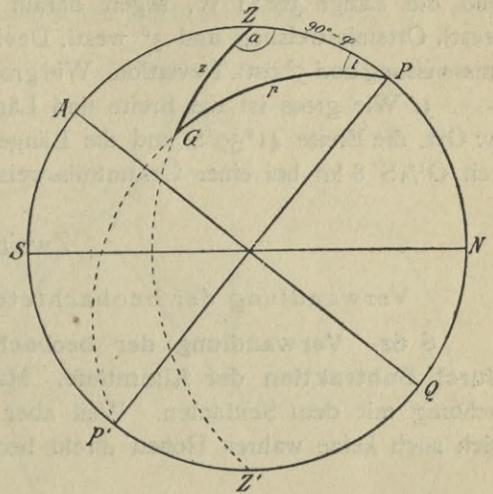


Fig. 50

Die Poldistanz ρ ergibt sich, indem man die Deklination von 90° subtrahiert oder zu 90° addiert, je nachdem Breite und Deklination gleichnamig und ungleichnamig sind. Die Deklination ist mit verschiedenen anderen Grössen für bestimmte Greenwicher Zeiten im nautischen Jahrbuche angegeben. Man muss daher zuerst die Greenwicher Zeit berechnen und für diese dann die im Jahrbuche angegebenen Werte verbessern.

Der Stundenwinkel t endlich wird, um als bekanntes Stück in Rechnung gesetzt werden zu können, aus der durch andere Rechnungen bekannten Ortszeit auf Grund derjenigen Beziehungen ermittelt, welche in § 55—58 zwischen den Stundenwinkeln der Gestirne einerseits und der Ortszeit und Sternzeit andererseits aufgestellt worden sind. Wenn die Ortszeit durch Anbringung der Länge an die Greenwicher Zeit gefunden wird, so muss die Länge ebenso wie die Breite auf die Zeit reduziert werden, für welche die Berechnung des Dreiecks ZPG stattfinden soll.

Diese vor jeder Auflösung des Dreiecks ZPG notwendigen Vorbereitungsrechnungen werden den Inhalt des folgenden Abschnittes bilden.

Zweiter Abschnitt.

Die Vorbereitungsrechnungen der nautisch-astronomischen Aufgaben.

Erstes Kapitel.

Die Reduktion der Breite und Länge.

§ 61. **Aufgaben.** Um die Breite und Länge von der Zeit ihrer astronomischen Bestimmung auf irgendeine andere Zeit zu reduzieren, für welche dieselben zum Zwecke der Berechnung des Dreiecks ZPG gebraucht werden sollen, verfährt man nach der im zweiten Teile behandelten Methode der Besteckrechnung.

Aufgaben.

1. Ein Dampfer steuert morgens $S11^\circ W$ bei 4° östl. Deviation und 19° westl. Ortsmissweisung 10 kn; nachdem im wahren Mittage die Breite $49^\circ 55' S$ gefunden ist, ändert

man den Kurs auf S bei 6° östl. Deviation und 20° westl. Ortsmissweisung, Fahrt 9 kn. Wie gross ist die Breite um $8^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ Mg w. Ozt. und um $3^{\text{h}} 25^{\text{m}}$ Nm w. Ozt.?

2. Um $6^{\text{h}} 45^{\text{m}}$ Nm w. Ozt. findet man an Bord eines Segelschiffes die Breite $43^{\circ} 57' \text{N}$ und die Länge $36^{\circ} 11' \text{W}$, segelt darauf bis $9^{\text{h}} 50^{\text{m}}$ Nm w. Ozt. $\text{NW}\frac{1}{2}\text{W}$ 7 sml bei 21° westl. Ortsmissweisung und 3° westl. Deviation und $\text{NOzO}\frac{3}{4}\text{O}$ 6 sml bei 21° westl. Ortsmissweisung und 5° östl. Deviation. Wie gross ist die Breite und Länge um $9^{\text{h}} 50^{\text{m}}$ Nm w. Ozt.?

3. Wie gross ist die Breite und Länge um $3^{\text{h}} 10^{\text{m}}$ Mg w. Ozt., wenn um $6^{\text{h}} 20^{\text{m}}$ Mg w. Ozt. die Breite $41^{\circ} 39' \text{S}$ und die Länge $53^{\circ} 40' \text{O}$ bestimmt wird und in der Zwischenzeit $\text{O}\frac{1}{4}\text{S}$ 8 kn bei einer Gesamtmissweisung von 5° Ost gesegelt ist?

Zweites Kapitel.

Verwandlung der beobachteten Kimmabstände in wahre Höhen.

§ 62. **Verwandlung der beobachteten Kimmabstände in scheinbare Höhen durch Subtraktion der Kimmtiefe.** Man findet die Höhe eines Gestirns durch Beobachtung mit dem Sextanten. Weil aber der wahre Horizont nicht sichtbar ist, lassen sich auch keine wahren Höhen direkt beobachten.

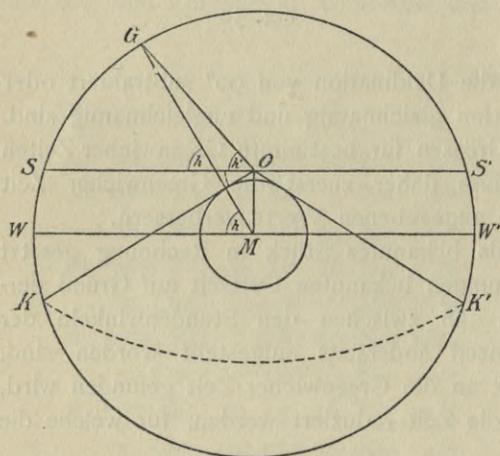


Fig. 51

Ist in nebenstehender Figur 51 M der Mittelpunkt der Erde, WW' der wahre Horizont des Beobachters in O und WGW' der Höhenkreis des Gestirns G , so ist die wahre Höhe $h = \sphericalangle GMW$. Unter dem scheinbaren Horizont versteht man denjenigen kleineren Kreis (SS') am Himmel, dessen Ebene durch den Ort des Beobachters geht und der Ebene des wahren Horizontes parallel läuft. Dementsprechend nennt man den Winkelabstand (h') eines Gestirns vom scheinbaren Horizont die scheinbare Höhe. Dieselbe lässt sich ebenfalls nicht direkt beobachten, weil auch der scheinbare Horizont dem Beobachter nicht sichtbar ist. Befindet sich in O das Auge des Beobachters auf dem Meere, und zieht man von O aus nach allen

Seiten Tangenten an die Meeresoberfläche, OK und OK' , so schneiden diese die Himmelskugel in einem kleineren Kreise KK' , welcher Seehorizont oder Kimm genannt wird. Wegen der Höhe des Auges über der Meeresoberfläche, der sogenannten Augeshöhe, ist die Kimm stets tiefer als der scheinbare Horizont, und zwar um einen Winkel, welcher mit der Augeshöhe zunimmt. Dieser Winkel (k), welchen die vom Auge des Beobachters an die Meeresoberfläche gezogene Tangente mit dem scheinbaren Horizonte bildet, heisst wahre Kimmtiefe.

Diese wahre Kimmtiefe stellt aber nicht denjenigen Winkel dar, um welchen der gemessene Kimmabstand eines Gestirns verkleinert werden muss, um die scheinbare Höhe desselben zu ergeben.

Weil nämlich die Strahlenbrechung (siehe § 63) alle Gegenstände, also auch die Kimm, zu heben scheint, so sieht das Auge in O (Fig. 52) die Kimm nicht in der Richtung der Tangente in A , sondern in einer etwas höher gelegenen Richtung, nämlich in der Richtung der Tangente, welche an die punktiert gezeichnete Kurve gezogen ist, in welcher der Lichtstrahl von dem äussersten sichtbaren Punkt der Erdoberfläche in das Auge gelangt.

Dieser für die Höhenreduktion in Betracht kommende, durch Strahlenbrechung verkleinerte Wert der Kimmtiefe heisst scheinbare Kimmtiefe. Dieselbe muss stets vom Kimmabstande subtrahiert werden. Ihr Wert ist angegeben in Tafel 12 der nautischen Tafelsammlung und in Tafel 6 des nautischen Jahrbuches (von 1907 an: 15a).

Diese Tafeln sind berechnet nach der Formel

$$k' = 1',78 \sqrt{h_{(m)}}$$

in welcher $h_{(m)}$ die Augeshöhe in Metern bedeutet.

Die Ableitung dieser Formel geschieht in folgender Weise:

Wenn in Figur 52 AO die vom Auge des Beobachters aus der Augeshöhe h an die Meeresoberfläche gezogene Tangente, SS' den scheinbaren Horizont darstellt, so ist $\sphericalangle SOA$ gleich der wahren Kimmtiefe k . Da $\sphericalangle M$ denselben Komplementwinkel hat wie $\sphericalangle SOA$, so ist auch $\sphericalangle M = k$. Nun ist AB als grösster Kreisbogen der Erdoberfläche in Seemeilen gleich dem Zentriwinkel k in Bogenminuten, und da man $AO = AB$ setzen kann, so ist

$$k \text{ in Minuten} = AO \text{ in Seemeilen.}$$

Nach Pythagoras ist, wenn man den Erdradius = r setzt,

$$AO = \sqrt{(r+h)^2 - r^2} = \sqrt{2rh + h^2}.$$

Da aber h^2 gegen $2rh$ verschwindend klein ist, so folgt

$$AO = \sqrt{2rh} = \sqrt{2r} \cdot \sqrt{h}.$$

Drückt man r in Metern aus, so ist

$$AO_{(m)} = \sqrt{12733476} \cdot \sqrt{h_{(m)}} = 3568,4 \cdot \sqrt{h_{(m)}}$$

mithin in Seemeilen

$$AO_{(sm)} = \frac{3568,4}{1852} \cdot \sqrt{h_{(m)}} = 1,93 \cdot \sqrt{h_{(m)}}$$

Demnach ist

$$k = 1',93 \cdot \sqrt{h_{(m)}}$$

Hiervon muss, um die für die Höhenreduktion anzuwendende scheinbare Kimmtiefe k' zu erhalten, noch die Wirkung der Strahlenbrechung subtrahiert werden. Dieselbe ist durch Beobachtungen im Mittel auf $\frac{1}{13}$ jenes Wertes der wahren Kimmtiefe gefunden worden; mithin ist

$$k' = 1',78 \sqrt{h_{(m)}}$$

Indessen ist hierbei zu berücksichtigen, dass die durch diese Formel angegebenen Werte nur Mittelwerte sind, welche in Wirklichkeit sehr viel von den tatsächlichen Werten der Kimmtiefe abweichen können. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass die Kimmtiefe abhängig ist von dem Unterschied der Temperatur des Wassers und der Luft in Augeshöhe. In Tafel 12 der nautischen Tafelsammlung sind für die Augeshöhen

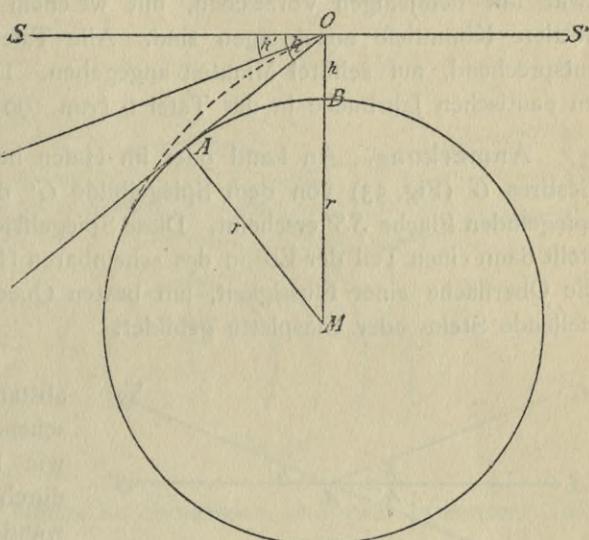


Fig. 52

von 1 m bis 20 m zunächst die durch obige Formel dargestellten Werte der mittleren Kimmtiefe angegeben, und zwar durch fetten Druck hervorgehoben, weil sie überall da anzubringen sind, wo bei den Beobachtungen eine Messung der Temperaturen nicht stattgefunden hat. Daneben sind dann diejenigen Korrekturen der mittleren Kimmtiefe angegeben, welche den Temperaturdifferenzen 1°C , 2°C usw. bis 12°C entsprechen, und zwar mit demjenigen Vorzeichen, mit welchem sie algebraisch an die stets negative mittlere Kimmtiefe anzubringen sind. Alle Tafelwerte sind, den Bedürfnissen auf See entsprechend, auf zehntel Minuten angegeben. Die entsprechenden Grössen finden sich im nautischen Jahrbuche in der Tafel 6 (von 1907 ab: 15a und 15b).

Anmerkung. An Land oder im Hafen beobachtet man den Winkelabstand eines Gestirns G (Fig. 53) von dem Spiegelbilde G' desselben, wie es in einer horizontalen spiegelnden Fläche SS' erscheint. Diese Spiegelfläche, der sogenannte künstliche Horizont, stellt dann einen Teil der Ebene des scheinbaren Horizontes dar; sie wird entweder durch die Oberfläche einer Flüssigkeit, am besten Quecksilber, oder durch eine horizontal zu stellende Stein- oder Glasplatte gebildet.

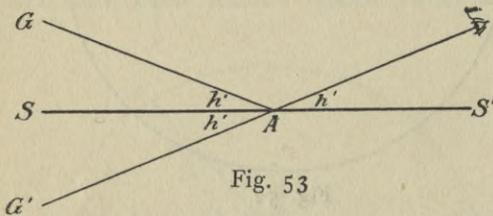


Fig. 53

Dividiert man den gemessenen Winkelabstand GAG' durch 2, so erhält man die scheinbare Höhe h' , welche dann ebenfalls wie bei Beobachtung von Kimmabständen durch Korrekturen in die wahre Höhe verwandelt wird.

§ 63. Verwandlung der scheinbaren

Höhe in die wahre Höhe. Die beiden

Korrekturen, welche an die scheinbare Höhe anzubringen sind, um die wahre Höhe zu ergeben, heissen Strahlenbrechung und Parallaxe.

a) Die Strahlenbrechung.

Nach einem physikalischen Gesetz ändert ein Lichtstrahl seine Richtung, wenn er aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes von ungleicher Dichtigkeit übergeht; er wird gebrochen. Errichtet man in dem Punkte C (Fig. 54), in welchem ein Lichtstrahl von einem Mittel in ein anderes übergeht, ein Lot CL auf der trennenden Fläche MN , das sogenannte Einfallslot, so lehrt das Brechungsgesetz, dass der Winkel, welchen der Lichtstrahl im dünneren Mittel mit dem Einfallslot bildet, grösser ist als im dichteren.

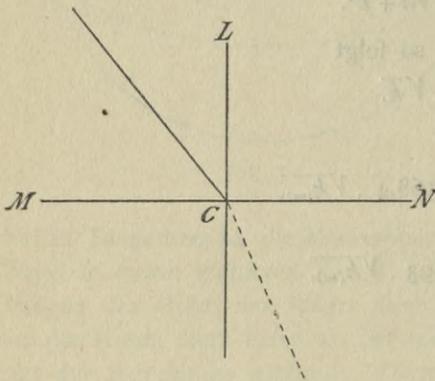


Fig. 54

Da nun die Erde von einer atmosphärischen Luftschicht umgeben ist, und diese Luft desto

dünnere wird, je weiter sie von der Erdoberfläche entfernt ist, so muss auch der Lichtstrahl, welcher von einem Gestirn G (Fig. 55) in unser Auge kommt, beim Eintritt in die atmosphärische Luft dem Einfallslotte zu gebrochen werden. Denkt man sich die Atmosphäre aus mehreren Schichten von verschiedener Dichtigkeit bestehend, jedoch so, dass innerhalb derselben Schicht dieselbe Dichtigkeit bestände, so würde der von G kommende Lichtstrahl die gebrochene Linie $GABCD$ beschreiben. Da nun in Wirklichkeit die Dichtigkeit der Luft allmählich abnimmt, so ist der Weg des Lichtstrahls keine gebrochene (in der Figur punktiert), sondern von A bis D eine krumme Linie. Dem Beobachter

in D scheint der Lichtstrahl aus der Richtung von G' her zu kommen, d. h. durch die Brechung des Lichtstrahls in der Atmosphäre erscheint das Gestirn G um den Winkel GDG' gehoben, und dieser Winkel heisst Strahlenbrechung oder Refraktion.

Da das Gestirn in Wirklichkeit tiefer steht, als es uns erscheint, so ist die Strahlenbrechung stets von der scheinbaren Höhe zu subtrahieren.

Die Strahlenbrechung ist um so grösser, je kleiner die Höhe ist; sie ist am grössten, wenn ein Gestirn auf- oder untergeht, und ist Null für ein Gestirn im Zenit.

Da alle Gestirne weit ausserhalb der Atmosphäre stehen, so ist die Strahlenbrechung für alle Gestirne dieselbe. Ihr Wert ist aus Tafel 13 der nautischen Tafelsammlung oder aus Tafel 7a (von 1907 ab: 16a) des nautischen Jahrbuches mit dem Argument »scheinbare Höhe« zu entnehmen, und zwar in ersterer Tafel den Bedürfnissen auf See entsprechend auf zehntel Minuten, in letzterer für die Beobachtungen über dem künstlichen Horizonte auf Sekunden genau.

Da die Strahlenbrechung desto grösser ist, je dichter die Luft ist, so muss auch der Stand des Thermometers und des Barometers von Einfluss sein, und zwar entspricht einer höheren Temperatur eine leichtere Luft und daher eine kleinere Strahlenbrechung, einem höheren Barometerstande dagegen eine schwerere Luft und daher eine grössere Strahlenbrechung. Tafel 7a des nautischen Jahrbuches enthält die mittlere Strahlenbrechung für eine Temperatur von $+10^{\circ}\text{C}$ und einen Barometerstand von 760 mm. Der Einfluss des Thermometerstandes und des Barometerstandes ist in Tafel 14 der nautischen Tafelsammlung oder in Tafel 7b und 7c (von 1907 an: 16b und 16c) des nautischen Jahrbuches angegeben, und zwar als Korrekturen, welche an die mittlere Strahlenbrechung anzubringen sind. Doch kommen diese Korrekturen auf See nur für sehr kleine Höhen in der Praxis in Betracht.

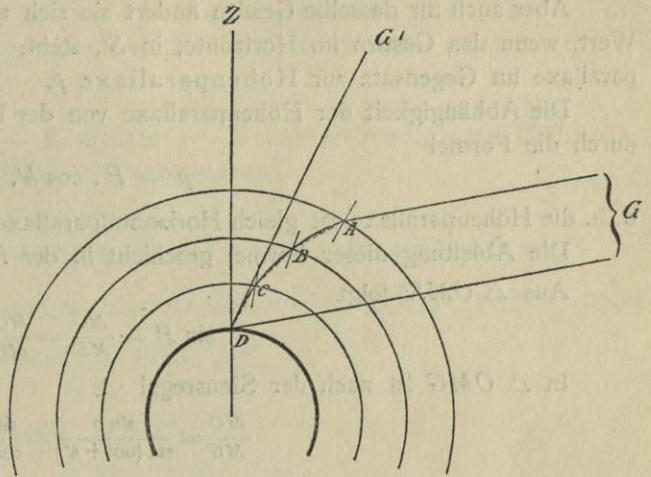


Fig. 55

b) Die Parallaxe.

In Fig. 56 sei M der Mittelpunkt der Erde, O der Ort eines Beobachters auf der Erdoberfläche und G ein Gestirn. Stellt ferner WW' den wahren und SS' den scheinbaren Horizont dar, so ist h die wahre Höhe, in welcher ein Gestirn einem Beobachter im Erdmittelpunkt erscheinen würde, und h' diejenige Höhe, in welcher das Gestirn, abgesehen von der Refraktion, dem Beobachter in O über dem scheinbaren Horizont erscheint. Man erkennt nun sofort, dass $h > h'$ ist, und zwar, da h auch Aussenwinkel des Dreiecks GOA ist, ist

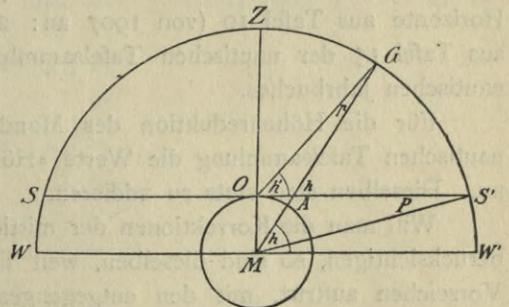


Fig. 56

$$h = h' + p.$$

Dieser Winkel p , welchen die vom Gestirn nach dem Beobachtungsort und nach dem Erdmittelpunkt gezogenen Geraden miteinander bilden, heisst Parallaxe des Gestirns. Dieselbe wird stets zur scheinbaren Höhe addiert, um die wahre Höhe zu erhalten. Sie ist um so grösser, je kleiner die Entfernung des Gestirns.

Aber auch für dasselbe Gestirn ändert sie sich mit der Höhe; sie hat ihren grössten Wert, wenn das Gestirn im Horizonte, in S' , steht. Dieser Wert P heisst Horizontalparallaxe im Gegensatz zur Höhenparallaxe p .

Die Abhängigkeit der Höhenparallaxe von der Horizontalparallaxe wird ausgedrückt durch die Formel

$$p = P \cdot \cos h',$$

d. h. die Höhenparallaxe ist gleich Horizontalparallaxe mal cosinus der scheinbaren Höhe. Die Ableitung dieser Formel geschieht in der folgenden Weise:

Aus $\triangle OMS'$ folgt

$$\sin P = \frac{MO}{MS'} = \frac{MO}{MG}.$$

In $\triangle OMG$ ist nach der Sinusregel

$$\frac{MO}{MG} = \frac{\sin p}{\sin (90^\circ + h')} = \frac{\sin p}{\cos h'}, \text{ folglich}$$

$$\sin P = \frac{\sin p}{\cos h'},$$

$$\sin p = \sin P \cdot \cos h'.$$

Da nun bei kleinen Winkeln der Sinus dem zugehörigen Winkel proportional gesetzt werden kann, so ist

$$\sin p = p \cdot \sin 1'' \text{ und } \sin P = P \cdot \sin 1'', \text{ folglich}$$

$$p \cdot \sin 1'' = P \cdot \sin 1'' \cdot \cos h',$$

$$p = P \cdot \cos h'.$$

Die Horizontalparallaxe ist nun in den nautischen Jahrbüchern für die in Betracht kommenden Gestirne angegeben. Ihr mittlerer Wert beträgt für den Mond etwa $57'$ (Entfernung 50000 ml), für die Sonne $9''$ (Entfernung 20 Millionen ml) und für die Planeten $1''$ bis $32''$. Die Fixsterne sind so weit entfernt, dass man ihre Parallaxe gleich Null setzen kann.

Die zur scheinbaren Höhe zu addierende Höhenparallaxe erhält man für die Sonne aus Tafel 15 der nautischen Tafelsammlung oder für Beobachtungen über dem künstlichen Horizonte aus Tafel 10 (von 1907 an: 2) des nautischen Jahrbuches, für die Planeten aus Tafel 15 der nautischen Tafelsammlung resp. aus Tafel 11 (von 1907 an: 3) des nautischen Jahrbuches.

Für die Höhenreduktion des Mondes nach Einzelkorrekturen gibt Tafel 17 der nautischen Tafelsammlung die Werte »Höhenparallaxe minus Refraktion« ($P \cdot \cos H' - R$) an. Dieselben sind stets zu addieren.

Will man die Korrekturen der mittleren Refraktion für Thermometer und Barometer berücksichtigen, so sind dieselben, weil die Refraktion in den Tafelwerten mit negativem Vorzeichen auftritt, mit den entgegengesetzten Vorzeichen der Tafel 14 der nautischen Tafelsammlung anzubringen.

c) Der Halbmesser.

Sowohl bei der Sonne als auch beim Monde kann man nicht die für die Rechnung nötigen Höhen des Mittelpunktes beobachten, sondern nur die Oberrand- oder Unterrandhöhen. Man muss daher den Halbmesser dieser Gestirne, wie er in den

Jahrbüchern angegeben ist, von der wahren Oberrandhöhe subtrahieren und zu der wahren Unterrandhöhe addieren, um die wahre Mittelpunkthöhe zu erhalten.

Der Halbmesser der Sonne ist aus Tafel 16 der nautischen Tafelsammlung oder aus der ersten Seite jedes Monats im nautischen Jahrbuch zu entnehmen.

Die Halbmesser der Planeten bleiben stets unberücksichtigt, weil diese in den Sextantenfernrohren nicht als Scheiben, sondern als Punkte erscheinen.

So erhält man:

$$\text{Wahre Höhe} = \text{Kimmabstand} - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung} + \text{Höhenparallaxe} \pm \text{Halbmesser.}$$

Beispiele für die Höhenreduktionen der verschiedenen Gestirne.

1. Aus 7 m Augeshöhe beobachtete man Arcturus $\approx 36^{\circ} 45' 20''$, I.-K. + 2' 20''.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \approx 36^{\circ} 45' 20'' \\ \text{I.-K.} \quad + 2' 20'' \\ \hline \text{Kimmabst. } \approx 36^{\circ} 47'.7 \\ k = - 4.7 \\ \hline h' \approx 36^{\circ} 43'.0 \\ r = - 1.3 \\ \hline h \approx 36^{\circ} 41'.7 \end{array}$$

2. Aus 7,5 m Augeshöhe beobachtete man $\sigma 10^{\circ} 13' 40''$, I.-K. + 2' 40'',
 σ Hor.-Par. 14''.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \sigma 10^{\circ} 13' 40'' \\ \text{I.-K.} \quad + 2' 40'' \\ \hline \text{Kimmabst. } \sigma 10^{\circ} 16'.3 \\ k = - 4.8 \\ \hline r = 5'.2 \quad h' \sigma 10^{\circ} 11'.5 \\ p = 0.2 \quad r - p = - 5.0 \\ \hline h \sigma 10^{\circ} 6'.5 \end{array}$$

3. Aus 8,5 m Augeshöhe beobachtete man am 3. April 1905 $\odot 11^{\circ} 23' 20''$,
I.-K. + 1' 40''.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \odot 11^{\circ} 23' 20'' \\ \text{I.-K.} \quad + 1' 40'' \\ \hline \text{Kimmabst. } \odot 11^{\circ} 25'.0 \\ k = - 5.2 \\ \hline r = 4'.7 \quad h' \odot 11^{\circ} 19'.8 \\ p = 0.1 \quad r - p = - 4.6 \\ \hline h \odot 11^{\circ} 15'.2 \\ e = - 16.0 \\ \hline h \odot 10^{\circ} 59'.2 \end{array}$$

4. Aus 5,5 m Augeshöhe beobachtete man am 17. Mai 1905 $\llcorner 42^{\circ} 11' 0''$,
I.-K. — 3' 20'', \llcorner Hor.-Par. 60' 38'', \llcorner e 16' 33''.

$$\begin{array}{l} \text{Ablesung } \llcorner 42^{\circ} 11' 0'' \\ \text{I.-K.} \quad \text{---} 3' 20'' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Kimmabst. } \llcorner 42^{\circ} 7'.7 \\ k = \text{---} 4.2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 43'.5 \\ 0.5 \end{array} \quad \begin{array}{l} h' \llcorner 42^{\circ} 3'.5 \\ p - r = \text{---} 44.0 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} h \llcorner 42^{\circ} 47'.5 \\ q = \text{---} 16.6 \end{array}$$

$$h \llcorner 43^{\circ} 4'.1$$

5. Aus 9,5 m Augeshöhe beobachtete man am 5. November 1905 bei einer Lufttemperatur von +6° C, einer Wassertemperatur von -2° C und einem Barometerstand von 748 mm \odot 20° 20' 20'', I.-K. - 2' 20''.

$$\begin{array}{l} \text{Ablesung } \odot 20^{\circ} 20' 20'' \\ \text{I.-K.} \quad \text{---} 2' 20'' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{mittl. } k = - 5'.5 \\ \text{wegen T.-Diff.} + 2.9 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Kimmabst. } \odot 20^{\circ} 18'.0 \\ k = \text{---} 2.6 \end{array}$$

$$h' \odot 20^{\circ} 15'.4$$

$$r - p = \text{---} 2.5$$

$$\begin{array}{l} \text{mittl. } r = 2'.6 \\ \text{wegen } + 6^{\circ} \text{ C } 0.0 \\ \text{wegen } 748 \text{ mm } 0.0 \end{array} \quad \begin{array}{l} h \odot 20^{\circ} 12'.9 \\ q = \text{---} 16.2 \end{array}$$

$$p = 0'.1 \quad \begin{array}{l} h \ominus 20^{\circ} 29'.1 \end{array}$$

6. Aus 11,0 m Augeshöhe beobachtete man am 13. Mai 1905 bei einer Lufttemperatur von -10° C, einer Wassertemperatur von -3° C und einem Barometerstand von 773 mm $\overline{\llcorner}$ 73° 37' 10'', I.-K. - 2' 50'', \llcorner Hor.-Par. 59' 29'', \llcorner q 16' 13''.

$$\begin{array}{l} \text{Ablesung } \overline{\llcorner} 73^{\circ} 37' 10'' \\ \text{I.-K.} \quad \text{---} 2' 50'' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{mittl. } k = 5'.9 \\ \text{wegen T.-Diff.} - 2.5 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Kimmabst. } \overline{\llcorner} 73^{\circ} 34'.3 \\ k = \text{---} 8.4 \end{array}$$

$$h' \overline{\llcorner} 73^{\circ} 25'.9$$

$$p - r = \text{---} 16.6$$

$$\begin{array}{l} p - r + 16'.6 \\ \text{wegen } - 10^{\circ} \text{ C } - 0.0 \\ \text{wegen } 773 \text{ mm } - 0.0 \end{array} \quad \begin{array}{l} h \overline{\llcorner} 73^{\circ} 42'.5 \\ q = \text{---} 16.2 \end{array}$$

$$h \llcorner 73^{\circ} 26'.3$$

7. Im künstlichen Horizont beobachtete man am 17. Januar 1905 bei einer Temperatur von -12° C und einem Barometerstand von 778 mm \llcorner 27° 38' 40'', I.-K. - 3' 30'', \llcorner Hor.-Par. 56' 38'', \llcorner q 15' 28''.

$$\begin{array}{l} \text{Ablesung } \llcorner 27^{\circ} 38' 40'' \\ \text{I.-K.} \quad \text{---} 3' 30'' \end{array}$$

$$2 h' \llcorner 27^{\circ} 35'.2$$

$$\begin{array}{r}
 50'.5 \\
 \underline{0.7} \\
 p - r = 51'.2 \\
 \text{wegen } -12^\circ \text{C} - 0.3 \\
 \text{wegen } 778 \text{ mm} - 0.1 \\
 \hline
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 h' \text{ (} 13^\circ 47'.6 \\
 p - r = + 50.8 \\
 \hline
 h \text{ (} 14^\circ 38'.4 \\
 q = + 15.5 \\
 \hline
 h \text{ (} 14^\circ 53'.9
 \end{array}$$

§ 64. **Verwandlung des beobachteten Kimmabstandes in die wahre Mittelpunktshöhe durch Anbringung der Gesamtkorrektion.** Anstatt diese verschiedenen Korrekturen einzeln nacheinander anzubringen, kann man den beobachteten Kimmabstand einfacher dadurch direkt in die wahre Mittelpunktshöhe verwandeln, dass man die algebraische Summe der einzelnen Korrekturen anbringt. Für die verschiedenen Gestirne gestaltet sich dies Verfahren so:

a) Die Sonne.

Ist der Kimmabstand des Sonnenunterrandes beobachtet (\odot), so wird die wahre Mittelpunktshöhe ($h \ominus$) gefunden durch die Gleichung

$$h \ominus = \odot - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung} + \text{Höhenparallaxe} + \text{Halbmesser.}$$

Die algebraische Summe der vier Korrekturen ist in Tafel 18 als Gesamtkorrektion für die Argumente »Augeshöhe« und »Kimmabstand« angegeben. Da der Halbmesser mit dem mittleren Werte von 16' in Rechnung gesetzt ist, so muss die Berichtigung wegen der Änderung des Halbmessers nach dem Hilfstäfelchen am Fussende der Tafel angebracht werden.

Beispiel.

Aus 7,5 m Augeshöhe beobachtete man am 17. Juli 1905 $\odot 33^\circ 17' 40''$, I.-K. + 2' 50''.

$$\begin{array}{r}
 \text{Ablesung } \odot 33^\circ 17' 40'' \\
 \text{I.-K.} \quad + 2' 50'' \\
 \text{Kimmabst. } \odot 33^\circ 20'.5 \\
 \text{Ges.-Korr.} \left\{ \begin{array}{l} + 9.8 \\ - 0.2 \end{array} \right. \\
 \hline
 h \ominus 33^\circ 30'.1
 \end{array}$$

Aufgaben.

| Datum | Augeshöhe | Ablesung | Ind.-Korr. | Ges.-Korr. | Wahre Höhe |
|---------|-----------|---------------------------|------------|------------|------------|
| Okt. 3 | 6,5 m | $\odot 39^\circ 11' 30''$ | + 0' 30'' | | |
| März 15 | 5 » | $\odot 21^\circ 29' 0''$ | - 1' 20'' | | |
| Nov. 1 | 7,5 » | $\odot 81^\circ 42' 50''$ | - 0' 50'' | | |
| Dez. 12 | 8,5 » | $\odot 11^\circ 50' 20''$ | + 3' 40'' | | |

Bei Kimmabständen des Sonnenoberrandes (\odot) ist

$$h \ominus = \odot - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung} + \text{Parallaxe} - \text{Halbmesser.}$$

Die Gesamtkorrektion für Sonnenoberrand ist in Tafel 19 ebenfalls für die Argumente »Kimmtiefe« und »Kimmabstand« angegeben. Auch hier ist die Korrektion des Hilfstäfelchens am Fussende zu berücksichtigen. Die Gesamtkorrektion für Sonnenoberrand ist stets zu subtrahieren.

Beispiel.

Aus 8,5 m Augeshöhe beobachtete man am 13. August 1905 \odot $47^{\circ} 11' 45''$,
I.-K. — $3' 15''$.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \odot \quad 47^{\circ} 11' 45'' \\ \text{I.-K.} \quad \quad \quad - 2' 15'' \\ \hline \text{Kimmabst. } \odot \quad 47^{\circ} 9'.5 \\ \text{Ges.-Korr.} \quad \left\{ \begin{array}{l} - 21.9 \\ + 0.2 \end{array} \right. \\ \hline h \ominus \quad 46^{\circ} 47'.8 \end{array}$$

Aufgaben.

| Datum | Augeshöhe | Ablesung | Ind.-Korr. | Ges.-Korr. | Wahre Höhe |
|----------|-----------|-------------------------------|------------|------------|------------|
| Febr. 11 | 5 m | \odot $60^{\circ} 30' 40''$ | 0'' | | |
| Sept. 3 | 7,5 » | \odot $13^{\circ} 48' 20''$ | — 40'' | | |
| Aug. 25 | 8,5 » | \odot $35^{\circ} 53' 10''$ | + 30'' | | |
| Dez. 23 | 9,5 » | \odot $18^{\circ} 29' 0''$ | + 10'' | | |

b) Fixsterne.

Da hier Parallaxe und Halbmesser wegfallen, so ist

$$h * = * - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung.}$$

Die algebraische Summe von Kimmtiefe und Strahlenbrechung ist in Tafel 22 angegeben; dieselbe wird stets subtrahiert.

Beispiel.

Aus 6 m Augeshöhe beobachtete man am Pollux * $25^{\circ} 17' 30''$, I.-K. + $1' 30''$.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } * \quad 25^{\circ} 17' 30'' \\ \text{I.-K.} \quad \quad \quad + 1' 30'' \\ \hline \text{Kimmabst. } * \quad 25^{\circ} 19'.0 \\ \text{Ges.-Korr.} \quad \quad - 6.5 \\ \hline h - * \quad 25^{\circ} 12'.5 \end{array}$$

Aufgaben.

| Augeshöhe | Fixstern | Ablesung | Ind.-Korr. | Ges.-Korr. | Wahre Höhe |
|-----------|----------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| 5,5 m | Sirius | $21^{\circ} 31' 0''$ | + 30'' | | |
| 6 » | Rigel | $37^{\circ} 48' 0''$ | 0'' | | |
| 7,5 » | Regulus . . | $49^{\circ} 10' 30''$ | — 30'' | | |
| 7 » | Aldebaran . | $18^{\circ} 27' 20''$ | + 1' 0'' | | |

c) Planeten.

Die Verwandlung der Kimmabstände der Planeten in wahre Höhen unterscheidet sich von derjenigen der Fixsterne nur dadurch, dass die Höhenparallaxe noch addiert wird, so dass

$$h = \text{Kimmabstand} - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung} + \text{Parallaxe.}$$

Man kann also die Tafel 22 auch für Planeten benutzen, wenn man die untenstehende Hilfstafel für die Höhenparallaxe der Planeten berücksichtigt.

Beispiel.

Aus 5,5 m Augeshöhe beobachtete man am 14. April 1905 \ominus $21^{\circ} 19' 40''$, I.-K. — $2' 10''$, \ominus Hor.-Par. $27''$.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \ominus \quad 21^{\circ} 19' 40'' \\ \text{I.-K.} \quad \underline{- 2' 10''} \\ \text{Kimmabst. } \ominus \quad 21^{\circ} 17'.5 \\ \text{Ges.-Korr.} \quad \left\{ \begin{array}{l} - 6.7 \\ + 0.4 \end{array} \right. \\ \hline h \ominus \quad 21^{\circ} 11'.2 \end{array}$$

Aufgaben.

| Augeshöhe | Planet | Ablesung | Ind.-Korr. | Hor.-Par. | Ges.-Korr. | Wahre Höhe |
|-----------|-----------|------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| 6,5 m | Venus . . | $19^{\circ} 37'$ | — $5' 10''$ | $14''$ | | |
| 3 » | Mars . . | $11^{\circ} 8'$ | + $3'$ | $10''$ | | |
| 9,5 » | Jupiter . | $9^{\circ} 11'$ | — $1'$ | $2''$ | | |

d) Der Mond.

Bei der Beobachtung des Mondunterrandes ($\underline{\underline{\text{C}}}$) ist

$$h \text{ ☿} = \underline{\underline{\text{C}}} - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung} + \text{Höhenparallaxe} + \text{Halbmesser.}$$

Die algebraische Summe der vier Korrekturen ist in Tafel 20 angegeben für eine Augeshöhe von 6 m. Zur Interpolation der Horizontalparallaxe dient die rechtsstehende Hilfstafel und zur Berücksichtigung der Abweichung der Augeshöhe das Hilfstäfelchen von Tafel 21. Wegen der stets positiven Glieder »Höhenparallaxe« und »Halbmesser« ist die Gesamtkorrektur stets zu addieren.

Beispiel.

Aus 10m Augeshöhe beobachtete man am 17. März 1905 $\underline{\underline{\text{C}}}$ $34^{\circ} 21' 50''$, I.-K. + $2' 20''$, Hor.-Par. $59' 17''$.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \underline{\underline{\text{C}}} \quad 34^{\circ} 21' 50'' \\ \text{I.-K.} \quad \underline{+ 2' 20''} \\ \text{Kimmabst. } \underline{\underline{\text{C}}} \quad 34^{\circ} 24'.2 \\ \text{Ges.-Korr.} \quad \left\{ \begin{array}{l} + 59.1 \\ + 0.3 \\ - 1.3 \end{array} \right. \\ \hline h \text{ ☿} \quad 35^{\circ} 22'.3 \end{array}$$

Aufgaben.

| Augeshöhe | Ablesung | Ind.-Korr. | Hor.-Par. | Ges.-Korr. | Wahre Höhe |
|-----------|---------------------------|------------|-----------|------------|------------|
| 6,5 m | $\overline{\cup}$ 39° 54' | + 3' 0'' | 58' 22'' | | |
| 5 » | $\overline{\cup}$ 51° 19' | — 1' 30'' | 55' 31'' | | |
| 4,5 » | $\overline{\cup}$ 12° 36' | + 0' 15'' | 55' 3'' | | |
| 7 » | $\overline{\cup}$ 20° 20' | — 0' 50'' | 59' 18'' | | |

Bei Kimmabständen des Mondoberrandes ($\overline{\cup}$) ist

$$\frac{1}{2} \overline{\cup} = \overline{\cup} - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlenbrechung} + \text{Höhenparallaxe} - \text{Halbmesser.}$$

Die algebraische Summe der vier Korrekturen ist in Tafel 21 für eine Augeshöhe von 6 m angegeben. Für andere Augeshöhen ist auch hier das Hilfstäfelchen am rechten Rande zu benutzen.

Beispiel.

Aus 9,5 m Augeshöhe beobachtete man am 13. März 1905 $\overline{\cup}$ 69° 41', I.-K. + 1' 45'', Hor.-Par. 55' 33''.

$$\begin{array}{r} \text{Ablesung } \overline{\cup} \quad 69^{\circ} 41' \\ \text{I.-K.} \quad + \quad 1' 45'' \\ \hline \text{Kimmabst. } \overline{\cup} \quad 69^{\circ} 42'.8 \\ \left. \begin{array}{l} \text{Ges.-Korr.} \quad \left\{ \begin{array}{l} - 0.5 \\ + 0.1 \\ - 1.2 \end{array} \right. \\ \hline \frac{1}{2} \overline{\cup} \quad 69^{\circ} 41'.2 \end{array} \right. \end{array}$$

Aufgaben.

| Augeshöhe | Ablesung | Ind.-Korr. | Hor.-Par. | Ges.-Korr. | Wahre Höhe |
|-----------|---------------------------|------------|-----------|------------|------------|
| 6,5 m | $\overline{\cup}$ 60° 39' | + 1' 0'' | 55' 18'' | | |
| 8 » | $\overline{\cup}$ 41° 14' | — 3' 10'' | 58' 36'' | | |
| 6 » | $\overline{\cup}$ 70° 58' | + 2' 20'' | 59' 12'' | | |
| 12 » | $\overline{\cup}$ 68° 22' | — 0' 50'' | 57' 41'' | | |

Anmerkung 1. Zur Reduktion der im künstlichen Horizonte gemessenen Höhen kann man sich ebenfalls der Tafeln für die Gesamtkorrekturen bedienen, indem man an die nach der Division durch 2 erhaltene scheinbare Höhe des beobachteten Randes die mit der Augeshöhe 0 ausgenommene Gesamtkorrektur anbringt. Der Grund für die Richtigkeit dieses Verfahrens liegt darin, dass für die Augeshöhe 0 die Kimmtiefe auch 0 ist, und für diesen Spezialfall die Gesamtkorrektur also die algebraische Summe derjenigen Korrekturen darstellt, durch welche die scheinbare Randhöhe in die wahre Mittelpunkthöhe verwandelt wird.

Beispiel.

Im künstlichen Horizont beobachtete man am 17. Juni 1905 $\overline{\cup}$ 77° 9' 50'', I.-K. + 1' 50''.

Beispiel 2.

Aus 8 m Augeshöhe beobachtete man am 11. August 1905 bei einer Lufttemperatur von -14°C , einer Wassertemperatur von -11°C und einem Barometerstand von 771 mm $\ominus 7^{\circ} 3' 30''$, I.-K. + $0' 20''$. Wie gross ist die wahre Mittelpunktshöhe?

$$\begin{array}{r}
 \text{Ablesung } \ominus 7^{\circ} 3' 30'' \\
 \text{I.-K. } + 0' 20'' \\
 \hline
 \text{Kimmabst. } \ominus 7^{\circ} 3'.8 \\
 \text{Ges.-Korr. } + 3.6 \\
 \hline
 \text{angenäherte } h \ominus 7^{\circ} 7'.4 \\
 \text{T. (23a) u. B. (23b) } - 0.8 \\
 \hline
 \text{verbesserte } h \ominus 7^{\circ} 6'.6 \\
 \text{T.-Diff. (23c) } - 1.1 \\
 \hline
 h \ominus 7^{\circ} 5'.5
 \end{array}$$

Aufgaben.

| Datum | Augeshöhe | Ablesung | Ind.-Korr. | Temperatur | | Barometer |
|---------|-----------|------------------------------|------------|------------------------|------------------------|-----------|
| | | | | Luft | Wasser | |
| Jan. 19 | 7,5 m | $\ominus 9^{\circ} 43' 20''$ | + $30''$ | + 18°C | + 10°C | 753 mm |
| Aug. 31 | 8,5 « | $\ominus 8^{\circ} 11' 30''$ | 0'' | + 11°C | + 16°C | 749 « |
| Dez. 5 | 6 « | $\ominus 6^{\circ} 27' 20''$ | - $40''$ | - 10°C | - 4°C | 758 « |

Beispiel 3.

Aus 9 m Augeshöhe beobachtete man am 13. Mai 1905 bei einer Lufttemperatur von $+21^{\circ}\text{C}$, einer Wassertemperatur von $+10^{\circ}\text{C}$ und einem Barometerstand von 750 mm $\ominus 11^{\circ} 21' 40''$, I.-K. + $3' 50''$, ♂ Hor.-Par. $16''$. Wie gross ist die wahre Mittelpunktshöhe?

$$\begin{array}{r}
 \text{Ablesung } \ominus 11^{\circ} 21' 40'' \\
 \text{I.-K. } + 3' 50'' \\
 \hline
 \text{Kimmabst. } \ominus 11^{\circ} 25'.5 \\
 \text{Ges.-Korr. } \left\{ \begin{array}{l} - 10.0 \\ + 0.3 \end{array} \right. \\
 \hline
 \text{angenäherte } h \ominus 11^{\circ} 15'.8 \\
 \text{T. (23a) u. B (23b) } + 0.3 \\
 \hline
 \text{verbesserte } h \ominus 11^{\circ} 16'.1 \\
 \text{T.-Diff. (23c) } + 4.1 \\
 \hline
 h \ominus 11^{\circ} 20'.2
 \end{array}$$

Aufgaben.

| Augeshöhe | Planet | Ablesung | Ind.-Korr. | Hor.-Par. | Temperatur | | Barometer |
|-----------|--------|----------------------|-------------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|
| | | | | | Luft | Wasser | |
| 7 m | h | $8^{\circ} 19' 0''$ | - $2' 0''$ | 1'' | + 23°C | + 15°C | 749 mm |
| 5 « | ♂ | $7^{\circ} 31' 10''$ | + $2' 10''$ | 12'' | - 11°C | - 3°C | 768 « |
| 4,5 « | ♀ | $9^{\circ} 11' 30''$ | - $3' 30''$ | 25'' | + 18°C | + 9°C | 751 « |

Beispiel 4.

Aus 10 m Augeshöhe beobachtete man am 15. Juni 1905 bei einer Lufttemperatur von $+7^{\circ}\text{C}$, einer Wassertemperatur von -4°C und einem Barometerstand von 777 mm $\overline{\overline{21^{\circ} 37' 40''}}$, I.-K. $-2' 10''$, $\overline{\overline{\text{Hor.-Par. } 59' 42''}}$. Wie gross ist die wahre Mittelpunktshöhe?

$$\begin{array}{r}
 \text{Ablesung } \overline{\overline{21^{\circ} 37' 40''}} \\
 \text{I.-K. } \underline{\quad - 2' 10''} \\
 \text{Kimmabst. } \overline{\overline{21^{\circ} 35'.5}} \\
 \text{Ges.-Korr. } \left\{ \begin{array}{l} + 64.2 \\ + 0.8 \\ - 1.3 \end{array} \right. \\
 \text{angenäherte } h \overline{\overline{22^{\circ} 39'.2}} \\
 \text{T (23a) u. B (23b)} \quad \underline{\quad - 0.1} \\
 \text{verbesserte } h \overline{\overline{22^{\circ} 39'.1}} \\
 \text{T.-Diff. (23c)} \quad \underline{\quad + 4.1} \\
 h \overline{\overline{22^{\circ} 43'.2}}
 \end{array}$$

Aufgaben

| Augeshöhe | Ablesung | Ind.-Korr. | Hor.-Par. | Temperatur | | Barometer |
|-----------|--|------------|-----------|------------|---------|-----------|
| | | | | Luft | Wasser | |
| 8 m | $\overline{\overline{11^{\circ} 27'}}$ | 0' | 59' 51'' | + 18° C | + 8° C | 755 mm |
| 9 » | $\overline{\overline{9^{\circ} 43'}}$ | - 3' 30'' | 54' 14'' | + 11° C | + 2° C | 769 » |
| 6 » | $\overline{\overline{14^{\circ} 49'}}$ | + 2' 10'' | 56' 38'' | - 5° C | + 7° C | 763 » |
| 4,5 » | $\overline{\overline{8^{\circ} 18'}}$ | - 1' 0'' | 55' 13'' | - 12° C | 0° C | 760 » |
| 6,5 » | $\overline{\overline{7^{\circ} 19'}}$ | - 3' 0'' | 60' 25'' | - 3° C | + 4° C | 749 » |
| 8 » | $\overline{\overline{11^{\circ} 37'}}$ | + 1' 20'' | 58' 58'' | - 12° C | - 2° C | 765 » |
| 6 » | $\overline{\overline{9^{\circ} 55'}}$ | - 1' 10'' | 56' 5'' | + 28° C | + 16° C | 772 » |
| 12 » | $\overline{\overline{6^{\circ} 50'}}$ | 0' | 57' 15'' | + 18° C | + 10° C | 758 » |

Drittes Kapitel.

Die Berechnung der Greenwicher Zeit und die Interpolation der Jahrbuchsgrössen.

§ 65. Die Berechnung der Greenwicher Zeit aus der Ortszeit mit Hilfe der Länge. In den nautischen Jahrbüchern sind die für die nautischen Rechnungen nötigen Stücke, wie Rektaszension, Deklination, Halbmesser und Horizontalparallaxe der Gestirne, für bestimmte mittlere oder wahre Greenwicher Zeiten angegeben. Um also die für eine Beobachtung gültigen Grössen des nautischen Jahrbuches zu erhalten, muss man zunächst die Greenwicher Zeit berechnen. Dieselbe wird in doppelter Weise gefunden, nämlich entweder aus der Ortszeit durch Anbringung der Länge oder mit Hilfe der Chronometer. Bei der ersteren Methode wird zunächst die in Gradmass gegebene Länge in Zeitmass verwandelt. Ist die Länge West, so wird die »Länge in Zeit« zur Ortszeit addiert, um Greenwicher Zeit zu erhalten. Ist sie dagegen Ost, so wird die Länge in Zeit von der Ortszeit subtrahiert.

Da $15^0 = 1^h$, $1^0 = 4^m$, $15' = 1^m$ und $1' = 4^s$ ist, so muss man bei der Verwandlung von Gradmass in Zeitmass die Anzahl der Grade durch 15 dividieren, um die Anzahl der Stunden zu erhalten. Die Anzahl der Zeitminuten findet man, indem man die Restanzahl der Grade mit 4 multipliziert, die Anzahl der Bogenminuten durch 15 dividiert und von diesen beiden Resultaten die Summe bildet. Die übrigbleibenden Bogenminuten verwandelt man endlich in Zeitsekunden, indem man ihre Anzahl mit 4 multipliziert.

Beispiel.

Verwandle $168^0 49'.3$ in Zeitmass:

$$\begin{array}{r}
 168^0 : 15 = 11^h \\
 \left\{ \begin{array}{l} 3 \cdot 4 = 12^m \\ 49 : 15 = 3^m \\ 4.3 \cdot 4 = 17^s \end{array} \right. \\
 \hline
 168^0 49'.3 = 11^h 15^m 17^s
 \end{array}$$

Aufgaben.

Verwandle ebenso in Zeitmass:

$65^0 53'.5$; $119^0 5'.3$; $5^0 6'.8$; $0^0 38'.6$; $176^0 39'.9$.

Aufgaben.

| W. Ozt. | Länge | W. Grw. Zt. |
|----------------------|---------------|-------------|
| $0^h 11^m Nm \ 3/1$ | $73^0 15' W$ | |
| $12^h 0^m Nm \ 15/3$ | $36^0 19' O$ | |
| $5^h 11^m Mg \ 11/7$ | $116^0 56' O$ | |
| $8^h 15^m Nm \ 1/8$ | $75^0 22' W$ | |

§ 66. Die Bestimmung der Greenwicher Zeit durch Chronometer. Bei der zweiten Methode zur Ermittlung der Zeit des ersten Meridians bedient man sich des Chronometers. Dasselbe hat den Zweck, zu jeder Zeit während der Reise die mittlere Greenwicher Zeit zu liefern. Unter der Voraussetzung dass das Chronometer »richtig ginge«, d. h. dass es während eines mittleren Sonnentages den Verlauf von genau $24^h 0^m 0^s 0$ anzeigte, wäre es daher am bequemsten, dasselbe auf mittlere Greenwicher Zeit einzustellen, und man könnte dann zu irgendeiner Zeit die Zeit des ersten Meridians direkt von der Stellung der Zeiger ablesen. Wegen der verschiedenartigsten, zum Teil unberechenbaren Einflüsse auf das Chronometer ist die Herstellung eines solchen idealen Instrumentes aber nicht möglich, und daher wird jedes Chronometer während eines mittleren Sonnentages den Verlauf von entweder mehr oder weniger als $24^h 0^m 0^s 0$ anzeigen. Im ersteren Falle geht das Chronometer zu schnell, es »gewinnt«, im zweiten Falle zu langsam, es »verliert«, und man nennt diejenige Zeitgrösse, welche das Chronometer täglich gewinnt oder verliert, den täglichen Gang des Chronometers.

Wegen des bei jedem Chronometer vorkommenden täglichen Ganges ist also der Nutzen der oben angegebenen Einstellung des Instrumentes auf genau mittlere Greenwicher Zeit vollkommen illusorisch, weil schon kurze Zeit nach dieser Einstellung die Chronometerzeit von der mittleren Greenwicher Zeit abweichen würde. Man begnügt sich daher mit einer ungefähren Einstellung und bestimmt die mittlere Greenwicher Zeit aus der

Chronometerzeit, indem man die Abweichung der Chronometerzeit von der mittleren Greenwicher Zeit an die abgelesene Chronometerzeit anbringt. Diese Zeitgrösse nun, welche angibt, wieviel ein Chronometer gegen mittlere Greenwicher Zeit voraus oder zurück ist, heisst der Stand des Chronometers. Derselbe erhält dasjenige Vorzeichen, mit welchem er an die Chronometerzeit anzubringen ist, um mittlere Greenwicher Zeit zu ergeben, also —, wenn das Chronometer voraus, +, wenn es zurück ist.

Wegen des Ganges des Chronometers ist der Stand desselben veränderlich. In der Regel bezieht sich derselbe auf den mittleren Greenwicher Mittag des gegebenen Datums.

Wenn der Stand für eine bestimmte Zeit und der tägliche Gang bekannt sind, so kann man den Stand für jede andere Zeit hiernach berechnen. In der Praxis geht man bei den nautisch-astronomischen Berechnungen während der Reise von der letzten Standbestimmung aus und berechnet dann mit dem zugrunde gelegten täglichen Gang für jeden mittleren Greenwicher Mittag der Reise den Stand, indem man von Mittag zu Mittag an den Stand des vorhergehenden Tages den täglichen Gang anbringt, und zwar gewinnenden Gang mit —, verlierenden Gang mit +. Trägt man dann für jeden mittleren Greenwicher Mittag die Stände am Rande des nautischen Jahrbuches oder in das Chronometerjournal ein, so kann man für jede Beobachtung danach den gültigen Stand leicht interpolieren.

Beispiel.

Am 16. August um 0^h Nm mittlerer Greenwicher Zeit ist der Chronometerstand — 3^m 18^s, täglicher Gang 4^s.2 gewinnend. Wie heissen die Stände für die mittleren Greenwicher Mittag bis zum 31. August, und welches ist die mittlere Greenwicher Zeit, wenn das Chronometer a) am 28. August 11^h 27^m 30^s Nm, b) am 22. August 4^h 16^m 48^s Mg zeigt?

| Datum | Stand |
|---------|------------------------------------|
| Aug. 16 | — 3 ^m 18 ^s 0 |
| 17 | 22.2 |
| 18 | 26.4 |
| 19 | 30.6 |
| 20 | 34.8 |
| 21 | 39.0 |
| 22 | 43.2 |
| 23 | 47.4 |
| 24 | 51.6 |
| 25 | 55.8 |
| 26 | — 4 ^m 0 ^s 0 |
| 27 | 4.2 |
| 28 | 8.4 |
| 29 | 12.6 |
| 30 | 16.8 |
| 31 | 21.0 |

Std. am 22. Aug. 4^h Mg m. Grw. Zt. — 3^m 42^s
 Chron.-Zt. 4^h 16^m 48^s

 m. Grw. Zt. 4^h 13^m 6^s Mg 22/8.

Std. am 28. Aug. 11^h Nm m. Grw. Zt. — 4^m 10^s.5
 Chron.-Zt. 11^h 27^m 30^s

 m. Grw. Zt. 11^h 23^m 20^s Nm 28/8.

Aufgaben.

| Datum | Stand | tgl. Gg. | Chron.-Zt. | verbessertes Stand | m. Grw. Zt. |
|----------|-----------------------------------|-----------|--|--------------------|-------------|
| Febr. 5 | + 6 ^m 13 ^s | 5.8 verl. | 3 ^h 0 ^m 10 ^s Nm 19/2 | | |
| Juni 13 | + 20 ^m 48 ^s | 1.9 gew. | 11 ^h 13 ^m 56 ^s Mg 1/7 | | |
| Nov. 16 | — 15 ^m 15 ^s | 4.8 verl. | 0 ^h 16 ^m 5 ^s Mg 11/12 | | |
| April 1 | — 20 ^m 40 ^s | 5.0 gew. | 6 ^h 6 ^m 0 ^s Nm 10/4 | | |
| Sept. 19 | + 10 ^m 37 ^s | 8.1 gew. | 8 ^h 16 ^m 41 ^s Mg 31/9 | | |

Über die Methoden zur Bestimmung des Chronometerstandes siehe den sechsten Abschnitt.

§ 67. **Die Interpolation der Jahrbuchsgrößen.** Die Anordnung der Angaben des nautischen Jahrbuches und der Gebrauch der zur Erleichterung der Interpolation beigefügten Größen ist in jedem nautischen Jahrbuch aus der »Erklärung« zu ersehen. Zur Einübung mögen hier folgende Beispiele und Aufgaben dienen:

Beispiel 1.

Wie gross ist die Deklination der Sonne und die Zeitgleichung um 5^h 28^m 16^s Nm 3/8 1905 mittlerer Greenwicher Zeit?

$$\begin{array}{r}
 \odot \delta \text{ am } 3/8 \\
 + 17^0 37'.6 \\
 0'.65 \cdot 5.5 = \quad 3.6 \\
 \hline
 + 17^0 34'.0
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 e \text{ am } 3/8 \\
 + 6^m 2^s \\
 0.2 \cdot 5.5 = \quad 1.1 \\
 \hline
 + 6^m 1^s
 \end{array}$$

Beispiel 2.

Wie gross ist die Deklination der Sonne und die Zeitgleichung um 3^h 51^m 39^s Mg 21/2 1905 mittlerer Greenwicher Zeit?

$$\begin{array}{r}
 \odot \delta \text{ am } 21/2 \\
 - 10^0 41'.5 \\
 0'.90 \cdot 8.1 = \quad 7.3 \\
 \hline
 - 10^0 48'.8
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 e \text{ am } 21/2 \\
 + 13^m 51^s \\
 0.3 \cdot 8.1 = \quad 2.4 \\
 \hline
 + 13^m 53^s
 \end{array}$$

Beispiel 3.

Wie gross ist die Rektaszension der mittleren Sonne um 1^h 16^m 24^s Mg 14/10 1905 mittlerer Greenwicher Zeit?

$$\begin{array}{r}
 m \odot \alpha \text{ am } 13/10 \\
 13^h 25^m 30^s \\
 \text{(Tafel 11)} \quad + 2 \quad 10.8 \\
 \hline
 13^h 27^m 41^s
 \end{array}$$

Beispiel 4.

Wie gross ist der Halbmesser und die Horizontalparallaxe des Mondes um 9^h 36^m 15^s Nm 12/4 1905 mittlerer Greenwicher Zeit?

| | |
|--|--|
| $\begin{array}{r} \zeta \varrho \\ 15' 35'' \text{ um } 0^h \text{ Nm } 12/4 \\ 15' 42'' \text{ um } 12^h \text{ Nm } 12/4 \\ \hline 12^h : 7'' = 9^h 6 : x'' \\ x = 5''.6 \\ 15' 35'' \\ \hline 15' 41'' \end{array}$ | $\begin{array}{r} \zeta \pi \\ 57' 5'' \text{ um } 0^h \text{ Nm } 12/4 \\ 57' 30'' \text{ um } 12^h \text{ Nm } 12/4 \\ \hline 12^h : 25'' = 9^h 6 : x'' \\ x = 20'' \\ 57' 5'' \\ \hline 57' 25'' \end{array}$ |
|--|--|

Beispiel 5.

Wie gross ist die Rektaszension und Deklination des Mondes um 7^h 16^m 29^s Nm 14/6 1905 mittlerer Greenwicher Zeit?

| | |
|---|--|
| $\begin{array}{r} \zeta \alpha \text{ 7}^h \text{ am } 14/6 \\ 15^h 15^m 39^s \\ 2^s 41 \cdot 16.5 = \frac{\quad}{39.8} \\ \hline 15^h 16^m 19^s \end{array}$ | $\begin{array}{r} \zeta \delta \text{ 7}^h \text{ am } 14/6 \\ - 13^0 0'.7 \\ 0'.147 \cdot 16.5 = \frac{\quad}{2.4} \\ \hline - 13^0 3'.1 \end{array}$ |
|---|--|

Beispiel 6.

Wie gross ist die Rektaszension, Deklination, Halbmesser und Horizontalparallaxe von Venus (φ) um 5^h 13^m 3^s Mg 16/6 1905 mittlerer Greenwicher Zeit?

| | | |
|---|--|--|
| $\begin{array}{r} \varphi \alpha \text{ am } 16/6 \\ 2^h 37^m 18^s \\ 7^s 3 \cdot 6.8 = \frac{\quad}{50} \\ \hline 2^h 36^m 28^s \end{array}$ | $\begin{array}{r} \varphi \delta \text{ am } 16/6 \\ + 12^0 18'.5 \\ 0'.44 \cdot 6.8 = \frac{\quad}{3.0} \\ \hline + 12^0 15'.5 \end{array}$ | $\begin{array}{r} \varphi \varrho \text{ 15}'' \\ \hline \varphi \pi \text{ 16}'' \end{array}$ |
|---|--|--|

Aufgaben.

Wie gross sind die in den obigen Beispielen behandelten Jahrbuchsgrössen zu folgenden Greenwicher Zeiten?

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------|--------------|
| Mittlere Greenwicher Zeit = | 4 ^h 28 ^m 11 ^s | Nm 13/12 | 1905 |
| » | » | » = 3 35 28 | Mg 11/8 1905 |
| » | » | » = 10 30 41 | Nm 2/5 1905 |
| » | » | » = 2 55 47 | Mg 15/3 1905 |
| » | » | » = 15 29 31 | 25/7 1905 |
| » | » | » = 20 39 49 | 7/1 1905 |

Viertes Kapitel.

Die Ermittlung der Stundenwinkel der Gestirne.

§ 68. **Der Stundenwinkel der Sonne.** Wenn bei der Berechnung des sphärischen Dreiecks zwischen Zenit, Pol und Gestirn zum Zwecke der astronomischen Ortsbestimmung der Stundenwinkel des beobachteten Gestirns als gegebenes Stück in Rechnung gesetzt werden soll, so bedient man sich, um denselben zu ermitteln, der in § 54—58 auseinander-gesetzten Beziehungen zwischen den Stundenwinkeln der Gestirne und der Zeit.

Um den Stundenwinkel der Sonne zu finden, ermittelt man zunächst durch Anbringung der Länge an die mittlere Greenwicher Zeit die mittlere Ortszeit und verwandelt dieselbe durch Anbringung der Zeitgleichung mit entgegengesetztem Vorzeichen in die wahre Ortszeit. Da nach § 55 die astronomisch gezählte wahre Ortszeit gleich dem westlichen Stundenwinkel der wahren Sonne ist, so ist nachmittags der Stundenwinkel der Sonne gleich der wahren Ortszeit; morgens dagegen erhält man den Stundenwinkel der Sonne, indem man die wahre Ortszeit von 12^h subtrahiert.

Beispiel 1.

Wie gross ist der Stundenwinkel der Sonne in 126° 53' O am 13. Februar 1905 morgens, wenn ein Chronometer, dessen Stand — 33^m 14^s beträgt, 8^h 10^m 39^s Nm zeigt?

| | |
|--|-----------------------------------|
| Chron.-Zt. 8 ^h 10 ^m 39 ^s Nm 12 | |
| Stand — 33 14 | |
| m. Grw. Zt. 7 ^h 37 ^m 25 ^s Nm 12 | e am 12/2 |
| Länge 8 27 32 Ost | + 14 ^m 26 ^s |
| m. Ozt. 4 ^h 4 ^m 57 ^s Mg 13 | 7.6 · 0.0 = 0.0 |
| e — 14 26 | + 14 ^m 26 ^s |
| w. Ozt. 3 ^h 50 ^m 31 ^s Mg 13 | |
| ⊙ t = 8 9 29 Ost. | |

§ 69. **Der Stundenwinkel der anderen Gestirne.** Zunächst wird die mittlere Ortszeit in derselben Weise aus der mittleren Greenwicher Zeit mit Hilfe der Länge berechnet. Nach § 58 ist dann

$$\text{Sternzeit} = m \odot \alpha + \text{astronom. gezählte mittl. Ortszeit}$$

d. h. zu der astronomisch gezählten mittleren Ortszeit addiert man die Rektaszension der mittleren Sonne, so erhält man die Sternzeit.

Wendet man dann aus § 54 die Gleichung

$$\text{Sternzeit} = * \alpha + * t_w$$

auf das beobachtete Gestirn an, so folgt

$$* t_w = \text{Sternzeit} - * \alpha$$

d. h. von der Sternzeit (nötigenfalls um 24^h zu vergrössern) subtrahiert man die Rektaszension des beobachteten Gestirns, so erhält man den westlichen Stundenwinkel desselben.

Da der westliche und der östliche Stundenwinkel eines Gestirns sich zu 24^h ergänzen, so kann man den Stundenwinkel stets so angeben, dass er kleiner als 12^h ist.

Um die in den beiden vorstehenden wichtigen Gleichungen ausgedrückten Beziehungen durch eine Figur zu erläutern, denke man sich, wie in Fig. 47, den Äquator vom Nordpol aus betrachtet.

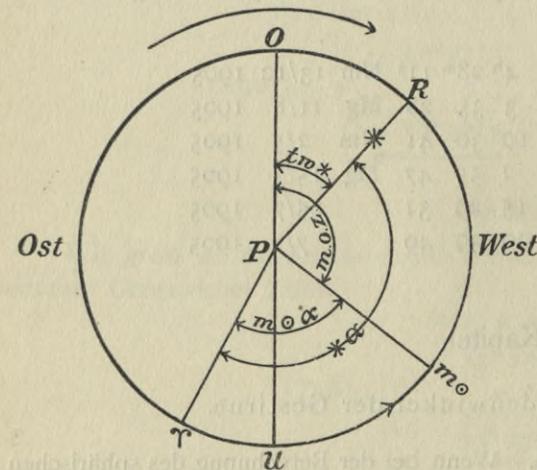


Fig. 57

Der Kreis in Fig. 57 stelle den Äquator, der vertikale Durchmesser den Meridian dar, O den oberen, U den unteren Kulminationspunkt; dann geht die scheinbare tägliche Drehung

des Himmels im Sinne des oben angegebenen Pfeiles vor sich. Dann ist $O m \odot$ die astronomisch gezählte mittlere Ortszeit, $\Upsilon m \odot$ die Rektaszension der mittleren Sonne (dieselbe wird im Sinne des in die Peripherie eingezeichneten Pfeiles gezählt); ihre Summe ist die Sternzeit $O \Upsilon$ (rechts herum gezählt). Subtrahiert man von dieser die Rektaszension des Gestirns $\Upsilon *$, so erhält man den westlichen Stundenwinkel desselben.

Beispiel.

Wie gross ist der Stundenwinkel der Venus am 4. Juni 1905 nachmittags in $46^{\circ} 11' W$, wenn ein Chronometer, dessen Stand $+ 3^m 40^s$ beträgt, $10^h 15^m 49^s Nm$ zeigt?

| | | |
|------------------|---------------------|-----|
| Chron.-Zt. | $10^h 15^m 49^s Nm$ | 4/6 |
| Stand | $+ 3 40$ | |
| <hr/> | | |
| m. Grw. Zt. | $10^h 19^m 29^s Nm$ | 4/6 |
| Länge | $3 4 44 W$ | |
| <hr/> | | |
| m. Ozt. | $7^h 14^m 45^s Nm$ | 4/6 |
| $m \odot \alpha$ | $4 50 44$ | |
| <hr/> | | |
| Orts-Sternzt. | $12^h 5^m 29^s$ | |
| $\varphi \alpha$ | $2 7 7$ | |
| <hr/> | | |
| φt_w | $9^h 58^m 22^s$ | |

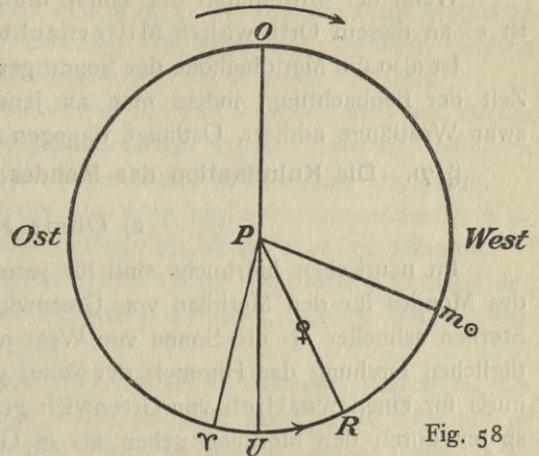


Fig. 58

| | |
|-------------------------|-----------------|
| $m \odot \alpha$ am 4/6 | $4^h 49^m 2^s$ |
| (Taf. 11) | $+ 1 41.7$ |
| | <hr/> |
| | $4^h 50^m 44^s$ |
| $\varphi \alpha$ am 4/6 | $2^h 6^m 10^s$ |
| $5^s \cdot 10.3 =$ | 56.7 |
| | <hr/> |
| | $2^h 7^m 7^s$ |

Aufgaben.

Wie gross sind die Stundenwinkel der Sonne, des Mondes und der vier Hauptplaneten in den folgenden Aufgaben:

| Datum | Länge | Chron.-Zt. | Stand |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| 18. Aug. 1905 Nm | $106^{\circ} 50' O$ | $1^h 30^m 40^s Nm$ | $- 3^m 19^s$ |
| 23. Dez. 1905 Mg | $90^{\circ} 48' W$ | $10^h 39^m 11^s Mg$ | $+ 17^m 5^s$ |
| 3. Jan. 1905 Mg | $159^{\circ} 55' O$ | $3^h 51^m 6^s Nm$ | $- 48^m 55^s$ |
| 19. April 1905 Nm | $76^{\circ} 56' W$ | $2^h 59^m 46^s Mg$ | $+ 16^m 38^s$ |

Dritter Abschnitt.

Besondere Erscheinungen bei der scheinbaren täglichen Bewegung der Gestirne.

Erstes Kapitel.

Das Gestirn im Meridian.

§ 70. Die Kulmination der Sonne. Da die Höhenbeobachtungen der Gestirne im Meridian für die astronomische Ortsbestimmung von besonderer Wichtigkeit sind, so ist es wünschenswert, die Kulminationszeiten der Gestirne angenähert zu berechnen.

Wenn der Mittelpunkt der Sonne durch den oberen Meridian eines Ortes geht, so ist es an diesem Orte wahrer Mittag, oder die wahre Ortszeit ist 0^h Nm.

Wenn der Mittelpunkt der Sonne durch den unteren Meridian eines Ortes geht, so ist es an diesem Orte wahre Mitternacht, oder die wahre Ortszeit ist 12^h Nm.

Ist also die Meridianhöhe der Sonne gemessen, so erhält man die wahre Greenwicher Zeit der Beobachtung, indem man an jene wahre Ortszeiten die Länge anbringt, und zwar Westlänge addiert, Ostlänge dagegen subtrahiert.

§ 71. Die Kulmination des Mondes.

a) Obere Kulmination.

Im nautischen Jahrbuche sind für jedes Datum die Zeiten der oberen Kulminationen des Mondes für den Meridian von Greenwich angegeben. Da der Mond sich unter den Sternen schneller als die Sonne von West nach Ost bewegt, so wird bei der scheinbaren täglichen Drehung des Himmels der Mond gegen die Sonne zurückbleiben. Infolgedessen muss für einen westlich von Greenwich gelegenen Ort der Mond, in Ortszeit angegeben, später durch den Meridian gehen als in Greenwich, und diese Verspätung wird um so grösser sein, je grösser die Westlänge ist. Diese Verspätung ist im nautischen Jahrbuche für 1^0 Länge den Kulminationszeiten beigefügt. Man entnimmt dieselbe auf Westlänge der Stelle zwischen dem gegebenen und dem folgenden Datum und multipliziert sie mit der Anzahl der Längengrade. Addiert man diese Verspätung zu der Kulminationszeit in Greenwich für das gegebene Datum, so erhält man die Kulminationszeit des Mondes in mittlerer Ortszeit.

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Kulminationszeiten des nautischen Jahrbuches für Greenwich für das astronomische Datum gelten, mithin zuerst in die bürgerliche Zeitrechnung übersetzt werden müssen.

Auf Ostlänge kommt dagegen der Mond, in Ortszeit angegeben, früher in den Meridian; hier hat man also die Veränderung für 1^0 Länge zwischen dem gegebenen und dem vorhergehenden Datum mit der Anzahl der Längengrade zu multiplizieren und das Produkt von der Kulminationszeit in Greenwich für das gegebene Datum zu subtrahieren. Auch hier müssen die astronomischen Zeitangaben des Jahrbuches zuerst in bürgerliche verwandelt werden.

Für die praktische Anwendung merke man sich die dem angegebenen Verfahren entsprechende

Regel: Man entnehme dem nautischen Jahrbuche die Meridianpassage des gegebenen bürgerlichen Datums und interpoliere bei Westlänge nach unten, bei Ostlänge nach oben hin.

Beispiel 1.

Wann geht der Mond am 22. September 1905 in 108^0 W durch den oberen Meridian?

| | |
|---|---|
| Mittl. Ozt. der (Mer.-Pass. in Grw. | 6 ^h 8 ^m Mg 22/9 |
| Korr. für Westlg. 108 . 0,144 | + 16 ^m |
| | |
| Mittl. Ozt. der Mer.-Pass. in 108^0 Westlg. | 6 ^h 24 ^m Mg 22/9. |

Beispiel 2.

Wann geht der Mond am 22. September 1905 in 108^0 O durch den oberen Meridian?

| | |
|--|---|
| Mittl. Ozt. der (Mer.-Pass. in Grw. | 6 ^h 8 ^m Mg 22/9 |
| Korr. für Ostlg. 108 . 0,139 | — 15 ^m |
| | |
| Mittl. Ozt. der Mer.-Pass. in 108^0 Ostlg. | 5 ^h 53 ^m Mg 22/9. |

b) Untere Kulmination.

Die Zeit der unteren Kulmination des Mondes unterscheidet sich von der Zeit der oberen Kulmination desselben um einen halben Mondstag, wenn man unter Mondstag entsprechend den Begriffen Sonnentag und Sterntag diejenige Zeit versteht, welche zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen des Mondes verfließt.

Um daher die Zeit der unteren Kulmination des Mondes für ein gegebenes Datum zu finden, muss man zur Zeit der oberen Kulmination den halben Mondstag addieren oder von ihr subtrahieren, je nachdem dieselbe morgens oder nachmittags stattfindet.

Der Mondstag ist um den Unterschied der aus dem Jahrbuche entnommenen Kulminationszeiten grösser als 24 Stunden; derselbe beträgt im Mittel etwa 50 Minuten.

So ist in Beispiel 1 der halbe Mondstag $12^h 27^m$, mithin die mittlere Ortszeit der unteren Kulmination $6^h 51^m$ Nm 22/9 und in Beispiel 2 $12^h 26^m$, folglich die mittlere Ortszeit der unteren Kulmination $6^h 19^m$ Nm 22/9.

Anmerkung. Da der Mondstag um durchschnittlich 50 Minuten länger ist als ein Sonnentag, so kann der Fall eintreten, dass an einem Tage keine obere oder untere Kulmination stattfindet, indem die vorhergehende kurz vor Beginn dieses Tages stattgefunden hat, die folgende dagegen erst kurz nach Verlauf derselben stattfinden wird.

Aufgaben.

Wann findet die obere und untere Kulmination des Mondes statt:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| a) am 10. Okt. 1905 in 86^0 W | b) am 11. Aug. 1905 in 158^0 O |
| c) am 28. Juni 1905 in 43^0 W | d) am 25. Febr. 1905 in 96^0 O |
| e) am 5. Jan. 1905 in 127^0 W | f) am 2. Juni 1905 in 167^0 O |
| g) am 15. Aug. 1905 in 56^0 W | h) am 13. Sept. 1905 in 37^0 O. |

§ 72. Die Kulmination der Planeten.

a) Obere Kulmination.

Die Berechnung der Kulminationszeit der vier Hauptplaneten geschieht nach demselben Prinzip wie beim Monde; indessen lassen die im nautischen Jahrbuche angegebenen mittleren Ortszeiten des Meridiandurchganges in Greenwich leicht zwei Abweichungen gegenüber den Kulminationszeiten des Mondes erkennen.

Erstens ist der Unterschied der Durchgangszeiten für zwei aufeinander folgende Tage wegen der viel langsameren Rektaszensionsänderung der Planeten viel kleiner als beim Monde, in der Regel nur wenige Minuten, so dass man ohne merklichen Fehler die im nautischen Jahrbuche für Greenwich angegebene Kulminationszeit direkt als mittlere Ortszeit der oberen Kulmination für jede Länge ansehen kann. Will man aber der Änderung der Kulminationszeiten Rechnung tragen, so findet man die an die Greenwicher Meridianpassage anzubringende Korrektion, indem man auf Westlänge die Differenz der Zeiten für das gegebene und das folgende Datum, auf Ostlänge die Differenz für das gegebene und das vorhergehende Datum bildet und dann in derselben Weise durch die Proportion

$$360^0 : \text{Differenz} = \text{Länge} : \text{Korrektion}$$

die Korrektion berechnet, welche an die Greenwicher Kulminationszeit anzubringen ist, um die mittlere Ortszeit des Meridiandurchganges für den Beobachtungsort zu erhalten. Auch hierbei ist zu bemerken, dass die Greenwicher Kulminationszeiten des nautischen Jahrbuches astronomisch gerechnet sind und daher in bürgerliche Zeitangaben zu verwandeln sind.

Die zweite Abweichung von der Kulminationsberechnung des Mondes besteht darin, dass wegen der von der Sonne aus bald nach Ost, bald nach West gerichteten Bewegung der Planeten dieselben sich gegen die Sonne bald verspäten, bald verfrühen, oder mit anderen Worten, dass die Durchgangszeiten im nautischen Jahrbuche bald grösser, bald kleiner werden. Im ersteren Falle wird die obige Korrektur wie beim Monde auf Westlänge zur Greenwicher Kulminationszeit des gegebenen bürgerlichen Datums addiert, auf Ostlänge von derselben subtrahiert, im zweiten dagegen auf Westlänge von der Greenwicher Kulminationszeit des gegebenen bürgerlichen Datums subtrahiert, auf Ostlänge zu derselben addiert.

Auch hier gilt dieselbe Regel für die praktische Anwendung wie beim Monde.

Beispiel 1.

Wann geht Mars am 24. April 1905 in 82° W durch den oberen Meridian?

| | | |
|--|---------------------|------------------------------------|
| Mittl. Ozt. der Mer.-Pass. in Grw. | $1^h 15^m$ Mg 24/4 | |
| Korr. für Westlg. | $- 1^m$ | $360^{\circ} : 5 = 82^{\circ} : x$ |
| Mittl. Ozt. der Mer.-Pass. in 82° Westlg. | $1^h 14^m$ Mg 24/4. | $x = 1$ |

Beispiel 2.

Wann geht Venus am 23. Mai 1905 in 133° O durch den oberen Meridian?

| | | |
|--|---------------------|-------------------------------------|
| Mittl. Ozt. der Mer.-Pass. in Grw. | $9^h 46^m$ Mg 23/5 | |
| Korr. für Ostlg. | $+ 1^m$ | $360^{\circ} : 3 = 133^{\circ} : x$ |
| Mittl. Ozt. der Mer.-Pass. in 133° Ostlg. | $9^h 47^m$ Mg 23/5. | $x = 1$ |

b) Untere Kulmination.

Die Zeit der unteren Kulmination eines Planeten unterscheidet sich von der Zeit der oberen Kulmination um einen halben Planetentag, wenn man unter einem Planetentag die Zeit versteht, welche zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen des Planeten verfliesst; derselbe ist also gleich dem Unterschiede zweier benachbarten Kulminationszeiten des nautischen Jahrbuches. Um daher die Zeit der unteren Kulmination eines Planeten für ein gegebenes Datum zu finden, muss man zur Zeit der oberen Kulmination den halben Planetentag addieren oder von ihr subtrahieren, je nachdem dieselbe morgens oder nachmittags stattfindet.

So wie es für die Zwecke der Praxis in der Regel genügt, die Durchgangszeiten des nautischen Jahrbuches als mittlere Ortszeiten der oberen Kulminationen für jeden Ort anzusehen, so kann man auch die Zeiten der unteren Kulmination mit dem angenäherten Werte des halben Planetentages von 12 Stunden berechnen, indem man einfach morgens statt nachmittags oder nachmittags statt morgens setzt.

Aufgaben.

Wann findet die obere und untere Kulmination der vier Hauptplaneten statt

a) am 14. Dezember 1905 in 163° W? b) am 30. April 1905 in 146° O?

§ 73. Die Kulmination der Fixsterne.

a) Obere Kulmination.

Bezeichnet Fig. 59 den vom Nordpol des Himmels aus gesehenen Himmelsäquator in dem Augenblicke, wo der Fixstern in der oberen Kulmination steht, so ist

γO die Rektaszension des Sternes,
 $\gamma m \odot$ die Rektaszension der mittleren Sonne und
 $m \odot O$ der westliche Stundenwinkel der mittleren Sonne oder die
 mittlere Ortszeit (astronomisch gezählt).

Nun ist

$$\gamma O - \gamma m \odot = m \odot O.$$

Man muss also die Rektaszension der mittleren Sonne von der Rektaszension des Fixsterns subtrahieren, um die astronomisch gezählte mittlere Ortszeit der oberen Kulmination zu erhalten.

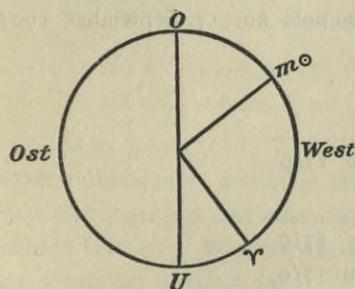


Fig. 59

Wenn die Rektaszension des Fixsterns kleiner ist als die Rektaszension der mittleren Sonne, so vergrößert man erstere, um die Subtraktion ausführen zu können, um 24^h, indem man die Sternzeit als die Sternzeit des vorhergehenden Datums betrachtet.

Da die Rektaszension der mittleren Sonne sich täglich um etwa 4 Minuten vergrößert, so entsteht die Frage, welchen Wert derselben man von der Rektaszension des Fixsterns zu subtrahieren hat. Offenbar müsste man streng genommen die Rektaszension der mittleren Sonne für die Zeit der oberen Kulmination interpolieren. Weil man aber diese Zeit erst berechnen will, so nimmt man mit genügender Genauigkeit den im Jahrbuche für den mittleren Greenwicher Mittag des gegebenen Datums angegebenen Wert.

Beispiel.

Wann geht Wega am 28. September 1905 in 110° W durch den oberen Meridian?

$$\begin{array}{r} * \alpha \ 18^{\text{h}} \ 34^{\text{m}} \\ m \odot \alpha \ 12 \ 26 \ 28/9 \\ \hline \text{mittl. Ozt. } 6^{\text{h}} \ 8^{\text{m}} \ \text{Nm } 28/9. \end{array}$$

b) Untere Kulmination.

Die Zeit der unteren Kulmination eines Fixsterns unterscheidet sich von der Zeit der oberen Kulmination um einen halben Sterntag, also um 11^h 58^m. Man muss also zur Zeit der oberen Kulmination den halben Sterntag addieren oder von ihr subtrahieren, je nachdem dieselbe morgens oder nachmittags stattfindet.

Aufgaben.

Wann findet die obere und untere Kulmination statt von Polaris, Rigel, Regulus, Antares und Markab?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| a) am 2. April 1905 in 79° W | b) am 11. Sept. 1905 in 133° O |
| c) am 28. Febr. 1905 in 103° W | d) am 9. Aug. 1905 in 96° O. |

Da ein Sterntag kürzer ist als ein mittlerer Sonnentag, so kann der Fall vorkommen, dass an einem Tage zwei obere und eine untere Kulmination stattfinden, oder auch eine obere und zwei untere Kulminationen.

Beispiel 1.

Wann findet die obere und untere Kulmination von Pollux am 16. Januar 1905 in 12° W statt?

$$\begin{aligned} * \alpha & 7^h 40^m \\ m \odot \alpha & 19^h 41^m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mittl. Ozt. der 2. ob. Kulm.} & 11^h 59^m \text{ Nm } 16/1 \\ \frac{1}{2} * \text{Tag} & - 11^h 58^m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mittl. Ozt. der unt. Kulm.} & 0^h 1^m \text{ Nm } 16/1 \\ \frac{1}{2} * \text{Tag} & - 11^h 58^m \end{aligned}$$

$$\text{Mittl. Ozt. der 1. ob. Kulm. } 0^h 3^m \text{ Mg } 16/1.$$

Beispiel 2.

Wann findet die obere und untere Kulmination von Denebola am 17. September 1905 in 23^0 O statt?

$$\begin{aligned} * \alpha & 11^h 44^m \\ m \odot \alpha & 11^h 43^m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mittl. Ozt. der ob. Kulm.} & 0^h 1^m \text{ Nm } 17/9 \\ \frac{1}{2} * \text{Tag} & 11^h 58^m \end{aligned}$$

$$\text{Mittl. Ozt. der 1. unt. Kulm. } 0^h 3^m \text{ Mg } 17/9$$

$$\text{Mittl. Ozt. der 2. unt. Kulm. } 11^h 59^m \text{ Nm } 17/9.$$

Aufgaben.

Wann findet die obere und untere Kulmination statt des

- a) Beteigeuze am 19. Dez. 1905 in 37^0 W ?
- b) Altair am 17. Jan. 1905 in 61^0 O ?

Zweites Kapitel.

Das Gestirn im wahren Horizont.

§ 74. **Die Zeit des wahren Auf- und Unterganges. Halber Tagbogen.** Bezeichnet in nachstehender Figur 60 G den Ort eines Gestirns im wahren Horizont, so erhält das Dreieck ZPG dadurch eine spezielle Lage, dass die Seite $ZG = 90^0$ ist. Demnach ist

$$\begin{aligned} \cos 90^0 &= \cos (90^0 - \varphi) \cos \rho + \sin (90^0 - \varphi) \sin \rho \cos t \\ 0 &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\ \cos t &= -\text{tang } \varphi \text{ tang } \delta. \end{aligned}$$

Sind Breite und Deklination gleichnamig, so ist t stumpf; sind Breite und Deklination dagegen ungleichnamig, so ist t spitz.

Dieser Wert des Stundenwinkels für den Fall, dass das Gestirn im wahren Horizont steht, heisst der halbe Tagbogen des Gestirns. Derselbe ist für den Fall, dass Breite und Deklination gleichnamig sind, in Tafel 33 angegeben. Wenn Breite und Deklination ungleichnamig sind, so muss man den Tafelwert von 12 Stunden subtrahieren, um den halben Tagbogen zu erhalten.

Für die Sonne gibt der halbe Tagbogen, also bei gleichnamigen Deklinationen auch der Tafelwert, da die Kulmination um 0^h stattfindet, zugleich die Zeit des Unterganges an, während man die Aufgangszeit durch Subtraktion des halben Tagbogens von 12 Stunden erhält. Sind Breite und Deklination ungleichnamig, so ist der Tafelwert die Aufgangszeit, und man erhält die Untergangszeit durch Subtraktion von 12 Stunden.

Die Deklination der Sonne entnimmt man mit genügender Genauigkeit ohne Interpolation dem nautischen Jahrbuche.

Aufgaben.

Wann geht die Sonne auf und unter

- a) am 23. Okt. 1905 in 48° S? b) am 23. Okt. 1905 in 48° N?
 c) am 20. Juni 1905 in 2° N? d) am 20. März 1905 in 56° S?

§ 75. **Der Ort des wahren Auf- und Unterganges. Amplitude.** In Figur 60 ist

$$\begin{aligned} \cos p &= \cos(90^{\circ} - \varphi) \cos 90^{\circ} + \sin(90^{\circ} - \varphi) \sin 90^{\circ} \cdot \cos a \\ \sin \delta &= \cos \varphi \cdot \cos a \\ \cos a &= \sin \delta \cdot \sec \varphi \end{aligned}$$

Da $NG + OG = 90^{\circ}$ ist, so ist

$$\begin{aligned} \sin OG &= \cos NG, \text{ mithin} \\ \sin OG &= \sin \delta \sec \varphi. \end{aligned}$$

Nun heisst OG , d. h. der Bogen des wahren Horizontes zwischen dem wahren Auf- resp. Untergangspunkt eines Gestirns und dem wahren Ost- resp. Westpunkt, die Amplitude des Gestirns; folglich ist

$$\sin \text{Amplitude} = \sin \delta \cdot \sec \varphi.$$

Da $\sec \varphi$ stets positiv, so hat \sin Amplitude dasselbe Vorzeichen wie $\sin \delta$, d. h. die Amplitude zählt nach Nord oder Süd, je nachdem die Deklination Nord oder Süd ist. Beim Aufgang zählt sie von Ost, beim Untergang von West.

Die Einfachheit dieser Formel sowie der geringe Anspruch an Genauigkeit macht dieselbe zur Tabulierung der Amplitude sehr geeignet.

Aus praktischen Gründen zieht man aber vor, nicht die Werte der Amplitude OG , sondern ihres Komplementes NG , welches durch die obige Gleichung $\cos a = \sin \delta \cdot \sec \varphi$ dargestellt wird, in eine Tafel (Tafel 34 der nautischen Tafelsammlung) zu bringen. Dieses Azimut beim wahren Aufgange zählt immer von dem mit der Deklination gleichnamigen Pole.

Die Deklination der Sonne wird für diejenige Greenwicher Zeit interpoliert, welche der nach Tafel 33 gefundenen wahren Ortszeit des Auf- oder Unterganges entspricht.

Aufgaben.

Wann und in welcher Amplitude geht die Sonne auf und unter

- a) am 15. Juni 1905 in $20^{\circ} 50' S$ und $30^{\circ} W$?
 b) am 18. September 1905 in $36^{\circ} 48' N$ und $56^{\circ} 30' W$?
 c) am 3. Dezember 1905 in $50^{\circ} 50' S$ und $50^{\circ} 50' W$?

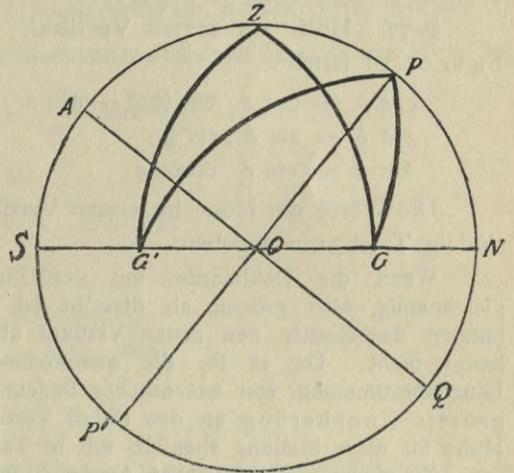


Fig. 60

Drittes Kapitel.

Das Gestirn im ersten Vertikal.

§ 76. **Stundenwinkel im ersten Vertikal.** Bezeichnet in umstehender Figur 61 G den Ort eines Gestirns im ersten Vertikal, so ist das Dreieck ZPG bei Z rechtwinklig.

Folglich ist $\cos t = \text{tang } (90^\circ - \varphi) \cdot \text{cotg } \rho$
 $\cos t = \text{cotg } \varphi \cdot \text{tang } \delta$.

Weil den ersten Vertikal über dem Horizont nur solche Gestirne passieren, deren Deklination gleichnamig mit der Breite ist (und zugleich kleiner als die Breite), so haben die beiden Faktoren auf der rechten Seite der Gleichung dasselbe Vorzeichen; folglich ist $\cos t$ stets positiv, d. h. der Stundenwinkel ist kleiner als 6 Stunden.

Die Werte des Stundenwinkels im ersten Vertikal sind in Tafel 32 angegeben.

§ 77. Höhe im ersten Vertikal. In Figur 61 ist ferner

$$\begin{aligned} \cos \rho &= \cos z \cdot \cos (90^\circ - \varphi) \\ \sin \delta &= \sin h \cdot \sin \varphi \\ \sin h &= \sin \delta \cdot \text{cosec } \varphi. \end{aligned}$$

Die Werte der Höhe im ersten Vertikal sind in Tafel 31 angegeben.

Wenn die Deklination mit der Breite gleichnamig, aber grösser als dieselbe ist, so passiert das Gestirn den ersten Vertikal überhaupt nicht. Da es für die astronomische Längenbestimmung von wesentlicher Bedeutung ist, zu erkennen, wann in diesem Falle die grösste Annäherung an den ersten Vertikal stattfindet, so ist der Stundenwinkel resp. die Höhe für diese Stellung ebenfalls mit in Tafel 31 und 32 angegeben.

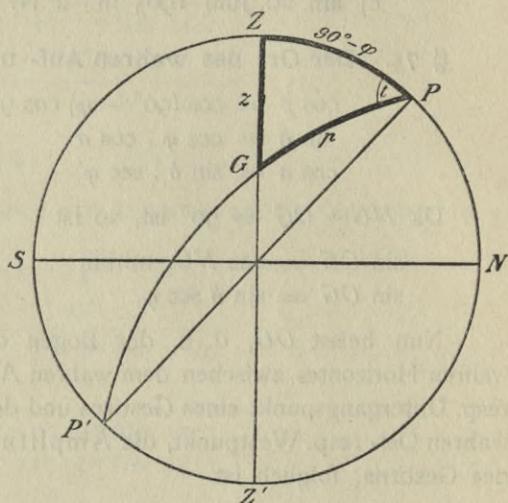


Fig. 61

Zu einem mathematischen Ausdruck für diese Stellung gelangt man mit Hilfe der Sinusregel. Bezeichnet man den parallaktischen Winkel im Dreieck ZPG mit q , so ist nach Figur 50

$$\begin{aligned} \frac{\sin a}{\sin (90^\circ - \delta)} &= \frac{\sin q}{\sin (90^\circ - \varphi)} \\ \sin a &= \cos \delta \sec \varphi \sin q. \end{aligned}$$

Die Frage nach der grössten Annäherung an den ersten Vertikal fällt also zusammen mit der Frage, für welche Werte von q der Ausdruck $\sin a$ seinen grössten Wert erreicht. Dies ist offenbar der Fall, wenn $q = 90^\circ$, und somit kennzeichnet diese Bedingung diejenige Lage, in welcher das Gestirn dem ersten Vertikal am nächsten kommt.

Den dieser Lage entsprechenden Stundenwinkel erhält man also, indem man im Dreieck PZG $q = 90^\circ$ setzt, so dass

$$\begin{aligned} \cos t &= \text{cotg } (90^\circ - \varphi) \text{tg } (90^\circ - \delta) \\ \cos t &= \text{tg } \varphi \text{cotg } \delta, \end{aligned}$$

und ebenso findet man die zugehörige Höhe durch die Gleichung

$$\begin{aligned} \cos (90^\circ - \varphi) &= \cos z \cos (90^\circ - \delta) \\ \sin \varphi &= \sin h \sin \delta \\ \sin h &= \sin \varphi \text{cosec } \delta. \end{aligned}$$

Vierter Abschnitt.

Einige in der Nautik wiederholt Anwendung findende Berechnungen des Dreiecks Zenit — Pol — Gestirn.

Erstes Kapitel.

Die Bestimmung der mittleren Ortszeit.

§ 78. Berechnung des Stundenwinkels. Um aus einer beobachteten Gestirnhöhe die mittlere Ortszeit zu ermitteln, ist zunächst die Berechnung des Stundenwinkels t aus den drei Seiten des Dreiecks ZPG erforderlich. Nach Figur 50 ist

$$\cos z = \cos (90^0 - \varphi) \cdot \cos (90^0 - \delta) + \sin (90^0 - \varphi) \cdot \sin (90^0 - \delta) \cdot \cos t$$

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$1 - \cos t = 1 - \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$2 \cdot \sin^2 \frac{t}{2} = \frac{\cos (\varphi - \delta) - \cos z}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$2 \cdot \sin^2 \frac{t}{2} = 2 \cdot \sec \varphi \sec \delta \sin \frac{z + (\varphi - \delta)}{2} \sin \frac{z - (\varphi - \delta)}{2}$$

Führt man für $\sin^2 \frac{t}{2}$ den Ausdruck sem t (Semiversus) ein, dessen Werte in Tafel 26 und 27 angegeben sind, und bezeichnet man die Meridianzenitdistanz $(\varphi - \delta)$ mit m , so ist

$$\text{sem } t = \sec \varphi \sec \delta \sin \frac{z + m}{2} \sin \frac{z - m}{2}$$

Anmerkung. Wie leicht nachzuweisen, ist

$$\frac{z + m}{2} + \frac{z - m}{2} = z \text{ und}$$

$$\frac{z + m}{2} - \frac{z - m}{2} = m$$

$$\text{folglich } \frac{z - m}{2} = z - \frac{z + m}{2} \text{ und}$$

$$\frac{z - m}{2} = \frac{z + m}{2} - m.$$

Man erhält also $\frac{z - m}{2}$ auf die bequemste Weise, indem man die Differenz des gefundenen $\frac{z + m}{2}$ entweder gegen z oder gegen m bildet.

Beispiel.

$$\varphi = 2^0 24' \text{ N, } \delta = 7^0 49' \text{ S, } h = 38^0 43'$$

$$\varphi = 2 \ 24 \ \text{N, } \log \sec 0.0004$$

$$\delta = 7 \ 49 \ \text{S, } \log \sec 0.0041$$

$$m = 10^0 13'$$

$$z = 51 \ 17$$

$$z + m = 61^0 30'$$

$$\frac{z + m}{2} = 30 \ 45 \quad \log \sin \ 9.7087$$

$$\frac{z - m}{2} = 20 \ 32 \quad \log \sin \ 9.5450$$

$$t = 3^h 21^m 33^s \quad \log \text{sem } 9.2582.$$

Aufgaben.

$$1. \ \varphi = 48^0 29' \text{ S, } \delta = 11^0 31' \text{ S, } h = 38^0 22'$$

$$2. \ \varphi = 53 \ 38 \ \text{N, } \delta = 2 \ 9 \ \text{S, } h = 10 \ 35$$

$$3. \ \varphi = 10 \ 50 \ \text{S, } \delta = 18 \ 26 \ \text{S, } h = 30 \ 41$$

§ 79. Berechnung der mittleren Ortszeit aus dem Stundenwinkel der Sonne.

Das Verfahren ist bei der Sonne anders als bei allen übrigen Gestirnen.

Ist der Stundenwinkel der Sonne West, so ist er gleich der wahren Ortszeit nachmittags; ist er dagegen Ost, so muss man ihn von 12^h sub-

trahieren, um die wahre Ortszeit morgens zu erhalten; diese wird dann durch Anbringung der Zeitgleichung in mittlere Ortszeit verwandelt.

Es lässt sich diese Beobachtung verwenden, um zu bestimmen, wie viel eine Uhr gegen wahre oder mittlere Ortszeit vor oder zurück ist. Diese Differenz heisst Uhrkorrektur; sie erhält dasjenige Vorzeichen, mit welchem sie an die Uhrzeit anzubringen ist, um Ortszeit zu ergeben, ist also positiv, wenn die Uhr zurück ist, und negativ, wenn sie vor ist.

Beispiel.

Am 19. August 1905 vormittags in $33^{\circ} 35' N$ und $27^{\circ} 15' O$ wurde nach einer Uhr, welche gegen mittlere Ortszeit ungefähr 5^m voraus war, die folgende Beobachtung gemacht. Augeshöhe 10^m , I.-K. $+40''$. Welches war demnach die Uhrkorrektur gegen mittlere Ortszeit?

| | | |
|-----------------|---|---|
| Uhrzeit | 8 ^h 11 ^m 17 ^s Mg | ☉ $32^{\circ} 13' 30''$ (östl. v. Mer.) |
| Uhr-Korr. | — 5 | I.-K. + 40 |
| <hr/> | | |
| Mittl. Ozt. | 8 ^h 6 ^m Mg | $32^{\circ} 14'.2$ |
| Länge in Zeit | 1 49 | Ges.-Korr. + 8.7 |
| <hr/> | | |
| Mittl. Grw. Zt. | 6 ^h 17 ^m Mg 19/8. | $h \ominus 32^{\circ} 22'.9$ |
| | | $z \ 57 \ 37.1$ |

| | |
|---|--|
| <p>☉ $\delta \ 19/8$</p> <p style="padding-left: 20px;">$12^{\circ} 55'.4 N$</p> <p>$5.7 \cdot 0.81 \quad + 4.6$</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p style="padding-left: 20px;">$13^{\circ} 0'.0 N$</p> <p>$e \ 19/8$</p> <p style="padding-left: 20px;">$+ 3^m 35^s$</p> <p>$5.7 \cdot 0.6 \quad + 3$</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p style="padding-left: 20px;">$+ 3^m 38^s$</p> | <p style="text-align: center;">$\text{sem } t = \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \sin \frac{z+m}{2} \cdot \sin \frac{z-m}{2}$</p> <p style="padding-left: 20px;">$\varphi \ 33^{\circ} 35' N \quad \log \sec \ 0.0793$</p> <p style="padding-left: 20px;">$\delta \ 13 \ 0 N \quad \log \sec \ 0.0113$</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p style="padding-left: 20px;">$m \ 20^{\circ} 35'$</p> <p style="padding-left: 20px;">$z \ 57 \ 37$</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p style="padding-left: 20px;">$z + m \ 78^{\circ} 12'$</p> <p style="padding-left: 20px;">$\frac{z+m}{2} \ 39^{\circ} 6' \quad \log \sin \ 9.7998$</p> <p style="padding-left: 20px;">$\frac{z-m}{2} \ 18^{\circ} 31' \quad \log \sin \ 9.5019$</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p style="padding-left: 20px;">$\ominus t \ 3^h 58^m 18^s \text{ Ost} \quad \log \text{ sem} \ 9.3923$</p> <p>Wahre Ozt. 8 1 42 Mg</p> <p style="padding-left: 20px;">$e \ + 3 \ 38$</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p>Mittl. Ozt. 8^h 5^m 20^s Mg</p> <p>Uhrzeit 8 11 17</p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p>Uhr-Korr. — $5^m 57^s$ gegen mittl. Ozt.</p> |
|---|--|

Aufgaben.

1. Am 7. August 1905 nachmittags in $0^{\circ} 23' N$ und $7^{\circ} 32' O$ wurde beobachtet um Uhrzeit $4^h 39^m 58^s \ominus 17^{\circ} 33' 30''$ westlich vom Meridian. Die Uhr war gegen wahre Ortszeit ungefähr 10^m zurück. Augeshöhe $6,5 m$, I.-K. $-4' 20''$. Welches war die Uhrkorrektur gegen wahre Ortszeit?

2. Am 15. Okt. 1905 vormittags in $20^{\circ} 40' N$ und $109^{\circ} 57' O$ beobachtete man nach einer Uhr, welche gegen mittlere Ortszeit ungefähr 8^m voraus war, aus $8 m$ Augeshöhe um Uhrzeit $7^h 20^m 56^s \ominus 17^{\circ} 6' 20''$. Welches war die Uhrkorrektur gegen mittlere Ortszeit?

§ 80. **Berechnung der mittleren Ortszeit aus dem Stundenwinkel der übrigen Gestirne.** Dies Verfahren ist das umgekehrte wie die in § 69 behandelte Aufgabe, aus der mittleren Ortszeit der Stundenwinkel abzuleiten. Nach Fig. 57 addiert man zu dem westlichen Stundenwinkel des Gestirns die Rektaszension desselben, so erhält man die Sternzeit; subtrahiert man dann von dieser (nötigenfalls um 24^h zu vergrößern) die Rektaszension der mittleren Sonne, so erhält man die astronomisch gezählte mittlere Ortszeit.

Beispiel.

In 5° 55' N und 83° 31' O beobachtete man am 5. August 1905 morgens nach einer Uhr, welche gegen mittlere Ortszeit ungefähr 5^m voraus war, aus 7 m Augeshöhe den folgenden Kimmabstand des Rigel östlich vom Meridian. I.-K. — 2' 30". Welches war die Uhrkorrektion gegen mittlere Ortszeit?

| | |
|---|-------------------|
| Uhrzeit 4 ^h 33 ^m 46 ^s Mg 5/8 | * Rigel 31° 23'.0 |
| Uhr-Korr. — 5 | I.-K. — 2.5 |
| Mittl. Ozt. 4 ^h 29 ^m Mg | 31° 20'.5 |
| Ostlg. 5 34 | Ges.-Korr. — 6'.3 |
| Mittl. Grw. Zt. 10 ^h 55 ^m Nm 4/8 | h 31° 14'.2 |
| | z 58 45.8 |

| | |
|--|--|
| $m \odot \alpha$ 4/8 | $\text{sem } t = \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \sin \frac{z+m}{2} \sin \frac{z-m}{2}$ |
| 8 ^h 49 ^m 31 ^s | φ 5° 55' N log sec 0.0023 |
| + I 47 | δ 8 19 S log sec 0.0046 |
| 8 ^h 51 ^m 18 ^s | m 14° 14' |
| * α 5 ^h 9 ^m 59 ^s | z 56 46 |
| * δ 8° 18'.6 S | $z + m$ 72° 60' |
| | $\frac{z+m}{2}$ 36 30 log sin 9.7744 |
| | $\frac{z-m}{2}$ 22 16 log sin 9.5785 |
| | * t 3 ^h 48 ^m 43 ^s Ost log sem 9.3598 |
| | = 20 11 17 W |
| | * α 5 9 59 |
| | Sternzeit 25 ^h 21 ^m 16 ^s |
| | $m \odot \alpha$ 8 51 18 |
| | Mittl. Ozt. 16 ^h 29 ^m 58 ^s Nm 4/8 |
| | = 4 29 58 Mg 5/8 |
| | Uhrzeit 4 33 46 |
| | Uhr-Korr. — 3 ^m 48 ^s gegen mittl. Ozt. |

Aufgaben.

1. Am 31. März 1905 nachmittags in 39° 12' S und 0° 11' O beobachtete man nach einer Uhr, welche ungefähr mittlere Ortszeit zeigte, aus 4,5 m Augeshöhe um Uhrzeit 7^h 53^m 30^s * Spica 20° 7' östlich vom Meridian, I.-K. 0'.0. Welches war die Uhrkorrektion gegen mittlere Ortszeit?

2. Am 9. April 1905 nachmittags in $42^{\circ} 40' N$ und $25^{\circ} 19' W$ beobachtete man nach einer Uhr, welche gegen mittlere Ortszeit ungefähr 8^m zurück war, aus 6 m Augeshöhe um Uhrzeit $7^h 10^m 41^s$ ($\ll 36^{\circ} 52' 40''$ westlich vom Meridian, I.-K. — $5' 20''$). Welches war die Uhrkorrektion gegen mittlere Ortszeit?

Anmerkung. Eine Untersuchung der Frage, unter welchen Verhältnissen Zeitbestimmungen am genauesten ausfallen, muss für später vorbehalten bleiben. Weil aber, wie Fig. 50 lehrt, im allgemeinen die Höhen in der Nähe des Meridians sich sehr langsam ändern, so muss eine Ungenauigkeit in der Höhe am Meridian den grössten Einfluss auf den Stundenwinkel und damit auf die Zeit selbst besitzen. Wie später bewiesen werden wird, sind Zeitbestimmungen aus Höhen in der Nähe des ersten Vertikals am vorteilhaftesten.

Zweites Kapitel.

Die Berechnung der wahren Zenitdistanzen.

§ 81. **Ableitung der Formel. Beispiele.** Um im $\triangle ZPG$ (Fig. 50) die Zenitdistanz z aus den bekannten Stücken $(90^{\circ} - \varphi)$, $(90^{\circ} - \delta)$ und t zu berechnen, verfährt man so:

$$\begin{aligned} \cos z &= \cos(90^{\circ} - \varphi) \cos(90^{\circ} - \delta) + \sin(90^{\circ} - \varphi) \sin(90^{\circ} - \delta) \cos t \\ \cos z &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\ \cos z &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta (1 - 2 \operatorname{sem} t) \\ \cos z &= \cos(\varphi - \delta) - 2 \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sem} t. \end{aligned}$$

Klammert man auf der rechten Seite den Faktor $\cos(\varphi - \delta)$ aus, so ist

$$\cos z = \cos(\varphi - \delta) \left[1 - \frac{2 \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sem} t}{\cos(\varphi - \delta)} \right]$$

Setzt man hierin die eckige Klammer gleich $\cos x$, so entsteht

$$\cos z = \cos(\varphi - \delta) \cos x, \text{ oder auch}$$

$$\sec z = \sec(\varphi - \delta) \sec x.$$

Hierin ist

$$\begin{aligned} \cos x &= 1 - \frac{2 \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sem} t}{\cos(\varphi - \delta)}, \text{ folglich} \\ 1 - \cos x &= \frac{2 \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sem} t}{\cos(\varphi - \delta)} \\ 2 \operatorname{sem} x &= \frac{2 \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sem} t}{\cos(\varphi - \delta)} \\ \operatorname{sem} x &= \operatorname{sem} t \cos \varphi \cos \delta \sec(\varphi - \delta). \end{aligned}$$

Beispiel.

$$\varphi = 53^{\circ} 30' N, \quad \delta = 11^{\circ} 19' N, \quad t = 2^h 10^m 10^s W.$$

$$t = 2^h 10^m 10^s W \quad \log \operatorname{sem} 8.8949$$

$$\varphi = 53^{\circ} 30' N \quad \log \cos 9.7744$$

$$\delta = 11^{\circ} 19' N \quad \log \cos 9.9915$$

$$\varphi - \delta = 42^{\circ} 11' \quad \log \sec 0.1302 \quad \log \sec 0.1302$$

$$x = \log \operatorname{sem} 8.7910 \quad \log \sec 0.0573$$

$$z = 49^{\circ} 30' \quad \log \sec 0.1875$$

log sec gehörenden Winkelwerten denjenigen nimmt, welcher dieselbe Lage unter den in Betracht kommenden Werten hat wie der log sec x oder log sec $(\varphi - \delta)$ unter den gleich grossen Werten.

Wenn die angegebenen Verhältnisse sowohl bei log sec x , als auch bei log sec $(\varphi - \delta)$ auftreten, so wirkt dies natürlich verstärkend ein auf log sec z . Ebenso leuchtet ein, dass wenn log sec x zu gross, log sec $(\varphi - \delta)$ zu klein ausfällt, sich dies in log sec z aufhebt, und man daher z in der Mitte der gleichen Logarithmen auswählt. Die folgenden zwei Beispiele sollen dies näher erläutern.

Beispiel 1.

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|
| $t = 0^h 47^m 30^s$ | $\varphi = 22^\circ 17' N$ | $\delta = 18^\circ 4' N$ | |
| $t \ 0^h 47^m 30^s$ | log sem | 8.0294 | |
| $\varphi \ 22^\circ 17' N$ | log cos | 9.9663 | |
| $\delta \ 18 \ 4 \ N$ | log cos | 9.9780 | |
| $\varphi - \delta \ 4^\circ 13'$ | log sec | 0.0012 | log sec 0.0012 |
| | x log sem | 7.9749 | log sec 0.0083 |
| | $z = 11^\circ 55'$ | log sec | 0.0095 |

In diesem Beispiel ist log sec $(\varphi - \delta)$ (0,0012) der dritte von zehn gleichen Logarithmen; er ist also zu gross. Der log sec x (0,0083) ist als zweiter von vier gleichen Logarithmen ebenfalls ein wenig zu gross. Durch Addition dieser beiden Logarithmen ergibt sich log sec $z = 0,0095$, welcher folglich auch zu gross sein muss. Man wird daher unter den zugehörigen vier Winkeln ($11^\circ 55'$, $11^\circ 56'$, $11^\circ 57'$ und $11^\circ 58'$) den ersten Wert, also $11^\circ 55'$, wählen. Eine Durchführung der Rechnung mit fünfstelligen Logarithmen ergibt in der Tat $z = 11^\circ 55'.0$.

Beispiel 2.

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|
| $t = 0^h 54^m 10^s$ | $\varphi = 36^\circ 23' S$ | $\delta = 30^\circ 59' S$ | |
| $t \ 0^h 54^m 10^s$ | log sem | 8.1430 | |
| $\varphi \ 36^\circ 23' S$ | log cos | 9.9058 | |
| $\delta \ 30 \ 59 \ S$ | log cos | 9.9331 | |
| $\varphi - \delta \ 5^\circ 24'$ | log sec | 0.0019 | log sec 0.0019 |
| | x log sem | 7.9838 | log sec 0.0085 |
| | $z = 12^\circ 29'$ | log sec | 0.0104 |

In diesem Beispiel ist log sec $(\varphi - \delta)$ (0,0019) als siebenter unter acht gleichen Logarithmen zu klein, dagegen ist log sec x (0,0085) als erster unter vier gleichen Logarithmen zu gross. Diese beiden Umstände dürften sich in log sec z (0,0104) gegenseitig aufheben, so dass man letzteren als richtig ansehen kann. Man wird daher unter den zugehörigen vier Winkeln ($12^\circ 28'$, $12^\circ 29'$, $12^\circ 30'$ und $12^\circ 31'$) den in der Mitte liegenden Wert ($12^\circ 29'$) wählen. Die Rechnung mit fünfstelligen Logarithmen ergibt $z = 12^\circ 28'.7$.

Aufgaben.

Berechne z aus den drei Stücken t , φ und δ .

| t | φ | δ |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| $1^h 28^m 13^s \ O$ | $18^\circ 51' \ S$ | $18^\circ 26' \ S$ |
| $0^h 58^m 24^s \ W$ | $3^\circ 9' \ S$ | $4^\circ 15' \ N$ |
| $0^h 9^m 11^s \ O$ | $27^\circ 4' \ N$ | $7^\circ 24' \ N$ |
| $0^h 7^m 54^s \ W$ | $61^\circ 9' \ N$ | $2^\circ 37' \ S$ |

Drittes Kapitel.

Die Bestimmung des wahren Azimuts.

§ 82. **Berechnung des Azimuts mit der Höhe (Höhenazimut).** In derselben Weise wie in § 78 der Stundenwinkel t aus den drei Seiten gefunden wurde, lässt sich auch das bei Z liegende Azimut a berechnen, wenn man von der Grundgleichung ausgeht

$$\cos p = \cos (90^\circ - \varphi) \cos z + \sin (90^\circ - \varphi) \sin z \cos a.$$

Eine analoge Behandlung dieser Formel führt zu der Formel

$$\text{sem } a = \sec \varphi \sec h \sin \frac{p + (\varphi - h)}{2} \sin \frac{p - (\varphi - h)}{2}.$$

Wenn $h > \varphi$, so bildet man statt $\varphi - h$ die Differenz $h - \varphi$, da dann einfach die beiden letzten Glieder der rechten Seite ihre Stelle vertauschen.

Bezeichnet man also allgemein die Differenz von φ und h (kleineres vom grösseren subtrahieren) mit n , so erhält man die der Stundenwinkelformel analoge Formel

$$\text{sem } a = \sec \varphi \sec h \sin \frac{p + n}{2} \sin \frac{p - n}{2}.$$

Das so gefundene Azimut ist stets mit der Breite gleichnamig.

Beispiel.

Am 19. August 1905 morgens beobachtete man in $33^\circ 17' \text{ N}$ und $26^\circ 32' \text{ O}$ nach einer Uhr, welche gegen mittlere Ortszeit ungefähr 4^m voraus war, aus 10 m Augeshöhe um Uhrzeit $8^h 9^m \odot 32^\circ 16'$, I.K. + $2'$. Welches war das wahre Azimut der Sonne?

| | | | |
|-----------------|--|--|--------------------------|
| Uhrzeit | 8 ^h 9 ^m | | $\odot 32^\circ 16'$ |
| Uhr-Korr. | — 4 | | I.K. + 2 |
| | | | Ges.-Korr. + 9 |
| Mittl. Ozt. | 8 ^h 5 ^m | | $h \ominus 32^\circ 27'$ |
| Länge in Zeit | — 1 46 | | |
| Mittl. Grw. Zt. | 6 ^h 19 ^m Mg 19/8 | | |

$$\text{sem } a = \sec \varphi \cdot \sec h \cdot \sin \frac{p + n}{2} \sin \frac{p - n}{2}$$

| | |
|--|---|
| $\odot \delta 19/8$ $12^\circ 55'.4 \text{ N}$ $5.7 \cdot 0.81 + 4.6$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $13^\circ 0' \text{ N}$ | $\varphi 33^\circ 17' \quad \log \sec \quad 0.0778$ $h 32 27 \quad \log \sec \quad 0.0737$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $n 0^\circ 50'$ $p 77 0$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $p + n 77^\circ 50'$ $\frac{p + n}{2} 38 55' \quad \log \sin \quad 9.7981$ $\frac{p - n}{2} 38 5 \quad \log \sin \quad 9.7901$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $a = 95^\circ 38' \quad \log \text{sem} \quad 9.7397$ |
|--|---|

W. Azim. $\odot \text{ N } 95^\circ.6 \text{ O}$

Aufgaben.

1. Am 16. Juni 1905 nachmittags in $32^\circ 56' \text{ S}$ und $105^\circ 24' \text{ O}$ beobachtete man nach einer Uhr, welche gegen wahre Ortszeit 8^m zurück war, aus 4 m Augeshöhe um Uhrzeit $2^h 37^m \odot 25^\circ 48'$, I.K. — $1'$. Welches war das wahre Azimut der Sonne?

2. Am 23. Mai 1905 vormittags in $48^{\circ} 55' N$ und $7^{\circ} 32' W$ beobachtete man nach einem Chronometer, welches gegen mittlere Greenwicher Zeit ungefähr 3^m zurück war, aus 7 m Augeshöhe um Chron.-Zt. $8^h 4^m \odot 32^{\circ} 19'$, I.-K. + $3'$. Welches war das wahre Azimut der Sonne?

§ 83. Berechnung des Azimuts mit dem Stundenwinkel (Zeitazimut). Wenn in dem nebenstehenden Dreieck ZPG die beiden Seiten b (Breitenkomplement) und p (Polardistanz) sowie der Stundenwinkel t gegeben sind, so findet man das Azimut a mit Hilfe der Napierschen Gleichungen der sphärischen Trigonometrie, danach ist

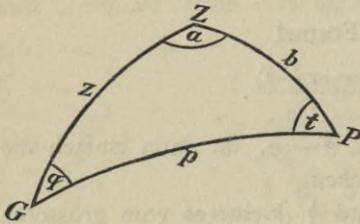


Fig. 62

$$\text{tang } \frac{a+q}{2} = \text{cotg } \frac{t}{2} \sec \frac{p+b}{2} \cos \frac{p-b}{2}$$

$$\text{tang } \frac{a-q}{2} = \text{cotg } \frac{t}{2} \text{ cosec } \frac{p+b}{2} \sin \frac{p-b}{2}$$

Nachdem man hieraus $\frac{a+q}{2}$ und $\frac{a-q}{2}$ berechnet hat, sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. $p > b$; dann ist $a = \frac{a+q}{2} + \frac{a-q}{2}$
2. $p < b$; dann ist $a = \frac{a+q}{2} - \frac{a-q}{2}$,

weil dann $\sin \frac{p-b}{2}$, folglich auch $\text{tang } \frac{a-q}{2}$ negativ wird.

Beispiel.

Welches war am 19. Februar 1905 morgens in $25^{\circ} 48' N$ und $31^{\circ} 15' W$ das wahre Azimut der Sonne, als eine Uhr, welche gegen mittlere Ortszeit $3^m 18^s$ voraus war, $9^h 1^m 26^s$ zeigte.

| | |
|--|-------------------------------|
| Uhrzeit $9^h 1^m 26^s$ Mg | Mittl. Ozt. $8^h 58^m 8^s$ Mg |
| Uhr-Korr. — $3 18$ | entg. $e - 14 3$ |
| Mittl. Ozt. $8^h 58^m 8^s$ Mg | Wahre Ozt. $8^h 44^m 5^s$ Mg |
| Länge $2 5 W$ | $\odot t 3 15 55$ Ost |
| Mittl. Grw. Zt. $11^h 3^m$ Mg $19/2$. | |

| | | | | |
|----------------------|---------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | $b = 64^{\circ} 12'$ | | | |
| $\odot \delta 19/2$ | $p = 101 25$ | Hälften | | |
| $11^{\circ} 24'.5 S$ | $p + b = 165^{\circ} 37'$ | $82^{\circ} 49'$ | log sec 0.9029 | log cosec 0.0034 |
| $1 \cdot 0.88 + 0.9$ | $p - b = 37 13$ | $18 37$ | log cos 9.9767 | log sin 9.5041 |
| $11^{\circ} 25'.4 S$ | $\odot t = 3^h 15^m 55^s$ | $1^h 37^m 58^s$ | log cotg 0.3415 | log cotg 0.3415 |
| | $\frac{a+q}{2}$ | $86^{\circ} 34'$ | log tg 1.2211 | |
| e | $\frac{a-q}{2}$ | $35 14$ | | log tg 9.8490 |
| $+ 14^m 3^s$ | $a = N 121^{\circ}.8 O$ | | | |

Zur bequemeren Ermittlung des Zeitazimuts dienen verschiedene umfangreiche Tafel-sammlungen, die englische von Burdwood und Davis, die französische von Labrosse und die deutsche von Ebsen.

Anmerkung: Wenn $\frac{p+b}{2} > 90^{\circ}$, so muss für $\frac{a+q}{2}$ der stumpfe Wert genommen werden, weil dann $\sec \frac{p+b}{2}$, folglich auch $\text{tang } \frac{a+q}{2}$ negativ wird.

Aufgaben.

1. Welches war am 28. November 1905 morgens in $6^{\circ} 52' N$ und $102^{\circ} 49' W$ das wahre Azimut der Sonne, als eine Uhr, welche gegen wahre Ortszeit $7^m 48^s$ zurück war, $9^h 2^m 56^s$ zeigte?

2. Welches war am 18. September 1905 morgens in $13^{\circ} 53' N$ und $66^{\circ} 28' O$ das wahre Azimut des Procyon, als ein Chronometer, welches gegen mittlere Greenwicher Zeit $6^m 52^s$ zurück war, $11^h 56^m 58^s$ zeigte?

3. Welches war am 15. Juni 1905 nachmittags in $55^{\circ} 32' S$ und $78^{\circ} 26' W$ das wahre Azimut des Mondes, als ein Chronometer, welcher gegen mittlere Greenwicher Zeit $26^m 11^s$ voraus war, $0^h 35^m 19^s$ zeigte?

§ 84. **Berechnung des Polsternazimuts.** Der Umstand, dass die Polardistanz des Polsterns sehr klein ist, gestattet hier eine besonders einfache Berechnung.

Nach der Sinusregel ist

$$\sin a : \sin t = \sin p : \sin z$$

$$\sin a = \sin p \cdot \sin t \cdot \operatorname{cosec} z.$$

Weil a und p stets sehr klein sind, kann man setzen $\sin a = a \cdot \sin 1'$ und $\sin p = p \cdot \sin 1'$. Dann ist

$$a = p \cdot \sin t \operatorname{sec} h,$$

und da h nicht viel von der Polhöhe PN oder, S was dasselbe ist, von der Breite φ abreicht, so kann man mit genügender Genauigkeit $\operatorname{sec} h = \operatorname{sec} \varphi$ setzen, mithin

$$a = p \sin t \operatorname{sec} \varphi.$$

Das so berechnete Azimut wird stets von Nord gezählt.

Zur Ausführung der logarithmischen Rechnung kann man sich die Grössen a und p in Bogensekunden angegeben denken. Der grösseren Bequemlichkeit halber ist in Tafel 37 der Logarithmus der Sekundenanzahl direkt für den in Gradmass (oder Stundenmass) angegebenen Winkel als »Logarithmus arcus« angegeben.

Eine Durchführung der Rechnung für bestimmte Werte der Deklination, des Stundenwinkels und der Breite führt zu Tafel I des nautischen Jahrbuches; nur ist in derselben statt des Stundenwinkels die Sternzeit als Argument gewählt worden, welche aus dem Stundenwinkel mit Hilfe der Rektaszension des Polarsternes nach § 54 gefunden wird.

Beispiel.

Wie gross ist das wahre Azimut des Polarsternes am 3. Oktober 1905 abends in $33^{\circ} 16' N$ und $28^{\circ} W$ um Chronometerzeit $11^h 27^m 39^s$, wenn der Chronometerstand — $3^m 19^s$ beträgt?

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| Chron.-Zt. $11^h 27^m 39^s$ | Mittl. Grw. Zt. $11^h 24^m 20^s$ Nm 3/10 | |
| Stand — 3 19 | Länge 1 52 W | |
| Mittl. Grw. Zt. $11^h 24^m 20^s$ Nm 3/10 | Mittl. Ozt. $9^h 32^m 20^s$ Nm 3/10 | |
| $m \odot \alpha = 12 48 2$ | $m \odot \alpha 12 48 2$ | |
| $* \alpha = 1 26 18$ | Sternzeit $22^h 20^m 22^s$ | |
| $* \delta = 88^{\circ} 48'.1 N$ | $* \alpha 1 26 18$ | |
| | $* t = 20^h 54^m 4^s W$ | |
| | $* t = 3 5 56 O$ | $\log \sin 9.8604 — 10$ |
| | $p = 1^{\circ} 11' 54''$ | $\log \operatorname{arc} 3.6349$ |
| | $\varphi = 33 16$ | $\log \operatorname{sec} 0.0777$ |
| W. Azim. = N $1^{\circ}.0 O$ | | $\log \operatorname{arc} 3.5730$ |

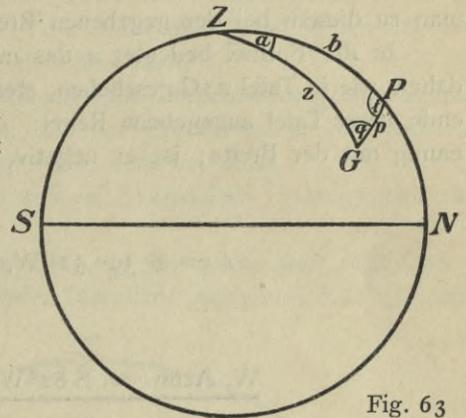


Fig. 63

§ 85. Berechnung des Azimuts nach Tafel 27. Dieselbe beruht auf der Forme

$$\sec \varphi \cotg a = \frac{\text{tang } \delta}{\sin t} - \frac{\text{tang } \varphi}{\text{tang } t}.$$

(Ableitung siehe unten.)

Die drei in dieser Formel auftretenden Glieder sind nun in Tafel 27 der nautischen Tafelsammlung tabuliert worden, und zwar

das Glied $-\frac{\text{tang } \varphi}{\text{tang } t}$ in Tafel A,
 das Glied $\frac{\text{tang } \delta}{\sin t}$ in Tafel B und
 das Glied $(\sec \varphi \cotg a)$ in Tafel C.

Wenn man also durch algebraische Addition der aus den ersten beiden Tafeln entnommenen Tafelwerte damit auch den Tafelwert in Tafel C gefunden hat, so kann man zu diesem bei der gegebenen Breite am Kopfe der Tafel das Azimut finden.

In der Formel bedeutet a das mit der Breite gleichnamige Azimut. Rechnet man daher, wie in Tafel 27C geschehen, stets mit spitzem Azimut, so ergibt sich die am Fussende dieser Tafel angegebene Regel: »Ist der Tafelwert positiv, so ist das Azimut gleichnamig mit der Breite; ist er negativ, so ist das Azimut ungleichnamig mit der Breite.«

Beispiel.

$$t = 2^h 39^m 32^s \text{ W}, \quad \varphi = 15^\circ 27' \text{ N}, \quad \delta = 6^\circ 41' \text{ S}.$$

$$\text{Tafel 27 A} = -0.33$$

$$\text{Tafel 27 B} = +0.18$$

$$\text{W. Azim.} = \underline{\text{S } 82^\circ \text{ W.}}$$

$$\text{Tafel 27 C} = -0.15$$

Aufgaben.

Ermittle zu den am Schlusse von § 81 gestellten Aufgaben das Azimut des betreffenden Gestirns.

Ableitung der Formel.

Im $\triangle ZPG$ (Fig. 62) ist

$$\cos p = \cos b \cos z + \sin b \sin z \cos a$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z + \cos \varphi \sin z \cos a$$

$$\cos a = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cos z}{\cos \varphi \sin z}$$

$$\cotg a = \frac{\cos a}{\sin a} = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cos z}{\cos \varphi \sin z \sin a}.$$

Nach der Sinusregel ist im $\triangle ZPG$

$$\sin z \sin a = \sin t \cos \delta, \quad \text{folglich}$$

$$\cotg a = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cos z}{\cos \varphi \sin t \cos \delta}$$

$$\cotg a = \frac{\text{tang } \delta}{\cos \varphi \sin t} - \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi \sin t \cos \delta} (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t)$$

$$\cotg a = \frac{\text{tang } \delta}{\cos \varphi \sin t} - \frac{\sin^2 \varphi \text{ tang } \delta}{\cos \varphi \sin t} - \frac{\sin \varphi}{\text{tang } t}$$

$$\cotg a = \frac{\text{tang } \delta}{\cos \varphi \sin t} (1 - \sin^2 \varphi) - \frac{\sin \varphi}{\text{tang } t}$$

$$\cotg a = \frac{\text{tang } \delta \cos \varphi}{\sin t} - \frac{\sin \varphi}{\text{tang } t}$$

$$\sec \varphi \cotg a = \frac{\text{tang } \delta}{\sin t} - \frac{\text{tang } \varphi}{\text{tang } t}.$$

Fünfter Abschnitt.

Die astronomische Ortsbestimmung durch Standlinien.

Erstes Kapitel.

Die astronomische Standlinie (Höhengleiche).

§ 86. **Erklärung der Höhengleiche.** Bei der Ortsbestimmung durch terrestrische Beobachtungen in Sicht von Land haben wir gesehen, dass jede Messung zu einer Linie in der Karte, der sogenannten terrestrischen Standlinie, führt, auf welcher das Schiff irgendwo steht; so entspricht einer Peilung die vom gepeilten Objekte in entgegengesetzter Richtung ausgehende gerade Linie, einer Höhenwinkelmessung derjenige Kreis, welcher um den beobachteten Gegenstand mit der aus dem Höhenwinkel resultierenden Entfernung beschrieben wird, und einer Horizontalwinkelmessung zwischen zwei Objekten endlich ein Kreisbogen, welcher die Verbindungslinie jener beiden Objekte als Sehne und den gemessenen Winkel als Peripheriewinkel fasst.

In ganz derselben Weise entspricht der astronomischen Höhenbeobachtung irgend eines Gestirns immer eine ganz bestimmte Linie auf der Erdoberfläche, auf welcher sich das Schiff zufolge jener Höhenbeobachtung irgendwo befinden muss.

Zur Kenntnis dieser sogenannten astronomischen Standlinie gelangt man auf folgende Weise:

In untenstehender Figur 64 befinde sich die Erde in der Mitte der scheinbaren Himmelskugel. Die in der Ebene des Papiers liegenden Meridiane $pap'q$ und $PAP'Q$ seien der Erd- und Himmelsmeridian von Greenwich. Bezeichnet dann G den Ort irgend eines Gestirns am Himmel, so ist der Punkt g auf der Erdoberfläche, in welchem diese von der Linie MG geschnitten wird, derjenige Ort, für welchen das Gestirn G im Zenit steht. Da sich in ihm das Gestirn auf die Erdoberfläche projiziert, so möge dieser Punkt, welcher für die astronomische Ortsbestimmung von grosser Wichtigkeit ist, der Projektionspunkt des Gestirns genannt werden. Um nun zu ermitteln, welcher astronomischen Standlinie irgend eine beobachtete Höhe des

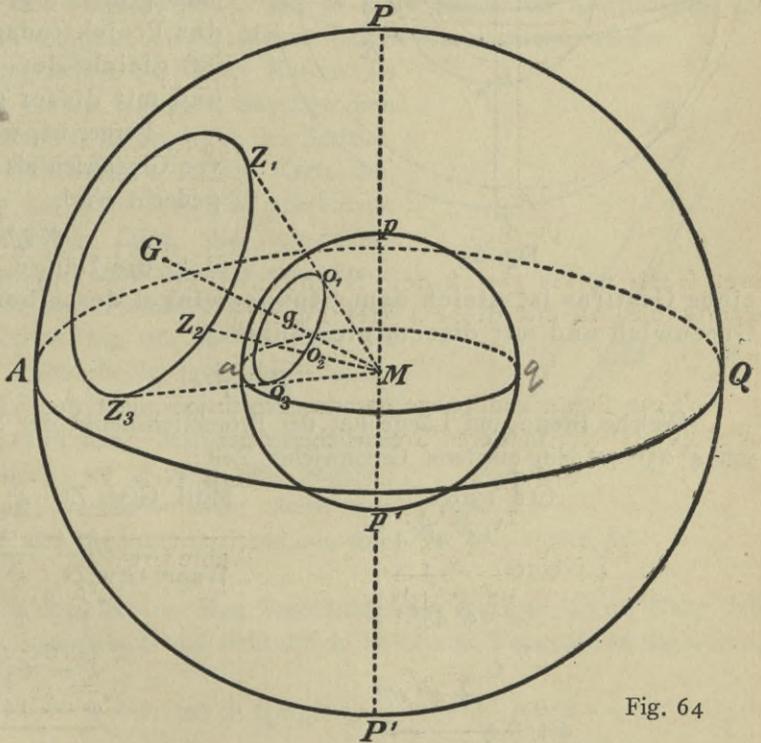


Fig. 64

Gestirns entspricht, oder mit anderen Worten, auf welcher astronomischen Standlinie alle diejenigen Orte liegen, für welche zur Zeit der Beobachtung das Gestirn überall in derselben Höhe steht, beschreiben wir um G mit der beobachteten wahren Zenitdistanz z an der Himmelskugel einen Kreis, so leuchtet ein, dass auf diesem Kreise die Zenite

aller jener Orte liegen müssen, da jeder Punkt des Kreises vom Gestirnsort G den Winkelabstand z hat. Man erhält danach als Standlinie auf der Erdoberfläche die Projektion jenes Kreises; derselbe wird dadurch gefunden, dass man jeden Punkt des Kreises mit dem Erdmittelpunkt M verbindet. Da nun jeder Punkt des Projektionskreises vom Mittelpunkt g ebenfalls den Winkelabstand z hat, so gelangt man zu folgendem Satz, welcher die Grundlage aller astronomischen Ortsbestimmung ist: »Zu jeder Höhenbeobachtung irgend eines Gestirns gehört als astronomische Standlinie auf der Erdoberfläche derjenige Kreis, dessen Mittelpunkt der Projektionspunkt des Gestirns im Augenblicke der Beobachtung, und dessen sphärischer Halbmesser die wahre Zenitdistanz ist.«

Man nennt diesen Kreis die Höhengleiche, weil auf ihm überall die Höhen des Gestirns gleich sind.

§ 87. **Breite und Länge des Projektionspunktes.** Die Lage eines Kreises auf einer Kugel ist bestimmt durch die Lage seines Mittelpunktes und durch die Grösse seines sphärischen Halbmessers. Da letzterer für die Höhengleiche mit der wahren Zenitdistanz bekannt ist, so ist zur Ermittlung der Lage der Höhengleiche nur noch die Bestimmung ihres Mittelpunktes, d. h. des Projektionspunktes des beobachteten Gestirns nach Breite und Länge, erforderlich.

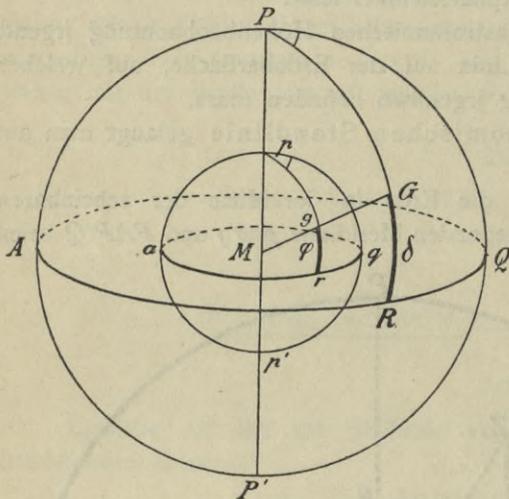


Fig. 65

In nebenstehender Figur 65 ist in Bogenmass gemessen $gr = GR$, d. h. die Breite des Projektionspunktes eines Gestirns ist gleich der Deklination desselben und mit dieser gleichnamig.

Ferner ist, wenn wiederum der Meridian von Greenwich als in der Papierebene liegend gedacht wird,

$$\sphericalangle qpg = \sphericalangle QPG;$$

d. h. die Länge des Projektionspunktes eines Gestirns ist gleich dem Stundenwinkel desselben für den Meridian von Greenwich und mit diesem gleichnamig.

Beispiel 1.

Welche Breite und Länge hat der Projektionspunkt der Sonne am 13. August 1905 um $4^h 25^m 41^s$ Nm mittlerer Greenwicher Zeit?

| | |
|----------------|----------------------------------|
| $\odot \delta$ | 13/8 |
| | 14° 48'.4 N |
| 4.4 · 0.76 | — 3.3 |
| | 14° 45'.1 N |
| e | |
| | + 4 ^m 47 ^s |
| 4.4 · 0.4 | — 2 |
| | + 4 ^m 45 ^s |

| | |
|-----------------|---|
| Mittl. Grw. Zt. | 4 ^h 25 ^m 41 ^s Nm 13/8 |
| — e | — 4 45 |
| | Wahre Grw. Zt. 4 ^h 20 ^m 56 ^s Nm 13/8 |
| $\odot t$ | 4 20 56 W |
| | λ = 65° 14' W |
| | φ = 14 45 N |

Beispiel 2.

Welche Breite und Länge hat der Projektionspunkt des Aldebaran am 11. März 1905 um $2^h 16^m 47^s$ Mg mittlerer Greenwicher Zeit?

* α 4^h 30^m 28^s
 * δ 16° 19′.0 N

$m \odot \alpha$
 23^h 9^m 58^s
 + 2 21
 ———
 23^h 12^m 19^s

Mittl. Grw. Zt. 14^h 16^m 47^s Nm 10/3

$m \odot \alpha$ 23 12 19

Sternzt. 13^h 29^m 6^s

* α 4 30 28

* t 8^h 58^m 38^s W

$\lambda = 134^{\circ} 39'.5$ W

$\varphi = 16 19 N$

Aufgaben.

Welche Breite und Länge hat der Projektionspunkt der Sonne, des Mondes, der Fixsterne Canopus, Spica, Wega und des Jupiters

- a) am 22. Juli 1905 um 8^h 13^m 49^s Nm mittlerer Greenwicher Zeit?
- b) am 2. Februar 1905 um 3^h 49^m 53^s Mg mittlerer Greenwicher Zeit?

§ 88. Die Höhengleiche in Mercators Karte. **Astronomische Standlinie. Sehnen- und Tangentenkonstruktion.** Wenn ein genügend grosser Erdglobus zur Verfügung stände, so könnte man nach § 86 und 87 die Höhengleiche auf diesem leicht konstruieren, indem man um den nach Breite und Länge berechneten Projektionspunkt des beobachteten Gestirns mit der wahren Zenitdistanz desselben als sphärischem Halbmesser einen Kreis beschriebe. Weil aber erst bei einem Globusdurchmesser von 7 m auf der Oberfläche eine Bogenminute des grössten Kreises gleich 1 mm sein würde, so ist die Anwendung dieser Methode für die Praxis ausgeschlossen, und es muss daher die Konstruktion auf einer Kugeloberfläche durch diejenige in der Mercatorschen Karte ersetzt werden.

Weil aber die Höhengleichen in diesen Karten als Kurven von kompliziertem Verlauf auftreten, begnügt man sich damit, nur einen sehr kleinen, in der Nähe des Besteckortes liegenden Teil der Höhengleiche in die Karte einzutragen und hierbei das nur sehr schwach gekrümmte Kurvenstück durch eine gerade Linie, die sogenannte astronomische Standlinie, zu ersetzen. Da eine gerade Linie entweder durch zwei ihrer Punkte oder auch durch einen einzigen Punkt in Verbindung mit der Richtung der Geraden bestimmt ist, so unterscheidet man auch für die Standlinie in der Karte zwei verschiedene Konstruktionsarten:

a) Die Sehnenkonstruktion. Man berechnet zwei zu beiden Seiten des Besteckortes *A* (Fig. 66) liegende Kurvenpunkte *B* und *C* und verbindet diese durch eine Gerade; in diesem Falle ist die konstruierte Standlinie eine Sehne der Kurve.

b) Die Tangentenkonstruktion. Man berechnet einen einzigen, in der Nähe des Besteckortes *A* liegenden Kurvenpunkt *D* und zieht durch diesen eine Tangente an die Kurve.

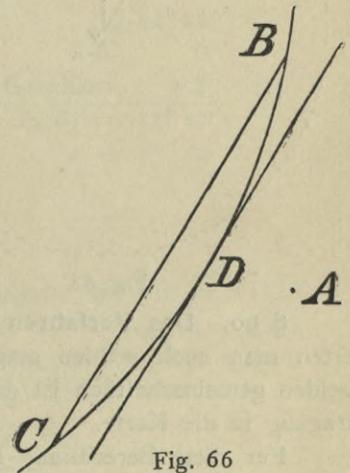


Fig. 66

Zweites Kapitel.

Die Konstruktion der astronomischen Standlinie in der Karte.

§ 89. Die terrestrische Projektion des Dreiecks Zenit — Pol — Gestirn. Für die Ortsbestimmung nach Standlinien ist es im Interesse der Anschaulichkeit von Wert, das sphärische Dreieck am Himmel zwischen Zenit, Pol und Gestirn durch seine

terrestrische Projektion zu ersetzen, d. h. durch dasjenige sphärische Dreieck auf der Erdoberfläche, welches entsteht, wenn man die Punkte Z, P, G mit dem Erdmittelpunkte verbindet.

Bezeichnet in nebenstehender Figur 67 Z das Zenit des Beobachtungsortes o , so ist das sphärische Dreieck PZG das von § 60 her bekannte Fundamentaldreieck der nautischen

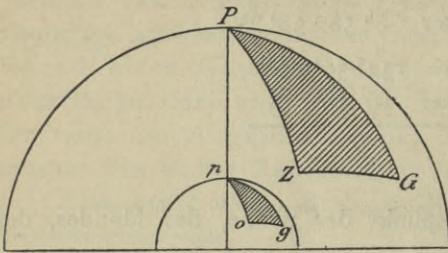


Fig. 67

Astronomie. Demselben entspricht auf der Erdoberfläche als Projektion das ähnliche Dreieck poq , in welchem die Seiten und Winkel, in Gradmass gemessen, der Reihe nach den Seiten und Winkeln des Dreiecks PZG gleich sind. Es ist also die Seite pg gleich der Poldistanz ($90^\circ \mp \delta$), je nachdem Breite und Deklination gleichnamig oder ungleichnamig sind, die Seite po gleich dem Breitenkomplement ($90^\circ - \varphi$) und die Seite og gleich der Zenitdistanz z ; ebenso ist $\sphericalangle gpo$ gleich dem Stundenwinkel t und $\sphericalangle pog$ gleich dem Azimut a . (Der parallaktische Winkel pgo ist für die Nautik ohne Bedeutung.)

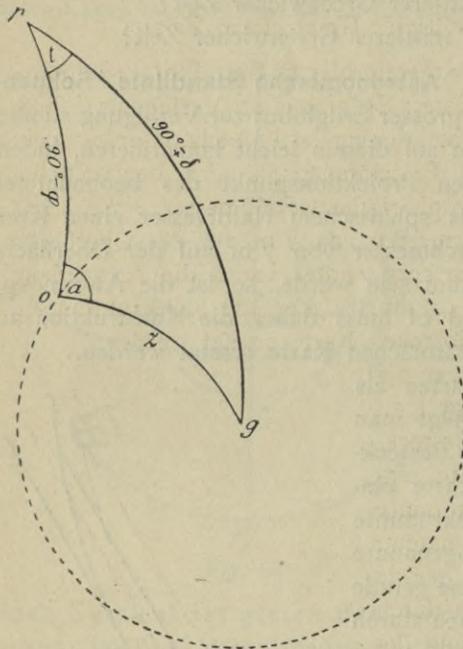


Fig. 68

In diesem Dreieck (Fig. 68) ist nun die Lage des Projektionspunktes g durch Breite und Länge bestimmt, und wenn durch Beobachtung die Zenitdistanz z gefunden ist, so muss nach § 86 das Schiff irgendwo auf der um g mit z als sphärischem Radius beschriebenen Höhengleiche stehen; indessen gibt die Beobachtung der Zenitdistanz keinen Anhaltspunkt darüber, in welchem Punkte der Höhengleiche der Beobachtungsort liegt.

Weil aber der Besteckort bekannt ist, so genügt es, von der punktiert gezeichneten Höhengleiche nur das in der Nähe des Besteckortes liegende Kurvenstück herauszugreifen und nach dem in § 88 angegebenen Prinzip der Sehnen- oder Tangentenkonstruktion in der Karte zur Darstellung zu bringen.

§ 90. Das Verfahren der Längenmethode. Welche der beiden Konstruktionsarten man auch wählen mag, die Sehnenkonstruktion oder die Tangentenkonstruktion, beiden gemeinschaftlich ist die Berechnung von Punkten der Höhengleiche und ihre Eintragung in die Karte.

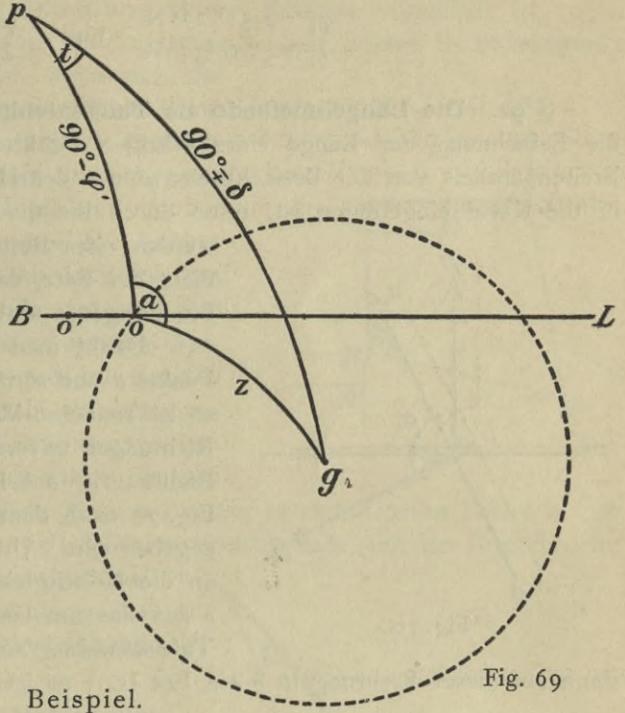
Für diese Berechnung bieten sich drei verschiedene Methoden dar, die Längenmethode, die Breitenmethode und die Höhenmethode.

Das Verfahren der Längenmethode ist das folgende: Bezeichnet in nachstehender Figur 69 p den Nordpol der Erde, g den Projektionspunkt des Gestirns und o' den Besteckort mit der Breite φ' , so legt man durch diesen den Breitenparallel BL und bestimmt den Schnittpunkt desselben mit der punktiert gezeichneten Höhengleiche. Da die Breite dieses Schnittpunktes ebenfalls φ' ist, so ist nur noch die Berechnung der Länge desselben erforderlich, und dieser Umstand hat der ganzen Methode den Namen gegeben.

Nach § 59 ist die Länge eines Ortes der Unterschied zwischen der mittleren Greenwicher Zeit und der mittleren Ortszeit. Erstere wird durch das Chronometer

geliefert, und die letztere ergibt sich nach § 79 und 80 aus dem nach § 78 berechneten Stundenwinkel t .

§ 91. Die Längenmethode als Sehnenkonstruktion. Wenn man bei Anwendung der Sehnenkonstruktion zwei Punkte der Höhengleiche berechnen will, so legt man zweckmässigerweise nicht die Breite des Besteckortes selbst, sondern einmal eine um etwa 10' grössere und für die zweite Rechnung eine um etwa 10' kleinere Breite zugrunde und berechnet für beide Breiten die zugehörigen Längen, trägt beide Punkte in die Karte ein und verbindet dieselben durch eine Gerade. So erhält man die Standlinie, auf welcher sich das Schiff zufolge der Höhenbeobachtung irgendwo befindet. Einen Aufschluss darüber, in welchem Punkte der Standlinie der Schiffsort zu suchen ist, ergibt die Lösung indessen nicht.



Beispiel.

Am 17. Dezember 1905 in etwa $51^{\circ} 37' N$ und $6^{\circ} 39' W$ beobachtete man aus 5 m Augeshöhe um ungefähr $10^{1/2}$ Uhr morgens nach einem Chronometer, welches mittlere Greenwicher Zeit zeigte:

| | |
|--|----------------------|
| Chron.-Zt. $10^h 47^m 13^s$ | |
| Stand 0 0 | |
| Mittl. Grw. Zt. $10^h 47^m 13^s$ Mg 17/12 | |
| $\odot \delta$ 17/12 | e 17/12 |
| $23^{\circ} 21'.1 S$ | $- 3^m 58^s$ |
| $0.11 \cdot 1.2 = -0.1$ | $1.2 \cdot 1.2 = +1$ |
| $23^{\circ} 21'.0 S$ | $- 3^m 59^s$ |
| λ berechnet mit $51^{\circ} 27' N$ | |
| $\varphi = 51^{\circ} 27' N$ $\log \sec$ 0.2054 | |
| $\delta = 23 21 S$ $\log \sec$ 0.0371 | |
| $m = 74^{\circ} 48'$ | |
| $z = 77 40$ | |
| $m + z = 152^{\circ} 28'$ | |
| $\frac{m+z}{2} = 76 14$ $\log \sin$ 9.9873 | |
| $\frac{m-z}{2} = 1 26$ $\log \sin$ 8.3982 | |
| $\odot t_{\delta} = 1^h 35^m 8^s$ $\log \text{sem}$ 8.6280 | |
| Wahre Ozt. = $10^h 24^m 52^s$ Mg | |
| $e = -3 59$ | |
| Mittl. Ozt. = $10^h 20^m 53^s$ Mg 17/12 | |
| Mittl. Grw. Zt. = $10 47 13$ Mg 17/12 | |
| λ in Zt. = $0^h 26^m 20^s W$ | |
| $\lambda = 6^{\circ} 35' W$ | |

| | |
|---|--------------------------------|
| | $\odot 12^{\circ} 12'$ |
| | I.-K. 0 |
| | Ges.-Korr. + 8 |
| | $h_w \ominus = 12^{\circ} 20'$ |
| | $z = 77 40$ |
| λ berechnet mit $51^{\circ} 47' N$ | |
| $\varphi = 51^{\circ} 47' N$ $\log \sec$ 0.2086 | |
| $\delta = 23 21 S$ $\log \sec$ 0.0371 | |
| $m = 75^{\circ} 8'$ | |
| $z = 77 40$ | |
| $m + z = 152^{\circ} 48'$ | |
| $\frac{m+z}{2} = 76 24$ $\log \sin$ 9.9876 | |
| $\frac{m-z}{2} = 1 16$ $\log \sin$ 8.3445 | |
| $\odot t_{\delta} = 1^h 29^m 43^s$ $\log \text{sem}$ 8.5778 | |
| Wahre Ozt. = $10^h 30^m 17^s$ Mg | |
| $e = -3 59$ | |
| Mittl. Ozt. = $10^h 26^m 18^s$ Mg 17/12 | |
| Mittl. Grw. Zt. = $10 47 13$ Mg 17/12 | |
| λ in Zt. = $0^h 20^m 55^s W$ | |
| $\lambda = 5^{\circ} 14' W$ | |

Fig. 69

Die Standlinie geht demnach durch die Punkte:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 51^\circ 27' \text{ N} & \text{und} & & \varphi_2 &= 51^\circ 47' \text{ N} \\ \lambda_1 &= 6 \ 35 \text{ W} & & & \lambda_2 &= 5 \ 14 \text{ W} \end{aligned}$$

§ 92. **Die Längenmethode als Tangentenkonstruktion.** In diesem Falle genügt die Berechnung der Länge eines einzigen Punktes, nämlich des Schnittpunktes o des Breitenparallels von der Besteckbreite φ' mit der Höhengleiche. Nachdem derselbe dann in die Karte eingetragen ist, muss durch ihn die Tangente an die Höhengleiche gelegt werden. Zur Bestimmung der Richtung dieser Tangente dient der Satz, dass in jedem Punkte der Höhengleiche die Tangente senkrecht auf dem Radius steht.

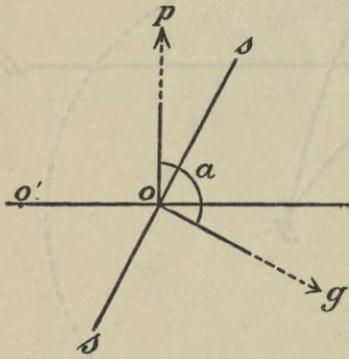


Fig. 70

Denkt man sich aus Fig. 69 die Umgebung der Punkte o und o' in eine Mercatorsche Karte übertragen, so ist zunächst klar, da die Mercatorsche Projektion die Richtungen unverfälscht zum Ausdruck bringt, dass die Richtung og aus Fig. 69 in der Mercatorschen Karte in Fig. 70 nach dem Werte des Azimuts a richtig wiedergegeben wird. Um also durch den Punkt o die Tangente an die Höhengleiche zu legen, trägt man zunächst von o aus das am einfachsten nach Tafel 27 der nautischen Tafelsammlung zu bestimmende Azimut ein und errichtet

dann auf dieser Richtung in o ein Lot (ss); so ist dieses die gesuchte Standlinie.

Beispiel.

Als Beispiel möge die in § 91 durchgeführte Aufgabe dienen.

| | | |
|--|-------------|--------|
| $\varphi = 51^\circ 37' \text{ N}$ | $\log \sec$ | 0.2070 |
| $\delta = 23 \ 21 \text{ S}$ | $\log \sec$ | 0.0371 |
| $m = 74^\circ 58'$ | | |
| $z = 77 \ 40$ | | |
| $m + z = 152^\circ 38'$ | | |
| $\frac{m+z}{2} = 76 \ 19$ | $\log \sin$ | 9.9875 |
| $\frac{m-z}{2} = 1 \ 21$ | $\log \sin$ | 8.3722 |
| $\odot t_{\delta} = 1^{\text{h}} 32^{\text{m}} 29^{\text{s}}$ | $\log \sec$ | 8.6038 |
| Wahre Ozt. = $10^{\text{h}} 27^{\text{m}} 31^{\text{s}}$ Mg | | |
| $e = -3 \ 59$ | | |
| Mittl. Ozt. = $10^{\text{h}} 23^{\text{m}} 32^{\text{s}}$ Mg 17/12 | | |
| Mittl. Grw. Zt. = $10 \ 47 \ 13$ Mg 17/12 | | |
| λ in Zt. = $0^{\text{h}} 23^{\text{m}} 41^{\text{s}}$ W | | |
| $\lambda = 5^\circ 55' \text{ W}$ | | |

| |
|-------------------|
| Tafel 27 A = -3.0 |
| B = -1.1 |
| -4.1 |

Tafel 27 C : $a = \text{S } 22^\circ \text{ O}$

Die Standlinie geht demnach rechtwinklig zu $\text{S } 22^\circ \text{ O}$ durch den Punkt $51^\circ 37' \text{ N}$ und $5^\circ 55' \text{ W}$.

§ 93. **Günstige Bedingung für die Anwendung der Längenmethode:** Azimut möglichst nahe an 90° . Die Bestimmung des Punktes o als Schnittpunkt zwischen

Breitenparallel und Höhengleiche bei der Längenmethode macht die Untersuchung darüber leicht, unter welchen Umständen die Anwendung dieser Methode vorteilhaft ist. Aus der terrestrischen Nautik ist bekannt, dass die Bestimmung eines Punktes als Schnittpunkt zweier Geraden dann am sichersten ist, wenn sich die beiden Geraden möglichst rechtwinklig schneiden. Eine Anwendung dieses Satzes auf das vorliegende Problem lässt erkennen, dass die Längenmethode am brauchbarsten ist, wenn das Azimut des Gestirns möglichst nahe an 90° liegt, dass sie dagegen versagt, wenn das Azimut nahe bei 0° oder 180° liegt. In der Tat lehrt Fig. 71 unmittelbar, dass im ersteren Falle (α_1 nahe an 90°) einem bestimmten Breitenfehler nur eine geringe Entfernung der beiden zugehörigen Kurvenpunkte A und B und ein sehr kleiner Längenfehler entspricht, dass dagegen im zweiten Falle (α_2 nahe an 180°) die Entfernung der zugehörigen Kurvenpunkte und der zugehörige Längenfehler eine sehr grosse ist. Dies würde aber bei einem beträchtlicheren Fehler in der Besteckbreite zur Folge haben, dass der in der Karte einzutragende, mit der Besteckbreite berechnete Kurvenpunkt so weit von dem wirklichen Schiffsorte entfernt liegt, dass die Richtung der Tangente und damit die Standlinie selbst beträchtlich falsch würde.

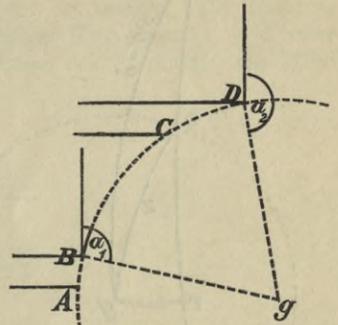


Fig. 71

Aus diesem Grunde ist die Längenmethode zu vermeiden, wenn das Azimut in der Nähe von 0° oder 180° liegt.

§ 94. Das Verfahren der Breitenmethode.

Bei der Breitenmethode legt man die Länge des Besteckortes zugrunde und bestimmt den Schnittpunkt seines Meridians mit der Höhengleiche. Bezeichnet also in nebenstehender Figur 72 o' den Besteckort mit der Länge λ' , so legt man durch o' den Meridian, welcher die Höhengleiche in o schneidet. Da die Länge dieses Schnittpunktes ebenfalls λ' ist, so ist nur die Berechnung der Breite desselben erforderlich, und diesem Umstande verdankt die ganze Methode ihren Namen.

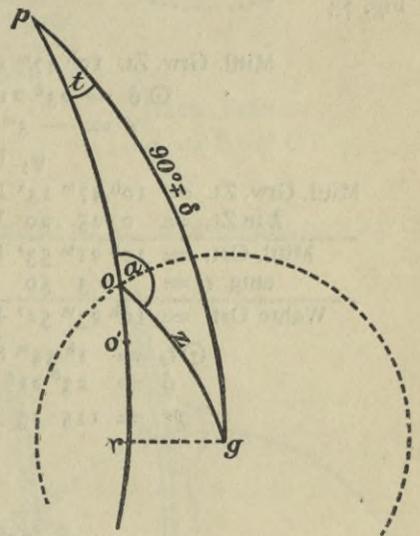


Fig. 72

Die Berechnung der Breite von o kann so erfolgen, dass im $\triangle pog$ aus den drei Stücken t , z und $90^\circ \mp \delta$ das Breitenkomplement po als gesuchtes Stück berechnet wird, woraus sich dann die Breite selbst leicht ergibt. Weil die sphärische Berechnung aber etwas unbequem ist, ist es vorzuziehen, in denjenigen Fällen, in denen die Längenmethode nicht anwendbar ist, also bei einem zu nahe an 0° oder 180° liegenden Azimut, ein drittes, in § 98 zu behandelndes Verfahren, die sogenannte Höhenmethode, zu wählen.

Die Berechnung von $\triangle pog$ gestaltet sich mit Hilfe der rechtwinkligen sphärischen Trigonometrie folgendermassen:

Fällt man $gr \perp pr$, so hat man in dem rechtwinkligen sphärischen Dreiecke pgr zunächst

$$\text{tang } pr = \text{tang } pg \cos t$$

$$\text{I } \text{tang } pr = \text{cotg } \delta \cos t$$

wobei zu bemerken, dass bei spitzem t pr stumpf wird, wenn die Polardistanz stumpf ist, d. h. wenn φ und δ ungleichnamig.

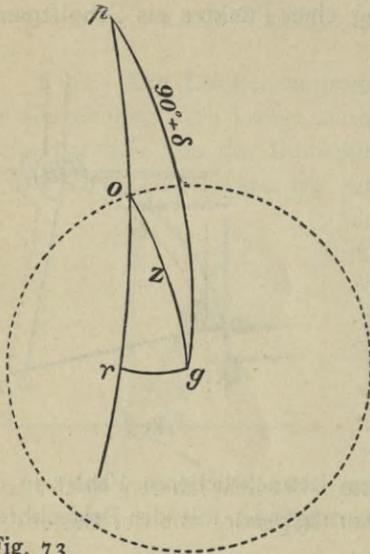


Fig. 73

Ferner ist nach der Segmentenregel:

$$\cos pg : \cos og = \cos pr : \cos or$$

$$\cos or = \cos og \cos pr \sec pg$$

$$\text{II } \cos or = \cos z \cos pr \operatorname{cosec} \delta$$

Endlich ist

$$\text{III } 90^\circ - \varphi = pr - or$$

§ 95. Die Breitenmethode als Sehnenkonstruktion. Hier sind analog dem Verfahren von § 91 zwei verschiedene, die Bestecklänge einschliessende Längen zugrunde zu legen und für beide die Berechnung der zugehörigen Breite nach § 94 durchzuführen. Trägt man dann die beiden Orte in die Karte ein und verbindet sie durch eine Gerade, so ist dieses die Standlinie, auf welcher sich das Schiff zufolge der Höhenbeobachtung irgendwo befindet.

Beispiel.

Als Beispiel dient die in § 91 durchgeführte Aufgabe.

| | |
|---|--|
| <p>Mittl. Grw. Zt. = 10^h 47^m 13^s Mg 17/12</p> <p>⊙ δ = 23° 21' S</p> <p>e = - 3^m 59^s</p> <p style="text-align: center;">φ₁ berechnet mit 6° 20' W</p> <p>Mittl. Grw. Zt. = 10^h 47^m 13^s Mg 17/12</p> <p>λ in Zt. = 0 25 20 W</p> <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> <p>Mittl. Ozt. = 10^h 21^m 53^s Mg 17/12</p> <p>entg. e = + 3 59</p> <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> <p>Wahre Ozt. = 10^h 25^m 52^s Mg 17/12</p> | <p>h ⊖ 12° 20'</p> <p>z = 77 40'</p> <p>I tang pr = cotg δ cos t</p> <p>II cos or = cos z cos pr cosec δ</p> <p>⊙ t_δ = 1^h 34^m 8^s log cos 9.9623</p> <p>δ = 23° 21' log cotg 0.3648 log cosec 0.4019</p> <p>pr = 115 13 log tang 0.3271 log cos 9.6295</p> <p style="padding-left: 40px;">z = 77° 40' log cos 9.3296</p> <p style="padding-left: 40px;">or = 76 44 log cos 9.3610</p> <p style="padding-left: 40px;">pr = 115 13</p> <p style="padding-left: 40px;">90° - φ = 38° 29'</p> <p style="padding-left: 40px;">φ₁ = 51 31 N</p> <p style="text-align: center;">φ₂ berechnet mit 7° 0' W</p> <p>Mittl. Grw. Zt. = 10^h 47^m 13^s Mg 17/12</p> <p>λ in Zt. = 0 28 0 W</p> <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> <p>Mittl. Ozt. = 10^h 19^m 13^s Mg 17/12</p> <p>entg. e = + 3 59</p> <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> <p>Wahre Ozt. = 10^h 23^m 12^s Mg 17/12</p> <p>⊙ t_δ = 1^h 36^m 48^s log cos 9.9601</p> <p>δ = 23° 21' log cotg 0.3648 log cosec 0.4019</p> <p>pr = 115 20 log tang 0.3249 log cos 9.6312</p> <p style="padding-left: 40px;">z = 77° 40' log cos 9.3296</p> <p style="padding-left: 40px;">or = 76 40 log cos 9.3627</p> <p style="padding-left: 40px;">pr = 115 20</p> <p style="padding-left: 40px;">90° - φ = 38° 40'</p> <p style="padding-left: 40px;">φ₂ = 51 20 N</p> |
|---|--|

Die Standlinie geht demnach durch die Punkte:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 51^{\circ} 31' N & \text{und} & & \varphi_2 &= 51^{\circ} 20' N \\ \lambda_1 &= 6 \ 20 \ W & & & \lambda_2 &= 7 \ 0 \ W \end{aligned}$$

§ 96. **Die Breitenmethode als Tangentenkonstruktion.** In diesem Falle braucht, dem Prinzip der Tangentenkonstruktion entsprechend, nur ein einziger Kurvenpunkt, und zwar mit der Bestecklänge selbst, berechnet zu werden. Die Konstruktion der Standlinie mit Hilfe des Azimuts ist dann die bekannte.

Beispiel.

$$\begin{aligned} \text{Mittl. Grw. Zt.} &= 10^{\text{h}} 47^{\text{m}} 13^{\text{s}} \text{ Mg } 17/12 \\ \lambda \text{ in Zt.} &= 0 \ 26 \ 36 \ W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mittl. Ozt.} &= 10^{\text{h}} 20^{\text{m}} 37^{\text{s}} \text{ Mg } 17/12 \\ \text{entg. } e &= + 3 \ 59 \end{aligned}$$

$$\text{Wahre Ozt.} = 10^{\text{h}} 24^{\text{m}} 36^{\text{s}} \text{ Mg } 17/12$$

$$\begin{aligned} \odot t_{\delta} &= 1^{\text{h}} 35^{\text{m}} 24^{\text{s}} & \log \cos & 9.9612 \\ \delta &= 23^{\circ} 21' & \log \cotg & 0.3648 & \log \operatorname{cosec} & 0.4019 \\ pr &= 115 \ 16 & \log \operatorname{tang} & 0.3260 & \log \cos & 9.6304 \\ & & z &= 77^{\circ} 40' & \log \cos & 9.3296 \\ & & or &= 76 \ 42 & \log \cos & 9.3619 \\ & & pr &= 115 \ 16 \\ 90^{\circ} - \varphi &= 38^{\circ} 34' \\ \varphi &= 51 \ 26 \ N \end{aligned}$$

Nach Tafel 27
a = S 22° O

Die Standlinie geht demnach durch 51° 26' N und 6° 39' W rechtwinklig zu S 22° O.

§ 97. **Günstige Bedingung für die Anwendung der Breitenmethode: Azimut möglichst nahe an 0° oder 180°.** Bei der Breitenmethode ergibt sich der zu berechnende Punkt der Höhenkurve als Schnittpunkt eines Meridians mit der Höhen- gleiche. Diese schneiden sich um so rechtwinkliger, je näher das Azimut an 0° oder 180° liegt. Wie Fig. 74 lehrt, entspricht in diesem Falle (a_1 und a_2) einem bestimmten Längenfehler nur eine geringe Entfernung der beiden zugehörigen Kurvenpunkte A und B resp. C und D und ein sehr kleiner Breitenfehler; dagegen entspricht, wenn das Azimut in der Nähe von 90° liegt (a_3) einem bestimmten Längenfehler eine grosse Entfernung der beiden Kurvenpunkte E und F und ein sehr grosser Breitenfehler, da sich in diesem Falle die Linien unter einem sehr spitzen Winkel schneiden.

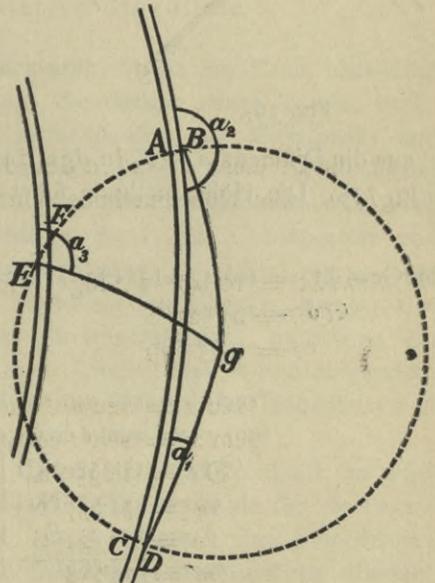


Fig. 74

Aus diesem Grunde ist die Breitenmethode am günstigsten, wenn das Azimut in der Nähe von 0° und 180° liegt.

Die theoretische Grenze zwischen den Anwendungsgebieten der Längen- und Breitenmethode liegt bei dem Azimut 45°; indessen ist die Anwendung der Längenmethode angesichts ihrer grösseren rechnerischen Bequemlichkeit auch noch bei kleinerem Azimut statthaft.

§ 98. **Das Verfahren der Höhenmethode (stets Tangentenkonstruktion).** Bei der Höhenmethode legt man Breite und Länge des Besteckortes o' zugrunde und

bestimmt als Kurvenpunkt den Schnittpunkt o seiner Verbindungslinie mit dem Projektionspunkte $o'g$ und der Höhengleiche. Dies geschieht aber bei der Höhenmethode nicht

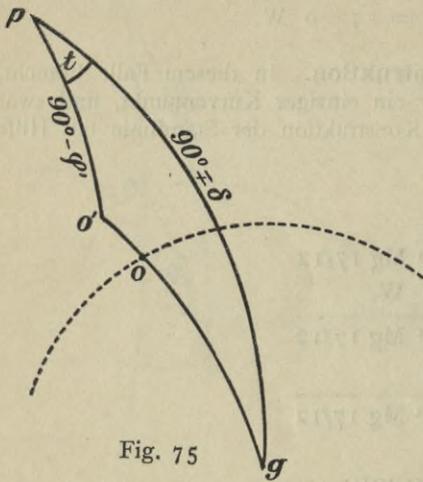


Fig. 75

durch direkte Auflösung des $\triangle pog$, sondern man berechnet im $\triangle po'g$ aus den drei Stücken $pg = 90^\circ \mp \delta$, $po' = 90^\circ - \varphi'$ und t die dritte Seite $o'g$, die Zenitdistanz für den Besteckort, welche im Gegensatz zu der durch Beobachtung gefundenen wahren Zenitdistanz $z = og$ mit z' bezeichnet werden möge. Da $\triangle po'g$ als terrestrische Projektion des $\triangle PZG$ diesem ähnlich, mithin in Gradmass ausgedrückt dieselben Seiten und Winkel enthält, so geschieht die Berechnung der Zenitdistanz $z' = o'g$ genau nach der im § 81 erklärten Methode.

Nachdem z' berechnet, bildet man die Differenz von z und z' . Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. $z' > z$. Um für diesen Fall die Standlinie in Mercators Karte niederzulegen, trägt man

den Besteckort o' in die Karte ein und setzt von hier aus die Richtung $o'g$, entsprechend dem nach Tafel 27 gefundenen Azimut, ab. Auf dieser Richtungslinie trägt man die

Differenz $z' - z$ in der Richtung des Azimuts ab (Fig. 76), und zwar, da $o'g$ der Bogen eines grössten Kreises ist, als Seemeilen, in der Breitenskala gemessen. So erhält man den Punkt o , durch welchen dann in bekannter Weise die Standlinie rechtwinklig zur Peilungslinie gezogen wird.

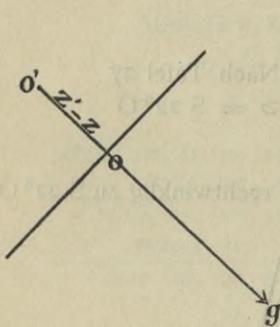


Fig. 76

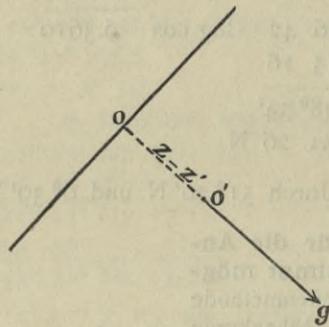


Fig. 77

o' aus die Differenz $z - z'$ in der dem Azimut entgegengesetzten Richtung absetzen (Fig. 77). Die Höhenmethode führt also stets zur Tangentenkonstruktion.

Beispiel.

M. Grw. Zt. = $10^h 47^m 13^s$ Mg 17/12
 $\odot \delta = 23^\circ 21' S$
 $e = -3^m 59^s$

$h = 12^\circ 20'$
 $z = 77^\circ 40'$

M. Grw. Zt. = $10^h 47^m 13^s$ Mg 17/12

λ in Zt. = $0^\circ 26' 36'' W$

M. Ozt. = $10^h 20^m 37^s$ Mg 17/12

entg. $e = +3^\circ 59'$

Wahre Ozt. = $10^h 24^m 36^s$ Mg

$\odot t_\delta = 1^\circ 35' 24''$

$$\begin{aligned} \sec z &= \sec m \cdot \sec x \\ \text{sem } x &= \text{sem } t \cos \varphi \cos \delta \sec m \\ \odot t &= 1^h 35^m 24^s \quad \log \text{ sem } 8.6304 \\ \varphi &= 51^\circ 37' N \quad \log \cos 9.7930 \\ \delta &= 23^\circ 21' S \quad \log \cos 9.9629 \\ m &= 74^\circ 58' \quad \log \sec 0.5861 \\ x \log \text{ sem } & 8.9724 \\ \log \sec & 0.0903 \\ z' &= 77^\circ 50' \quad \log \sec 0.6764 \\ z &= 77^\circ 40' \\ z' - z &= +10' \end{aligned}$$

Nach Tafel 27

$a = S 22^\circ O$

§ 99. Die Höhenmethode ist immer anwendbar. Die Untersuchung der Frage nach den günstigsten Bedingungen für die Anwendbarkeit führt bei der Höhenmethode, da hier $o'g$ und die Höhengleiche sich stets rechtwinklig schneiden, zu dem Resultat, dass die Höhenmethode stets anwendbar ist. Dieser Umstand, welcher ein uniformes Rechnungsverfahren gestattet, sichert dieser Methode einen bedeutenden Vorteil gegenüber der Längen- und Breitenmethode, welche in bestimmten Verhältnissen versagen.

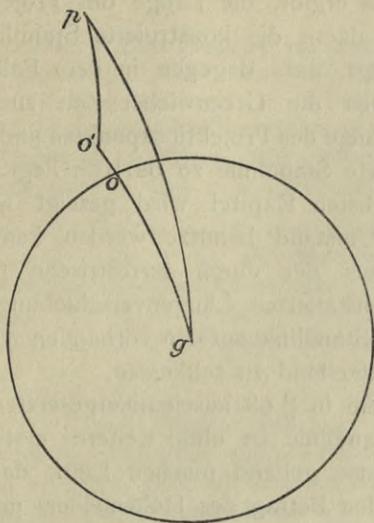


Fig. 78

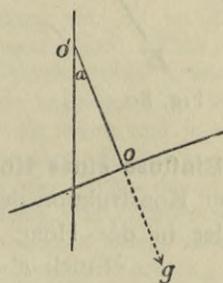


Fig. 79

Drittes Kapitel.

Die Zuverlässigkeit der konstruierten Standlinie.

§ 100. Einfluss eines Fehlers im Chronometerstand. Sowie ein Kreis überhaupt bestimmt ist durch die Lage seines Mittelpunktes und die Grösse seines Radius, so ist die Höhengleiche festgelegt durch die Lage des Projektionspunktes als Mittelpunkt und durch die Grösse der beobachteten Zenitdistanz als Radius. Erstere wird, da die Breite des Projektionspunktes gleich der Deklination und die Länge des Projektionswinkels gleich dem Greenwicher Stundenwinkel des Gestirns ist, bedingt durch das Chronometer und die Jahrbuchsgrössen; letztere wird durch den Sextanten geliefert. Für die Untersuchung der Fehlerquellen, welche die Lage der konstruierten Standlinie beeinflussen, kommt also in Betracht: erstens ein Fehler im angenommenen Chronometerstand, zweitens ein Höhenfehler. Hierzu käme dann noch drittens eine Gruppe von Ungenauigkeiten, welche bei der Berechnung der Kurvenpunkte und bei dem Ersatz der Höhenkurve in Mercators Karte durch die geradlinige Standlinie begangen werden.

Was nun zunächst den Einfluss eines Fehlers im Chronometerstand betrifft, so wird durch denselben, wenn man von dem Einflusse auf die Jahrbuchsgrössen als für die Praxis belanglos absieht, die Länge des Projektionspunktes um den Betrag des Standfehlers gefälscht, während die Breite desselben, als mit der Deklination des Gestirns übereinstimmend, hiervon unberührt bleibt. Durch diesen Fehler in der Länge des Mittelpunktes verschiebt sich aber die ganze Höhengleiche längs dem Breitenparallel nach Osten oder Westen, folglich auch die konstruierte Standlinie. Um diesen Fehler der Standlinie in der Karte zu veranschaulichen, muss man, wie in Fig. 80 geschehen, von einem beliebigen Punkte der Standlinie AB den in Gradmass verwandelten Fehler des Chronometerstandes

nach Ost und West als Längenunterschied $d\lambda$ absetzen und durch die Endpunkte die Parallelen CD und EF zur Standlinie ziehen.

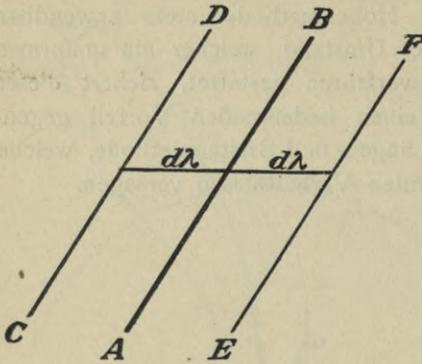


Fig. 80

Eine einfache Überlegung lehrt, dass, wenn der Fehler des Chronometerstandes die Greenwicher Zeit zu gross ergibt, die Länge des Projektionspunktes und damit die konstruierte Standlinie zu westlich liegt, dass dagegen in dem Falle, wo der Standfehler die Greenwicher Zeit zu klein ergibt, die Länge des Projektionspunktes und damit die konstruierte Standlinie zu östlich liegt.

Im nächsten Kapitel wird gezeigt werden, wie dieser Umstand benutzt werden kann, um umgekehrt aus der durch terrestrische Ortsbestimmung konstatierten Längenverschiebung einer konstruierten Standlinie auf den vorhandenen Fehler im Chronometerstand zu schliessen.

§ 101. Einfluss eines Höhenfehlers. Aus dem in § 98 auseinandergesetzten Verfahren bei der Konstruktion der astronomischen Standlinie ist ohne weiteres ersichtlich, dass ein Fehler in der Höhe sich nur in der Weise geltend machen kann, dass das

Stück $z' - z$ resp. $z - z'$ um den Betrag des Höhenfehlers geändert wird, oder mit anderen Worten, dass unter Beibehaltung der Richtung nur die Entfernung der Standlinie vom Besteckort sich ändert. Ist die Höhe zu klein, d. h. die Zenitdistanz zu gross gemessen, so kommt die Standlinie um den Höhenfehler zu weit von dem Projektionspunkte des Gestirns zu liegen, und umgekehrt entspricht einer zu grossen Höhe, d. h. einer zu kleinen Zenitdistanz eine Lage der Standlinie, welche um den Höhenfehler zu weit nach dem Projektionspunkte hin liegt. Um also den Einfluss eines Höhenfehlers in der Karte anschaulich zu machen, zieht man zu beiden Seiten der konstruierten Standlinie im Abstand der geschätzten Fehlergrenze dh je eine Parallele. Die wirkliche Standlinie liegt dann innerhalb des durch diese Parallelen gebildeten

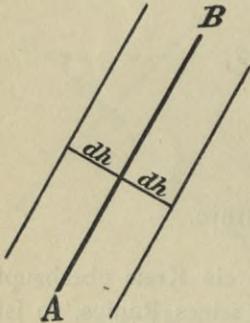


Fig. 81

Streifens. Ein Fehler von $1'$ bis $2'$ über der Tageskimm ist nichts Auffälliges, und über der Nachtkimm kann sich die Fehlergrenze noch bedeutend erweitern.

§ 102. Ungenauigkeiten der Rechnung und Konstruktion. In dieser Beziehung kommen vier Punkte in Betracht:

1. Die Ungenauigkeit der logarithmischen Berechnung von z' . Dieselbe wächst mit zunehmender Höhe; indessen kommen die bei sehr grossen Höhen möglichen Fehlerwerte aus dem Gesichtspunkte nicht in Betracht, weil grosse Höhen nach dem unter 3. zu erörternden Grunde ohnehin zu vermeiden sind. Wenn man bei vierstelligen Logarithmen von jeder Interpolation absieht, so kann der durch diese Rechnung in ungünstigen Fällen hervorgerufene Fehler in z' mehrere Minuten betragen. Obgleich dies für die hohe See vollständig bedeutungslos sein würde, so kann man sich in denjenigen Fällen, wo es sich in der Nähe von Land um eine grössere Genauigkeit handelt, nach dem in § 81 erklärten Verfahren stets eines Genauigkeitsgrades versichern, welcher den Anforderungen der nautischen Praxis vollständig entspricht. Eine noch weiter gehende Genauigkeit kann man sich endlich durch Interpolation des Stundenwinkels und der Deklination, die bei vierstelligen Logarithmen ungemein einfach ist, verschaffen.

2. Die Ungenauigkeit des Azimuts. Dieselbe kann erstens daher stammen, dass das Azimut mit dem falschen Besteckorte berechnet ist. Es leuchtet ohne weiteres ein, dass ein bestimmter Fehler in der Besteckrechnung unter sonst gleichen Umständen einen um so

grösseren Fehler des Azimuts erzeugen muss, je kleiner die Zenitdistanz ist; zweitens kann hierzu noch eine Ungenauigkeit im Gebrauch von Tafel 27 kommen, und endlich ist mit einer kleinen Ungenauigkeit der Konstruktion zu rechnen. Von diesen drei Fehlerquellen kann nur die erstere einen nennenswerten Betrag erreichen; indessen ist hierbei zu berücksichtigen, dass bei sehr grossen Besteckfehlern die Rechnung mit verbessertem Besteckort wiederholt werden kann.

3. Die Höhengleiche ist keine gerade Linie. Weil die Krümmung eines Kreises um so stärker, je kleiner sein Radius ist, so wird die Abweichung der Höhengleiche von der Tangente desto grösser sein, je kleiner die Zenitdistanz des Gestirns ist, und diese Abweichung wird bei einer und derselben Höhengleiche mit der Entfernung vom Berührungspunkt zunehmen. Es ist daher zu empfehlen, sehr grosse Höhen überhaupt zu vermeiden, eine Forderung, welche auch den unter 1. und 2. angegebenen Fehlerquellen entgegenwirkt.

4. Der Bogen $z-z'$ resp. $z'-z$ ist in der Karte keine gerade Linie. Weil das Stück $z-z'$ resp. $z'-z$ ein Teil eines grössten Kreisbogens ist, so ist dasselbe, streng genommen, in Mercators Karte keine gerade, sondern eine krumme Linie; mithin wird die hierauf senkrechte Standlinie in der Karte eine gegen die Wirklichkeit etwas geänderte Richtung erhalten. Die Abweichung des grössten Kreisbogens von der Loxodrome in Mercators Karte ist unter sonst gleichen Umständen desto grösser, je grösser die Breite und je näher der Kurs der Ost-West-Richtung liegt, und daher wird der hierher stammende Fehler seinen grössten Betrag auf hohen Breiten erreichen, wenn das Gestirn in der Nähe des ersten Vertikals beobachtet ist, und wenn endlich die Differenz der beobachteten und berechneten Zenitdistanz ziemlich gross ist, oder mit anderen Worten, wenn die angenommene Länge ziemlich falsch ist. Aber selbst dann ist dieser Fehler für die Praxis von keiner grossen Bedeutung, und zwar um so weniger, als auch er durch die Wiederholung der Rechnung unter Zugrundelegung eines verbesserten Besteckortes eliminiert werden kann.

Viertes Kapitel.

Die Anwendung der Standlinie in der Karte.

§ 103. **Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination zweier Standlinien bei zwei an demselben Orte gemessenen Höhen.** Aus den bisherigen Betrachtungen über die Standlinie ist ersichtlich, dass jede Höhe eines Gestirns in der Karte eine Gerade liefert, auf welcher das Schiff irgendwo steht; dagegen gibt die Höhe für sich allein keinen Anhaltspunkt dafür, in welchem Punkte der Geraden der Schiffsort zu suchen ist. Wenn dieser selbst bestimmt werden soll, muss also eine zweite Bestimmungsgrösse hinzukommen.

Dies kann zunächst eine zweite Höhenbeobachtung sein. Wenn dieselbe gleichzeitig mit der ersten Beobachtung angestellt ist oder wenigstens so kurze Zeit nach derselben, dass die Ortsveränderung des Schiffes in der Zwischenzeit vernachlässigt werden kann, so konstruiert man in derselben Weise die zur zweiten Höhe gehörende Standlinie, und es ist klar, dass dann der Schiffsort im Schnittpunkte der beiden Standlinien liegt.

Aus Erwägungen, welche den in § 23 hinsichtlich der Genauigkeit der Kreuzpeilungen angestellten analog sind, folgt, dass auch hier die Ortsbestimmung unter sonst gleichen Umständen um so genauer ausfällt, je mehr sich der Winkel zwischen den beiden Standlinien einem Rechten nähert, oder mit anderen Worten, da die Standlinien selbst senkrecht auf den Peilungslinien stehen, je näher die Azimutdifferenz der beiden Gestirne bei 90^0 liegt.

Aufgaben.

(Nordsee.) Am 15. Januar 1905 nachmittags auf $55^0 32' N$ und $3^0 24' O$ wurde nach einem Chronometer, dass am 14/1 gegen mittlere Greenwicher Zeit $1^m 16^s$ zurück war

und täglich 2^s.4 gewann, aus 6 m Augeshöhe, I.-K. o, wie folgt beobachtet. Die aus den Beobachtungen folgenden Standlinien sind in die Karte einzutragen und danach der Schiffsort zu bestimmen.

Chron.-Zt. 2^h 5^m 16^s \odot 8^o 30' und Chron.-Zt. 2^h 6^m 54^s \llcorner 17^o 52'.

(Die erste Standlinie kann nach Höhen-, Längen- oder Breitenmethode gefunden werden, die zweite Standlinie nach Höhen- oder Längenmethode.)

§ 104. **Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination zweier Standlinien bei zwei an verschiedenen Orten gemessenen Höhen.** Wenn die zwischen den beiden

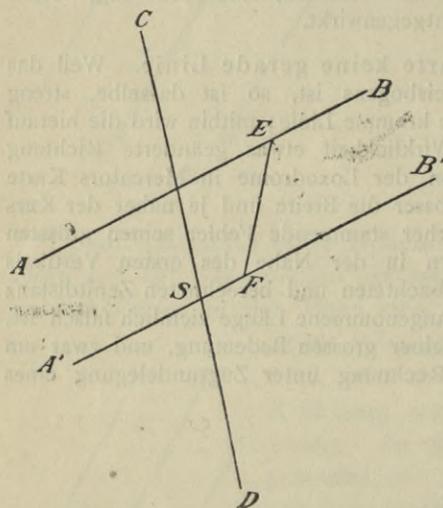


Fig. 82

Höhenbeobachtungen liegende Versegelung eine in der Karte messbare Distanz ergibt, so reduziert man die Standlinie der ersteren Höhe dadurch auf den Ort der zweiten, dass man sie parallel mit sich selbst um den Betrag der gesegelten Distanz in der Richtung des gesegelten Kurses verschiebt. Zu diesem Zwecke setzt man von einem beliebigen Punkte der ersteren Standlinie Kurs und Distanz ab und zieht durch den Endpunkt dieser Distanz eine Parallele zur ersteren Standlinie; dann ist der Schnittpunkt dieser Parallelen mit der zweiten Standlinie der Schiffsort bei der zweiten Beobachtung.

Wenn z. B. in nebenstehender Figur 82 die erste Höhe die Standlinie AB , die zweite die Standlinie CD ergibt und zwischen den beiden Beobachtungen rechth. SzW 5 sml gesteuert ist, so setzt man von einem beliebigen Punkte E auf AB rechth. SzW 5 sml ab und zieht durch den Endpunkt F die Linie $A'B' \parallel AB$. Schneidet dieselbe die Standlinie CD in S , so ist S der Schiffsort bei der zweiten Beobachtung.

Die Wahl des Punktes E der ersten Standlinie, von welchem die Versegelung abgesetzt wird, ist zwar an sich beliebig, in der Praxis wird man jedoch demjenigen Punkte, oder bei der Sehnenkonstruktion einem derjenigen Punkte den Vorzug geben, durch welche die Standlinie gezogen ist.

Aufgaben.

(Kanal.) Am 2. April 1905 morgens auf 48^o 39' N und 5^o 54' W wurde nach einem Chronometer, das am 1/4 gegen Mittlere Greenwicher Zeit 2^m 45^s vor war und täglich 3^s gewann, aus 5 m Augeshöhe I.-K. — 1' beobachtet um

Chron.-Zt. 8^h 2^m 18^s \odot 18^o 24'.

Darauf wurde rw. OzN 22 sml gesegelt und beobachtet um

Chron.-Zt. 10^h 59^m 48^s \odot 42^o 9'.

Die aus den Beobachtungen folgenden Standlinien sind in die Karte einzutragen und danach der Schiffsort zur Zeit der zweiten Höhe zu bestimmen.

(Erste Standlinie Höhen- oder Längenmethode, zweite Standlinie Höhen-, Längen- oder Breitenmethode.)

§ 105. **Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination einer Standlinie mit einer gleichzeitigen Lotung.** In Gegenden, wo die Tiefenangaben der Karte sich in

Nachdem man missweisend $O^{1/4}N$ 14 sml gesegelt, lotete man 46 m f. Sd. Sk. Welcher Schiffsort zur Zeit der Lotung folgt daraus?

(Höhen- oder Längenmethode.)

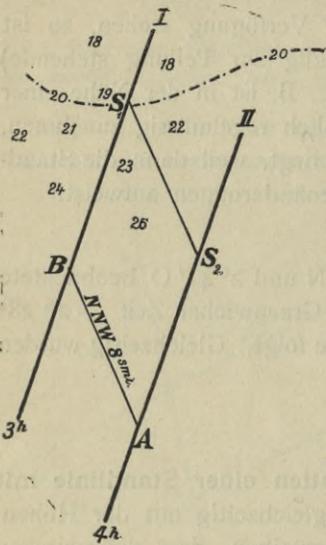


Fig. 84

Wenn dagegen in Fig. 84 zuerst etwa um 3^h 20 m gelotet ist, hierauf SSO 8 sml gesegelt und dann um 4^h eine Höhenbeobachtung die Standlinie II ergeben hat, so trägt man von einem beliebigen Punkte A derselben die Segelung entgegengesetzt, also NNW 8 sml, ab und zieht durch den Endpunkt B eine Parallele zu II; dann ist diese Parallele diejenige Standlinie I, auf welcher sich das Schiff zufolge der um 4^h angestellten Beobachtung um 3^h befunden hat. Da nun um 3^h 20 m gelotet sind, so gibt der Schnittpunkt der Standlinie I mit der Zwanzigmeterlinie den Schiffsort S₁ für 3^h an. Um den Schiffsort S₂ für 4^h zu erhalten, zieht man S₁S₂ || BA.

Aufgabe 2.

(Ostsee.) Am 1. Juli 1905 morgens lotete man 17 m, und nachdem WzS 15 sml gesegelt worden, beobachtete man auf $55^{\circ} 34' N$ und $17^{\circ} 20' O$ nach einem Chronometer, das am 30/6 gegen mittlere Greenwicher Zeit $1^m 16^s$ zurück war und täglich $2^s 2$ verlor, aus 7 m Augeshöhe, I.-K. + 3', um Chron.-Zt. $7^h 5^m 42^s \odot 37^{\circ} 24'$.

Gesucht wird der Schiffsort zur Zeit der Beobachtung.

(Höhen- oder Längenmethode.)

Aufgabe 3.

(Nordsee.) Am 8. August morgens auf $57^{\circ} 59' N$ und $1^{\circ} 14' O$ lotete man 85 m Sd. M. und beobachtete gleichzeitig nach einem Chronometer, das gegen mittlere Greenwicher Zeit $1^m 18^s$ vor war und täglich 2^s verlor, aus 5 m Augeshöhe I.-K. o, um Chron.-Zt. $9^h 36^m 31^s \odot 40^{\circ} 20'$.

Nachdem NzO 12 sml gesegelt, lotete man 106 m Sd.

Gesucht wird der Schiffsort zur Zeit der zweiten Lotung.

(Höhen- oder Längenmethode.)

§ 107. **Ansegelung von Land.** Oft bietet die Standlinie ein wertvolles Mittel, in bestimmten Küstenpunkten Land anzusegeln.

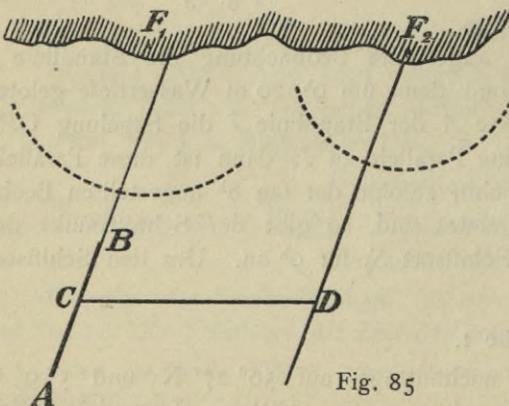


Fig. 85

Angenommen, ein Schiff befinde sich südlich von einer Küste, die man ansteuern will. Eine Höhenbeobachtung habe die Standlinie AB ergeben. Wenn dann die Verlängerung von AB den Feuerkreis des Feuers F₁ schneidet, so bringt man das Schiff auf den durch die Richtung der Standlinie bestimmten Kurs. Dann wird man das Feuer, falls der angenommene Chronometerstand richtig ist, je nach der Lage desselben in Sicht bekommen (in der Fig. 85 etwas an Backbord), abgesehen von etwaigen Strom-

versetzungen während der Segelung. Wenn dagegen das anzusegelnde Feuer F₂ erheblich seitlich von der Verlängerung der Standlinie liegt, so zieht man durch F₂ eine Parallele

zu AB und verbindet die beiden Parallelen durch eine etwa parallel zur Küste laufende Gerade CD . Um dann das Feuer F_2 gerade voraus in Sicht zu bekommen, muss man nach der Höhenbeobachtung zuerst die durch Richtung und Länge von CD bestimmte Segelung vornehmen und dann den Kurs der Standlinie einschlagen.

Da durch die Höhenbeobachtung der Schiffsort auf der Standlinie nicht bestimmt ist, so ist ungewiss, wie lange man bis zum Inzichtlaufen der Feuer segeln muss.

Aufgabe.

(Kanal.) Am 30. März nachmittags auf $49^{\circ} 31' N$ und $6^{\circ} 11' W$ beobachtete man aus 5 m Augeshöhe, I.-K. o, nach einem Chronometer, das gegen mittlere Greenwicher Zeit $+ 2^m 1^s$ war, um

Chron.-Zt. $11^h 38^m 19^s$ \pm Capella $28^{\circ} 19'$.

Was ist hiernach zu steuern, um Lizard anzusegeln?

(Höhen- oder Längenmethode.)

§ 108. **Chronometerkontrolle.** Wenn der angenommene Chronometerstand falsch ist, so wird man bei der im vorigen Paragraphen angegebenen Methode das Feuer nicht da, wo man es erwartet, sondern in irgend einer anderen Richtung oder vielleicht auch ein ganz anderes Feuer in Sicht bekommen.

Angenommen, eine Gestirnshöhe habe die Standlinie AB ergeben, so würde, wenn der angenommene Chronometerstand richtig wäre, auf dem Kurse der Standlinie das Feuer F in Fig. 86 etwa 1 Strich an Steuerbord voraus in Sicht kommen müssen. Wenn es aber statt dessen z. B. 4 Strich an Backbord in Sicht kommt, also im Punkte D , so ist das Schiff in Wirklichkeit nicht auf der Linie AB , sondern auf der durch D zu AB gezogenen Parallele DE gesegelt. Diese in der Richtung Ost-West stattgehabte Verschiebung der berechneten Standlinie AB gegen die wirkliche DE stellt dann nach den Erklärungen von § 100 den Fehler des angenommenen Chronometerstandes dar. Man erhält denselben, indem man die AB mit DE durch eine zu den Breitenparallelen parallel gezogene Gerade verbindet, die Länge $d\lambda$ dieser Verbindungslinie auf der Längenskala der Karte (oberer oder unterer Kartenrand) abmisst und in Zeitmass verwandelt.

Hinsichtlich des Vorzeichens dieser an den angenommenen Chronometerstand anzubringenden Korrektur $d\lambda$ ist folgendes zu bemerken:

In Fig. 86 liegt die auf Grund des angenommenen Chronometerstandes konstruierte Standlinie AB , folglich auch der Mittelpunkt der zugehörigen Höhengleiche, d. h. der Projektionspunkt des Gestirns, zu westlich. Da aber die Länge des Projektionspunktes gleich dem Greenwicher Stundenwinkel des Gestirns ist, so ist also der westliche Greenwicher Stundenwinkel, folglich auch die Greenwicher Zeit zu gross, und es muss daher die Korrektur $d\lambda$ mit dem Vorzeichen minus an den angenommenen Stand algebraisch angebracht werden. So gelangt man zu der Regel:

Wenn die wahre Standlinie (DE) **östlich** von der mit einem falschen Chronometerstande berechneten (AB) liegt, so ist die Standkorrektur **negativ**.

Analog findet man:

Wenn die wahre Standlinie **westlich** von der mit einem falschen Chronometerstande berechneten liegt, so ist die Standkorrektur **positiv**.

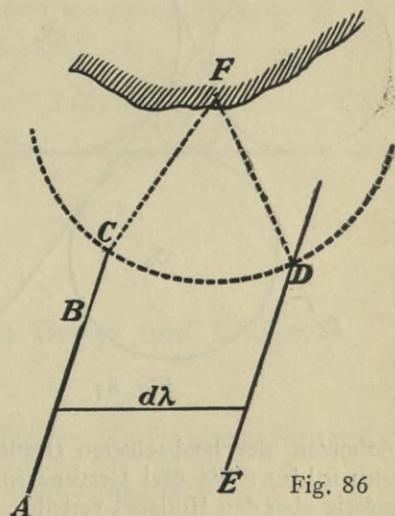


Fig. 86

Aufgabe 1.

(Nordsee.) Am 2. Mai 1905 nachmittags auf $57^{\circ} 38' N$ und $7^{\circ} 39' O$ beobachtete man nach einem Chronometer, das am $2/5$ gegen mittlere Greenwicher Zeit $6^m 18^s$ vor war und täglich 1^s verlor, aus 4 m Augeshöhe, I.-K. + 2', um

$$\text{Chron.-Zt. } 3^h 11^m 51^s \ominus 31^{\circ} 2'.$$

Nachdem man in der Richtung der Standlinie 6 sml über Grund gesegelt, erblickte man das Feuer von Lindesnaes in missweisender $NzW^{3/4}W$ in der Kimm.

Welcher Fehler im Chronometerstande folgt daraus?

(Höhen- oder Längenmethode.)

Aufgabe 2.

(Nordsee.) Am 9. August morgens in $57^{\circ} 58' N$ und $1^{\circ} 20' W$ beobachtete man nach einem Chronometer, das am $8/8$ gegen mittlere Greenwicher Zeit $12^m 48^s$ vor war und täglich 2^s gewann, aus 5 m Augeshöhe, I.-K. o'.o, um

$$\text{Chron.-Zt. } 10^h 6^m 32^s \ominus 40^{\circ} 49'.$$

Nachdem man in südlicher Richtung der Standlinie 10 sml gesegelt, erblickte man den Feuerturm von Buchan Ness in missw. S und Kinnaird Head in missw. WNW.

Welcher Fehler im Chronometerstande folgt daraus?

(Höhen-, Längen- oder Breitenmethode.)

§ 109. Die Bestimmung des wahrscheinlichsten Schiffsortes durch Kombination von mehr als zwei Standlinien. Weil bei der Beobachtung zweier Höhen der Schiffsort als Schnittpunkt der beiden zugehörigen Standlinien bestimmt ist, so müssten, wenn noch weitere Höhen gemessen sind, unter der Voraussetzung fehlerfreier Beobachtungen alle hierzu gehörigen Standlinien durch denselben Punkt gehen. Weil aber diese Voraussetzung nicht erfüllt ist und besonders dann nicht, wenn mehrere Gestirne zur Verfügung stehen, also

des Nachts, wo die Undeutlichkeit der Kimm grössere oder kleinere Höhenfehler bewirkt, so werden im allgemeinen die Standlinien auch nicht alle sich in einem und demselben Punkte schneiden.

Beträgt die Anzahl der beobachteten Höhen drei, so bilden die Standlinien ein Dreieck.

Wenn man annehmen darf, dass die drei Höhen mit demselben Fehler behaftet sind, so ist der wahrscheinlichste Schiffsort derjenige Punkt, welcher von den drei Dreiecksseiten gleichen Abstand hat. Diese Bedingung erfüllen, wie nebenstehende Fig. 87 zeigt, im allgemeinen vier verschiedene Punkte, nämlich ausser dem Mittelpunkt S_1 des eingeschriebenen Kreises noch die durch Halbierung der Aussenwinkel entstehenden Punkte S_2 , S_3 und S_4 . Welcher von diesen vier Punkten im speziellen Falle zu nehmen ist, hängt von den

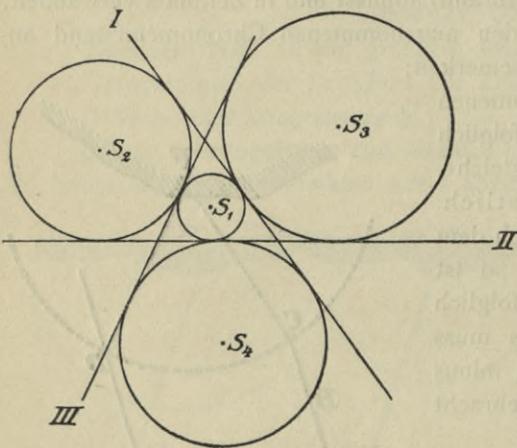


Fig. 87

Azimuthen der beobachteten Gestirne ab. Für die Praxis ist in diesem Falle dringend zu empfehlen, die drei Gestirne so auszuwählen, dass die Beobachtungen sich ziemlich gleichmässig über den Horizont verteilen, d. h. dass der Azimutunterschied möglichst je 120° beträgt. In diesem Falle wird das von den Standlinien gebildete Dreieck mehr oder weniger gleichseitig, und die Voraussetzung gleicher Fehler bei allen drei Höhen führt dann stets zur Konstruktion des Mittelpunktes des eingeschriebenen Kreises.

Beispiel.

In der Nacht vom 30. zum 31. Dezember 1905 beobachtete man in 32° S und 77° W nach einem Chronometer, dessen Stand $+10^m 11^s$ betrug, aus 5 m Augeshöhe

| | | | | |
|------------|-----------------|-----------|------------------|-------------|
| Chron.-Zt. | $5^h 39^m 11^s$ | Denebola | $11^{\circ} 18'$ | |
| » | $5 40 3$ | Achernar | $28 29$ | I.-K. o'.o. |
| » | $5 40 49$ | Aldebaran | $26 48$ | |

Welches ist der hieraus folgende wahrscheinlichste Schiffsort?

Wenn aber die in bezug auf die Gleichheit der Höhenfehler gemachte Voraussetzung nicht erfüllt ist, und man auf Grund der Beschaffenheit der Kimm an den drei in Betracht kommenden Stellen die verhältnismässige Güte der drei Höhenbeobachtungen gegeneinander abschätzen kann, so muss man im Innern des Dreiecks den wahrscheinlichsten Schiffsort nach dem Augenmass so auswählen, dass seine Abstände von den drei Seiten des Dreiecks den geschätzten Fehlern der zugehörigen Höhen proportional sind. Hierbei ist allerdings angenommen, dass die Vorzeichen der Fehler bei allen drei Höhen dieselben sind; indessen ist diese Annahme um so eher gerechtfertigt, da ein Teil des Höhenfehlers (Unsicherheit der Kimmtiefe, Instrumentalfehler und individuelle Auffassung der Deckung von Stern und Kimm) zu den sogenannten konstanten Fehlern gehört und somit alle Höhen in demselben Sinne fälscht.

Beispiel.

Welches ist der wahrscheinlichste Schiffsort in der obigen Aufgabe, wenn man annimmt, dass der Höhenfehler bei Aldebaran doppelt, derjenige bei Denebola dreimal so gross ist als bei Achernar?

Wenn mehr als drei Höhen beobachtet sind, so gilt für die Praxis dieselbe Vorschrift, die Gestirne möglichst mit gleichem Azimutunterschied auszuwählen. Da diese Forderung in Wirklichkeit nie streng erfüllt sein wird, und zwar um so weniger, je mehr Höhen beobachtet sind, so wird man von der Figur der Standlinien in der Karte auch nicht erwarten können, dass die von je zwei benachbarten Linien gebildeten Winkel einander gleich sind.

Der wahrscheinlichste Schiffsort ist dann derjenige Punkt im Innern des durch die Standlinien gebildeten Vielecks, welcher von den Standlinien möglichst gleichen Abstand hat. Der etwaigen besonderen Güte der einen oder anderen Höhe kann man auch hier dadurch Rechnung tragen, dass man den Schiffsort näher an die zu ihnen gehörigen Standlinien verlegt.

Beispiel.

Am 8. September 1905 in $53^{\circ} 53'$ N und 10° O beobachtete man nach einem Chronometer, dessen Stand $-1^m 19^s$ betrug, folgende Höhen über dem künstlichen Horizont:

| | | | | |
|------------|-----------------|----------|-------------------|-------------|
| Chron.-Zt. | $7^h 42^m 52^s$ | Atair | $90^{\circ} 0'.0$ | |
| » | $56 58$ | Arcturus | $38 57.1$ | |
| » | $8 16 15$ | Sirrah | $81 18.2$ | I.-K. o'.o. |
| » | $20 56$ | Capella | $33 32.3$ | |
| » | $26 46$ | Dubhe | $60 21.0$ | |

Welches ist der wahrscheinlichste Schiffsort?

Sechster Abschnitt.

Die astronomische Ortsbestimmung durch Breite und Länge.

Erstes Kapitel.

Die Bestimmung der Breite und Länge durch zwei Höhen (Zweihöhenproblem).

Fall I: Beide Höhen an demselben Orte beobachtet.

§ 110. **Bestimmung von Breite und Länge durch Konstruktion.** Da bei der Navigierung nach der Karte in engeren Gewässern stets eine Karte von genügend grossem Massstabe zur Verfügung steht, so ist es dort am einfachsten und den Verhältnissen

entsprechend, wenn man nach § 103 und 104 den Schiffsort durch Konstruktion als Schnittpunkt der beiden Standlinien ermittelt und dann von diesem Schnittpunkte die gesegelten Kurse und Distanzen einträgt.

Wenn aber, wie dies auf hoher See der Fall, der Massstab der Karte zu klein ist, um eine genügend genaue Konstruktion in ihr zu gestatten, so bleibt nur übrig, den Schiffsort durch seine beiden Koordinaten Breite und Länge zu bestimmen und diesen so bestimmten Schiffsort dann zum Ausgangspunkt der Besteckrechnung zu machen.

Man unterscheidet nun hier drei verschiedene Arten von Methoden, nämlich erstens solche, bei denen sowohl die Breite als auch die Länge ermittelt wird, zweitens solche, bei denen nur die Breite ermittelt wird und drittens solche, bei denen nur die Länge ermittelt wird.

Für die Ermittlung von Breite und Länge zugleich sind, da hierdurch ein Punkt bestimmt ist, zwei Standlinien, folglich auch zwei Höhen erforderlich, und man bezeichnet daher diese Aufgabe als Zweihöhenproblem.

Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden: Entweder können nämlich die beiden Höhen gleichzeitig beobachtet sein oder doch so nahe nacheinander, dass die in der Zwischenzeit stattgefundenene Versegelung nicht in Betracht kommt, oder es können auch die beiden Beobachtungen durch eine beträchtlichere Versegelung, die dann natürlich berücksichtigt werden muss, voneinander getrennt sein.

Im ersteren Falle schliesst sich das Verfahren zur Ermittlung von Breite und Länge eng an die in § 103 behandelte Bestimmung des Schiffsortes durch Kombination zweier Standlinien bei zwei an demselben Orte gemessenen Höhen an; nur geschieht die Konstruktion der Standlinien hier nicht in der Seekarte selbst, sondern auf beliebig gewähltem Papier, und zwar soll, wie überhaupt in diesem ganzen Kapitel, ausschliesslich die Höhenmethode zur Konstruktion der Standlinien benutzt werden wegen ihrer bedeutenden Vorzüge vor den anderen Methoden (siehe § 99).

Das Verfahren selbst möge zunächst an einem Beispiele erläutert werden.

Auf einem nach Besteck in $46^{\circ} 40' N$ und $38^{\circ} 26' W$ stehenden Schiffe beobachtet man zur Bestimmung der Breite und Länge zwei Gestirnhöhen. Die erste ergibt nach der Höhenmethode das Azimut $S 50^{\circ} O$ und $z' - z = 7'$, die zweite dagegen das Azimut $S 30^{\circ} W$ und $z' - z = 5'$.

Durch den beliebig niedergelegten Besteckort P (Fig. 88) legt man den Meridian ns und den Breitenparallel ow , trägt von P aus $S 50^{\circ} O$ ein, misst auf dieser Richtungslinie nach einem willkürlich gewählten Massstabe, etwa

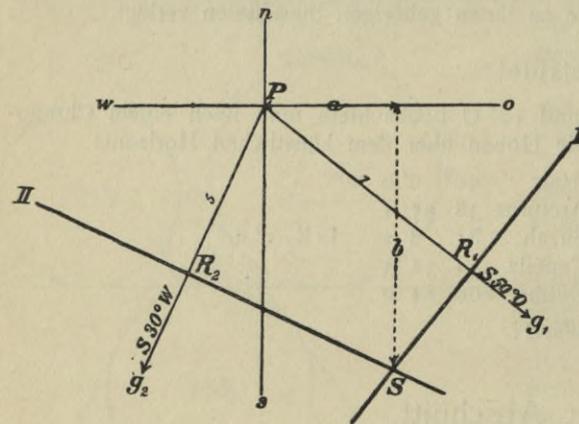


Fig. 88

$I' = 5 \text{ mm}$, $7' = 35 \text{ mm}$ ab und errichtet im Endpunkte R_1 die Standlinie I senkrecht auf PR_1 . Ebenso trägt man für die zweite Beobachtung $S 30^{\circ} W 5'$ ($= 25 \text{ mm}$) ein und errichtet im Endpunkte R_2 die Standlinie II senkrecht auf PR_2 . Dann ist der Schnittpunkt S der aus den beiden Beobachtungen folgende Schiffsort. Um Breite und Länge von S zu bestimmen, fällt man ein Lot auf PR ; dann ist b der Breitenunterschied und a die Abweichung des astronomischen Schiffsortes S gegen den Besteckort P . Durch Nachmessen findet man $b = 37 \text{ mm}$ und $a = 15 \text{ mm}$. Danach findet man

sofort den Breitenunterschied $7' S$; die Abweichung muss dagegen in Längenunterschied verwandelt werden durch Multiplikation mit $\sec \varphi$ nach der bekannten Methode mit Hilfe der Gradtafel. Danach findet man den Längenunterschied $\frac{15 \sec 47^\circ}{5} = 4' O$.

Man hat also:

$$\begin{array}{r} \text{Besteckort } \varphi = 46^\circ 40' N; \quad \lambda = 38^\circ 26' W \\ \quad \quad \quad b = \quad \quad 7' S; \quad \quad l = \quad \quad 4' O \\ \hline \text{Astron. Ort } \varphi = 46^\circ 33' N; \quad \lambda = 38^\circ 22' W. \end{array}$$

Zur grösseren Erleichterung der Konstruktion sind im Buchhandel besonders hierfür eingerichtete Diagramme zu haben. Bei Anwendung von liniertem Papier kann der Abstand zweier Linien oder die Hälfte desselben bequem als Einheit genommen werden.

Aufgaben.

Es sollen in den Aufgaben von § 103 nach dem obigen Verfahren Breite und Länge gefunden werden.

§ 111. **Bestimmung der Breite und Länge durch Rechnung.** Man kann auch die in § 110 behandelte Konstruktion durch Rechnung ersetzen. Man verfährt dann so, dass man vom Besteckort P (Fig. 88) aus PR_2 und R_2S koppelt und dadurch den Gesamtbreitenunterschied b sowie die Gesamtabweichung a findet, welche dann wieder in der bekannten Weise den Längenunterschied von S gegen P ergibt.

An sich ist es natürlich gleichgültig, ob man von P nach S über R_2 oder über R_1 koppelt; doch ist es aus einem später ersichtlichen Grunde einfacher, stets den Weg über die kleinere Differenz $z' - z$ resp. $z - z'$ zu wählen.

Was nun die beiden zu koppelnden Strecken PR_2 und R_2S anbetrifft, so ist die erstere nach Richtung und Länge direkt bekannt. Von R_2S ist jedoch nur die Richtung gegeben durch die Tatsache, dass $R_2S \perp PR_2$ steht, ein Umstand, der beim Koppeln die Benutzung derselben Seite der Gradtafel gestattet. Die Länge R_2S ergibt sich aber einfach aus folgender Betrachtung:

Bezeichnet man die kleinere Differenz der Zenitdistanzen in Fig. 89 PR_2 mit d , die grössere PR_1 mit D , und den bekannten Winkel zwischen d und D mit w , so ist, wenn man $PA \parallel R_1S$ zieht, $\sphericalangle PAS$ ebenfalls gleich w . Fällt man dann noch $SB \perp PA$, so ist

$$\begin{aligned} R_2S &= AS - AR_2 \\ &= D \cdot \operatorname{cosec} w - d \cdot \operatorname{cotg} w. \end{aligned}$$

Diese Differenz ist stets positiv, weil sowohl $D > d$, als auch $\operatorname{cosec} w > \operatorname{cotg} w$; folglich muss man beim Koppeln von R_1S stets diejenige Richtung nehmen, welche in das Feld des Winkels w führt.

Die Werte der beiden Glieder sind in Tafel 30 berechnet für alle Werte von D resp. d bis 15 und für alle Werte von w zwischen 30° und 150° unter Berücksichtigung der Vorzeichen. Man braucht daher nur die den beiden Teilen der Tafel, Tafel A und B, entnommenen Werte algebraisch zu addieren, so erhält man die Strecke R_2S .

Aufgaben.

Es sollen in den Aufgaben von § 103 nach dem obigen Verfahren Breite und Länge gefunden werden.

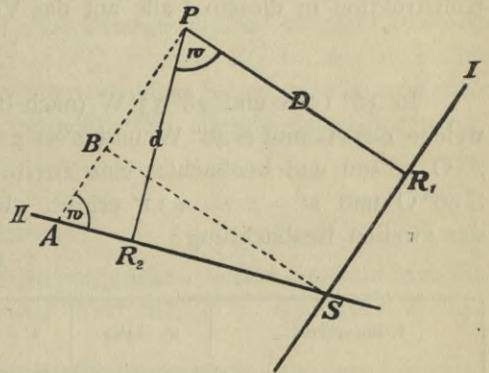


Fig. 89

Fall II: Beide Höhen an verschiedenen Orten beobachtet.

§ 112. **Bestimmung von Breite und Länge durch Konstruktion.** Wenn in dem Besteckorte P_1 (Fig. 90) die erste Höhe beobachtet ist, welche die Standlinie I liefert, darauf eine Versegelung stattfindet, welche nach Kurs und Distanz durch P_1P_2 dargestellt wird, und endlich in dem zweiten Besteckorte P_2 die zweite Höhe beobachtet ist, welche die Standlinie II liefert, so muss die erste Standlinie I um die Versegelung parallel mit sich selbst verschoben werden, indem man $CE \parallel P_1P_2$ zieht und durch E eine Parallele zu Standlinie I zieht. Dann ist der Schnittpunkt S_2 dieser punktiert gezeichneten verschobenen ersten Standlinie mit der Standlinie II der Schiffsort bei der zweiten Beobachtung.

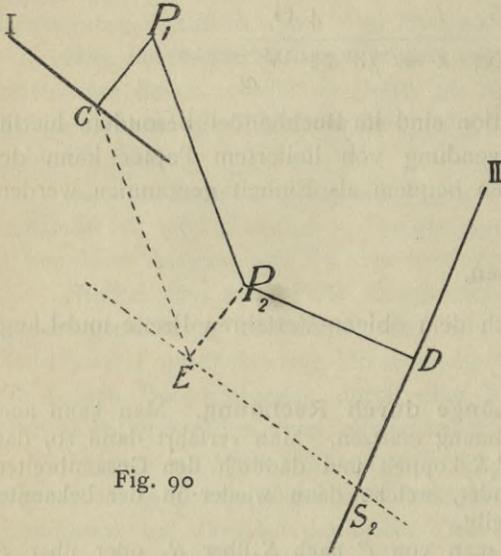


Fig. 90

Man gelangt aber zu demselben Schiffsorte, wenn man die für den ersten Besteckort P_1 berechneten Grössen »Azimut« und »Differenz der Zenitdistanzen« direkt zur Konstruktion der Standlinie von P_2 aus verwendet.

Wenn also die beiden Höhen an zwei verschiedenen Orten beobachtet sind, so berechnet man für jeden Besteckort nach der Höhenmethode Azimut und Differenz der

Zenitdistanzen, konstruiert dann aber beide Standlinien vom zweiten Besteckorte P_2 aus, so ist der Schnittpunkt der Schiffsort bei der zweiten Beobachtung. Es ist also die Konstruktion in diesem Falle auf das Verfahren von Fall I zurückgeführt.

Beispiel.

In $36^{\circ} 15' S$ und $28^{\circ} 33' W$ (nach Besteckrechnung) ist eine Gestirns Höhe beobachtet, welche das Azimut $S 40^{\circ} W$ und $z' - z = + 6'$ ergibt. Darauf segelt man rechtweisend SSO 20 sml und beobachtet eine zweite Höhe, welche mit diesem Besteckorte das Azimut $S 80^{\circ} O$ und $z' - z = + 11'$ ergibt. In welcher Breite und Länge steht das Schiff bei der zweiten Beobachtung?

Aufgaben.

| I. Besteckort | w. Azim. | $z' - z$ | rectw. Kurs und Distanz | w. Azim. | $z' - z$ |
|--|------------------|----------|--------------------------|------------------|----------|
| $39^{\circ} 27' S$ $65^{\circ} 33' O$ | $N 39^{\circ} O$ | $+ 6'$ | WSW 14 sml | $N 45^{\circ} W$ | $- 8'$ |
| $35^{\circ} 50' N$ $128^{\circ} 41' W$ | $S 86^{\circ} O$ | $- 7'$ | OSO $\frac{1}{2} O$ 18 » | $S 12^{\circ} O$ | $+ 5'$ |
| $42^{\circ} 54' S$ $151^{\circ} 39' O$ | $N 22^{\circ} W$ | $+ 8'$ | WzS 21 » | $S 45^{\circ} W$ | $+ 7'$ |
| $54^{\circ} 16' S$ $79^{\circ} 18' W$ | $N 85^{\circ} O$ | $- 9'$ | SSO $\frac{1}{2} O$ 10 » | $S 16^{\circ} O$ | $+ 3'$ |
| $44^{\circ} 10' N$ $52^{\circ} 1' W$ | $S 54^{\circ} W$ | $- 6'$ | WzN 12 » | $S 51^{\circ} O$ | $- 10'$ |
| $37^{\circ} 21' N$ $10^{\circ} 42' W$ | $N 45^{\circ} W$ | $+ 3'$ | OzN 14 » | $S 68^{\circ} W$ | $+ 7'$ |
| $23^{\circ} 29' S$ $58^{\circ} 38' O$ | $S 19^{\circ} O$ | $+ 11'$ | SO $\frac{1}{2} O$ 15 » | $N 79^{\circ} O$ | $- 4'$ |
| $14^{\circ} 39' S$ $54^{\circ} 22' O$ | $N 67^{\circ} W$ | o | NWzW 11 » | $N 58^{\circ} O$ | $+ 5'$ |

§ 113. **Bestimmung von Breite und Länge durch Rechnung.** Nachdem für den Fall der Höhenbeobachtung an zwei verschiedenen Orten die Konstruktion auf den Fall der Beobachtung beider Höhen an demselben Orte zurückgeführt ist, ist ohne weiteres klar, dass

auch die Rechnung sich hier ebenso gestalten muss wie bei zwei an demselben Orte beobachteten Höhen.

Als Beispiele mögen die Beispiele von § 112 dienen.

§ 114. Die Zuverlässigkeit des Zweihöhenproblems. In § 101 und 102 haben wir gesehen, dass die bei der Konstruktion einer Standlinie auftretenden Fehlerquellen, wenn man von dem Chronometerfehler absieht, erstens in dem Fehler der Zenitdistanzen, zweitens in dem Fehler des Azimuts, drittens in der Annahme, dass die Standlinie eine gerade Linie ist, und viertens in der Voraussetzung beruhen, dass man das Stück $z' - z$ resp. $z - z'$ in Mercators Karte als Gerade auffassen kann. Bei der Untersuchung des Einflusses dieser Fehlerquellen auf das Zweihöhenproblem zeigt sich nun, dass die drei letzten dadurch unschädlich gemacht werden können, dass man eine Wiederholung der Rechnung vornimmt, bei welcher der aus der ersten Rechnung folgende Schiffsort als verbesserter Besteckort der Rechnung zugrunde gelegt wird. Dagegen wird der erste jener vier Fehler in den Zenitdistanzen durch eine solche Wiederholung nicht berührt, und wir haben daher den Einfluss desselben auf den Schiffsort als den Schnittpunkt der beiden Standlinien näher ins Auge zu fassen.

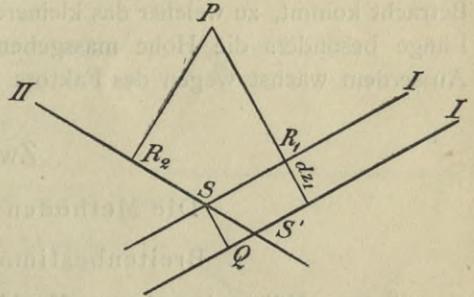


Fig. 91

Wenn in obenstehender Fig. 91 P den Besteckort bedeutet, für welchen die Werte $z'_1 - z_1$ und $z'_2 - z_2$ sowie die zugehörigen Azimute a_1 und a_2 berechnet sind, so ist der Schnittpunkt S der beiden Standlinien der Schiffsort. Nimmt man nun bei der ersten Beobachtung einen Fehler in der Zenitdistanz von dem Betrage dz_1 an, so rückt dadurch der Schiffsort von S nach S' . Fällt man nun $SQ \perp S'Q$, so dass $SQ = dz_1$ ist, so ist $\sphericalangle SS'Q = \sphericalangle R_1 P R_2$, weil beide denselben Supplementwinkel haben, also auch gleich $a_1 \pm a_2$, je nachdem die Beobachtungen in zwei benachbarten oder in demselben (resp. entgegengesetzten) Quadranten liegen. Mithin

$$SS' = \frac{dz_1}{\sin(a_1 \pm a_2)}$$

Der durch einen Fehler in der ersten Höhe hervorgerufene Fehler im Schiffsort ist also am kleinsten, wenn der Nenner seinen grössten Wert hat, d. h. wenn der Winkel zwischen den beiden Peilungen 90° beträgt.

Dasselbe Resultat ergibt sich natürlich für den Einfluss eines Fehlers der anderen Höhe.

Für die Grösse des Fehlers im Schiffsort ist also nur der Winkel zwischen den Peilungen, dagegen nicht die Werte der beiden Azimute selber massgebend.

Anders gestaltet sich die Sache jedoch, wenn nicht sowohl der Gesamtfehler des Schiffsortes, als vielmehr der Fehler in Breite und in Länge gesondert Gegenstand der Frage ist. Konstruiert man zu der Distanz SS' der nebenstehenden Fig. 92 das Kursdreieck SRS' , so ist $RS = d\varphi$ und $RS' = d\lambda \cdot \cos \varphi$. Da ausserdem $\sphericalangle RS'S = a_2$ ist, so folgt

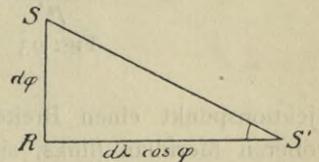


Fig. 92

$$d\varphi = SS' \cdot \sin a_2 = \frac{dz_1 \sin a_2}{\sin(a_1 \pm a_2)} \text{ und}$$

$$d\lambda = SS' \cdot \cos a_2 \cdot \sec \varphi = \frac{dz_1 \cos a_2}{\sin(a_1 \pm a_2)} \sec \varphi.$$

In entsprechender Weise würde man erhalten als Einfluss eines Fehlers in der anderen Zenitdistanz auf die Breite resp. Länge

$$d\varphi = \frac{dz_2 \sin a_1}{\sin(a_1 \pm a_2)} \text{ und}$$

$$d\lambda = \frac{dz_2 \cos a_1}{\sin(a_1 \pm a_2)} \sec \varphi.$$

Man sieht hieraus, dass für die Genauigkeit der Breite besonders diejenige Höhe in Betracht kommt, zu welcher das kleinere Azimut gehört, und das für die Genauigkeit der Länge besonders die Höhe massgebend ist, deren Azimut am nächsten bei 90° liegt. Ausserdem wächst wegen des Faktors $\sec \varphi$ der Fehler in Länge mit zunehmender Breite.

Zweites Kapitel.

Die Methoden der Breitenbestimmung.

I. Breitenbestimmung durch Meridianhöhen.

§ 115. **Höhen im oberen Meridian.** Im allgemeinen liefert eine einzige Höhe weder Breite noch Länge, sondern die Standlinie als diejenige Gerade, auf welcher sich das Schiff zufolge der Höhenbeobachtung irgendwo befindet. Nur in besonderen Fällen ist es möglich, aus einer Höhe Breite oder Länge zu bestimmen.

Wenn z. B. das rechtweisende Azimut eines beobachteten Gestirns Nord oder Süd ist, dasselbe also im Meridian steht, so verläuft die Standlinie in der Richtung Ost-West. Sie fällt also mit dem Breitenparallel zusammen und bestimmt daher für diesen Fall direkt die Breite des Beobachtungsortes.

In der nebenstehenden, die Erde darstellenden Figur 93 möge der in der Ebene des Papiers liegende Kreis den Meridian des Beobachtungsortes o bezeichnen. Derselbe wird durch die Erdachse in zwei Halbkreise geteilt, in den oberen, linksliegenden Meridian, welcher den Beobachtungsort enthält, und in den unteren, rechtsliegenden.

Zufolge der scheinbaren täglichen Bewegung der Gestirne von Ost nach West parallel zum Äquator beschreibt der Pro-

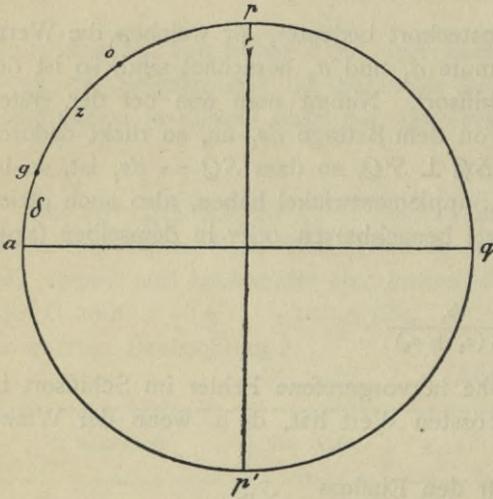


Fig. 93

jektionspunkt einen Breitenparallel und gelangt während eines Tages einmal in den oberen Meridian (links, siehe Fig. 93) und einmal in den unteren Meridian (rechts, in Fig. 93 nicht eingezeichnet).

Ist nun die Höhe eines Gestirns im oberen Meridian beobachtet, so gelangt man zu der dazu gehörenden Meridianfigur in der folgenden Weise:

Man setzt zunächst von a aus die Deklination nach oben oder nach unten ab, je nachdem dieselbe Nord oder Süd ist; so erhält man den Projektionspunkt g . Da der Abstand des Schiffsortes von diesem Projektionspunkte gleich der Zenitdistanz ist, so trägt man im Meridian von g aus die Zenitdistanz ab, und zwar nach oben (Nord), wenn die Höhe über dem Südpunkte beobachtet ist, oder mit anderen Worten, wenn die Höhe den Namen Süd hat, dagegen nach unten (Süd), wenn die Höhe den Namen Nord hat.

Für die Rechnung führt dies zu der

Regel: Gib der Zenitdistanz den entgegengesetzten Namen der Höhe, so ist die Breite gleich der algebraischen Summe von Zenitdistanz und Deklination.

Beispiel.

Am 21. Oktober 1905 in $50^{\circ} 13' N$ und $36^{\circ} W$ beobachtet man aus 5 m Augeshöhe $\odot 28^{\circ} 56' S$, I.-K. + 2'.5.

$$\begin{array}{r} \text{W. Ozt. } 0^h \ 0^m \ \text{Nm } 21/10 \\ \text{Länge } 2 \ 24 \ \text{W} \\ \hline \text{W. Grw. Zt. } 2^h \ 24^m \ \text{Nm } 21/10 \\ \odot \delta \ 10^{\circ} \ 33'.4 \ \text{S} \\ 2.4 \cdot 0.89 = \quad 2.1 \\ \hline 10^{\circ} \ 35'.5 \ \text{S} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \odot 28^{\circ} \ 56' \ \text{S} \\ + 2.5 \\ \hline 28^{\circ} \ 58'.5 \\ \text{Ges.-Korr. } + 10.5 \\ \hline \text{wh } 29^{\circ} \ 9'.0 \ \text{S} \\ z = 60 \ 51.0 \ \text{N} \\ \delta = 10 \ 35.5 \ \text{S} \\ \hline \varphi = 50^{\circ} \ 15'.5 \ \text{N} \end{array}$$

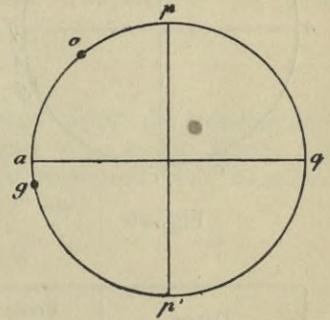


Fig. 94

Aufgaben.

| Datum | Breite nach Besteck | Länge | Ablesung | Augeshöhe | I.-K. | Breite |
|---------------|------------------------|----------------|-------------------------------|-----------|---------|--------|
| 3. Jan. 1905 | $43^{\circ} 20' S$ | $95^{\circ} O$ | $\odot 69^{\circ} 10' N$ | 6,5 m | -3' | |
| 28. Juni 1905 | $40^{\circ} 50' S$ | $45^{\circ} W$ | $\odot 25^{\circ} 47' 30'' N$ | 5,5 » | +1'30'' | |
| 15. Dez. 1905 | $10^{\circ} 10' S$ | $33^{\circ} W$ | $\odot 76^{\circ} 39' 20'' S$ | 6 » | +2'10'' | |
| 19. Aug. 1905 | $35^{\circ} S$ | $39^{\circ} O$ | Spica $65^{\circ} 44' N$ | 7 » | -2' | |
| 14. Okt. 1905 | $55^{\circ} 30' N$ | $25^{\circ} W$ | $\odot 26^{\circ} 8' S$ | 6,5 » | +1' | |
| 3. Juli 1905 | $22^{\circ} 14' N$ | $26^{\circ} W$ | Saturn $46^{\circ} 18' N$ | 6 » | 0 | |

§ 116. Höhen im unteren Meridian.

In diesem Falle ist die Breite stets mit der Deklination gleichnamig. Man setzt auf dem rechten Meridian der Figur 95 die Deklination von φ aus nach oben oder unten ab, je nachdem dieselbe Nord oder Süd ist und trägt von dem so entstehenden Projektionspunkt g aus die Zenitdistanz z über den Pol hinüber auf dem Meridian ab, so erhält man den Beobachtungsort o .

Für die Rechnung führt dies Verfahren zu der

Regel: Addiere die Zenitdistanz und die Deklination und subtrahiere die Summe von 180° , so erhält man die Breite.

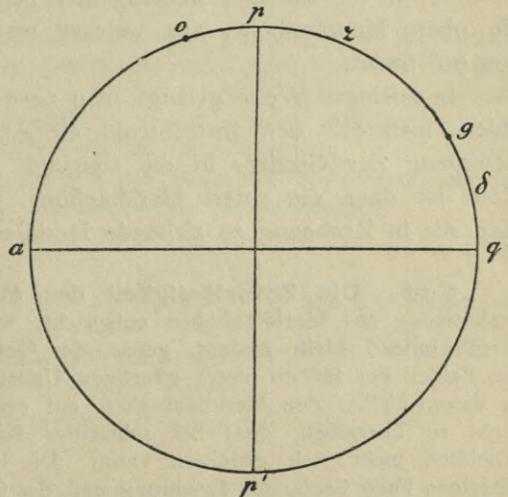


Fig. 95

Beispiel.

Am 4. zum 5. Dezember 1905 in $70^{\circ} 10' S$ und $70^{\circ} O$ beobachtete man aus 6 m Augeshöhe $\odot 3^{\circ} 18'$ im unteren Meridian, I.-K. + 2'.

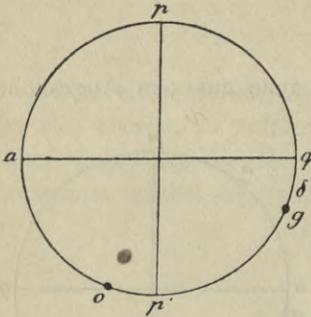


Fig. 96

| |
|-----------------------------------|
| W. Ozt. $12^h 0^m Nm 4/12$ |
| Länge $4 40 O$ |
| W. Gr. Zt. $7^h 20^m Nm 4/12$ |
| $\odot \delta 22^{\circ} 11'.8 S$ |
| $7.3 \cdot 0.33 = 2.4$ |
| $22^{\circ} 14'.2 S$ |

| |
|-----------------------|
| $\odot 3^{\circ} 18'$ |
| I.-K. + 2' |
| $3^{\circ} 20'$ |
| Ges.-Korr. — 34.1 |
| $h = 2^{\circ} 45'.9$ |
| $z = 87 14.1$ |
| $\delta = 22 14.2 S$ |
| $109^{\circ} 28'.3$ |
| $q = 70 31.7 S$ |

Aufgaben.

| Datum | Breite nach Besteck | Länge | Ablesung | Augeshöhe | I.-K. | Breite |
|----------------|------------------------|-----------------|----------------------------|-----------|-------|--------|
| 20. Juni 1905 | $70^{\circ} 20' N$ | $9^{\circ} W$ | $\odot 4^{\circ} 15'$ | 6 m | + 40" | |
| 4. Dez. 1905 | $70^{\circ} 15' S$ | $176^{\circ} O$ | $\odot 3^{\circ} 18' 10''$ | 5.5 » | — 30" | |
| 26. Dez. 1905 | $76^{\circ} 11' S$ | $168^{\circ} W$ | $\odot 9^{\circ} 38'$ | 5 » | o | |
| 11. Juni 1905 | $56^{\circ} 30' N$ | $32^{\circ} W$ | Capella $12^{\circ} 38'$ | 7 » | + 1' | |
| 18. Febr. 1905 | $72^{\circ} 31' N$ | $33^{\circ} O$ | $\odot 5^{\circ} 45'$ | 6,5 » | o | |

§ 117. Die Beobachtung von Meridianhöhen. Da infolge der täglichen scheinbaren Drehung der Himmelskugel die Gestirne sich in ihrem Deklinationsparallel zu bewegen scheinen, so folgt aus Figur 44, dass ein Gestirn die grösste Höhe erreicht, wenn es im oberen, dagegen die kleinste, wenn es im unteren Meridian steht. Man erhält also die für die Meridianbreiten im oberen Meridian in Betracht kommende Meridianzenitdistanz, indem man durch Einstellungen des Instrumentes vor den Kulminationen die Zunahme der Höhen verfolgt, bis die steigende Bewegung des Gestirns in die fallende überzugehen beginnt. Die grösste erreichte Höhe ist dann die obere Meridianhöhe, aus welcher man die Meridianzenitdistanz durch Subtraktion von 90° findet.

In analoger Weise gelangt man zu der Höhe eines Gestirns im unteren Meridian, indem man mit dem Instrumente die Abnahme der Höhen verfolgt, bis die fallende Bewegung des Gestirns in die steigende überzugehen beginnt. Die kleinste erreichte Höhe ist dann die untere Meridianhöhe. Durch Subtraktion derselben von 90° erhält man die in Rechnung zu ziehende Meridianzenitdistanz.

§ 118. Die Zuverlässigkeit der Meridianbreiten. Die Genauigkeit der Breitenbestimmung aus Meridianhöhen entspricht, wenn man die Unsicherheit der Deklination als verschwindend klein ansieht, genau der Genauigkeit der beobachteten Höhe. Wenn man die Fehler der Höhen unter günstigen Umständen auf 1' bis 2' schätzt, so würde man also in diesen Fällen den Meridianbreiten auf etwa 1' bis 2' trauen dürfen; indessen ist hierbei nicht zu übersehen, dass bei schlechter Kimm die Fehlergrenze leicht bis 5' und noch erheblich mehr sich erweitern kann. Die Schätzung des Genauigkeitsgrades ist in jedem einzelnen Falle Sache der Erfahrung und des Gefühls. Zur Eliminierung der den Beobachtungen über einer schlechten Kimm anhaftenden zufälligen Beobachtungsfehler ist bei einem einzigen

zur Verfügung stehenden Gestirn, abgesehen von dem Falle, dass die Höhen selbst in unmittelbarer Nähe des Meridians sich noch sehr schnell ändern (Breite und Deklination klein) eine Reihe von mehreren voneinander unabhängigen Einstellungen zu empfehlen, wobei angenommen wird, dass die Kimm ebensoviel zu hoch als zu tief aufgefasst ist, mithin das Mittel der Ablesungen der Lage der wirklichen Kimm annähernd entspricht. Es braucht hierbei indessen wohl kaum erwähnt werden, dass die einzelnen Messungen sich nicht so weit vom Meridian entfernen dürfen, dass die von der täglichen Bewegung des Gestirns herrührende Höhenänderung merklich wird. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, wenn es in einem solchen Falle auf die Erreichung grösstmöglicher Genauigkeit ankommt, die Chronometerzeit der Kulmination voraus zu berechnen, um dann möglichst schnell nacheinander ein paar Höhenmessungen anzustellen.

Beispiel.

Am 13. September 1905 wollte man in ungefähr $33^{\circ} 8' S$ und $29^{\circ} 45' W$ die Meridianhöhe des Jupiter beobachten. Da die Kimm sehr schlecht ist, beschliesst man, in der Minute der Kulmination mehrere Messungen zu machen. Zu welcher Chronometerzeit sind dieselben anzustellen, wenn der ziemlich zuverlässige Chronometerstand $+ 13^m$ war?

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Mittl. Ozt. der Kulm. | $4^h 52^m Mg 13/9$ |
| Länge | $1 59 W$ |
| <hr/> | |
| Mittl. Grw. Zt. der Kulm. | $6^h 51^m Mg 13/9$ |
| | $- 13$ |
| <hr/> | |
| Chron.-Zt. der Kulm. | $6^h 38^m$ |

Man beobachtete demnach von Chron.-Zt. $6^h 37^m 5$ bis $6^h 38^m 5$ aus 6 m Augeshöhe folgende Kimmabstände:

| | |
|-------------|----------------------|
| 24 | $36^{\circ} 27' N$ |
| | 34 |
| | 26 |
| | 29 |
| | 32 |
| <hr/> | |
| | $36^{\circ} 29'.6 N$ |
| Ges.-Korr. | $- 5.6$ |
| <hr/> | |
| | $36^{\circ} 24'.0 N$ |
| $z =$ | $53 36.0 S$ |
| $\delta =$ | $20 23.5 N$ |
| <hr/> | |
| $\varphi =$ | $33^{\circ} 12'.5 S$ |

Um auch die systematischen Fehler der Höhenbeobachtung, besonders die Abweichung der stattfindenden Kimmtiefe von ihrem Tafelwerte, welche allen Messungen anhaften und daher durch Vervielfältigung der Beobachtung in der gedachten Art nicht zum Verschwinden gebracht werden, unschädlich zu machen, muss man Meridianhöhen über dem Nord- und Südpunkt des Horizontes kombinieren. Doch müssen, wenn die einzelnen Beobachtungen durch grössere Zwischenzeiten getrennt sind, die resultierenden Breiten mit Hilfe der Besteckrechnung auf dieselbe Zeit reduziert werden, am besten auf die Zeit der letzten Beobachtung.

Beispiel.

Am 20. Oktober 1905 beobachtete man in etwa $15^{\circ} S$ und $33^{\circ} W$ aus 6 m Augeshöhe gegen 9^h abends

| | |
|-----------|---|
| Fomalhaut | $\approx 74^{\circ} 56' S$, 8 Minuten später |
| Markab | $\approx 60 27 N$, 3 Minuten später |
| Sirrah | $\approx 46 35 N$ und $1^h 30^m$ später |
| Achernar | $\approx 47 43 S$ |

Der Kurs war rechth. $S 5^{\circ} W$, die stündliche Fahrt betrug 10 kn.

| Fomalhaut * 74° 56' S Ges.-Korr. — 5 | Markab * 60° 27' N — 5 | Sirrah * 46° 35' N — 5 | Achernar * 47° 43' S — 5 |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 74° 51' S | 60° 22' N | 46° 30' N | 47° 38' S |
| $z = 15\ 9\ N$ | $z = 29\ 38\ S$ | $z = 43\ 30\ S$ | $z = 42\ 22\ N$ |
| $\delta = 30\ 7\ S$ | $\delta = 14\ 42\ N$ | $\delta = 28\ 34\ N$ | $\delta = 57\ 43\ S$ |
| $\varphi = 14^{\circ} 58' S$ | $\varphi = 14^{\circ} 56' S$ | $\varphi = 14^{\circ} 56' S$ | $\varphi = 15^{\circ} 21' S$ |
| $b = 17\ S$ | $b = 15\ S$ | $b = 15\ S$ | |
| $\varphi = 15^{\circ} 15' S$ | $\varphi = 15^{\circ} 11' S$ | $\varphi = 15^{\circ} 11' S$ | |

Danach folgt aus den Höhen über dem Südhorizont

$$\varphi = \frac{15^{\circ} 15' + 15^{\circ} 21'}{2} = 15^{\circ} 18' S$$

und aus denjenigen über dem Nordhorizont $\varphi = \frac{15^{\circ} 11' + 15^{\circ} 11'}{2} = 15^{\circ} 11' S$

Wahrscheinlicher Wert $\varphi = 15^{\circ} 15'.5\ S$ um 10^h 40^m Abd.

II. Breitenbestimmung durch Nebenmeridianhöhen (Nebenmeridianbreiten).

§ 119. **Erklärung der Methode.** Aus § 115 ist bekannt, dass ohne Kenntnis der Länge eine genaue Bestimmung der Breite nur möglich ist, wenn die Standlinie in der Richtung Ost-West verläuft, d. h. mit dem Breitenparallel zusammenfällt oder mit anderen Worten, wenn das Gestirn im Meridian steht.

Wenn das Azimut klein ist, d. h. die Standlinie mit dem Breitenparallel einen kleinen Winkel bildet, so ändert sich die Breite im Verlauf der Standlinie langsam, und es kann daher die angenommene Länge schon ziemlich falsch sein, ohne dass hieraus ein grösserer Fehler in der zugehörigen Breite resultiert.

Auf diesem Umstande beruht die Methode der Breitenbestimmung durch Nebenmeridianhöhen.

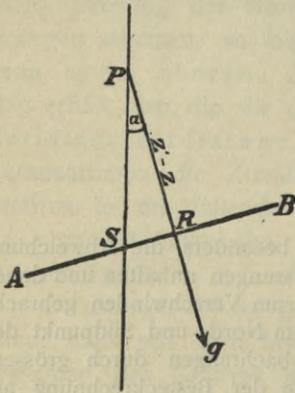


Fig. 97

Wenn in Fig. 97 P den Besteckort mit der Breite φ' und der Länge λ' bezeichnet, so berechnet man für diesen Besteckort nach der bekannten Höhenmethode die Differenz $z' - z$ resp. $z - z'$ und denkt sich die zugehörige Standlinie AB , welche der Nebenmeridianhöhe entspricht, konstruiert, so steht das Schiff zufolge dieser Höhenbeobachtung auf der Linie AB . Sieht man die Bestecklänge λ' des Punktes P als richtig an, so steht es also zweitens auf dem durch P gelegten Meridian, mithin im Punkte S . Die an die Besteckbreite φ' anzubringende Korrektur b ist dann im $\triangle PSR$ bestimmt durch die Gleichung

$$b = (z' - z) \sec a.$$

Man findet b entweder mit Hilfe der Gradtafel, indem man mit dem Azimut als Kurswinkel und mit $z' - z$ resp. $z - z'$ in die b -Spalte eingeht und dann PS aus der d -Spalte entnimmt oder noch bequemer mit Hilfe von Tafel 28 der nautischen Tafelsammlung.

Beispiel 1.

Am 8. Juli 1905 nahe dem Mittag in $26^{\circ} 25' S$ und $44^{\circ} 45' W$ wurde aus 7 m Augeshöhe wie folgt beobachtet. I.-K. $+ 1' 30''$. Das Chronometer war am 8. Juli im mittleren Greenwicher Mittag $6^m 16^s$ gegen mittlere Greenwicher Zeit voraus und verlor täglich $0^s 9$.

Chron.-Zt. 3^h 18^m 21^s
 Stand + 6 16

 Mittl. Grw. Zt. 3^h 24^m 37^s Nm 8/7

⊙ δ 8/7
 22° 32' N
 3.4 · 0.28 1.0

 22° 31' N

e 8/7
 + 4^m 44^s
 3.4 · 0.4 1

 + 4^m 45^s

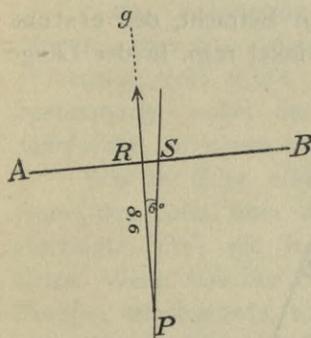


Fig. 98

⊙ 40° 45'
 I.-K. + 1'.5
 Ges.-Korr. + 10'.1

 w ⊙ h 40° 56'.6
 z = 49 3.4

 A — 5.44
 B — 4.56
 C — 10.0
 W. Azim. N 6° W

sem x = sem t · cos φ · cos δ · sec (φ — δ)
 sec z = sec (φ — δ) · sec x.

Mittl. Grw. Zt. 3^h 24^m 37^s Nm
 Länge 2 59 0 W

Mittl. Ozt. 0^h 25^m 37^s
 — e = — 4 45

⊙ t 0^h 20^m 52^s W log sem 7.3162
 φ 26° 25' S log cos 9.9521
 δ 22 31 N log cos 9.9656

 φ — δ 48° 56' log sec 0.1825 log sec 0.1825
 x log sem 7.4164 log sec 0.0023
 z' = 49° 12' log sec 0.1848
 z = 49 3.4

 z' — z = + 8'.6
 Besteckbreite 26° 25' S
 b 9 N

 φ = 26° 16' S

Beispiel 2.

Am 30. September 1905 nachmittags in 45° 42' S und 105° 17' O wurde aus 7 m Augeshöhe beobachtet wie folgt; I.-K. o. Das Chronometer war am 30. September im mittleren Greenwicher Mittag 24^m 16^s gegen mittlere Greenwicher Zeit zurück und verlor täglich 2^s.3.

Chron.-Zt. 11^h 48^m 42^s
 Stand + 24 16

 Mittl. Grw. Zt. 0^h 12^m 58^s Nm 30/9

* Canopus 10° 5' (nahe d. unteren Meridian.)
 I.-K. 0
 Ges.-Korr. — 10

 w * h 9° 55'

 A + 2.60
 B + 3.56
 C + 6.16
 W. Azim. S 13° O

m ⊙ α
 12^h 34^m 15^s
 2

 12^h 34^m 17^s

sem x = sem t · cos φ · cos δ · sec (φ — δ)
 sec z = sec (φ — δ) · sec x.

Mittl. Grw. Zt. 0^h 12^m 58^s Nm
 Länge 7 1 8 O

* α
 6^h 21^m 52^s

Mittl. Ozt. 7^h 14^m 6^s Nm
 m ⊙ α 12 34 17

* δ
 52° 38'.4 S

Sternzeit 19^h 48^m 23^s

* α 6 21 52

* t 10^h 33^m 29^s O

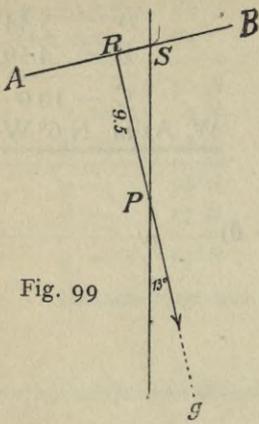


Fig. 99

| | | |
|--------------------------------|------------------------------|----------------|
| $* t \ 10^h \ 33^m \ 29^s \ O$ | log sem 9.9844 | |
| $\varphi \ 45^0 \ 42' \ S$ | log cos 9.8441 | |
| $\delta \ 52 \ 38 \ S$ | log cos 9.7831 | |
| $\varphi - \delta \ 6^0 \ 56'$ | log sec 0.0032 | log sec 0.0032 |
| | $x \log \text{sem} \ 9.6148$ | log sec 0.7539 |
| | $z' = 79^0 \ 55'.5$ | log sem 0.7571 |
| | $z = 80 \ 5$ | |
| $z' - z = -9'.5$ | | |

$$\begin{aligned} \text{Besteckbreite} &= 45^0 \ 42' \ S \\ b &= 10' \ N \\ \hline \varphi &= 45^0 \ 32' \ S \end{aligned}$$

§ 120. Die Zuverlässigkeit der Nebenmeridianbreiten. Für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Nebenmeridianbreiten kommt der Einfluss in Betracht, den erstens ein Fehler in der Höhe und zweitens ein Fehler im Stundenwinkel resp. in der Länge auf die Breite ausübt.

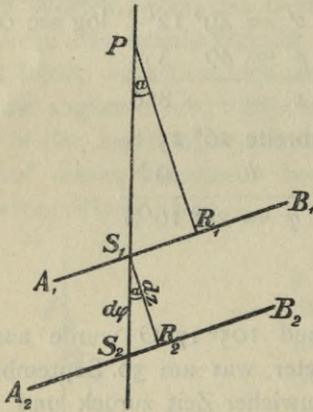


Fig. 100

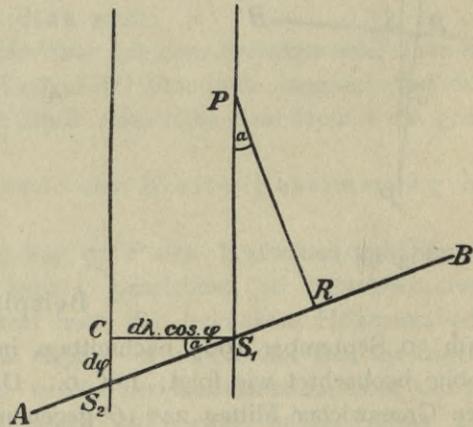


Fig. 101

Wenn die Höhe oder mit anderen Worten die Zenitdistanz um das Stück dz falsch ist, so rückt die Standlinie aus der Lage A_1B_1 (Fig. 100) in die Lage A_2B_2 und der astronomische Schiffsort von S_1 nach S_2 . Bezeichnet man den durch dz hervorgerufenen Breitenfehler S_1S_2 mit $d\varphi$, so ist aus Fig. 100 leicht zu erkennen, dass

$$d\varphi = dz \cdot \sec a.$$

Aus dieser Gleichung folgt:

Ein Fehler in der Höhe geht vergrößert in die Breite über, und zwar um so mehr, je grösser das Azimut ist. (Bei Meridianbreiten ist $d\varphi = dz$.)

Um den Einfluss eines Fehlers im Stundenwinkel oder, was dasselbe ist, in der Länge zu ermitteln, denkt man sich in Fig. 101 ausser dem durch den Besteckort P gehenden Meridian noch einen zweiten um die Längendifferenz $d\lambda$ westlicher gelegenen Meridian gezogen, der die Standlinie AB in S_2 schneidet. Dann ist der horizontale Abstand $S_1C = d\lambda \cdot \cos \varphi$.

Setzt man $GR = u$, so ist

$$\begin{aligned} \cos(z-v) \cdot \cos u &= \cos z \\ (\cos z \cdot \cos v + \sin z \cdot \sin v) \cos u &= \cos z. \end{aligned}$$

Dividiert man beide Seiten durch $\cos z$, so erhält man

$$(\cos v + \operatorname{tang} z \cdot \sin v) \cos u = 1.$$

Da v sehr klein ist, kann man setzen

$$\begin{aligned} \cos v &= 1 \text{ und } \sin v = v \cdot \sin 1'; \text{ mithin} \\ (1 + \operatorname{tang} z \cdot v \cdot \sin 1') \cos u &= 1 \\ (1 + \operatorname{tang} z \cdot v \cdot \sin 1') (1 - 2 \sin^2 \frac{u}{2}) &= 1 \\ (1 + \operatorname{tang} z \cdot v \cdot \sin 1') (1 - \frac{u^2}{2} \sin^2 1') &= 1. \end{aligned}$$

Multipliziert man links aus unter Vernachlässigung des sehr kleinen Gliedes mit dem Faktor $\sin^2 1'$, so ist

$$\begin{aligned} 1 + \operatorname{tang} z \cdot v \cdot \sin 1' - \frac{u^2}{2} \sin^2 1' &= 1 \\ v &= \frac{u^2}{2} \operatorname{tang} h \cdot \sin 1' \\ v &= \frac{1}{2} \cdot p^2 \sin^2 t \cdot \operatorname{tang} h \cdot \sin 1', \text{ daher} \\ \varphi &= h - p \cdot \cos t + \frac{1}{2} p^2 \sin^2 t \cdot \operatorname{tang} h \cdot \sin 1'. \end{aligned}$$

Der Wert der beiden an die wahre Höhe anzubringenden Glieder wird nun im nautischen Jahrbuche in Tafel 2 in drei Korrekturen vorausberechnet, und zwar enthält die erste Korrektur das Glied $-p \cdot \cos t$ und aus dem zweiten Gliede den für die Höhe 60° geltenden Wert, die zweite Korrektur die dadurch nötig werdende Verbesserung für irgend eine andere Höhe, wobei als Argument statt des Stundenwinkels die Sternzeit gewählt ist, welche nach § 54 aus jenem durch Addition der Rektaszension des Polarsterns gefunden wird. Endlich wird der Fehler, welcher dadurch gemacht wird, dass bei den beiden ersten Korrekturen eine konstante Polardistanz zugrunde gelegt wird, durch die dritte Korrektur wieder ausgeglichen.

Beispiel.

Am 25. Januar 1905 morgens in $39^\circ 58' N$ und $52^\circ 24' W$ wurde nach einem Chronometer, welches im mittleren Greenwicher Mittag des 19. Januar $8^m 34^s$ gegen mittlere Greenwicher Zeit voraus war und täglich $1^s 2$ gewann, die folgende Beobachtung gemacht. Augeshöhe 10 m, I.-K. — 2'. Breite?

| | |
|--|--|
| <p>Chron.-Zt. $9^h 12^m 28^s$ Stand — 8 41 <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> Mittl. Grw. Zt. $9^h 3^m 47^s$ Mg 25/1</p> <p style="margin-left: 2em;">$m \odot \alpha 24/1$ $20^h 12^m 33^s$ + 3 28 <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $20^h 16^m 1^s$</p> | <p>Mittl. Grw. Zt. $21^h 3^m 47^s$ Länge — 3 29 36 W <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> Mittl. Ozt. $17^h 34^m 11^s$ $m \odot \alpha 20 16 1$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> Sternzt. $13^h 50^m 12^s$</p> |
|--|--|

| | |
|----------------------|---|
| | * Polaris 38° 45' |
| | I.-K. — 2 |
| | <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 38° 43' |
| | Ges.-Korr. — 7 |
| | <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> w * h 38° 36' |
| Naut. Jahrb., Taf. 2 | I. Korr. + 1 11.1 |
| | II. » 0.0 |
| | III. » + 0.3 |
| | <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> φ = 39° 47' N |

Drittes Kapitel.

Die Methode der Längenbestimmung.

§ 122. **Die Methode der Chronometerlängen.** Nach § 59 ist die astronomische Länge eines Ortes der Unterschied der mittleren Greenwicher Zeit gegen die mittlere Ortszeit; die Länge ist östlich, wenn die Ortszeit grösser ist als die Greenwicher Zeit, westlich, wenn die Ortszeit kleiner ist als die Greenwicher Zeit.

Die mittlere Greenwicher Zeit erhält man nach § 66 durch das Chronometer, die mittlere Ortszeit nach § 78, 79 und 80 durch Höhen eines Gestirns in der Nähe des ersten Vertikals.

Beispiel 1.

Am 16. Juni 1905 morgens in 8° 57' S und 102° 15' O wurde nach einem Chronometer, das im mittleren Greenwicher Mittag des 15. Juni 7^m 21^s gegen mittlere Greenwicher Zeit zurück war und täglich 1^g9 gewann, bei 6 m Augeshöhe und I.-K. + 2' 30'' wie folgt beobachtet. Gesucht die Länge.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|--|-------|--|----------------|--------------|---------------------------------|------------|------------------|----------------------------------|-------------|--|---|--|--------------|----------------|-------------|----------------|-------------|--|-----------|--|------------------|--|-------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---|--|
| <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">Chron.-Zt. 0^h 39^m 33^s</td> <td style="text-align: right;">Stand + 7 20</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">Mittl. Grw. Zt. 0^h 46^m 53^s Mg 16/6</td> </tr> </table> | Chron.-Zt. 0 ^h 39 ^m 33 ^s | Stand + 7 20 | Mittl. Grw. Zt. 0 ^h 46 ^m 53 ^s Mg 16/6 | | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">⊙ 17° 29' 20''</td> <td style="text-align: right;">I.-K. + 2 30</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">17° 31'.8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Ges.-Korr. + 8.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">h ⊖ 17° 40'</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">z 72 20</td> </tr> </table> | ⊙ 17° 29' 20'' | I.-K. + 2 30 | 17° 31'.8 | | Ges.-Korr. + 8.5 | | h ⊖ 17° 40' | | z 72 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chron.-Zt. 0 ^h 39 ^m 33 ^s | Stand + 7 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittl. Grw. Zt. 0 ^h 46 ^m 53 ^s Mg 16/6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⊙ 17° 29' 20'' | I.-K. + 2 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17° 31'.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ges.-Korr. + 8.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h ⊖ 17° 40' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| z 72 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">⊙ δ</td> <td style="text-align: right;">+ 23° 17'.9 N</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">12.8 · 0.1</td> <td style="text-align: right;">+ 1.3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">23° 19'.2 N</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">e</td> <td style="text-align: right;">+ 0^m 6^s</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">12.8 · 0.5</td> <td style="text-align: right;">+ 6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">+ 0^m 12^s</td> </tr> </table> | ⊙ δ | + 23° 17'.9 N | 12.8 · 0.1 | + 1.3 | 23° 19'.2 N | | e | + 0 ^m 6 ^s | 12.8 · 0.5 | + 6 | + 0 ^m 12 ^s | | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">sem t = sec φ · sec δ · sin $\frac{z+m}{2}$ · sin $\frac{z-m}{2}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">φ = 8° 57' S</td> <td style="text-align: right;">log sec 0.0053</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">δ = 23 19 N</td> <td style="text-align: right;">log sec 0.0370</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">m = 32° 16'</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">z = 72 20</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">z + m = 104° 36'</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">$\frac{z+m}{2}$ = 52 18</td> <td style="text-align: right;">log sin 9.8983 — 10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">$\frac{z-m}{2}$ = 20 2</td> <td style="text-align: right;">log sin 9.5347 — 10</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">⊙ t = 4^h 25^m 4^s O log sem 9.4753 — 10</td> </tr> </table> | sem t = sec φ · sec δ · sin $\frac{z+m}{2}$ · sin $\frac{z-m}{2}$ | | φ = 8° 57' S | log sec 0.0053 | δ = 23 19 N | log sec 0.0370 | m = 32° 16' | | z = 72 20 | | z + m = 104° 36' | | $\frac{z+m}{2}$ = 52 18 | log sin 9.8983 — 10 | $\frac{z-m}{2}$ = 20 2 | log sin 9.5347 — 10 | ⊙ t = 4 ^h 25 ^m 4 ^s O log sem 9.4753 — 10 | |
| ⊙ δ | + 23° 17'.9 N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.8 · 0.1 | + 1.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23° 19'.2 N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| e | + 0 ^m 6 ^s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.8 · 0.5 | + 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + 0 ^m 12 ^s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sem t = sec φ · sec δ · sin $\frac{z+m}{2}$ · sin $\frac{z-m}{2}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| φ = 8° 57' S | log sec 0.0053 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| δ = 23 19 N | log sec 0.0370 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| m = 32° 16' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| z = 72 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| z + m = 104° 36' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\frac{z+m}{2}$ = 52 18 | log sin 9.8983 — 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\frac{z-m}{2}$ = 20 2 | log sin 9.5347 — 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⊙ t = 4 ^h 25 ^m 4 ^s O log sem 9.4753 — 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wahre Ozt. = 7 34 56 Mg 16/6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | e = + 0 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> Mittl. Ozt. = 7 ^h 35 ^m 8 ^s Mg 16/6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> Mittl. Grw. Zt. = 0 46 53 Mg 16/6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | λ in Zt. = 6 ^h 48 ^m 15 ^s O | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> λ = 102° 4' O | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Beispiel 2.

Am 31. März 1905 morgens in $47^{\circ} 9' N$ und $8^{\circ} 38' W$ wurde nach einem Chronometer, das im mittleren Greenwicher Mittag des 27. März $1^m 59^s 5$ gegen mittlere Greenwicher Zeit voraus war und täglich $0^s 9$ verlor, bei 5 m Augeshöhe, I.-K. — $1' 50''$, wie folgt beobachtet. In welcher Länge befand sich das Schiff?

| | |
|--|--|
| Chron.-Zt. $5^h 16^m 7^s$ Stand — 1 56 <hr/> Mittl. Grw. Zt. $5^h 14^m 11^s$ Mg $31/3$ | * Arcturus $44^{\circ} 38' 20''$ westl. v. Mer. I.-K. — 1 50 <hr/> $44^{\circ} 36'.5$ Ges.-Korr. — 4.9 <hr/> $h 44^{\circ} 32'$ $z 45 28$ |
|--|--|

| | |
|--|--|
| $m \odot \alpha$ $0^h 28^m 49^s$ Taf. 10 + 2 50 <hr/> $0^h 31^m 39^s$ * α $14^h 11^m 21^s$ * δ $19^{\circ} 40'.5 N$ | $\text{sem } t = \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \sin \frac{z+m}{2} \cdot \sin \frac{z-m}{2}$ $\varphi = 47^{\circ} 9' N \quad \log \sec 0.1674$ $\delta = 19 41 N \quad \log \sec 0.0261$ <hr/> $m = 27^{\circ} 28'$ $z = 45 28$ <hr/> $z + m = 72^{\circ} 56'$ $\frac{z+m}{2} = 36 28 \quad \log \sin 9.7740 - 10$ $\frac{z-m}{2} = 9 0 \quad \log \sin 9.1943 - 10$ <hr/> $* t = 2^h 59^m 9^s W \log \text{sem } 9.1618 - 10$ $* \alpha = 14 11 21$ <hr/> Sternzt. = $17^h 10^m 30^s$ $m \odot \alpha = 0 31 39$ <hr/> Mittl. Ozt. = $16^h 38^m 51^s$ Nm $30/3$ = $4 38 51$ Mg $31/3$ Mittl. Grw. Zt. = $5 14 11$ Mg $31/3$ <hr/> λ in Zt. = $0^h 35^m 20^s W$ $\lambda = 8^{\circ} 50' W$ |
|--|--|

§ 123. Die Zuverlässigkeit der Chronometerlängen. Dieselbe hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zunächst leuchtet es ohne weiteres ein, dass der Fehler des Chronometerstandes mit seinem genauen Betrage in die Greenwicher Zeit, also auch in die Länge übergeht, und es muss daher der Kontrolle des Chronometers im Interesse der ganzen Längenberechnung auf See strenge Sorgfalt gewidmet werden. Die hierzu geeigneten Methoden werden im achten Abschnitt erklärt werden.

Für die Berechnung der mittleren Ortszeit kommen die drei Rechnungselemente Breite, Höhe und Deklination in Betracht. Da die Deklination stets mit genügender Genauigkeit dem Jahrbuche entnommen wird, so bleibt noch zu untersuchen, welchen Einfluss ein Fehler in der angenommenen Breite und in der gemessenen Höhe auf die mittlere Ortszeit und damit auf die Länge ausübt.

Zum Zwecke dieser Untersuchung soll im folgenden die Methode der Chronometerlänge, analog dem Verfahren bei der Meridianbreite und der Nebenmeridianbreite, als Spezialfall der Standlinienmethode aufgefasst werden.

Wenn eine Standlinie, unbekümmert um etwaige Fehler der Besteckbreite, eine sichere Längenbestimmung ergeben soll, so muss sie mit dem Meridian zusammenfallen, d. h. das wahre Azimut des beobachteten Gestirns muss gerade Ost oder West sein. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, hat der Fehler der Besteckbreite Einfluss auf die Länge.

In nebenstehender Fig. 103 möge o' den Besteckort bezeichnen, mit welchem aus einer Höhenbeobachtung die Standlinie SS' gefunden ist, auf der das Schiff irgendwo steht. Sieht man die Breite von o' als richtig an, so liegt der Schiffsort in A ; variiert man die Breite aber um das Stück $d\varphi$, so entspricht dieser neuen Breite der Schiffsort B . Nun ist im $\triangle ABC \sphericalangle ABC$, wie leicht zu zeigen, gleich dem Azimutwinkel α , und wenn man den durch den Breitenunterschied $d\varphi$ hervorgerufenen Längenunterschied $d\lambda$ bezeichnet, so ist $BC = d\lambda \cdot \cos \varphi$,

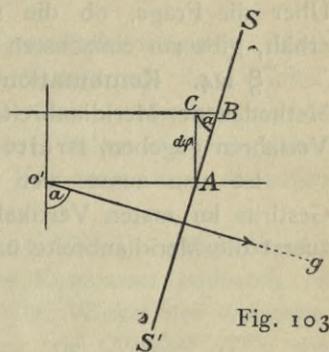


Fig. 103

mit $d\lambda$ bezeichnet, so ist

$$\frac{d\lambda \cdot \cos \varphi}{d\varphi} = \cotg \alpha$$

$$d\lambda = d\varphi \cdot \sec \varphi \cdot \cotg \alpha.$$

Aus dieser Formel erkennt man:

1. Der durch einen Breitenfehler hervorgerufene Fehler in Länge nimmt ab mit der Breite.

2. Er ist um so kleiner, je mehr das Azimut sich 90° nähert. Im ersten Vertikal selbst ist der Einfluss eines Breitenfehlers gleich Null.

In ähnlicher Weise lässt sich der Einfluss eines Höhenfehlers auf die Länge klar machen. Wenn in Fig. 104 S_1S_1' die einer beobachteten Höhe entsprechende Standlinie ist, so ist, wenn man die Breite des Besteckortes als richtig ansieht, A_1 der Schiffsort. Durch Variierung der Höhe um das Stück dh rückt die Standlinie nach S_2S_2' und der Schiffsort nach A_2 . Nun ist im $\triangle A_1A_2R \sphericalangle A_1A_2R$ gleich dem Azimut und $A_1A_2 = d\lambda \cdot \cos \varphi$; folglich

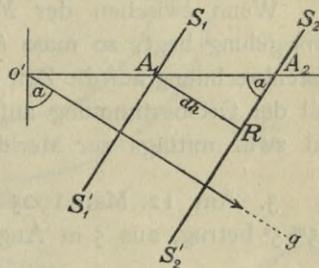


Fig 104

$$\frac{d\lambda \cdot \cos \varphi}{dh} = \operatorname{cosec} \alpha$$

$$d\lambda = dh \cdot \sec \varphi \cdot \operatorname{cosec} \alpha.$$

Hieraus erkennt man:

1. Der durch einen Höhenfehler hervorgerufene Fehler in Länge nimmt ab mit der Breite.

2. Er ist um so kleiner, je mehr das Azimut sich 90° nähert.

Wenn also das Gestirn im ersten Vertikal steht, so ist der Fehler in Breite ohne Einfluss auf die Länge, und der Einfluss des Fehlers in Höhe erreicht seinen kleinsten Wert. Aus diesem Grunde ist an Bord mit Hilfe von Tafel 31 oder 32 für Chronometerlängen die Höhenbeobachtung nach Möglichkeit dann vorzunehmen, wenn das Gestirn den ersten Vertikal passiert.

Wenn dies nicht möglich ist, gibt Tafel 27 C ein Mittel an die Hand, den Einfluss eines Breitenfehlers auf die Länge bequem zu ermitteln. Da diese Tafel nach § 85 die Werte $\sec \varphi \cdot \cotg \alpha$ gibt, so braucht der Fehler in Breite einfach mit dem entsprechenden

Tafelwerte multipliziert zu werden, um den Fehler in Länge zu erhalten. Wenn z. B. morgens mit der Besteckbreite aus der Sonnenhöhe eine Chronometerlänge berechnet ist, so lässt sich dieselbe mit Hilfe der Mittagsbreite in der angegebenen Weise verbessern. Über die Frage, ob die anzubringende Längenkorrektion den Namen Ost oder West erhält, gibt am einfachsten der Verlauf der Standlinie Aufschluss.

§ 124. **Kombination von Meridianbreite und Chronometerlänge.** Durch die Methoden der Meridianbreiten und Chronometerlängen ist ein auf See täglich angewandtes Verfahren gegeben, Breite und Länge des Schiffsortes zu bestimmen.

Ist also ausser der Meridianhöhe eines Gestirns gleichzeitig die Höhe eines Gestirns im ersten Vertikal oder in der Nähe desselben beobachtet, so berechnet man zuerst die Meridianbreite und danach die Chronometerlänge.

Aufgaben.

1. Am 24. Januar 1905 abends beobachtete man in etwa 30° W aus 6 m Augeshöhe β Orionis im Meridian $81^{\circ} 35' S$ und gleich darauf nach einem Chronometer, dessen Stand $+ 0^m 42^s$ betrug, ebenfalls aus 6 m Augeshöhe mit demselben Instrumente

Chron.-Zt. $11^h 17^m 56^s$ Procyon $\ast 60^{\circ} 18'$, I.-K. — $1'$.

Gesucht Breite und Länge des Schiffsortes.

2. Am 12. Juni 1905 abends beobachtete man in etwa $27^{\circ} 20' W$ aus 5 m Augeshöhe die Meridianhöhe von Spica $77^{\circ} 49' S$, I.-K. — $1'$, und zu gleicher Zeit nach einem Chronometer, dessen Stand $+ 6^m 22^s$ betrug, aus 8 m Augeshöhe

Chron.-Zt. $9^h 49^m 51^s$ Antares $\ast 40^{\circ} 27'$, I.-K. $0'$.

Gesucht Breite und Länge des Schiffsortes.

Wenn zwischen der Meridianhöhe und der Beobachtung am ersten Vertikal eine Versegelung liegt, so muss man die aus der Meridianhöhe folgende Breite mit Hilfe der Besteckrechnung auf die Zeit der Chronometerlänge reduzieren. Dies ist der gewöhnlichste Fall der Ortsbestimmung auf See, wo für beide Beobachtungen die Sonne gewählt wird, und zwar mittags zur Meridianbreite, morgens oder nachmittags zur Chronometerlänge.

3. Am 12. Mai 1905 beobachtete man nach einem Chronometer, dessen Stand $+ 5^m 5^s$ betrug, aus 5 m Augeshöhe

Chron.-Zt. $1^h 40^m 42^s$ $\odot 45^{\circ} 58'$
 $41 \quad 1 \quad 46 \quad 1$
 $41 \quad 19 \quad \quad 4$

Nachdem hierauf $S 56^{\circ} O 8$ sml gesegelt bei 4° westlicher Gesamtmissweisung, beobachtet man aus 5 m Augeshöhe im Meridian $\odot 68^{\circ} 40' S$ in $71^{\circ} 50' W$.

Gesucht Breite und Länge um Mittag.

4. Am 7. November 1905 beobachtete man in $70^{\circ} 30' W$ die Meridianhöhe der Sonne $\odot 86^{\circ} 2' N$, I.-K. $+ 1'$, Augeshöhe 7 m; darauf segelte man rechtweisend OSO 6 kn und beobachtete dann nach einem Chronometer, dessen Stand $+ 22^m 53^s$ betrug, mit demselben Instrumente ebenfalls aus 7 m Augeshöhe

Chron.-Zt. $6^h 22^m 42^s$ $\odot 56^{\circ} 11'$
 $23 \quad 2 \quad \quad 6$
 $\quad \quad 29 \quad \quad 0$

Gesucht Breite und Länge um Mittag.

Siebenter Abschnitt.

Die Bestimmung der Gesamtmisweisung und der Deviation des Kompasses.

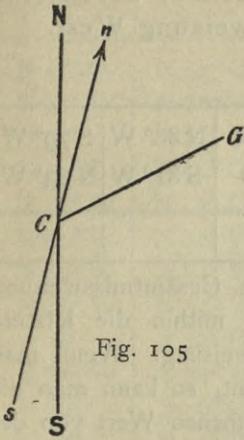


Fig. 105

§ 125. Die Bestimmung der Gesamtmisweisung. Nach § 3 ist die Gesamtmisweisung eines Kompasses der Winkel, welchen die Nord-Süd-Linie des Kompasses mit dem geographischen Meridian bildet. Sie wird daher gefunden, indem man das wahre Azimut eines Himmelskörpers mit der Kompasspeilung desselben vergleicht.

Wenn in nebenstehender Figur 105 NS der geographische Meridian, ns die Nord-Süd-Richtung des Kompasses bedeutet, so ist NCG das wahre Azimut und nCG der Winkel der Kompasspeilung, folglich die Differenz derselben, der Winkel NCn die Gesamtmisweisung des Kompasses, welche im Falle der Figur den Namen Ost hat.

Zur Bestimmung der Gesamtmisweisung eines Kompasses ist also erforderlich die Kenntnis des wahren Azimuts und die durch Beobachtung mit dem Peilkompass gefundene Kompasspeilung.

Das wahre Azimut eines Himmelskörpers kann nach einer der in § 75 (Amplitude), § 82 (Höhenazimut), § 83 (Zeitazimut), § 84 (Polarsternazimut) und § 85 (nach Tafel 27) erklärten Methode berechnet werden. Hat man gleichzeitig eine Kompasspeilung des betreffenden Gestirns genommen, so gibt der Unterschied zwischen dem wahren Azimut und der Peilung die Grösse der Gesamtmisweisung an.

Um zu entscheiden, ob dieselbe den Namen Ost oder West erhält, denke man sich die Kompassrose konzentrisch auf die rechtweisende Rose gelegt, und zwar einmal (in Fig. 106) so, dass das Nordende n der Kompassrose östlich (rechts) vom rechtweisenden Nordpunkt N liegt, die Gesamtmisweisung des Kompasses also Ost ist, und einmal (Fig. 107) so, dass das Kompassnorden n westlich (links) vom rechtweisenden Norden N liegt, die Kompassmisweisung also West ist. Gibt dann CG die Richtung an, in welcher das Gestirn G erscheint, so ist in beiden Fällen die Kompassmisweisung gleich dem Unterschiede des wahren Azimuts und der Kompasspeilung.

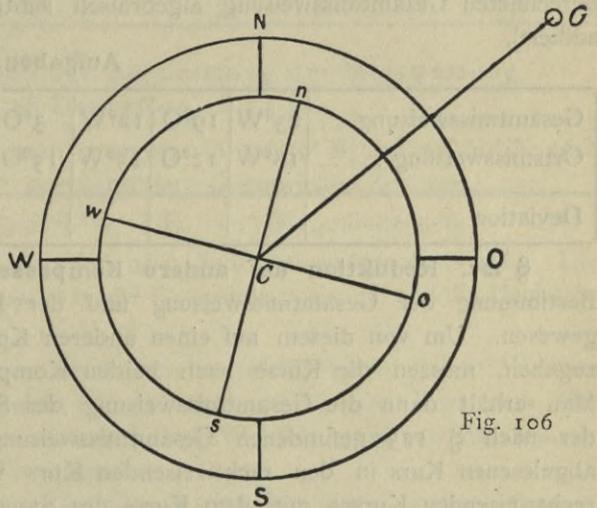


Fig. 106

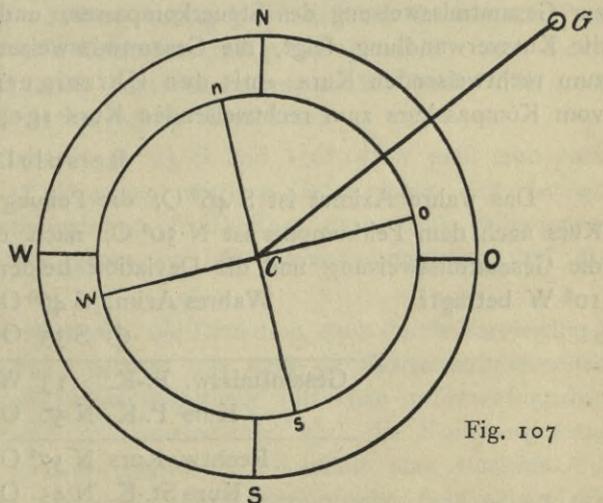


Fig. 107

Hinsichtlich des Namens derselben folgt aus

den beiden Figuren folgende nach dem Verfahren der Kursverwandlung leicht einzuprägende

Regel: Gelangt man vom Kompassazimut zum wahren Azimut durch eine Bewegung »mit den Uhrzeigern«, so ist die Kompassmissweisung Ost; gelangt man dagegen vom Kompassazimut zum wahren Azimut durch eine Bewegung »gegen die Uhrzeiger«, so ist die Kompassmissweisung West.

Aufgaben.

| | | | | | | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Wahres Azimut | N 38° O | S 62° W | S 23° O | N 81° W | S 5° W | N 88° W | S 79° W |
| Peilung | N 48° O | S 41° W | S 19° O | N 69° W | S 9° O | S 81° W | N 83° W |
| Gesamtmissweisung .. | | | | | | | |

§ 126. Die Bestimmung der Deviation. Nach § 3 ist die Gesamtmissweisung die algebraische Summe der Ortsmissweisung und der Deviation, mithin die letztere gleich der algebraischen Differenz Gesamtmissweisung — Ortsmissweisung. Wenn man also die Ortsmissweisung den hierfür eingerichteten Karten entnimmt, so kann man die Deviation des Kompasses finden, indem man den der Karte entnommenen Wert von der berechneten Gesamtmissweisung algebraisch subtrahiert (mit entgegengesetztem Namen addiert).

Aufgaben.

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| Gesamtmissweisung .. | 23° W | 19° O | 12° W | 3° O | 15° W | 11° O | 3° W | 2° O | 5° O | 16° W |
| Ortsmissweisung | 18° W | 12° O | 15° W | 15° O | 2° O | 9° W | 9° O | 13° W | 5° O | o |
| Deviation | | | | | | | | | | |

§ 127. Reduktion auf andere Kompass. Bis jetzt ist immer nur von der Bestimmung der Gesamtmissweisung und der Deviation des Peilkompasses die Rede gewesen. Um von diesem auf einen anderen Kompass, z. B. den Steuerkompass, überzugehen, müssen die Kurse nach beiden Kompassen gleichzeitig abgelesen werden. Man erhält dann die Gesamtmissweisung des Steuerkompasses, indem man mit Hilfe der nach § 125 gefundenen Gesamtmissweisung des Peilkompasses den an diesem abgelesenen Kurs in den rechtweisenden Kurs verwandelt. Durch Vergleichung dieses rechtweisenden Kurses mit dem Kurse des Steuerkompasses gelangt man dann weiter zur Gesamtmissweisung des Steuerkompasses, und zwar ist, wie aus den Regeln über die Kursverwandlung folgt, die Gesamtmissweisung Ost, wenn man vom Kompasskurs zum rechtweisenden Kurs »mit den Uhrzeigern« gelangt, dagegen West, wenn man vom Kompasskurs zum rechtweisenden Kurs »gegen die Uhrzeiger« gelangt.

Beispiel.

Das wahre Azimut ist S 46° O, die Peilung nach dem Peilkompass S 33° O. Der Kurs nach dem Peilkompass ist N 50° O, nach dem Steuerkompass NO. Wie gross ist die Gesamtmissweisung und die Deviation beider Kompass, wenn die Ortsmissweisung 10° W beträgt?

| | |
|---------------------|-------------------------|
| Wahres Azim. | S 46° O |
| | ⊖ S 33 O |
| Gesamtmissw. P.-K. | 13° W; Dev. P.-K. 3° W |
| Kurs P.-K. | N 50 O |
| Rechtw. Kurs | N 37° O |
| Kurs St.-K. | N 45 O |
| Gesamtmissw. St.-K. | 8° W; Dev. St.-K. 2° O. |

Aufgaben.

| Wahres Azimut | Peilung | Kurs nach dem | | Orts- missweisung | Peilkompass | | Steuerkompass | |
|------------------|---------|---------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Peilkompass | Steuerkompass | | Ges.- Missw. | Deviation | Ges.- Missw. | Deviation |
| N 58° O | N 42° O | S 70° W | WSW | 11° O | | | | |
| N 71° W | N 82° W | N 38° O | NNO ¹ / ₂ O | 7° O | | | | |
| S 75° O | S 73° O | N 85° W | W ¹ / ₄ S | 4° W | | | | |
| N 37° O | N 31° O | S 48° O | S 51° O | 2° W | | | | |
| N 3° W | N 2° O | S 80° O | S 85° O | 9° W | | | | |
| N 81° W | N 82° W | N 86° O | O | 1° O | | | | |
| S 82° W | S 84° W | S 84° O | O ¹ / ₄ N | 5° O | | | | |
| N 80° W | N 52° W | S 39° O | SO | 22° W | | | | |
| O | S 74° O | N 81° O | S 88° O | 8° W | | | | |
| S 63° W | S 70° W | S 18° W | SSW ³ / ₄ W | 13° W | | | | |
| S 66° O | S 46° O | N 3° W | N ¹ / ₄ O | 20° W | | | | |
| N 2° O | N 1° W | S 88° O | W ¹ / ₂ N | 0° | | | | |

Zusammenhängende Aufgaben zur Bestimmung der Missweisung und der Deviation.

1. Am 4. Mai 1905 beobachtete man morgens in 31° 50' N und 34° 30' W nach einem Chronometer, dessen Stand + 33^m gegen mittlere Greenwicher Zeit war,

Chron.-Zt. 10^h 52^m ⊖ 44° 12' ⊕ S 76° O, I.-K. — 2', Augeshöhe 5 m.

Der Kurs nach dem Peilkompass war N 10° W, nach dem Steuerkompass N 2° O. Die Ortsmissweisung betrug 14° W. Wie gross war die Gesamtmissweisung und die Deviation beider Kompassse?

2. Am 3. August 1905 peilte man die Sonne in 54° 28' O und 31° 27' W beim wahren Aufgang in N 71° O. Die Ortsmissweisung betrug 37° W. Der Kurs nach dem Peilkompass war S 46° W, nach dem Steuerkompass S 54° W. Wie gross war die Gesamtmissweisung und die Deviation beider Kompassse?

3. Am 29. April 1905 abends in 30° 34' N und 32° 8' W peilt man den Polarstern nach einem Chronometer, dessen Stand + 28^m 19^s betrug gegen mittlere Greenwicher Zeit, um Chron.-Zt. 10^h 28^m 33^s in N 11° O. Die Ortsmissweisung betrug 22° W, Das Schiff lag an nach dem Peilkompass S 30° O, nach dem Steuerkompass SSO¹/₂O. Wie gross war die Gesamtmissweisung und die Deviation beider Kompassse?

4. Am 2. Februar 1905 nachmittags in 56° 23' S und 156° 15' W peilt man nach einem Chronometer, dessen Stand + 3^m 31^s gegen mittlere Greenwicher Zeit betrug, Chron.-Zt. 5^h 9^m 18^s ⊕ S 53° W. Ortsmissweisung 18° O, Kurs nach dem Peilkompass N 5° O, nach dem Steuerkompass N. Wie gross war die Gesamtmissweisung und die Deviation beider Kompassse?

Anmerkung. In ähnlicher Weise lässt sich die Deviation auch durch Vergleichung der Kompasspeilung eines terrestrischen Objektes mit dem der Karte entnommenen Azimut desselben bestimmen. Wird die Kompasspeilung mit dem missweisenden Azimut verglichen, so erhält man direkt die Deviation; wird die Kompasspeilung dagegen mit dem rechtweisenden Azimut verglichen, so erhält man zunächst die Gesamtmissweisung des Kompasses und dann durch algebraische Subtraktion der Ortsmissweisung die Deviation.

Besonders kommen hierbei folgende Fälle in Betracht:

1. Man bestimmt den Schiffsort in der Karte unabhängig von Kompasspeilungen, also durch Horizontal- und Vertikalwinkelmessung, und peilt dabei eins der benutzten terrestrischen Objekte. Es ist klar, dass unter sonst gleichen Umständen das Azimut aus der Karte um so genauer entnommen werden kann, je weiter das Schiff vom gepeilten Objekte entfernt ist.

2. Man peilt zwei Feuer in Deckung. Der Abstand des Schiffes von denselben ist gleichgültig.

3. Man bestimmt mit Hilfe eines Prismenkreuzes den Moment, wo das Schiff die Verbindungslinie zweier Feuer passiert, und peilt hierbei eins derselben. Auch hier ist es ohne Bedeutung, in welchem Abstände von den Feuern das Schiff bei der Peilung steht.

4. Endlich gehört hierher die Methode der korrespondierenden Peilungen. Man peilt mit dem Kompass an Bord einen an Land aufgestellten Kompass und gleichzeitig mit letzterem den Kompass an Bord. Diese Methode kommt besonders in Betracht, wenn es sich um die Bestimmung der Deviation auf möglichst vielen Kursen beim Schwoien des Schiffes handelt.

§ 128. Die Bestimmung der Deviation auf möglichst vielen Kursen. Deviationsdiagramme. Für die Behandlung der Deviation an Bord eiserner Schiffe ist es von Wichtigkeit, die Deviation auf bestimmten Kursen, insbesondere auf den vier Hauptkursen N, O, S, W und den vier Hauptzwischenkursen NO, SO, SW, NW, zu kennen. Wenn nun während einer Rundschwoiung die Deviation, etwa mit Hilfe einer Deviationstafel, auf einer grösseren Anzahl von Kursen berechnet worden ist, so bedient man sich für den vorliegenden Zweck einer graphischen Methode mit Hilfe eines sogenannten Deviationsdiagramms.

Die Achse des Diagramms stellt den abgewickelten Rand der Kompassrose dar. Die Einteilung ist sowohl in Gradmass als auch in Strichmass ausgeführt. Durch jeden vollen Strich gehen punktierte Linien, und zwar beim rechtwinkligen Diagramm rechtwinklig zur Achse (Fig. 108), bei dem sogenannten Napierschen Diagramm unter einem Winkel von 60° gegen die Achse nach rechts unten und links oben (Fig. 109). Auf diesen punktierten Linien oder bei Zwischenkursen auf den Parallelen hierzu werden die für bestimmte Kompasskurse beobachteten Deviationen abgesetzt, östliche Deviationen nach rechts, westliche Deviationen nach links. Am zweckmässigsten geschieht dies mit Hilfe eines kleinen selbstgefertigten Papiermassstabes, wie in Fig. 109 angedeutet. Der Massstab für das Absetzen der Deviationen muss beim Napierschen Diagramm aus später zu erörternden Gründen nach demselben Gradmass ausgeführt werden, welcher der Einteilung der Achse zugrunde liegt. Für das rechtwinklige Diagramm ist die Wahl des Massstabes für die Deviationen an sich beliebig, doch ist in Fig. 108 ebenfalls der Massstab der Achseinteilung genommen worden.

Durch die nach Eintragung der Deviation sich ergebenden Punkte legt man dann eine schlank gezogene, regelmässig verlaufende Kurve, die Deviationskurve. Dieselbe hat den doppelten Zweck, erstens die Beobachtungsfehler möglichst auszugleichen und zweitens Deviationswerte für diejenigen Kompasskurse zu liefern, auf welchen Beobachtungen nicht angestellt sind. Um die Deviationswerte für die Kompasskurse der Zeichnung zu entnehmen, misst man auf den punktierten Linien die Abstände von den betreffenden Kurspunkten bis zur Kurve.

Beispiel.

Durch Rundschwoien sind die neben Fig. 108 stehenden Deviationen gefunden worden. Es soll die Deviationskurve hierfür gezeichnet und dann für jeden Kompasskurs von Strich zu Strich die verbesserte Deviation gefunden werden.

Kurs die Deviation zu finden, geht man, wie in Fig. 108 für missweisend Süd ausgeführt, auf der vollen Linie bis zur Kurve und von diesem Kurvenpunkte parallel zu den punktierten Linien bis zur Achse; so ist dieser letztere Abstand die gesuchte Deviation. Der Beweis für die Richtigkeit des Verfahrens liegt darin, dass der auf diese Weise auf der Achse entstehende Punkt den Kompasskurs zu dem zugrunde gelegten missweisenden Kurs darstellt.

Aufgaben.

Es soll zu der oben entworfenen Deviationskurve für jeden missweisenden Kurs von Strich zu Strich die Deviation gefunden werden.

Achter Abschnitt.

Die Methoden der Chronometerkontrolle.

Erstes Kapitel.

Chronometerkontrolle durch Zeitsignale.

§ 129. **Erläuterungen. Beispiele.** Für alle Längenbestimmungen auf See ist die möglichst genaue Kenntnis der mittleren Greenwicher Zeit erforderlich. Für die Chronometerlängen ist dies auf den ersten Blick erkennbar, und für alle auf dem Prinzip der Standlinien beruhenden Methoden folgt es aus dem Umstande, dass die Länge des Mittelpunktes der Höhengleiche gleich dem Greenwicher Stundenwinkel des beobachteten Gestirns ist, mithin ein Fehler in der Greenwicher Zeit einen ebenso grossen Fehler in der Länge des Mittelpunktes der Höhengleiche und folglich auch jeder einen Bogen derselben darstellenden Standlinie nach sich zieht. Da aber auf See die mittlere Greenwicher Zeit durch das Chronometer geliefert wird, so bedarf dies Instrument einer sorgfältigen Kontrolle.

In Tafel 22 des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 23) ist ein nach Ländern geordnetes Verzeichnis aller Zeitsignalstationen der Erde enthalten, in welchem für jede Station sowohl die Art und Beschaffenheit des Signals (Zeitball, Flagge, Zylinder, Scheiben, Kanonenschuss) als auch die genaue mittlere Greenwicher Zeit angegeben ist, zu welcher das Signal erfolgt. Wird also dasselbe nach einem Chronometer beobachtet, so ergibt eine Vergleichung der mittleren Greenwicher Zeit mit der Chronometerzeit der Beobachtung direkt den Stand des Chronometers. Da es nicht ratsam ist, das Chronometer von seinem Platze zum Zwecke der Beobachtung an Deck zu bringen, so kann man, wenn nur ein Beobachter zur Verfügung steht, die Beobachtung nach einer Taschenuhr vornehmen, welche dann entweder vor oder nach der Beobachtung mit dem Chronometer zu vergleichen ist.

Beispiel 1.

In Sunderland beobachtete man das Fallen des Zeitballes nach dem Chronometer um 10^h 55^m 39^s. Welches ist der Chronometerstand?

| | | | |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Mittl. Grw. Zt. | 1 ^h | 0 ^m | 0 ^s |
| Chron.-Zt. | 10 | 55 | 39 |
| | | | |
| Stand + | 1 ^h | 4 ^m | 21 ^s |

Beispiel 2.

In Toulon beobachtete man das Fallen des Zeitballes nach einer Taschenuhr, welche 10^h 12^m 43^s zeigte, als das Chronometer 9^h 47^m 0^s zeigte, um Uhrzeit 10^h 15^m 57^s. Welches ist der Chronometerstand?

| | |
|----------------------------|--|
| Chron.-Zt. | 9 ^h 47 ^m 9 ^s |
| Uhrzeit | 10 12 53 |
| | |
| Uhr-Korr. gegen Chron.-Zt. | — 0 ^h 25 ^m 43 ^s |
| Uhrzeit des Sign. | 10 15 57 |
| | |
| Chron.-Zt. des Sign. | 9 ^h 50 ^m 14 ^s |
| Mittl. Grw. Zt. | 9 50 39 |
| | |
| Stand | + 0 ^m 25 ^s |

Wenn ausserdem noch ein zweiter, mindestens mehrere Tage entfernt liegender Chronometerstand bestimmt ist, so findet man den durchschnittlichen täglichen Gang des Chronometers, indem man den Unterschied der Stände durch die Zahl der verflossenen Tage dividiert. Das Chronometer gewinnt, wenn der negative Stand grösser wird, d. h. wenn das Chronometer später mehr vor ist als vorher oder auch wenn der positive Stand kleiner wird, d. h. wenn das Chronometer später weniger zurück ist als vorher, oder endlich, wenn der Stand von einem positiven in einen negativen Wert übergegangen ist, d. h. wenn das Chronometer vorher gegen mittlere Greenwicher Zeit zurück, später gegen mittlere Greenwicher Zeit voraus ist. Ebenso ist der Gang verlierend, wenn der positive Stand grösser wird, d. h. wenn das Chronometer später mehr zurück ist als vorher, oder auch, wenn der negative Stand kleiner wird, d. h. wenn das Chronometer später weniger voraus ist als vorher, oder endlich, wenn der Stand von einem negativen in einen positiven Wert übergegangen ist, d. h. wenn das Chronometer vorher gegen mittlere Greenwicher Zeit voraus, später gegen mittlere Greenwicher Zeit zurück ist.

Man kann die Bestimmung des täglichen Ganges auch durch die Vorschrift ausführen, dass man den ersten Stand algebraisch vom zweiten Stande subtrahiert und die gefundene algebraische Differenz durch die Anzahl der Tage dividiert. Ist die Differenz positiv, so ist der Gang verlierend, ist sie negativ, so ist der Gang gewinnend.

Mit Hilfe des so bestimmten täglichen Ganges kann man dann den für die Zeit der Beobachtung gefundenen Chronometerstand auf den mittleren Greenwicher Mittag des Datums reduzieren.

Beispiel.

Am 3. August 1905 beobachtete man in New York das Zeitsignal nach dem Chronometer um 5^h 11^m 18^s und am 24. August 1905 um 5^h 12^m 36^s. Welches war hiernach der tägliche Gang und der Stand des Chronometers im mittleren Greenwicher Mittage des 24., 25. und 26. August?

| | | | |
|----------------|---|----------------------------------|------|
| Chron.-Stand = | — 11 ^m 18 ^s um mittl. Grw. Zt. | 5 ^h 0 ^m Nm | 3/8 |
| » » = | — 12 36 » » » | 5 0 » | 24/8 |
| | | | |
| Gang = | — 1 ^m 18 ^s (gewinnend) | in 21 Tagen | |
| Tägl. Gang = | — 3.7 (gewinnend). | | |
| Chron.-Stand = | — 12 ^m 35 ^s .2 um mittl. Grw. Zt. | 0 ^h Nm | 24/8 |
| » » = | — 12 38.9 » » » | » » » | 25/8 |
| » » = | — 12 42.6 » » » | » » » | 26/8 |

Anmerkung. Bei Schallsignalen muss man berücksichtigen, dass der Schall in einer Sekunde 333 m zurücklegt. Man muss demnach von der Beobachtungszeit für jede 333 m Entfernung 1^s subtrahieren.

Zweites Kapitel.

Chronometerkontrolle durch Gestirnhöhen.

§ 130. **Erklärungen. Beispiele.** Wenn Breite und Länge bekannt sind, so kann man auch dadurch zur Kenntnis der mittleren Greenwicher Zeit gelangen, dass man nach

Diese Methode lässt sich auch auf See anwenden, wenn in der Nähe der Küste Breite und Länge des Schiffsortes durch terrestrische Ortsbestimmung genügend genau bekannt sind.

Beispiel.

Am 21. Mai 1905 um 6^h 5^m morgens mittlerer Greenwicher Zeit wurde der Stand des Chronometers zu — 3^m 49^s ermittelt. Darauf wurde am 14. Juni nachmittags in 26° 37' S und 105° 27'.5 W nach einer Uhr die unten folgende Beobachtung angestellt. Die Uhrverglei- chung ergab: 5^h 25^m 33^s Uhrzeit = 0^h 37^m 25^s Chronometerzeit, I.-K. — 1' 45", Augeshöhe 7,5 m.

Welches war hiernach der Stand des Chronometers gegen mittlere Greenwicher Zeit im mittleren Greenwicher Mittag des 14., 15. und 16. Juni?

Uhrzeit 5^h 22^m 33^s $\overline{\llcorner}$ 25° 29' 30" östlich vom Meridian.

| | |
|---|--------------------------------------|
| Chron.-Zt. = 0 ^h 34 ^m 25 ^s | $\overline{\llcorner}$ = 25° 29' 30" |
| Chron.-Stand = — 4 | I.-K. = — 1 45 |
| Mittl. Grw. Zt. = 0 ^h 30 ^m Mg 15/6 | 25° 27'.8 |
| $m \odot \alpha$ = 5 ^h 30 ^m 30 ^s | Ges.-Korr. = + 30.8 |
| $\llcorner \alpha$ = 15 28 57 | h = 25° 58'.6 |
| $\llcorner \delta$ = 13° 48'.0 S | z = 64 1 |
| $\llcorner \pi$ = 59' 48" | |

φ = 26° 37' S log sec 0.0487

δ = 13 48 S log sec 0.0127

m = 12° 49'

z = 64 1

s = 76° 50'

$\frac{s}{2}$ = 38 25 log sin 9.7934

$\frac{u}{2}$ = 25 36 log sin 9.6356

$\llcorner t$ = 4^h 30^m 20^s O log sem 9.4904

= 19 29 40 W

$\llcorner \alpha$ = 15 28 57

Sternzeit = 10^h 58^m 37^s

$m \odot \alpha$ = 5 30 30

Mittl. Ozt. = 5^h 28^m 7^s Nm 20/5

λ = 7 1 50 W

Mittl. Grw. Zt. = 0^h 29^m 57^s

Chron.-Zt. = 0 34 25

Chron.-Stand = — 4^m 28^s um mittl. Grw. Zt. 0^h 30^m Mg 15/6

» = — 3 49 » » » » 6 5 Mg 21/5

Gang = — 39^s (gewinnend) in 24,8 Tagen

Tägl. Gang = — 1.6 (gewinnend).

Chron.-Stand am 15/6 um 0^h 30^m Mg mittl. Grw. Zt. = — 4^m 28^s

entg. Gang in 12^h 30^m (= 0,5 Tag) = + 0.8

Chron.-Stand im mittl. Grw. Mittag den 14/6 = — 4^m 27^s.2

» » » » » » 15/6 = — 4 28.8

» » » » » » 16/6 = — 4 30.4

§ 131. **Zuverlässigkeit der Chronometerkontrolle durch Gestirnhöhen.** Die Genauigkeit dieser Methode der Standbestimmung hängt sowohl von der Zuverlässigkeit der aus der terrestrischen Ortsbestimmung gefundenen Länge als auch von derjenigen der berechneten mittleren Ortszeit ab.

In ersterer Beziehung kommen hier die in § 19 bis 27 behandelten Bestimmungen des Schiffsortes in Betracht, und da ein Fehler in der Länge mit gleichem Betrage auch in die Greenwicher Zeit eingeht, so muss also auf eine möglichst sichere Bestimmung der Länge besonderes Gewicht gelegt werden. Zu diesem Zwecke ist bei der Benutzung von Landobjekten, welche angenähert östlich oder westlich vom Schiffe liegen, besonders der Abstand möglichst genau zu bestimmen; dagegen kommt es bei der Benutzung von nördlich oder südlich gelegenen Objekten mehr auf eine sichere Peilung an. Ebenso ist, wenn zwischen der Orts- und Zeitbestimmung eine Versegelung liegt, in erster Linie auf diejenigen Ursachen der Besteckversetzung zu achten, welche Fehler in der Länge hervorrufen, und daher auf nördlichen oder südlichen Kursen Abtrift und Deviation sowie Innehalten des aufgegebenen Kurses, auf östlichen und westlichen Kursen dagegen die gesegelte Distanz besonders zu kontrollieren.

Für die Genauigkeit der astronomischen Zeitbestimmung kommt hier, wie in § 123, der Einfluss eines Fehlers in der angenommenen Breite und in der beobachteten Höhe in Betracht. Um denselben möglichst klein zu machen, muss das beobachtete Gestirn möglichst nahe am ersten Vertikal beobachtet sein.

Wenn dasselbe Gestirn in nahezu gleichen Höhen östlich und westlich vom Meridian beobachtet ist, so heben sich die Fehler in Breite und Höhe, wie leicht nachzuweisen, durch Bildung des arithmetischen Mittels aus den abgeleiteten mittleren Ortszeiten auf.

Drittes Kapitel.

Chronometerkontrolle durch Mondstrecken.

§ 132. **Erklärung des Wesens der Methode.** In den nautischen Jahrbüchern sind von drei zu drei Stunden nach mittleren Greenwicher Zeiten die Winkelabstände des Mondes von denjenigen Gestirnen angegeben, welche für die betreffende Zeit in der Nähe der Mondbahn in einer messbaren Distanz von ihm stehen. Als solche Gestirne kommen hier ausser der Sonne und den vier Hauptplaneten Venus (φ), Mars (σ), Jupiter (ζ) und Saturn (♄) noch folgende neun Fixsterne, die sogenannten Distanzsterne α Arietis, Aldebaran, Pollux, Regulus, Spica, Antares, α Aquilae, Fomalhaut und α Pegasi, in Betracht. Hat man nun durch Beobachtung die Distanz des Mondes von einem dieser Gestirne gefunden, so kann man hieraus durch Interpolation diejenige mittlere Greenwicher Zeit finden, welche der beobachteten Distanz entspricht.

Indessen ist hierbei zu beachten, dass die beobachteten Distanzen nicht direkt mit den Distanzen des nautischen Jahrbuches verglichen werden dürfen, und zwar aus einem doppelten Grunde:

Erstens beziehen sich die letzteren auf die Entfernung der Mittelpunkte der Gestirne, während durch Beobachtung nur Randstrecken gefunden werden können; daher sind an diese die scheinbaren Halbmesser der Gestirne anzubringen.

Zweitens sind die Distanzen im Jahrbuche sogenannte wahre Distanzen, wie sie vom Mittelpunkte der Erde aus erscheinen würden, wogegen die Messung in Wirklichkeit an irgend einem Orte der Erdoberfläche angestellt worden ist. Es ist also erforderlich, diese scheinbaren Distanzen in wahre Distanzen zu verwandeln, d. h. sie vom Orte der Beobachtung auf den Erdmittelpunkt zu reduzieren.

Da zu dieser Reduktion die scheinbaren Höhen beider Gestirne erforderlich sind, so teilt man, nachdem die notwendigen Elemente dem Jahrbuche entnommen sind, die ganze Berechnung einer Mondstrecke in drei Abschnitte:

- a) Ermittlung der scheinbaren Höhen und der scheinbaren Mittelpunktsdistanz.
- b) Verwandlung der scheinbaren Mittelpunktsdistanz in wahre Mittelpunktsdistanz.
- c) Ableitung der mittleren Greenwicher Zeit aus der wahren Mittelpunktsdistanz.

a) Ermittlung der scheinbaren Höhen und der scheinbaren Mittelpunktsdistanz.

§ 133. **Ermittlung der scheinbaren Höhen durch Beobachtung.** Die scheinbaren Höhen können auf doppelte Weise gefunden werden, entweder durch Beobachtung oder durch Rechnung. Das letztere Verfahren muss stets dann angewandt werden, wenn die Beschaffenheit der Kimm eine zuverlässige Höhenbeobachtung unmöglich macht; sie darf aber nur angewandt werden, wenn für die zu berechnende Höhe ein sicherer Stundenwinkel durch eine nicht zu weit entfernt liegende Zeitbestimmung ermittelt werden kann. Hat der Seemann, nicht beschränkt durch diese Rücksichten, freie Wahl, so wird er im allgemeinen die Beobachtung der Berechnung vorziehen, weil letztere einmal ziemlich viel umständlicher ist und ausserdem bei derselben leichter Fehler gemacht werden können.

Stehen drei Beobachter zur Verfügung, so übernimmt der geübteste unter ihnen die Beobachtung der Distanzen. Nach ihm müssen sich die Höhenbeobachter in der Weise richten, dass sie den Bogen, welchen das Gestirn bei Drehung des Instrumentes um die Fernrohrachse beschreibt, beständig mit der Kimm in Berührung halten, um auf das »stop« des Distanzbeobachters die zugehörige Höhe liefern zu können. Sind nur zwei oder ist gar nur ein einziger Beobachter vorhanden, so wird derselbe selbst für diesen Fall ungern auf die Vorteile der Höhenbeobachtung gegenüber der Berechnung verzichten wollen. Da die Kimmabstände beider Gestirne dann natürlich nicht gleichzeitig mit den Distanzen gemessen werden können, so verfährt der auf sich allein angewiesene Beobachter so, dass er zuerst eine Höhe des einen Gestirns und darauf des anderen Gestirns beobachtet, danach eine Reihe von Distanzen nimmt und endlich seine Beobachtungen durch eine Wiederholung der Höhen in umgekehrter Reihenfolge beschliesst. Unter der Annahme, dass die Höhen sich gleichmässig ändern, können dann durch einfache Proportion die beobachteten Kimmabstände beider Gestirne auf das Mittel der Beobachtungszeiten für die Distanzen reduziert werden. Steht dem Distanzbeobachter ein Höhenbeobachter zur Seite, so kann derselbe die Höhen des einen Gestirns durch gleichzeitige Messung mit den Distanzen erhalten, während diejenige des anderen Gestirns durch Interpolation gefunden werden muss.

Um die beobachteten Kimmabstände in scheinbare Mittelpunkts Höhen zu verwandeln, welche man für die Reduktion der Mondsdistanzen nötig hat, hat man in bekannter Weise Kimmtiefe und Halbmesser anzubringen, und zwar mit genügender Genauigkeit auf volle Minuten.

Beispiel I (drei Beobachter).

Am 13. Oktober 1905 beobachtete man nach einem Chronometer, dessen Stand zu + 33^m angenommen war, aus 5 m Augeshöhe

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|-----------------|
| Chron.-Zt. 4 ^h 5 ^m 47 ^s | ☉ 48° 51' | ☾ 12° 58' | ☽ 108° 59' 20'' |
| 6 45 | 42 | 13 11 | 59 50 |
| 8 37 | 27 | 35 | 109 0 20 |
| 10 21 | 11 | 57 | 1 40 |
| 11 51 | 0 | 14 17 | 2 10 |
| Chron.-Zt. 4 ^h 8 ^m 40 ^s | ☉ 48° 26' | ☾ 13° 36' | ☽ 109° 0' 40'' |
| Stand + 33 | h - 4 | h - 4 | |
| ung. mittl. Grw. Zt. 4 ^h 42 ^m . Nm 13/10 | ☉ r + 16 | ☾ r - 16 | |
| | schb. ☉ h = 48° 38' | schb. ☾ h = 13° 16' | |

Beispiel 2 (ein Beobachter).

Bald darauf nach demselben Chronometer

| | | | | | |
|---|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Chron.-Zt. 4 ^h 26 ^m 5 ^s | $\overline{\tau}$ 16° 57' | $x = +1$ 20 | \odot 45° 38' | | für $\overline{\tau}$ |
| 27 4 | | | $x = -37$ | \odot (109° 10' 0'') | } 8.7 : 144 = 4.8 : x x = 80' |
| } 28 29 | | | | 10 20 | |
| | 29 50 | | | 10 50 | |
| | 30 55 | | | 11 20 | |
| | 31 54 | | | 11 50 | |
| 33 9 | | | | | für \odot |
| 34 9 | | | \odot 44° 29' | | } 7.1 : 69 = 3.8 : x x = 37' |
| 34 47 | $\overline{\tau}$ 19° 21' | | | | |
| <hr/> | | | | | |
| Chron.-Zt. 4 ^h 30 ^m 51 ^s | $\overline{\tau}$ 18° 17' | | \odot 45° 1' | \odot (109° 10' 52'') | |
| Stand + 33 | $k - 4$ | | $k - 4$ | | |
| ung. m. Gr. Zt. 5 ^h 4 ^m Nm 13/10 | $\odot r - 16$ | | $\odot r + 16$ | | |
| | schb. $\odot h = 17° 57'$ | | schb. $\odot h = 45° 13'$ | | |

Beispiel 3 (zwei Beobachter).

Gleich darauf nach demselben Chronometer

| | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----|-------|---------------------------------|
| Chron.-Zt. 4 ^h 36 ^m 6 ^s | $\overline{\tau}$ 19° 38' | $x = +33$ | \odot 44° 2' | \odot (109° 13' 10'') | | | | |
| } 36 47 | | | } 43 57 | } 13 30 | } für $\overline{\tau}$ | | | |
| | 37 15 | | | | | 49 | 14 20 | } 5.7 : 82 = 2.3 : x x = 33' |
| | 38 4 | | | | | 35 | 14 50 | |
| | 39 35 | | | | | 25 | 15 30 | |
| | 40 30 | | | | | | | |
| 41 50 | $\overline{\tau}$ 21° 0' | | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | | | |
| Chron.-Zt. 4 ^h 38 ^m 26 ^s | $\overline{\tau}$ 20° 11' | | \odot 43° 46' | \odot (109° 14' 14'') | | | | |
| Stand + 33 | $k - 4$ | | $k - 4$ | | | | | |
| ung. m. Gr. Zt. 5 ^h 11 ^m Nm 13/10 | $\odot r - 16$ | | $\odot r + 16$ | | | | | |
| | schb. $\odot h = 19° 51'$ | | schb. $\odot h = 43° 58'$ | | | | | |

§ 134. **Ermittlung der scheinbaren Höhen durch Rechnung.** Wenn wegen der Undeutlichkeit der Kimm eine Beobachtung der Höhen nicht möglich ist, so müssen dieselben berechnet werden. Zunächst sind nach dem in § 81 angegebenen Verfahren die wahren Höhen zu berechnen und dann diese durch Anbringung von Refraktion und Parallaxe in scheinbare Höhen zu verwandeln. Bei dieser Verwandlung sind aber zwei Punkte zu berücksichtigen. Erstens nämlich sind die Korrekturen mit dem entgegengesetzten Vorzeichen anzubringen wie bei der Reduktion der scheinbaren Höhen in wahre Höhen, und zweitens gelten die in den Tafeln angegebenen Werte der Refraktion und der Höhenparallaxe eigentlich für das Argument »scheinbare Höhe«. Da diese aber erst gefunden werden soll, so müsste man, streng genommen, sich zunächst eine angenäherte scheinbare Höhe verschaffen, indem man in erster Näherung mit der wahren Höhe eingeht und an diese die hierfür ausgenommene Refraktion und Parallaxe mit dem eben angegebenen Vorzeichen anbringt. Mit dieser scheinbaren Höhe müsste man dann den Tafeln die definitiven Werte für Refraktion und Parallaxe entnehmen, um mit ihnen dann endlich die wahren Höhen in scheinbare zu verwandeln.

Für die Zwecke der Mondsdistanzen, wo die scheinbaren Höhen nur auf volle Minuten in Rechnung gesetzt werden, ist es für die Sonne und die Planeten vollständig

genügend, wenn man bei der Verwandlung der wahren Höhen in scheinbare die Höhenparallaxe vernachlässigt und die Refraktion direkt mit den wahren Höhen, anstatt der scheinbaren Höhe aus der Tafel 7a des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 16a) entnimmt, und für den Mond ist in Tafel 36 die hier in Frage kommende Korrektion »Parallaxe — Refraktion« direkt für wahre Höhen tabuliert worden, der Gebrauch dieser Tafel also vollständig korrekt.

Hinsichtlich der Vorzeichen mag hier noch einmal besonders betont werden, dass die Refraktion mit +, die Höhenparallaxe mit — anzubringen sind, oder mit anderen Worten bei Sonne und Planeten die Grösse »Refraktion — Parallaxe« mit +, beim Monde dagegen die in Tafel 36 angegebene Korrektion »Parallaxe — Refraktion« mit —.

Beispiel.

Wie gross ist die scheinbare Höhe des Mondes, der Sonne und der vier Hauptplaneten, wenn durch Rechnung die wahre Höhe des Mondes zu $31^{\circ} 18'$ (Horizontalparallaxe = $58' 40''$), der Sonne zu $25^{\circ} 4'$, der Venus zu $11^{\circ} 29'$, des Jupiter zu $40^{\circ} 30'$ und des Saturn zu $19^{\circ} 49'$ gefunden worden ist?

§ 135. **Ermittlung der scheinbaren Mittelpunktsdistanz. Korrektion der Halbmesser.** Um die durch direkte Beobachtung gefundene Randdistanz in die für die weitere Reduktion notwendige Mittelpunktsdistanz zu verwandeln, muss man die Halbmesser der Gestirne anbringen. Die Entscheidung darüber, ob dieselben zu addieren oder zu subtrahieren sind, hängt davon ab, ob der zur Berührung gebrachte Rand dem anderen Gestirn zugewandt oder ihm abgewandt ist. Man erkennt leicht, dass für Distanzen nächsten Randes (* (() der Halbmesser zu addieren, für Distanzen entfernten Randes (*)) zu subtrahieren ist.

Speziell für Sonne-Mond-Distanzen ist zu beachten, dass der Mond sein Licht von der Sonne erhält, folglich derselben stets den hellen Rand zuwendet. Bei Distanzen zwischen Sonne und Mond sind also beide Halbmesser zu addieren.

Ist das Distanzgestirn ein Planet, so wird dessen Halbmesser nicht angebracht, weil man wegen der schwachen Vergrösserung des Fernrohres den Planeten nicht als Scheibe oder Sichel erkennen, also auch keine Randdistanzen von ihm beobachten kann.

Für die Halbmesser von Sonne und Mond ist aber noch zu berücksichtigen, dass dieselben dem Beobachter unter einem anderen Winkel erscheinen, als die Werte der wahren, vom Erdmittelpunkte aus gesehenen Halbmesser angeben, welche man dem nautischen Jahrbuche entnimmt, und daher sind an die wahren Halbmesser Korrektionen anzubringen, um die an die beobachteten Distanzen anzubringenden scheinbaren Halbmesser zu erhalten.

Erstens befindet sich der Beobachter den über dem Horizonte befindlichen Gestirnen näher als der Erdmittelpunkt, und daher ist der scheinbare Halbmesser grösser als der wahre, und zwar um so mehr, je höher das betreffende Gestirn steht und je näher es sich der Erde befindet. Für die Sonne ist diese Differenz belanglos, für den erheblich näheren Mond ist diese Korrektion zu berücksichtigen. Sie wird der Tafel 35 der nautischen Tafelsammlung oder der Tafel 12 des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 4) entnommen und stets zum wahren Halbmesser addiert.

In nebenstehender Figur 110 gibt r den wahren, R den scheinbaren wegen der grösseren Nähe vergrösserten Wert des Halbmessers des Mondes oder der Sonne an, dessen Grösse, in Längenmass gemessen, mit ρ bezeichnet ist; ferner bedeuten E und e die Entfernungen des Mittelpunktes M vom Erdmittelpunkte C resp. vom Beobachtungsorte O , und endlich Oh und CH den scheinbaren resp. wahren Horizont. Dann ist

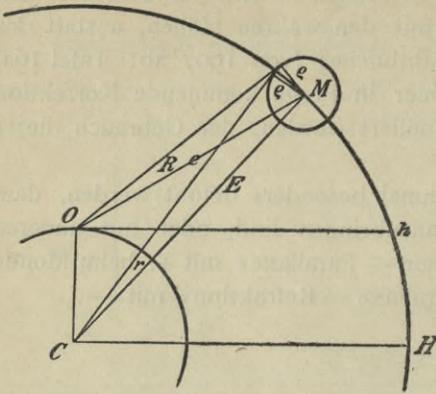


Fig. 110

$$\sin R = \frac{\rho}{e} \text{ und}$$

$$\sin r = \frac{\rho}{E}$$

$$\frac{\sin R}{\sin r} = \frac{E}{e}$$

Da R und r so klein sind, dass man ihre Sinusse den Winkeln selbst proportional setzen darf, so ist

$$\frac{R}{r} = \frac{E}{e},$$

d. h. die Gesichtswinkel der Halbmesser verhalten sich bei demselben Gestirn umgekehrt wie die Entfernungen. Da das Verhältnis $\frac{E}{e}$ sich aber unter

nähert, je grösser die Entfernung des Gestirns ist, so ist diese Vergrößerung des Halbmessers beim Monde am grössten. Für die Sonne ist dieselbe verschwindend klein, denn selbst der Maximalwert, welcher eintritt, wenn die Sonne im Zenit steht, da dann der Unterschied der Entfernungen am grössten ist, ist, $E = 20$ Millionen Meilen und den Erddurchmesser $= 900$ Meilen gesetzt,

$$\frac{R}{r} = \frac{20 \text{ Mill.}}{20 \text{ Mill.} - 900} = 1.000045.$$

Nimmt man nun $r = 16'$ an, so würde $R = 16' 0'' 04$ sein. Die Parallaxe ist also auf den Sonnenhalbmesser ohne merklichen Einfluss.

Für den Mond lässt sich zum Zwecke des bequemeren Tabulirens das Verhältnis $\frac{E}{e}$ noch anders ausdrücken.

Im $\triangle MOC$ ist nach der Sinusregel

$$\frac{E}{e} = \frac{\sin MOC}{\sin MCO} = \frac{\cos MOh}{\cos MCH} = \frac{\cos \text{scheinb. Höhe}}{\cos \text{wahre Höhe}},$$

$$\text{folglich } \frac{R}{r} = \frac{\cos \text{scheinb. Höhe}}{\cos \text{wahre Höhe}}.$$

Hiernach ist R für alle Halbmesser von $14' 40''$ bis $16' 40''$ von $10''$ zu $10''$ sowie für alle Höhen in Intervallen von 5^0 berechnet und die Differenz $R - r$ als »Vergrößerung des Mondhalbmessers« in Tafel 12 resp. 4 des nautischen Jahrbuches oder in Tafel 35 der Tafelsammlung zusammengestellt. Der Mondhalbmesser des Jahrbuches ist also stets um diesen Betrag zu vergrössern, wenn die scheinbare Randdistanz in scheinbare Mittelpunktsdistanz verwandelt werden soll.

Die zweite Abweichung des scheinbaren Halbmessers vom wahren findet ihre Erklärung in der Refraktion. Da dieselbe in kleineren Höhen grösser ist als in grösseren, so wird der Oberrand der Sonne weniger gehoben als der untere. Die Folge davon wird eine Verkürzung des vertikalen Durchmessers sein. Da der horizontale Durchmesser durch die Refraktion nicht beeinflusst wird, so nimmt die Sonne und der Mond in kleinen Höhen die Gestalt einer Ellipse an, deren grosse Achse horizontal liegt. (Auf See nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang deutlich zu beobachten.)

Hiernach leuchtet ohne weiteres ein, dass ein für die gemessenen Mondsdistanzen in Betracht kommender schräger Halbmesser von Sonne und Mond um so mehr verkürzt erscheint, je kleiner der Winkel ist, den der Distanzbogen mit der Vertikalen bildet.

Die Verkürzung selbst kann aus dem der Tafel 38 der nautischen Tafelsammlung beigegebenen Hilfstäfelchen entnommen werden. Aus Gründen der Bequemlichkeit wird diese Korrektur daher nicht schon bei der Berechnung der scheinbaren Mittelpunktsdistanz, sondern erst bei der Verwandlung der scheinbaren Distanz in die wahre Distanz zugleich mit der Korrektur von Tafel 38 angebracht.

Die Korrektion erhält stets das entgegengesetzte Vorzeichen wie der zugehörige Halbmesser.

In bezug auf die Ableitung ist folgendes zu bemerken:

Bedeutet in nebenstehender Figur 111 S den Mittelpunkt der Sonne und \odot den Mond, so wird durch Beobachtung der Bogen $\odot A$ gefunden, und man müsste daher auch, um diese Randdistanz in die Mittelpunktsdistanz $\odot S$ zu verwandeln, den durch Refraktion in schräger Richtung verkürzten Halbmesser SA addieren. Weil aber aus den Jahrbüchern der Radius SB entnommen wird, so muss derselbe um das Stück AB verkleinert werden.

Wie wird nun AB gefunden? Das Stück Oo , d. h. die Verkürzung des vertikalen Halbmessers, stellt den Unterschied der Refraktionen für Mittelpunkt und Oberrand dar und kann aus Tafel 8 des nautischen Jahrbuches entnommen werden (von 1907 nicht mehr). Ebenso ist das Stück BD der Unterschied der Refraktionen für Punkt C und Punkt B oder, da S und C dieselbe Refraktion haben, für den Mittelpunkt und Punkt B . Ein Blick in die Refraktionstafel genügt nun, um zu erkennen, dass innerhalb so enger Grenzen wie des Sonnenhalbmessers die Refraktionen sich den Höhen nahezu proportional ändern; folglich darf man setzen

$$\frac{BD}{Oo} = \frac{BC}{OS}$$

$$BD = \frac{BC}{OS} \cdot Oo = \frac{BC}{BS} \cdot Oo = Oo \cdot \cos w.$$

Fasst man nun ABD als ein bei A rechtwinkliges Dreieck auf, so ist

$$AB = BD \cdot \cos w,$$

folglich $AB = Oo \cdot \cos^2 w.$

Wie aus nebenstehender Figur 112 hervorgeht, in welcher $Z\odot$ und $Z\odot$ die scheinbaren Zenitdistanzen der beiden Gestirne und $\odot\odot$ die scheinbare Mittelpunktsdistanz derselben bedeutet, lässt sich $\sphericalangle w$ aus den drei Seiten berechnen, und da Oo ebenfalls nur von der Höhe des niedrigen Gestirns abhängt, so lässt sich die schräge Verkürzung AB für alle Werte der Höhen und der Distanz berechnen. Eine Durchführung dieser Rechnung führt zu dem in Tafel 38 beigegebenen Hilfstäfelchen »Korrektion wegen der schrägen Verkürzung des Sonnen- oder Mondhalbmessers durch Refraktion«.

Dass die schräge Verkürzung sowohl auf den Sonnen- als auch auf den Mondhalbmesser anzuwenden ist, folgt daraus, dass die Refraktion auf beide Gestirne in derselben Weise und in gleichem Grade einwirkt.

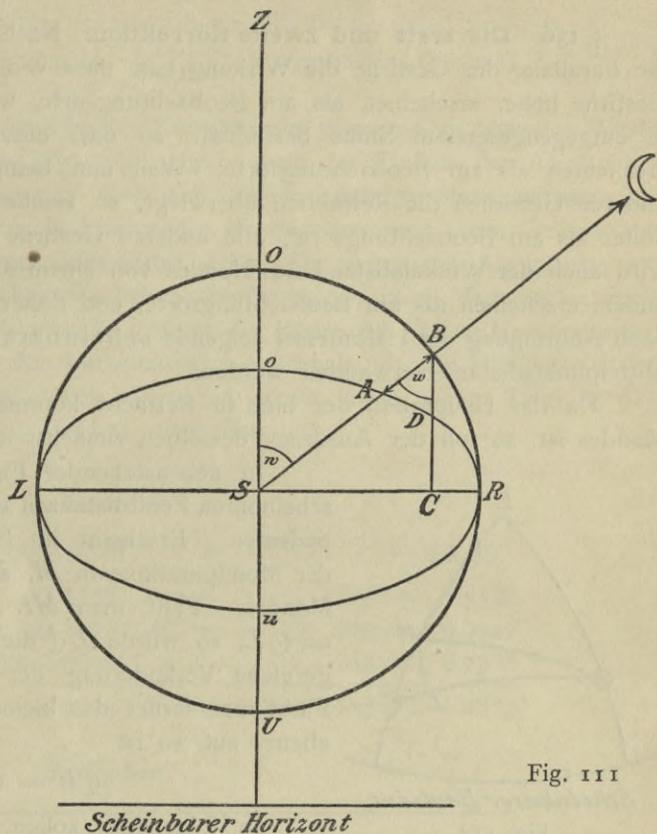


Fig. 111

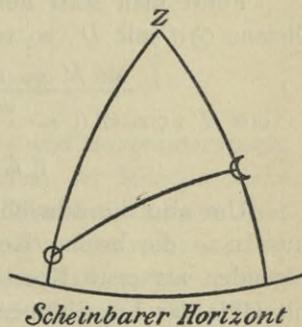


Fig. 112

b) Verwandlung der scheinbaren Mittelpunktsdistanz in die wahre Mittelpunktsdistanz.

§ 136. Die erste und zweite Korrektion. Nach den Betrachtungen von § 63 übt die Parallaxe der Gestirne die Wirkung aus, dass vom Erdmittelpunkte aus gesehen die Gestirne höher erscheinen als am Beobachtungsorte, während die Refraktion die Höhen in entgegengesetztem Sinne beeinflusst, so dass dieselben im Erdmittelpunkte kleiner erscheinen als am Beobachtungsorte. Weil nun beim Monde die Parallaxe, bei allen anderen Gestirnen die Refraktion überwiegt, so erscheint im Erdmittelpunkte der Mond höher als am Beobachtungsorte, alle anderen Gestirne dagegen niedriger. Infolgedessen wird auch der Winkelabstand des Mondes von einem anderen Gestirn im Erdmittelpunkte anders erscheinen als am Beobachtungsorte, und daher muss die aus den Beobachtungen nach Anbringung der Halbmesser folgende scheinbare Mittelpunktsdistanz in die wahre Mittelpunktsdistanz verwandelt werden.

Da das Hauptglied der hier in Betracht kommenden Einflüsse die Parallaxe des Mondes ist, so soll der Ausdruck desselben zunächst abgeleitet werden.

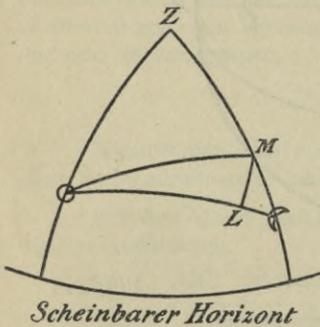


Fig. 113

In nebenstehender Figur 113 mögen $Z\odot$ und $Z\odot$ die scheinbaren Zenitdistanzen des Mondes und des Distanzgestirns bedeuten. Erscheint im Erdmittelpunkte der Mond infolge der Mondparallaxe in M , so ist $\odot M$ die Höhenparallaxe des Mondes. Fällt man $ML \perp \odot L$ und setzt zunächst $\odot M = \odot L$, so würde $L\odot$ die durch die Mondparallaxe hervorgerufene Veränderung der scheinbaren Distanz bezeichnen. Fasst man ferner das kleine sphärische Dreieck $ML\odot$ als ein ebenes auf, so ist

$$\odot L = \odot M \cdot \cos \sphericalangle \odot$$

In folgendem sollen nun die Horizontalparallaxe, die Refraktion und die scheinbare Höhe des Mondes der Reihe nach mit P , R und H' , die entsprechenden Grössen des anderen Gestirns mit p , r und h' bezeichnet werden. Dann ist

$$\odot L = P \cdot \cos H' \cdot \cos \sphericalangle \odot$$

Um aus diesem Ausdruck den unbekanntnen $\sphericalangle \odot$ zu entfernen, wendet man auf das Dreieck $Z\odot\odot$ die sphärische Grundregel an. Danach wird

$$\cos Z\odot = \cos Z\odot \cdot \cos \odot \odot + \sin Z\odot \cdot \sin \odot \odot \cdot \cos \sphericalangle \odot$$

Führt man statt der Zenitdistanzen die Höhen ein und bezeichnet die scheinbare Distanz $\odot\odot$ mit D' , so ist

$$\sin h' = \sin H' \cos D' + \cos H' \sin D' \cos \sphericalangle \odot, \text{ folglich}$$

$$\cos H' \cdot \cos \sphericalangle \odot = \frac{\sin h' - \sin H' \cos D'}{\sin D'} = \sin h' \operatorname{cosec} D' - \sin H' \cdot \cotg D', \text{ mithin}$$

$$\odot L = P \sin h' \operatorname{cosec} D' - P \sin H' \cotg D'$$

Um also die scheinbare Distanz von dem Einflusse der Mondparallaxe zu befreien, muss man die beiden Korrekturen $P \sin h' \operatorname{cosec} D'$ und $P \sin H' \cotg D'$, welche im folgenden als erste Korrektion (I) und zweite Korrektion (II) bezeichnet werden sollen, mit Hilfe der Logarithmen arcus in Tafel 37 berechnen.

Hinsichtlich der Vorzeichen ist zu bemerken, dass nach Figur 113 $\odot L$ von der scheinbaren Distanz subtrahiert werden muss, woraus im obigen Ausdruck von $\odot L$ für das erste Glied das negative, für das zweite Glied das positive Vorzeichen folgt. Weil aber die drei Faktoren der ersten Korrektion nie negativ werden können, so folgt die

Regel: Die erste Korrektion ist stets negativ.

Bei der zweiten Korrektion hängt das Vorzeichen von dem Faktor $\cotg D'$ ab. Da die Cotangente im zweiten Quadranten negativ ist, so gilt die

Regel: Die zweite Korrektion ist $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{positiv,} \\ \text{negativ,} \end{smallmatrix} \right\}$ wenn die Distanz $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{kleiner} \\ \text{grösser} \end{smallmatrix} \right\}$ als 90° ist.

Für die der Berechnung der ersten beiden Korrektionen zugrunde zu legenden Werte der Horizontalparallaxe des Mondes lässt sich sehr bequem der Einfluss der Abplattung der Erde berücksichtigen. Nach Figur 56 lässt sich die Horizontalparallaxe auffassen als derjenige Winkel, unter welchem der Erdradius des Beobachtungsortes vom Gestirn aus erscheint, wenn dasselbe im Horizonte des Ortes steht. Da wegen der Abplattung der Erde die Radien derselben mit wachsender Breite abnehmen, so muss demgemäss auch die Horizontalparallaxe desto kleiner sein, je grösser die Breite ist. Diese Verminderung der Horizontalparallaxe, für welche der mathematische Ausdruck mit den Hilfsmitteln der Elementarmathematik nur sehr umständlich abgeleitet werden kann, ist in Tafel 13 des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 5) angegeben.

Beispiel.

$$\begin{array}{l}
 D' = 93^\circ 35' 44'', \quad H' = 59^\circ 22', \quad h' = 16^\circ 12', \quad P = 59' 39'' \\
 P = 59' 39'' \quad \log \text{arc} \quad 3.5538 \quad \dots \quad \log \text{arc} \quad 3.5538 \\
 h' = 16^\circ 12' \quad \log \sin \quad 9.4456 \quad H' = 59^\circ 22' \quad \log \sin \quad 9.9347 \\
 D' = 93^\circ 36' \quad \log \text{cosec} \quad 0.0009 \quad \dots \quad \log \cotg \quad 8.7988 \\
 \hline
 I = -16' 41'' \quad \log \text{arc} \quad 3.0003 \quad II = -3' 14'' \quad \log \text{arc} \quad 2.2873
 \end{array}$$

Aufgaben.

| D' | H' | h' | P | I | II |
|--------------|---------|---------|----------|---|----|
| 58° 39' 10'' | 22° 51' | 36° 18' | 55' 48'' | | |
| 72 40 18 | 60 29 | 39 44 | 58 11 | | |
| 110 33 27 | 15 39 | 29 16 | 60 22 | | |
| 85 24 55 | 27 56 | 50 39 | 56 1 | | |
| 109 22 56 | 34 8 | 14 13 | 59 32 | | |
| 62 51 50 | 45 53 | 10 43 | 59 54 | | |
| 90 24 11 | 56 28 | 27 10 | 57 57 | | |

§ 137. Die dritte Korrektion. Einfluss von Thermometer- und Barometerstand.

Die beiden ersten Korrektionen stellen den hauptsächlichsten Einfluss der Mondparallaxe dar. Für die Verwandlung der scheinbaren Distanzen in wahre Distanzen kommen aber noch andere Glieder in Betracht. Erstens ist in Fig. 113 die Annahme gemacht worden, dass $\odot M = \odot L$ ist. Dies ist jedoch, streng genommen, nicht der Fall, und es müsste daher nachträglich der aus dieser Annahme folgende Fehler ausgeglichen werden. Zweitens kommt noch der Einfluss hinzu, welchen die Refraktion beider Gestirne bei der Verwandlung der scheinbaren Distanzen in wahre Distanzen ausübt. Die Gesamtwirkung dieser Einflüsse ist in Tafel 38 der nautischen Tafelsammlung als dritte Korrektion angegeben. Die dritte Korrektion ist stets positiv.

Die Tafel der dritten Korrektur kann man sich so hergestellt denken, dass man für bestimmte scheinbare Höhen des Mondes und des anderen Gestirns und für bestimmte scheinbare Distanzen einmal die wahren Distanzen nach einem im folgenden zu skizzierenden Verfahren berechnet und zweitens die zugehörigen Werte der beiden ersten Korrekturen nach § 136 ermittelt. Dann ergeben sich für jene scheinbaren Höhen und Distanzen ohne weiteres die Fehler, welche die alleinige Berücksichtigung der beiden ersten Korrekturen übrig lässt. Durch Anbringung der so gewonnenen dritten Korrektur erhält man also die richtigen wahren Distanzen.

Das oben angedeutete direkte Verfahren zur Verwandlung der scheinbaren Distanzen in wahre Distanzen beruht auf folgenden Erwägungen:

Bezeichnet man in Fig. 114 die scheinbaren Zenitdistanzen mit $Z\odot$ und $Z\zeta$, die wahren dagegen mit ZS und ZM , so stellt $\odot\zeta$ die scheinbare und SM die wahre Distanz dar. Im $\triangle Z\odot\zeta$ lässt sich nun $\sphericalangle Z$ aus den bekannten drei Seiten berechnen und damit im $\triangle ZSM$ aus zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel die dritte Seite SM , die wahre Distanz, wenn man berücksichtigt, dass $\zeta M = P \cos H' - R$ und $\odot S = r - p \cos h'$ ist.

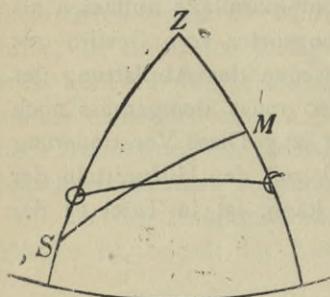


Fig. 114

Für die auf Sekunden genau durchzuführende Rechnung wären sechsstellige Logarithmen erforderlich.

Aufgaben.

Ermittle für die Aufgaben von § 136 die dritte Korrektur mit Hilfe von Tafel 38.

Unter der für die Bedürfnisse der Praxis stets zulässigen Annahme, dass die dritte Korrektur die alleinige Wirkung der Refraktion darstellt, lässt sich der Einfluss des Thermometer- und Barometerstandes leicht berücksichtigen.

Durch Wiederholung des Verfahrens von § 136 für die Refraktionen beider Gestirne ergibt sich leicht, dass der Einfluss der Refraktion dargestellt wird durch den Ausdruck $r \cdot \cos \sphericalangle \odot + R \cdot \cos \sphericalangle \zeta$. Da der Einfluss der Temperatur und des Luftdruckes auf die Refraktion sich in dem Faktor $\frac{B}{760} \left(1 - \frac{T-10}{273}\right)$ äussert, mit welchem die Werte der mittleren Refraktion zu multiplizieren sind, wenn B den Barometerstand in mm und T die Temperatur nach Celsius bedeutet, so beeinflusst dieser Faktor die dritte Korrektur in derselben Weise wie die Refraktionen, und daher kann man dem Thermometer- und Barometereinflusse dadurch Rechnung tragen, dass man in die Tafeln 7b und 7c des nautischen Jahrbuches (von 1907 an: 16b und 16c) oben mit der dritten Korrektur eingeht und die den Tafeln entnommenen Werte mit den angegebenen Vorzeichen an die dritte Korrektur anbringt.

§ 138. Einfluss der Parallaxe des Distanzgestirns. Durch die in den beiden vorhergehenden Paragraphen behandelten drei Korrekturen findet die Verwandlung der scheinbaren Distanz in die wahre Distanz nur dann statt, wenn das Distanzgestirn keine Parallaxe hat, d. h. ein Fixstern ist. Ist dagegen der Winkelabstand des Mondes von der Sonne gemessen, so bedarf es noch der Berücksichtigung der Parallaxe derselben durch das kleine der Tafel 38 beigegebene Hilfstäfelchen »Korrektur wegen der Sonnenparallaxe«. Die Werte desselben sind gefunden durch Berechnung des nach § 136 für die Wirkung der Sonnenparallaxe geltenden Ausdrucks $-p \cos h' \cdot \cos \sphericalangle \odot$.

Ist endlich das Distanzgestirn ein Planet, so hat man den Wert dieses Hilfstäfelchens so oft zu nehmen, als $9''$ (Horizontalparallaxe der Sonne) in der Horizontalparallaxe des Planeten enthalten sind.

c) Ableitung der mittleren Greenwicher Zeit aus der wahren Mittelpunktsdistanz.

§ 139. Annahme einer gleichmässigen Änderung der Distanzen. Korrektur für zweite Differenzen. Nimmt man in erster Näherung an, dass die wahren Distanzen, welche von drei zu drei Stunden mittlerer Greenwicher Zeit im nautischen Jahrbuche verzeichnet sind, sich proportional der Zeit ändern, so findet man die der reduzierten wahren Distanz entsprechende mittlere Greenwicher Zeit mit Hilfe einer Proportion. Bezeichnet U den Unterschied der beiden Jahrbuchsdistanzen, zwischen welche die reduzierte wahre Distanz fällt, und u den Unterschied der letzteren gegen die vorhergehende Jahrbuchsdistanz, so ist

$$U : 3 = u : x$$

$$x = \frac{3}{U} \cdot u \text{ Stunden.}$$

Da der Ausdruck $\frac{3}{U}$ für alle zwischen zwei benachbarte Jahrbuchsdistanzen fallende wahren Distanzen konstant bleibt, so ist sein Logarithmus als Proportional-Logarithmus mit Weglassung der Kennziffer 0 in dem nautischen Jahrbuche schon mit angegeben, und man braucht denselben also nur zu dem $\log u$ zu addieren, um zur Summe als Logarithmus die Korrektur x in Zeit aufzuschlagen, welche zur Zeit der vorhergehenden Jahrbuchsdistanz zu addieren ist. Die Logarithmen von u und x entnimmt man am bequemsten aus Tafel 37 der nautischen Tafelsammlung, welche die gemeinen Logarithmen der in Sekunden verwandelten Winkel enthalten.

In Wirklichkeit ändern sich die Distanzen aber nicht genau proportional der Zeit, wie die Vergleichung mehrerer aufeinander folgender Werte von U lehrt. Man erkennt dies auch aus der Änderung der Proportional-Logarithmen, und je grösser die Änderungen in denselben sind, desto weniger verlaufen die Distanzen proportional der Zeit. Um dies bei der Ableitung der mittleren Greenwicher Zeit zu berücksichtigen, ist noch eine Korrektur anzubringen, welche aus Tafel 39 der nautischen Tafelsammlung oder aus Tafel 17 des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 9) entnommen wird.

Beispiel.

Am 10. Mai 1905 war die wahre Distanz zwischen \odot und ζ $74^{\circ} 31' 15''$. Wie gross war die mittlere Greenwicher Zeit?

$$\begin{array}{r}
 D' = 74^{\circ} 31' 15'' \\
 12^h : 73 \ 56 \ 58 \quad \text{pr log } 0.2891 \text{ (— 14)} \\
 \hline
 u = 0^{\circ} 34' 17'' \quad \text{log arc } 3.3132 \\
 \hline
 x = 1^h 6^m 42^s \quad \text{log arc } 3.6023 \\
 \hline
 12 \\
 \hline
 \text{angen. Grw. Zt. } 13^h 6^m 42^s \\
 \text{Korr. für II. Diff.} \quad \quad \quad + 4 \\
 \hline
 \text{Mittl. Grw. Zt. } 13^h 6^m 46^s
 \end{array}$$

Aufgaben.

| Datum | 5/11 1905 | 8/9 1905 | 30/4 1905 | 10/2 1905 | 19/6 1905 | 25/8 1905 |
|-------------|---|---|--|---|---|--|
| Wahre Dist. | $\sigma - \zeta$ $42^{\circ} 10' 33''$ | α Pegasi — ζ $59^{\circ} 33' 7''$ | $\odot - \zeta$ $36^{\circ} 34' 54''$ | Pollux — ζ $82^{\circ} 37' 43''$ | $\eta - \zeta$ $29^{\circ} 27' 55''$ | $\odot - \zeta$ $57^{\circ} 43' 28''$ |

§ 140. Vollständige Durchführung der Rechnung von Mondständen.

Beispiel.

Am 9. Februar 1905 in $43^{\circ} 16' S$ und $39^{\circ} 7' O$ beobachtete man nach einem Chronometer, dessen Stand ungefähr $+ 11^m$ war, aus 7 m Augeshöhe wie folgt. I.-K. für Höhen $- 3'$, für Distanz $+ 1' 35''$.

| | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Chron.-Zt. $3^h 1^m 58^s$ | $\llcorner 44^{\circ} 43'$ | $\odot 19^{\circ} 16'$ | $\odot \llcorner 55^{\circ} 58' 0''$ |
| 3 41 | 36 | 11 | 58 50 |
| 5 17 | 28 | 5 | 59 30 |
| Chron.-Zt. $3^h 3^m 39^s$ | $\llcorner 44^{\circ} 35'.7$ | $\odot 19^{\circ} 10'.7$ | $\odot \llcorner 55^{\circ} 58' 47''$ |
| Stand + 11 | I.-K. - 3 | I.-K. - 3 | I.-K. + 1 35 |
| Mittl. Grw. Zt. $3^h 15^m Nm 9/2$ | $\llcorner 44^{\circ} 32'.7$ | $\odot 19^{\circ} 7'.7$ | $\odot \llcorner 56^{\circ} 0' 22''$ |
| $\odot \varrho 16' 14''$ | $k - 4.7$ | $k - 4.7$ | $\odot \varrho + 16 14$ |
| $\llcorner \varrho 14 56$ | $\llcorner 44^{\circ} 28'.0$ | $\odot 19^{\circ} 3'.0$ | $\llcorner \varrho + 14 56$ |
| $\llcorner \pi 54 2$ | $\llcorner \varrho + 15$ | $\odot \varrho + 16$ | $D' 56^{\circ} 31' 32''$ |
| | $H' 44^{\circ} 43'$ | $h' 19^{\circ} 19'$ | |

I. Korr. = $\pi \cdot \sin h'$, cosec D' II. Korr. = $\pi \cdot \sin H' \cdot \cotg D'$

| | | |
|-----------------------|------------------|--------------------------------------|
| $\pi = 54' 2''$ | log arc 3.5108 | log arc 3.5108 |
| $h' = 19^{\circ} 19'$ | log sin 9.5196 | $H' = 44^{\circ} 43'$ log sin 9.8473 |
| $D' = 56' 32''$ | log cosec 0.0787 | log cotg 9.8202 |

I. Korr. $- 21' 26''$ log arc 3.1091 II. Korr. $+ 25' 8''$ log arc 3 1783

II. Korr. $+ 25 8$

III. Korr. $+ 1 46$

Ges.-Korr. $+ 5' 28''$

$D' = 56^{\circ} 31' 32''$

$D' = 56^{\circ} 37' 0''$

$3^h 56 30 45$ pr log 0.3469 (- 2)

$u = 0^{\circ} 6' 15''$ log arc 2.5740

$x = 0^h 13^m 54^s$ log arc 2.9209

3

$3^h 13^m 54^s$

Korr. für II. Diff. $+ 0$

Mittl. Grw. Zt. $3^h 13^m 54^s$ Nm 9/2

Chron.-Zt. 3 3 39

Stand $+ 10^m 15^s$

§ 141. Die Zuverlässigkeit der Chronometerkontrolle durch Mondständen.

Da die gesuchte mittlere Greenwicher Zeit durch die Differenz der reduzierten wahren Distanz D' mit der vorhergehenden Distanz des nautischen Jahrbuches gefunden wird, so ist für die Zuverlässigkeit der resultierenden Greenwicher Zeit die Genauigkeit beider Größen massgebend.

Was zunächst die auf mehrere Jahre voraus berechneten Distanzen des Jahrbuches anlangt, so dürfte der Fehler derselben nur selten einige Bogensekunden übersteigen,

mithin gegenüber dem Fehler der reduzierten wahren Distanz nur sehr wenig ins Gewicht fallen. Da man die Zeit des ersten Meridians stets sicher genug kennt, um die zur Reduktion einer Mondsdistanz nötigen Jahrbuchgrößen mit genügender Genauigkeit dem Jahrbuche entnehmen zu können, so bleiben als Ursachen einer fehlerhaften wahren Distanz drei Fehlerquellen übrig, nämlich erstens der Fehler der Distanzbeobachtung selbst, zweitens etwaige Fehler in den Höhen und drittens die Ungenauigkeit der Reduktion.

Die Beobachtungsfehler in der Distanz stammen her von den unbekanntem Fehlern des Instrumentes und von der Unvollkommenheit des Auges in der scharfen Einstellung der Randberührung sowie in zweiter Linie von der Beschränkung der Ablesungsgenauigkeit. Eine ganz besondere Aufmerksamkeit ist dem Indexfehler zu schenken. Da sich derselbe sowohl beim Gebrauche des Instrumentes als auch infolge von Temperaturänderungen ändert, so empfiehlt es sich, denselben vor und nach jeder Beobachtungsreihe sorgfältig durch mehrere Einstellungen zu bestimmen, und zwar in derselben Lage des Instrumentes, welche dasselbe bei den Distanzmessungen einnimmt. Auch müssen die Ablesungen hinsichtlich eines etwaigen Exzentrizitätsfehlers korrigiert werden. Legt man als Norm das Mittel aus sechs einzelnen Distanzmessungen zugrunde, so darf man für einen geübten Beobachter als wahrscheinlichen Fehler eines solchen Beobachtungssatzes (cfr. »Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie« 1889, Seite 162) etwa 20'' bis 30'' annehmen, und dieser Fehler geht mit gleichem Betrage auch in die wahre Distanz über.

Der Einfluss der Höhenfehler ist sehr gering und wird den Betrag von 1'' bis 2'' in der wahren Distanz nur selten überschreiten.

Angesichts des selbst bei einem geübten Distanzbeobachter zu erwartenden Fehlers von 20'' bis 30'' kommt es bei der Entnahme der dritten Korrektion aus Tafel 38 nicht auf die äusserste Genauigkeit an. Selbst unter dieser Voraussetzung bleibt die rechnerische Ungenauigkeit in der Regel unter 5''.

Es fragt sich nun, mit welchem Betrage der durch die vorstehenden Fehlerquellen verursachte Fehler der wahren Distanz auf die mittlere Greenwicher Zeit einwirkt.

Ein Fehler der wahren Distanz wird sich in der Greenwicher Zeit um so schwerer rächen, je langsamer die Distanzänderung vor sich geht. Im Mittel beträgt dieselbe in 3^h etwa 1° 30', so dass der durchschnittliche Fehler in der mittleren Greenwicher Zeit, welcher einer Abweichung von 1'' in der wahren Distanz entspringt, 2^s beträgt. Doch können hierin auch nicht unerhebliche Abweichungen vorkommen. Zunächst wird der Mond sich in der Erdnähe (Horizontalparallaxe gross) schneller bewegen als in der Erdferne, und ferner werden bei derselben Bewegungsgeschwindigkeit die Distanzen sich desto weniger ändern, je weiter dies Gestirn von der Bewegungsrichtung absteht. Einen bequemen Anhaltspunkt für die Schnelligkeit der Distanzänderung bieten die Proportional-Logarithmen dar. Da dieselben die Differenz $\log \text{arc } 3^h - \log \text{arc } U$ bedeuten, wenn U den Unterschied zweier benachbarten Distanzen bezeichnet, so werden unter sonst gleichen Umständen diejenigen Distanzen die genauesten Resultate erwarten lassen, bei welchen die Proportional-Logarithmen sehr klein sind.

§ 142. Die rationellste Ausnutzung der Mondsdistanzen. Es ist klar, dass bei solchen Methoden, bei welchen sich die unvermeidlichen Fehler in so hohem Grade geltend machen wie bei Mondsdistanzen, bei denen man mit einer Genauigkeit von 50^s — 60^s im Chronometerstand zufrieden sein muss, das Bestreben darauf gerichtet sein muss, die Beobachtungen so zu kombinieren, dass diese Fehler möglichst vollständig sich aufheben. Bei den zufälligen Fehlern, welche bald nach der einen, bald nach der anderen Seite wirken, darf man annehmen, dass dieselben bei grösserer Anzahl von Beobachtungen unschädlich gemacht werden. Von konstanten Fehlern kommen hier besonders die

unbekannten Fehler des Instrumentes und die individuelle Auffassung der Randberührung im Auge des Beobachters in Betracht. Die ersteren können dadurch eliminiert werden, dass man an demselben Abend östliche und westliche Distanzen von annähernd gleicher Grösse mit Sternen misst, da dann eine zu klein gemessene Distanz das eine Mal die Greenwicher Zeit zu klein, das andere Mal um fast ebensoviel zu gross ergibt. Um auch die zweite Fehlerquelle mit unschädlich zu machen, müssen ab- und zunehmende Sonne-Mond-Distanzen zu Rate gezogen werden. Nimmt man zum Beispiel an, dass der Beobachter eine Stellung der beiden Bilder als Berührung auffasst, bei welcher dieselben in Wirklichkeit schon etwas übereinander greifen, so würden dadurch die abnehmenden Distanzen vor Neumond zu gross ausfallen und somit die Greenwicher Zeit zu klein werden. Derselbe Beobachter würde dann nach Neumond die zunehmenden Distanzen ebenfalls zu gross messen; aber hier würde der zu grossen Distanz eine zu grosse Greenwicher Zeit entsprechen und somit das Mittel der Chronometerstände, gültig für das Mittel der Beobachtungszeiten, von diesem Fehler frei sein. Da gleichzeitig bei einer solchen Kombination die instrumentellen Fehler, welche die Distanzen stets nach derselben Seite hin fälschen, herausfallen, so hat man von diesem Verfahren die genauesten Resultate zu erwarten. Diese Genauigkeit kann noch bedeutend gesteigert werden, wenn man eine grössere Anzahl von abnehmenden mit einer grösseren Anzahl von zunehmenden Distanzen kombiniert. Trägt man die aus solchen Kombinationen folgenden Chronometerstände in das Chronometerjournal ein, so wird man durch Vergleichung mit den extrapolierten Ständen stets genügend über die Zuverlässigkeit des Chronometers orientiert sein. Zur Erläuterung möge im folgenden eine Reihe von Beobachtungen zusammengestellt werden; man erkennt daraus leicht, wie die einzelnen Chronometerstände zu denjenigen Werten kondensiert werden, welche ins Chronometerjournal einzutragen sind.

| | | | | | |
|---------|----------------------------------|---|---|---|--|
| April 1 | + 7 ^m 38 ^s | } | + 8 ^m 9 ^s am 3. April | } | |
| 2 | + 8 14 | | | | |
| 3 | + 7 13 | | | | |
| 4 | + 8 44 | | | | |
| 5 | + 8 56 | | | | |
| 17 | + 5 43 | } | + 7 ^m 16 ^s am 11. April | | |
| 18 | + 6 18 | | | | |
| 19 | + 5 51 | | | | |
| 20 | + 6 49 | } | + 6 ^m 20 ^s am 19. April | | |
| 21 | + 6 57 | | | | |
| 21 | + 6 57 | | | | |
| Mai 2 | + 10 40 | } | + 8 ^m 28 ^s am 26. April | | |
| 3 | + 11 13 | | | | |
| 4 | + 9 55 | | | | |
| 16 | + 8 19 | } | + 10 ^m 36 ^s am 3. Mai | | |
| 18 | + 7 44 | | | | |
| 20 | + 7 59 | | | | |
| 31 | + 10 44 | } | + 8 ^m 1 ^s am 18. Mai | | |
| 1 | + 11 53 | | | | |
| 4 | + 12 14 | | | | |
| Juni 5 | + 12 19 | } | + 9 ^m 19 ^s am 11. Mai | | |
| 1 | + 11 53 | | | | |
| 4 | + 12 14 | | | | |
| 5 | + 12 19 | } | + 9 ^m 54 ^s am 26. Mai. | | |
| 3 | + 11 13 | | | | |
| 4 | + 9 55 | | | | |
| 1 | + 11 53 | } | + 8 ^m 1 ^s am 18. Mai | | |
| 4 | + 12 14 | | | | |
| 5 | + 12 19 | | | | |
| 3 | + 11 13 | } | + 11 ^m 47 ^s am 3. Juni | | |
| 4 | + 12 14 | | | | |
| 5 | + 12 19 | | | | |

Vierter Teil.

Grundzüge der maritimen Meteorologie und Ozeanographie.

Erster Abschnitt.

Meteorologische Elemente.

§ 143. **Allgemeines.** Die Erde ist mit einer gasförmigen Hülle, der sogenannten Atmosphäre, umgeben. Die Höhe der Atmosphäre beträgt mehrere Hundert Kilometer, doch kommen für die Nautik nur die Vorgänge in den untersten Schichten in Betracht, und zwar besonders die Luftströmungen, Winde, von dem doppelten Gesichtspunkte aus, einmal die herrschenden und zu erwartenden Winde nach Möglichkeit für einen schnellen Fortgang der Reise auszunutzen und zweitens den mit zu starken Luftbewegungen, den Stürmen und Orkanen, verbundenen Gefahren nach Kräften aus dem Wege zu gehen. Weil aber ein gründliches Verständnis der hierher gehörigen Erscheinungen ohne Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre nicht möglich ist, sollen diese zunächst kurz behandelt werden.

Erstes Kapitel.

Die Temperatur.

§ 144. **Einstrahlung und Ausstrahlung.** Die Erde und die sie umgebende Atmosphäre erhalten ihre Wärme von der Sonne. Die Sonnenstrahlen geben bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre einen Teil ihrer Wärme an dieselbe ab, und zwar um so mehr, je grösser ihr Weg durch die Atmosphäre ist, also bei kleinen Höhen mehr als bei grossen. Die Sonnenstrahlen, welche an die Erdoberfläche kommen, erwärmen dieselbe, und diese Wärme teilt sich dann teils durch Leitung, teils durch Strahlung von Schicht zu Schicht dem unteren Teile der Atmosphäre mit. Hierbei ist zu beachten, dass die von der erwärmten Erde ausgehenden Wärmestrahlen ein anderes Verhalten zeigen als die ursprünglichen Sonnenstrahlen. Während nämlich diese zum grössten Teile durch die Atmosphäre hindurchgehen, werden jene viel stärker von der Atmosphäre absorbiert. Während so der Erde fortwährend durch Einstrahlung Wärme zugeführt wird, gibt die Erdoberfläche ihre Wärme ebenso ununterbrochen durch Ausstrahlung an den kalten Weltenraum wieder ab, und zwar um so stärker, je weniger die Ausstrahlung durch Wolken und durch die Luftfeuchtigkeit gehemmt wird. Wenn an einem Orte die Einstrahlung grösser ist als die Ausstrahlung, steigt die Temperatur; im entgegengesetzten Falle fällt dieselbe. Die Temperatur wird mit dem Thermometer gemessen.

Bei der Wichtigkeit, welche die Wärme der Luft für die Entstehung der Winde hat, sollen im folgenden die Ursachen, durch welche die Erwärmung der Erdoberfläche und der auf ihr ruhenden Luftschichten beeinflusst wird, näher besprochen werden.

§ 145. Einfluss der Sonnenhöhe; tägliche und jährliche Periode der Temperatur.

Die Erwärmung der Erdoberfläche ist um so stärker, je steiler die Sonnenstrahlen auf fallen, d. h. je höher die Sonne steht. Die Folge hiervon ist eine tägliche und eine jährliche Periode der Temperatur. Den täglichen Verlauf der Temperatur für Hamburg für die Monate Januar und Juli stellen Fig. 115 und 116 dar.

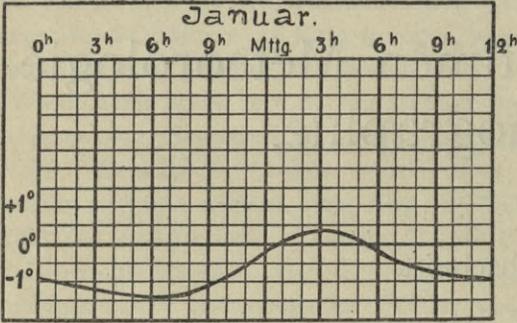


Fig. 115

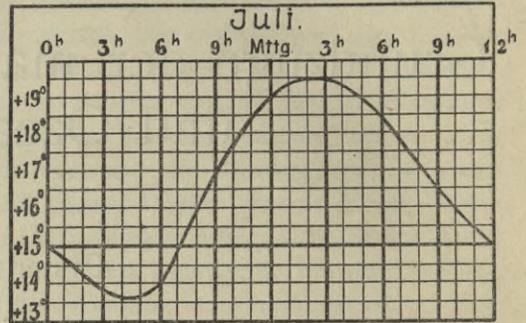


Fig. 116

Man erkennt sofort, dass die tägliche Periode ein Maximum und ein Minimum hat. In beiden Monaten fällt die Temperatur während der Nacht, wo keine Einstrahlung, sondern nur Ausstrahlung stattfindet, bis sie gegen Sonnenaufgang ihr Minimum erreicht. Von hier ab nimmt die Einstrahlung schnell zu, die Temperatur steigt. Wenn die Sonne ihren höchsten Stand erreicht hat, überwiegt in der ersten Zeit nach Mittag noch immer die Einstrahlung gegenüber der Ausstrahlung und infolgedessen tritt das Maximum erst einige Stunden nach Mittag ein. Wenn dann infolge der Höhenabnahme der Sonne die Einstrahlung sich verringert hat, erhält die Ausstrahlung das Übergewicht, und die Temperatur fällt bis zum folgenden Sonnenaufgang.

Bei der jährlichen Periode (Fig. 117) findet das Maximum im Juli, das Minimum im Januar statt, also auch hier etwas später, als man nach den Sonnenhöhen annehmen

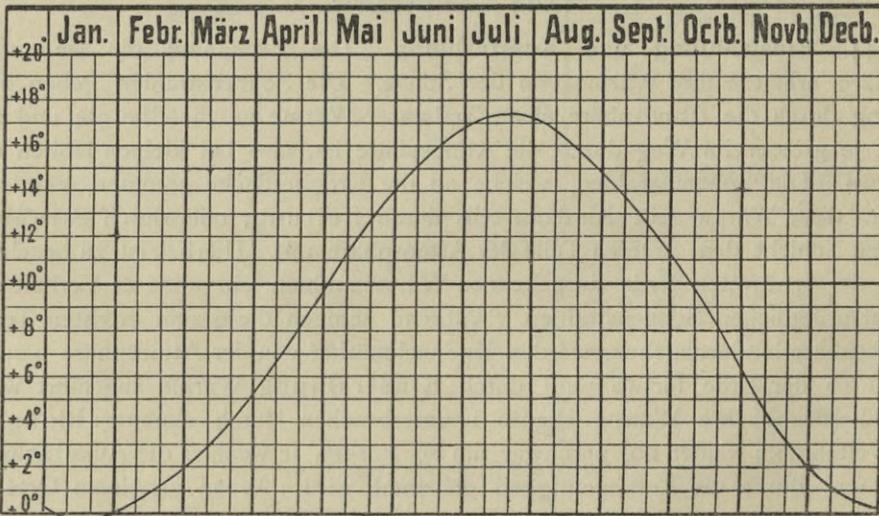


Fig. 117

sollte. Der Grund hierfür liegt darin, dass kurz nach dem 21. Juni die vereinte Wirkung des hohen Sonnenstandes und der langen Tage der Einstrahlung ein Übergewicht über die Ausstrahlung verschafft, während in der ersten Zeit nach dem 21. Dezember die

langsame Zunahme der Höhen und der Tageslänge die während der langen Nächte ausgestrahlte Wärme nicht ersetzen kann.

§ 146. **Unterschied zwischen Festland und Meer.** Wenn der Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche fallen, der einzige Faktor wäre, von welchem die Temperatur abhängt, so müsste jeder Ort von derselben Breite an demselben Tage auch gleiche Temperatur haben. Dass dies indessen keineswegs der Fall ist, lehrt Fig. 118.

Die Isothermen im Januar.

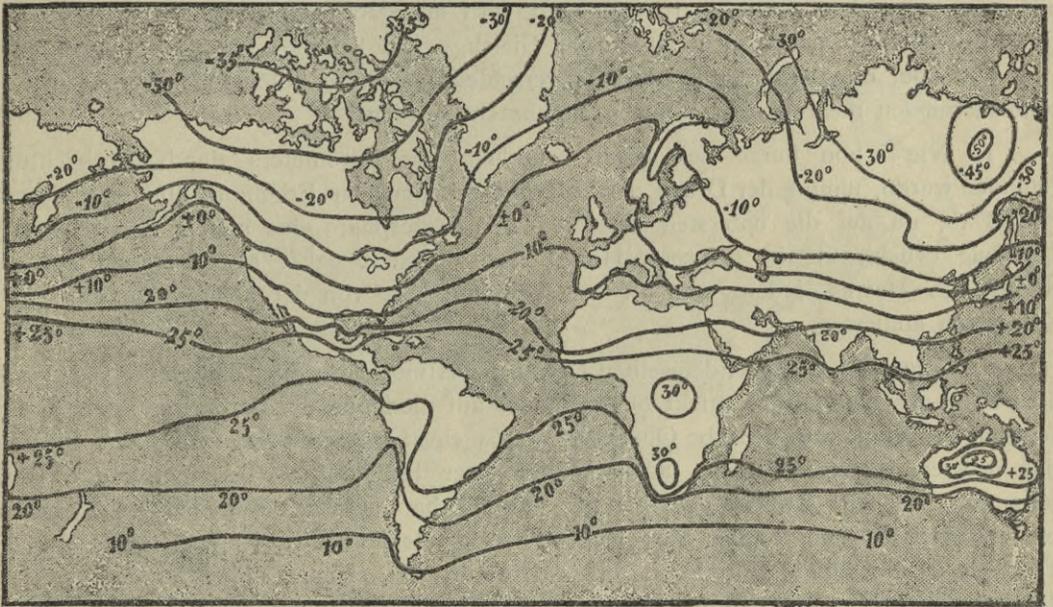


Fig. 118

In derselben sind alle diejenigen Orte, welche nach langjährigen Beobachtungen für Januar dieselbe durchschnittliche Temperatur¹ haben, durch Kurven, sogenannte Isothermen, verbunden worden. Im Verlauf derselben ist der Gegensatz zwischen Festland und Meer sehr deutlich dadurch ausgeprägt, dass die Isothermen über dem Festland nach Süden, über dem Meer nach Norden hin ausgebuchtet sind. Da im Januar die nördliche Halbkugel Winter, die südliche dagegen Sommer hat, so lässt sich diese Erscheinung auch so ausdrücken, dass im Sommer das Festland wärmer ist als das Meer, während im Winter das Festland kälter ist als das Meer. In der Tat findet dies Verhältnis auch dadurch seine Erklärung, dass bei derselben Wärmezufuhr durch Einstrahlung die Temperatur des Landes schneller steigt als diejenige des Wassers, ein Umstand, welcher noch dadurch verstärkt wird, dass bei dem Meere ein Teil der zugeführten Wärme der Oberfläche durch das leichtere Eindringen derselben in grössere Tiefen und durch entstehende Vertikalströmungen entzogen wird. Demgegenüber erkaltet das Land bei demselben Wärmeverlust durch Ausstrahlung schneller als das Wasser, und zwar um so mehr, weil die bei der Einstrahlung in die Tiefe eingedrungene Wärmemenge jetzt der Oberfläche der Meere wieder zugute kommt.

¹ Da die Temperatur mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel abnimmt, so sind in Fig. 118 die Temperaturen für jeden Ort auf den Meeresspiegel reduziert worden.

Zweites Kapitel.

Der Luftdruck und die Entstehung der Winde.

§ 147. **Die Schwere der Luft. Die Korrekturen der Barometerangaben.** Wie die festen und tropfbar flüssigen Körper, so besitzt auch die atmosphärische Luft die Eigenschaft der Schwere. Durch die Anziehung der Erde wird dieselbe verhindert, sich in den Weltenraum zu zerstreuen, vielmehr gezwungen, sowohl an der täglichen Rotation der Erde als auch an ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne teilzunehmen. Der Druck der Atmosphäre wird gemessen mit dem Barometer, und zwar entweder mit dem Quecksilber- oder mit dem Aneroidbarometer und wird angegeben durch die Höhe derjenigen Quecksilbersäule, welche jenem Druck das Gleichgewicht hält.

Um aber die Barometerangaben an verschiedenen Orten miteinander vergleichen zu können, müssen mehrere Korrekturen angebracht werden.

1. Wie schon kurze Zeit nach Erfindung des Barometers durch Beobachtung gefunden wurde, nimmt der Druck der Luft mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel ab, da auf die untersten Schichten der Atmosphäre eine höhere und schwerere Luftsäule drückt, als in grösserer Höhe. Man reduziert daher alle Angaben auf das Niveau des Meeres, indem man zu der Ablesung eine von der Meereshöhe abhängige Korrektur addiert.

2. Ferner ist auch bei demselben Druck der Atmosphäre die Temperatur der Quecksilbersäule aus dem Grunde nicht ohne Einfluss auf die Höhe der Barometerangaben, weil bei höherer Temperatur dieselbe Quecksilbermasse einen grösseren Raum, d. h. im Glasrohr eine grössere Höhe, einnimmt, als bei niedrigerer Temperatur. Da man nun übereingekommen ist, zum Zwecke gegenseitiger Vergleichbarkeit alle Barometerangaben auf 0° zu reduzieren, so muss man bei einem Thermometerstand über Null eine von der Temperatur abhängige Korrektur subtrahieren, bei einer Temperatur unter Null dagegen addieren. Aus diesem Grunde ist an jedem Barometer zugleich ein Thermometer angebracht und es ist zu empfehlen, das Thermometer vor dem Barometer abzulesen, um gegen Beeinflussung des ersteren durch die Wärme des Beobachters, besonders durch dessen Hauch, gesichert zu sein.

3. Endlich ist noch einer dritten Korrektur, der sogenannten Schwerekorrektur des Quecksilberbarometers Erwähnung zu tun, welche darin ihren Grund hat, dass die Schwerkraft der Erde vom Äquator nach den Polen hin wegen der kleineren Entfernung vom Erdmittelpunkt und wegen der Verringerung der Zentrifugalkraft langsam zunimmt. Da also unter dem Äquator der Druck einer Quecksilbermenge auf ihre Unterlage kleiner ist als am Pol, so wird einem und demselben Luftdruck auf dem Äquator eine höhere Quecksilbersäule das Gleichgewicht halten, als am Pol. Um daher die Barometerangaben auf 45° Breite zu reduzieren, muss man in kleineren Breiten eine von der Breite abhängige Schwerekorrektur von der Barometerablesung subtrahieren, in höheren Breiten dagegen addieren.

Da die Elastizität der Feder, welche beim Aneroidbarometer dem Druck der Luft das Gleichgewicht hält, von der Schwerkraft unabhängig ist, so ist an die Angaben des Aneroidbarometers die Schwerekorrektur nicht anzubringen.

§ 148. **Die graphische Darstellung der Luftdruckverteilung durch Isobaren. Maxima, Minima, Gradient.** Wenn die so verbesserten Barometerstände für möglichst viele Orte eines Teiles der Erdoberfläche in eine Karte eingetragen und dann die Orte gleichen Luftdruckes durch Kurven, sogenannte Isobaren, miteinander verbunden werden, so gelangt man zu einer anschaulichen Übersicht über die Verteilung des Luftdruckes.

So stellt Fig. 119 die Luftdruckverteilung über Europa nach den täglich herausgegebenen Wetterkarten der deutschen Seewarte dar.

Die Isobaren sind unter 760 mm von 5 zu 5 mm durch punktierte Kurven angegeben; diejenige für 760 mm ist durch eine stärkere Linie bezeichnet. Man erkennt sofort, dass über der östlichen Ostsee ein Gebiet niedrigen Luftdruckes von 730 mm liegt; man nennt ein solches Gebiet Minimum oder Depression und bezeichnet dasselbe mit dem

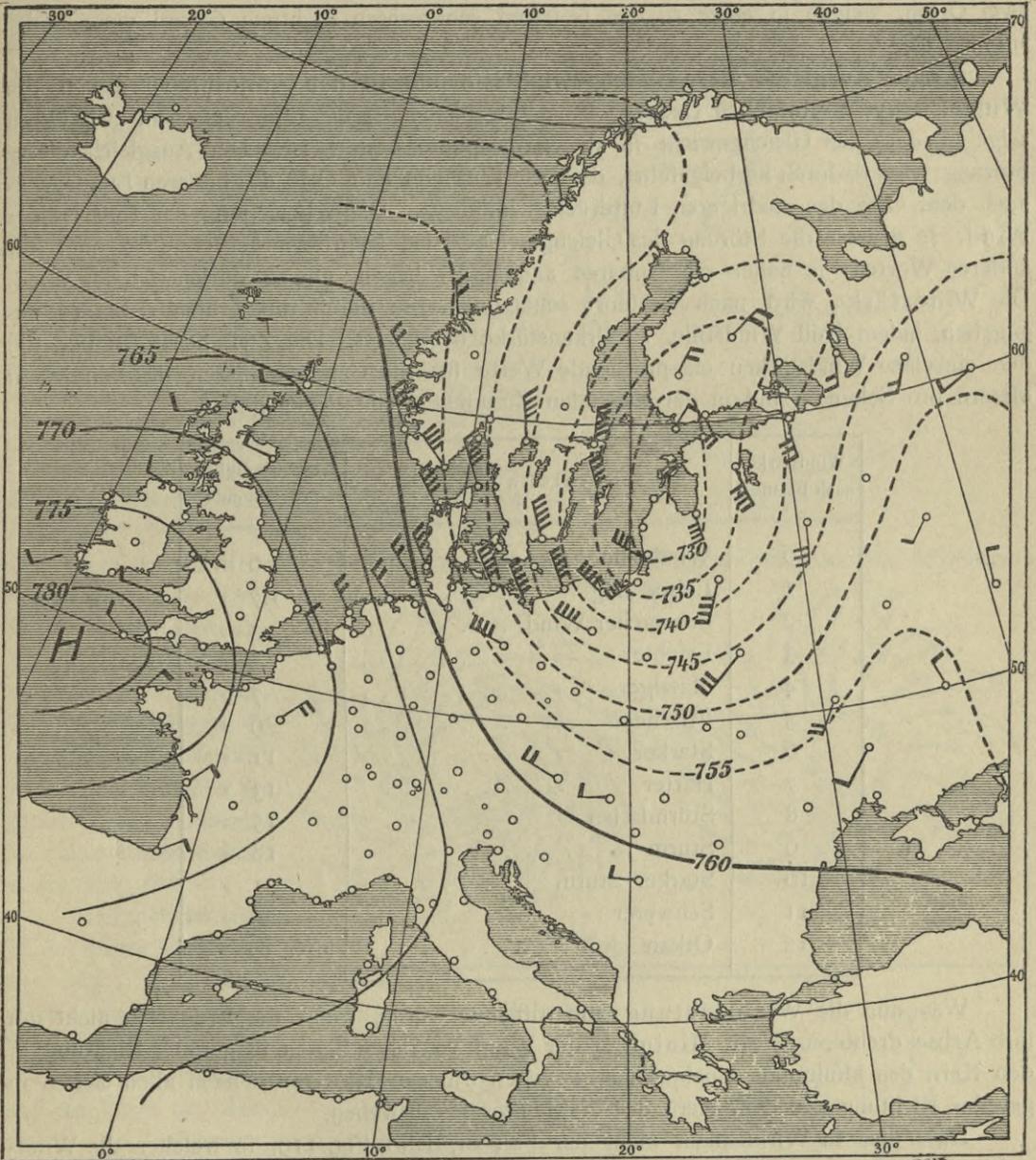


Fig. 119

Buchstaben *T* (tiefer Barometerstand). Westlich vom englischen Kanal ruht ein Gebiet hohen Luftdruckes (*H*) von 780 mm, Maximum genannt.

Die Gestalt der Isobaren um ein scharf begrenztes Minimum ist im allgemeinen diejenige einer Ellipse. Hierdurch kommt die Tatsache zum Ausdruck, dass die Abnahme des Luftdruckes um das Minimum nicht in allen Richtungen dieselbe ist; sie ist am schwächsten in der Richtung der grossen Achse und am stärksten in der Richtung

der kleinen Achse. Um die Änderung des Luftdruckes in der einen oder anderen Richtung durch einen bestimmten Massstab auszudrücken, gibt man an, um wieviel in der Richtung der stärksten Abnahme des Luftdruckes, also senkrecht zu den Isobaren, der Luftdruck auf eine Strecke von 60 sml oder 111 km sich ändert und bezeichnet diese Grösse als barometrischen Gradient. Man versteht darunter also den Luftdruckunterschied von zwei Orten, welche in einer zu den Isobaren senkrechten Richtung 60 sml voneinander entfernt liegen.

§ 149. **Ausgleich der Gleichgewichtsstörung in der Atmosphäre durch die Winde. Buys-Ballotsches Gesetz.** Eine Verschiedenheit des Luftdruckes an zwei Orten zeigt an, dass das Gleichgewicht in der Atmosphäre gestört ist. Der Ausgleich dieser Störung wird dadurch herbeigeführt, dass die Luft von dem Orte des höheren Luftdruckes nach dem Orte des niedrigeren Luftdruckes hinfliesst. Diese Bewegung der Luft ist der Wind. Je grösser die Störung des Gleichgewichtes ist, je grösser der Gradient oder mit anderen Worten: je näher die Isobaren aneinander liegen, um so stärker ist der Wind. Die Windstärke wird nach Beaufort schätzungsweise durch die Zahlen 0 bis 12 angegeben, indem Null Windstille, 12 Orkanstärke bezeichnet. Die Zwischenstufen und die den einzelnen Windstärken entsprechende Werte für die Geschwindigkeit des Windes in Metern pro Sekunde sind in der folgenden Zusammenstellung angegeben.

| Windstärke nach Beaufort | Bezeichnung | Geschwindigkeit pro Sekunde |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 0 | Windstille | 0 m |
| 1 | Leiser Zug | 1,7 » |
| 2 | Schwacher Wind | 3 » |
| 3 | Leichter » | 5 » |
| 4 | Mässiger » | 7 » |
| 5 | Frischer » | 9 » |
| 6 | Starker » | 11 » |
| 7 | Harter » | 13 » |
| 8 | Stürmischer » | 15 » |
| 9 | Sturm | 18 » |
| 10 | Starker Sturm | 21 » |
| 11 | Schwerer » | 25 » |
| 12 | Orkan | über 30 » |

Was nun die Windrichtung anbetrifft, so würde, wenn die Erde sich nicht um ihre Achse drehte, um ein Minimum der Wind von allen Seiten in gerader Richtung in den Kern des Minimums hineinwehen, dagegen um ein Maximum nach allen Seiten in gerader Richtung aus dem Kern des Maximums herauswehen.

Dass dies in Wirklichkeit nicht der Fall ist, lehrt Fig. 119, in welcher die Windrichtung durch mit dem Winde fliegende Pfeile (in der Befiederung entspricht jeder Strich zwei Einheiten der Beaufortschen Skala) dargestellt ist. Die durch die Erdrotation bewirkte Ablenkung der Windrichtung ist so gross, dass beim Minimum der Wind ungefähr in der Richtung der Isobaren weht mit einer bald kleineren, bald grösseren Einbuchtung nach innen; er weht also spiralförmig in das Minimum hinein, und zwar in der Richtung gegen die Uhrzeiger. Beim Maximum dagegen weht er, wie Fig. 119 lehrt, mit einer Ausbuchtung gegen die Isobaren nach aussen spiralförmig aus dem Maximum heraus, und zwar in der Richtung mit den Uhrzeigern.

Um zu zeigen, dass die Erdrotation tatsächlich eine Ablenkung der Windrichtung hervorruft, nehmen wir an, dass in Fig. 120 ein Luftteilchen sich in der Richtung M_1N_1 fortbewegt. Wenn A_1S die Tangente des Meridians bedeutet, welche die verlängerte Erdachse in S schneidet, so wird die Richtung der Luftbewegung angegeben durch den Winkel SA_1N_1 . Nach Verlauf einer bestimmten Zeit, während welcher welcher Punkt A_1 infolge der Erdrotation nach A_2 gelangt ist, hat sich M_1N_1 parallel mit sich selbst nach M_2N_2 verschoben, aber die Richtung der Meridiantangente hat sich nicht parallel mit sich selbst nach A_2S' verschoben, sondern ist in die Richtung A_2S übergegangen, hat sich also um den Winkel $SA_2S' = A_1SA_2$ geändert. Weil aber für jeden Erdort die Meridiantangente die Nord-Südrichtung angibt, so hat sich die Bewegungsrichtung der Luftteile scheinbar um den Winkel SA_2S' nach rechts geändert. Da dieser Winkel mit zunehmender Breite selber grösser wird, so muss auch die durch die Erdrotation verursachte Ablenkung der Luft von der Richtung der Gradienten auf höheren Breiten zunehmen, auf dem Äquator dagegen verschwinden.

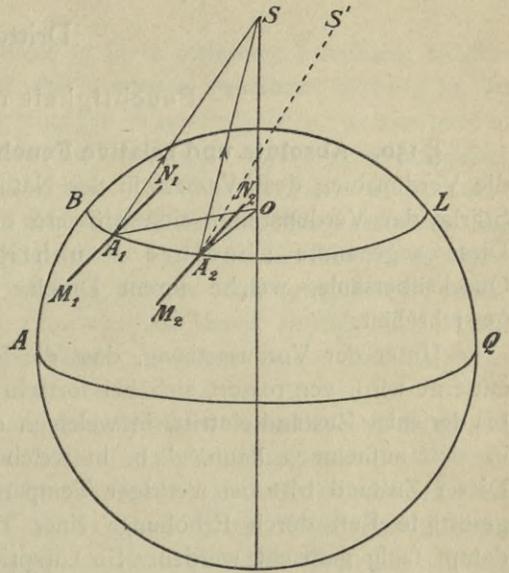
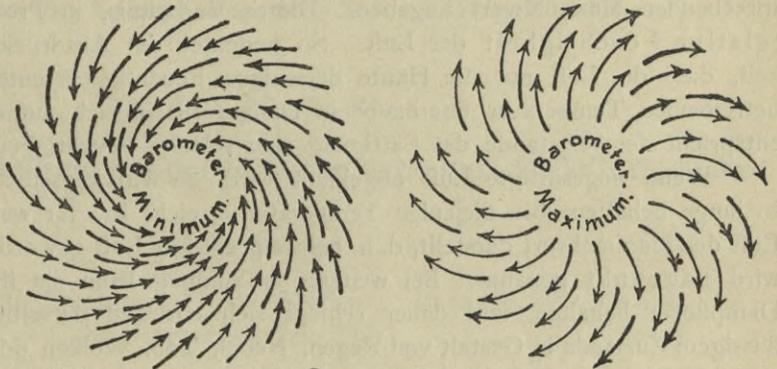


Fig. 120

In derselben Weise lässt sich auch zeigen, dass auf Südbreite die Windrichtung durch die Erdrotation nach links geändert wird.

Auf der südlichen Halbkugel weht der Wind spiralförmig in das Minimum hinein mit den Uhrzeigern, dagegen aus dem Maximum heraus gegen die Uhrzeiger. Die Windrichtungen in der Umgebung der Minima und Maxima für Nord- und Südbreite werden veranschaulicht durch Fig. 121.



Aequator:

Hiernach ist man in der Lage, sowohl in der Nähe eines Minimums als auch eines Maximums aus der Richtung des Windes auf die Lage des Zentrums zu schliessen. Das hierfür in Betracht kommende Buys-Balotsche Gesetz lautet: »Stellt man sich mit dem Rücken gegen den Wind, so liegt

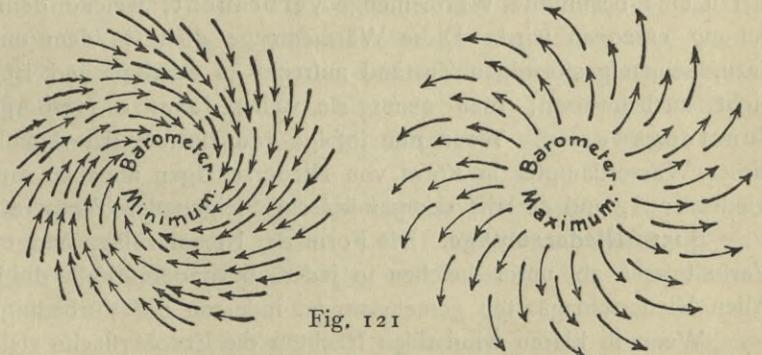


Fig. 121

das Gebiet des niedrigen Luftdruckes auf der nördlichen Halbkugel links etwas nach vorn, auf der südlichen dagegen rechts etwas nach vorn, das

Gebiet des hohen Luftdruckes auf der nördlichen Halbkugel rechts etwas nach hinten, auf der südlichen dagegen links etwas nach hinten.«

Drittes Kapitel.

Feuchtigkeit und Niederschläge.

§ 150. **Absolute und relative Feuchtigkeit. Taupunkt. Latente Wärme.** Durch die Verdunstung des Wassers in der Natur ist der Atmosphäre eines Ortes, je nach der Stärke der Verdunstung, eine grössere oder kleinere Menge Wasserdampf beigemischt. Diese sogenannte absolute Feuchtigkeit der Luft wird angegeben durch die Quecksilbersäule, welche ihrem Druck, dem sogenannten Dunstdruck, das Gleichgewicht hält.

Unter der Voraussetzung, dass die feuchte Luft eines Ortes nicht durch den Wind entfernt wird, vergrössert sich bei fortschreitender Verdunstung die absolute Feuchtigkeit, bis derjenige Zustand eintritt, in welchem die Luft keine Feuchtigkeit in Dampfform mehr in sich aufnehmen kann, d. h. in welchem die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Dieser Zustand tritt bei niedriger Temperatur eher ein als bei höherer, und daher kann gesättigte Luft durch Erhöhung seiner Temperatur zu weiterer Aufnahme von Wasserdampf fähig gemacht werden. So entspricht jeder Temperatur ein bestimmter Maximalwert der absoluten Feuchtigkeit, also auch des Dunstdruckes. Ist dieser Maximalwert an einem Orte nicht erreicht, so ist die Luft nicht gesättigt, und man kann dann das Verhältnis der wirklich vorhandenen absoluten Feuchtigkeit zu jenem der Temperatur entsprechenden Maximalwert angeben. Dieses Verhältnis, in Prozenten angegeben, heisst relative Feuchtigkeit der Luft. So bedeutet der Ausdruck 50% relative Feuchtigkeit, dass die Luft nur die Hälfte derjenigen Feuchtigkeit enthält, welche sie bei der betreffenden Temperatur überhaupt in Dampfform in sich aufnehmen kann, und ebenso entspricht dem Zustande der Sättigung eine relative Feuchtigkeit von 100%.

Wenn ungesättigte Luft abgekühlt wird, so wird dieselbe ihre Wasserdampfmenge so lange behalten, bis diejenige Temperatur erreicht ist, für welche der Dunstdruck der Luft den Maximalwert darstellt, d. h. bis sie gesättigte Luft geworden ist. Diese Temperatur wird Taupunkt genannt. Bei weiterer Abkühlung kann sie ihre Feuchtigkeit nicht in Dampfform behalten, und daher schlägt sich ein Teil derselben entweder in tropfbar flüssigem Zustande in Gestalt von Regen, Nebel, Tau, Wolken oder, wenn die Temperatur unter Null sinkt, als Reif, Schnee oder Hagel nieder.

Wenn beim Verdunsten Wasser in den dampfförmigen Zustand übergeht, so wird hierzu eine bestimmte Wärmemenge verbraucht, welche dem Wasser und seiner Umgebung entzogen wird. Diese Wärmemenge dient in dem entstandenen Wasserdampfe dazu, seinen gasförmigen Zustand aufrecht zu erhalten und ist durch das Thermometer nicht nachzuweisen; man nennt sie daher latente (verborgene) Wärme oder Verdunstungswärme. Wenn nun infolge von eintretender Abkühlung die Luft einen Teil dieses Wasserdampfes in Form von Niederschlägen abgeben muss, so wird diese Wärme wieder frei, und es tritt demgemäss ein Steigen der Temperatur ein.

§ 151. **Niederschläge.** Die Form der Niederschläge hängt ganz von den besonderen Verhältnissen ab, unter welchen in jedem besonderen Falle die Niederschläge sich bilden. Allen Niederschlagsarten gemeinsam ist indessen die Vorbedingung der Abkühlung.

Wenn in klaren windstillen Nächten die Erdoberfläche sich infolge der Ausstrahlung oder der durch die Verdunstung hervorgerufenen Wärmeabgabe stark abkühlt, so sinkt auch die Temperatur der untersten Luftschicht, und die relative Feuchtigkeit derselben

steigt. Wenn dieselbe bei dem Taupunkt 100% erreicht hat, so schlägt sich bei fortgesetzter Abkühlung ein Teil des Wasserdampfes als Tau am Erdboden nieder.

Geschieht der Niederschlag bei einer Temperatur unter Null, so bildet sich der sogenannte Reif.

Geschieht die Abkühlung der Luft nicht bloss in ihren untersten Schichten, sondern in ihrer ganzen Ausdehnung, so bilden sich in den untersten Schichten Nebel, in den oberen dagegen Wolken. Beide bestehen aus winzigen Wassertröpfchen, welche sich an den vielen in der Luft schwebenden Staubteilchen niederschlagen. Die der Nebelbildung günstigen Vorbedingungen können verschiedener Art sein. Entweder nämlich werden feucht-warme Luftströme dadurch abgekühlt, dass sie über kältere Gebiete des Festlandes oder des Meeres gelangen, wie bei den Neufundlandnebeln der Fall, wo die Abkühlung durch die kalte Labradorströmung begünstigt wird, oder es können auch umgekehrt dadurch Nebel entstehen, dass die kalte Luft die von dem warmen Meere aufsteigende Dampfmenge nicht in Dampfform in sich aufnehmen kann, sondern einen Teil derselben niederschlägt.

Geht dieser Prozess der Kondensation in grösserer Höhe vor sich, so bilden sich Wolken. Die Einteilung der Wolken geschieht nach ihrem Aussehen, und zwar nimmt man drei Grundformen an, die Cirrus- oder Federwolke, die Cumulus- oder Haufenwolke und die Stratus- oder Schichtwolke; doch gehen in der Natur diese Klassen so mannigfaltig ineinander über, dass es oft schwer ist, selbst durch die übliche Bezeichnung mittelst Doppelnamen, wie Stratocumulus, Cirrostratus usw. den Charakter der Wolkenform treffend auszudrücken.

Wenn die Kondensation des Wasserdampfes bei fortgesetzter Abkühlung stärker wird, so bildet sich Regen oder bei tieferer Temperatur Schnee, Hagel und Graupel.

Zweiter Abschnitt.

Die Luftdruckverteilung auf der Erdoberfläche und die Windgebiete.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Luftdruckverteilung, Kalmen, Passate, Westwinde der gemässigten Zone.

§ 152. **Allgemeine Luftdruckverteilung.** Da am Äquator die Luft stärker erwärmt wird, als in höheren Breiten, so dehnt sie sich dort auch mehr aus, steigt in die Höhe und fliesst dann in den oberen Schichten nach beiden Seiten hin polwärts ab. Die Folge hiervon ist ein Gürtel niedrigeren Luftdruckes am Äquator.

Von diesem äquatorealen Gürtel aus nimmt der Luftdruck sowohl nach Norden als auch nach Süden allmählich zu, bis er auf beiden Hemisphären in etwa 30° bis 35° Breite sein Maximum erreicht. Von hier aus vermindert sich der Luftdruck wieder bis etwa 60° Breite.

Die im vorstehenden gekennzeichnete allgemeine Luftdruckverteilung tritt über den Gebieten der Ozeane am bestimmtesten auf. Über dem Festlande unterliegt sie einer von der Jahreszeit abhängigen erheblichen Beeinflussung, welche im zweiten Kapitel dieses Abschnittes besprochen werden wird.

§ 153. **Der Kalmengürtel, die Rossbreiten.** Der äquatoreale Gürtel des niedrigeren Luftdruckes hat die für die Segelschiffahrt bedeutsame Eigenschaft, dass hier Windstille oder schwache veränderliche Winde vorherrschen. Man nennt diese Zone Kalmengürtel

oder Doldrum. Die Grenzen des Kalmengürtels verschieben sich mit der Sonne; im März hat er seine südlichste (0° bis 5° N), im September seine nördlichste Lage (5° N — 12° N). Die Breite des Kalmengürtels ist sehr veränderlich; doch ist dieselbe im allgemeinen auf der östlichen Seite der Ozeane grösser als auf der westlichen.

Auf den beiden Gürteln des höheren Luftdruckes, auf beiden Halbkugeln in etwa 30° Breite, sind Windstillen oder schwache Winde vorherrschend. Man bezeichnet diese Windstillengürtel mit dem Namen Rossbreiten.

§ 154. **Die Passate.** Zwischen den Windstillen der Rossbreiten und den Mallungen des äquatorialen Kalmengürtels wehen die Passate, auf der nördlichen Halbkugel der Nordostpassat, auf der südlichen der Südostpassat.

Wenn die Erde sich nicht um ihre Achse drehte, würde die Luft sich von den Gebieten des höheren Luftdruckes in 30° Breite auf der nördlichen Halbkugel von Nord nach Süd und auf der südlichen Halbkugel von Süd nach Nord bewegen. Weil aber zufolge der Erdrotation diese Bewegungen abgelenkt werden, und zwar auf Nordbreite nach rechts, auf Südbreite nach links, so entsteht auf Nordbreite der Nordostpassat, auf Südbreite der Südostpassat.

Sowie die Lage des Kalmengürtels sich mit der Sonne verschiebt, so verschieben sich auch die Grenzen der Passate mit der Jahreszeit; sie erreichen ihre nördlichste Lage im September, ihre südlichste im März; doch ist sowohl die Ausdehnung der Passate als auch die Windstärke derselben beträchtlichen unregelmässigen Änderungen unterworfen. Im Mittel kann man als Grenzen des Nordostpassates etwa 30° N und 8° N, des Südostpassates etwa 25° S und 2° N annehmen.

Hinsichtlich der Windstärke, Windrichtung und der Lage der Passate kommen noch folgende Tatsachen in Betracht:

1. Die Windstärke ist im allgemeinen im Winter grösser als im Sommer; als mittleren Wert kann man etwa die Stärke 4 nach Beaufort annehmen.

2. Im Atlantischen Ozean wehen die Passate im allgemeinen stärker und beständiger als im Stillen Ozean.

3. Die Passatgrenzen liegen im östlichen Teile der Ozeane mehr polwärts als im westlichen.

4. An der Ostseite der Ozeane besitzen die Passate mehr polare Richtung, an der Westseite mehr östliche Richtung.

Endlich ist noch eines charakteristischen Verhaltens des Barometers in den Passaten Erwähnung zu tun. Dasselbe zeigt eine doppelte tägliche Periode, indem sowohl das Maximum als auch das Minimum zweimal täglich eintritt, und zwar das Maximum zwischen 9^h und 10^h morgens und nachmittags, das Minimum zwischen 3^h und 4^h morgens und nachmittags. Die Schwankung zwischen den beiden extremen Werten beträgt etwa 2 bis 3 mm und ist auf höheren Breiten kleiner als auf niedrigeren.

§ 155. **Die Westwinde der gemässigten Zonen.** An den polaren Grenzen der Rossbreiten herrschen westliche Winde vor, und zwar auf der nördlichen Halbkugel aus dem südwestlichen Quadranten, auf der südlichen Halbkugel dagegen aus dem nordwestlichen Quadranten, entsprechend den in der Umgebung eines barometrischen Maximums nach § 149 herrschenden Windrichtungen. Indessen wehen diese westlichen Winde nicht mit derselben Stetigkeit wie die Passate, und besonders auf der nördlichen Halbkugel treten starke Störungen auf durch die vielen Minima und Maxima, welche die Gebiete der Westwinde in der Richtung von West nach Ost durchziehen. Am regelmässigsten wehen »die braven Westwinde« auf der südlichen Halbkugel zwischen 40° und 60° und bilden hier den Grund dafür, dass Segelschiffe nach Australien die Ausreise um Kap Hoffnung, die Rückreise um Kap Horn machen.

Zweites Kapitel.

Der Einfluss der Kontinente.

§ 156. Die Verschiedenheit des Luftdruckes über dem Meer und über dem Kontinent. In § 146 ist ausgeführt, dass im Sommer das Festland wärmer ist als das Meer, während im Winter das Umgekehrte der Fall ist. Die Folge dieses

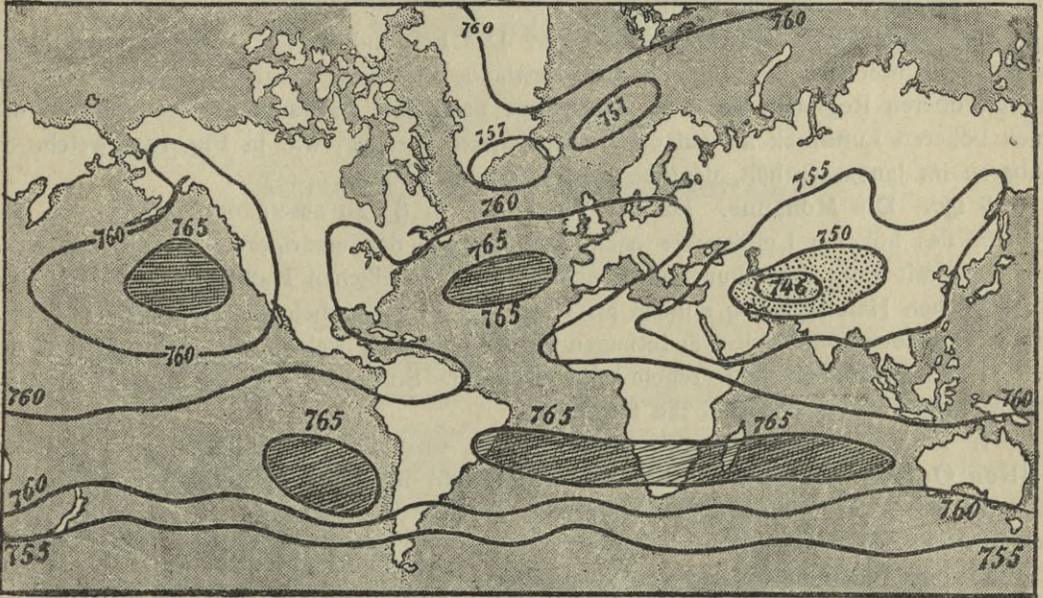


Fig. 122. Die Isobaren im Juli.

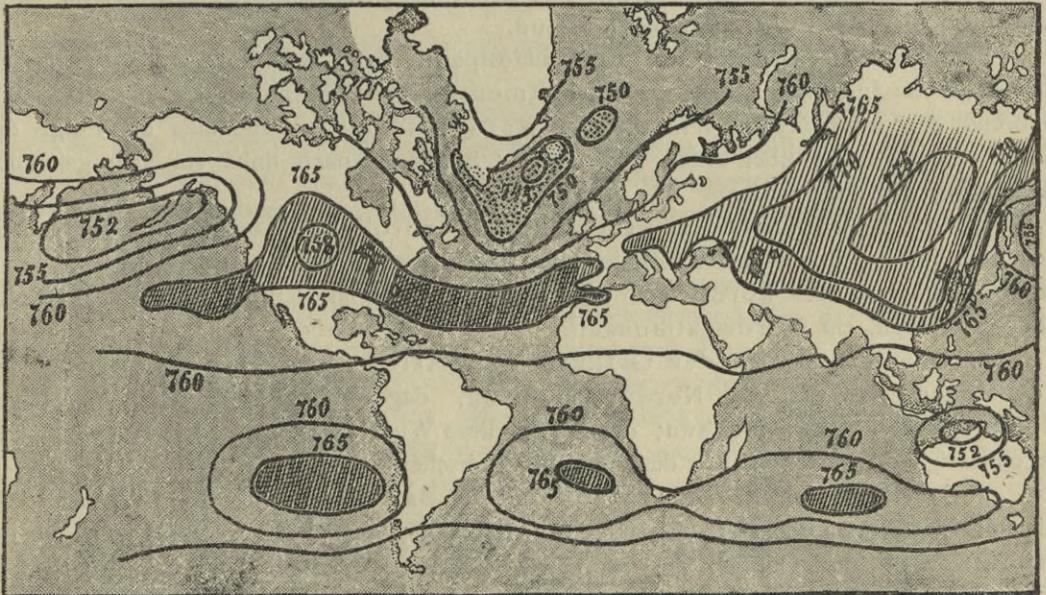


Fig. 123. Die Isobaren im Januar.

verschiedenen Verhaltens von Festland und Meer ist die, dass im Sommer die Luft über dem Festlande sich mehr nach oben hin ausdehnt, mithin oben nach dem Meere hin abfließt und so auf dem Festlande an der Erdoberfläche ein niedrigerer Luftdruck entsteht als in den umgebenden Meeresgebieten.

Diese Erscheinung findet einen deutlichen Ausdruck in Fig. 122, welche die Isobaren für den Monat Juli enthält.

Auf der nördlichen Halbkugel liegen zwei Luftdruckmaxima über dem Atlantischen und dem Stillen Ozean, während über Asien ein ausgesprochenes Minimum ruht. Auf der südlichen Halbkugel tritt die Erscheinung aus dem Grunde nicht mit derselben Deutlichkeit auf, weil hier das Festland an Flächeninhalt in hohem Grade gegen die grossen ozeanischen Gebiete zurücktritt.

Im Winter tritt das Umgekehrte ein. Das Festland ist jetzt kälter als das Meer; mithin verdichtet sich die Luft über dem Festlande und sinkt herab; infolgedessen strömt in den oberen Regionen die Luft vom Meere nach dem Festlande hin und erzeugt hier einen höheren Luftdruck als auf den benachbarten Ozeanen, wie in Fig. 123, welche die Isobaren im Januar enthält, deutlich in die Augen springt.

§ 157. **Die Monsune.** Da der Wind, wie in § 149 auseinandergesetzt, von dem Gebiete des höheren Luftdruckes nach dem Gebiete des niedrigeren Luftdruckes weht, und zwar mit einer Ablenkung nach rechts auf der nördlichen Halbkugel, nach links auf der südlichen Halbkugel, so müssen als Folge der in § 156 behandelten, mit der Jahreszeit wechselnden Luftdruckveränderungen Winde auftreten, welche ihre Richtung mit den Jahreszeiten zweimal im Jahre regelmässig wechseln. Solche Winde nennt man Monsune. Die wichtigsten Monsune sind die folgenden:

1. Der Monsun im Indischen Ozean und im benachbarten Teile des Stillen Ozeans. Im nördlichen Sommer weht im Indischen Ozean nördlich vom Äquator und in der Chinasee, hervorgerufen durch den niedrigen Luftdruck über Asien, der Südwestmonsun. Wenn die Erde sich nicht um ihre Achse drehte, würde derselbe aus südlicher Richtung wehen; weil aber infolge der Erdrotation auf Nordbreite der Wind nach rechts abgelenkt wird, geht er in die südwestliche Richtung über.

Im nördlichen Winter dagegen weht in diesen Gegenden, entsprechend dem hohen Luftdruck über Asien, der Nordostmonsun.

Zwischen dem Äquator und dem Südostpassat weht während des nördlichen Sommers im Indischen Ozean der Südostmonsun als Fortsetzung des Südostpassates, während des nördlichen Winters der Nordwestmonsun, ebenfalls als Folge der Luftdruckverhältnisse über Asien und der auf Südbreite nach links vor sich gehenden Ablenkung der Windrichtung.

Nördlich von Australien weht während des nördlichen Sommers, entsprechend dem höheren Luftdruck über Australien, der diesen Breiten zukommende Südostpassat, dagegen während des nördlichen Winters, entsprechend dem niedrigeren Luftdruck über Australien, ein Nordwestmonsun.

2. Der Monsun an der Ostküste von Asien. Derselbe weht während des nördlichen Winters als Nordwestmonsun, dagegen während des nördlichen Sommers als Südostmonsun; doch sind diese Windverhältnisse bei weitem nicht so regelmässig und beständig wie diejenigen im Indischen Ozean.

3. Der Südwestmonsun in der Guinea-Bai. Im nördlichen Winter weht hier der regelmässige Passat der südlichen Halbkugel, und zwar, wie überhaupt an der östlichen Seite der Ozeane, aus südlichen Richtungen. Wenn aber im nördlichen Sommer der Luftdruck über dem nördlichen Afrika fällt, erhalten diese südlichen Winde eine Ablenkung nach Land zu, gehen also in einen südwestlichen Monsun über, welcher viel Regen mit sich bringt.

§ 158. **Land- und Seewinde.** Die Eigenschaft der Erde, bei Wärmezuführung ihre Temperatur schneller zu erhöhen als das Wasser, bei Wärmeausstrahlung dagegen auch schneller wieder zu erkalten, bewirkt noch eine andere Erscheinung, welche den Monsunen

nahe verwandt ist, aber nicht, wie diese eine jährliche, sondern eine tägliche Periode hat, nämlich die Entstehung der Land- und Seewinde. Wenn bei steigender Sonne das Land sich stärker erwärmt als das Meer, mithin der Luftdruck auf dem Lande fällt, beginnt in der Regel gegen 10 Uhr morgens der Seewind, welcher bis gegen Sonnenuntergang weht. Dann tritt Windstille ein, um bald mit der rasch vor sich gehenden Abkühlung des Landes und der dadurch bedingten Erhöhung des Luftdruckes über demselben in den Landwind überzugehen.

Die Land- und Seewinde treten am regelmässigsten in den Tropen auf.

Dritter Abschnitt.

Atmosphärische Störungen (Stürme).

Erstes Kapitel.

Die Wirbelstürme der Tropen.

§ 159. **Allgemeine Erscheinungen der tropischen Wirbelstürme.** Unter Sturm versteht man jeden Wind, welcher nach der Beaufortschen Skala die Stärke 9 und darüber besitzt. In den meisten Fällen gehört er denjenigen atmosphärischen Strömungen an, welche ein tiefes barometrisches Minimum nach dem im § 149 erklärten Buys-Ballotschen Gesetze spiralförmig umkreisen, nämlich auf der nördlichen Halbkugel gegen die Uhrzeiger, auf der südlichen Halbkugel mit den Uhrzeigern. Viel seltener als diese Stürme, welche ein Gebiet tiefsten Luftdruckes, Zyklone genannt, umkreisen, treten solche Stürme auf, welche von einem Gebiet höchsten Luftdruckes, einer sogenannten Antizyklone, spiralförmig ausgehen.

Am deutlichsten kommt der Charakter der Stürme in den tropischen Wirbelstürmen zum Ausdruck. Dieselben haben, wo sie auch auftreten mögen, eine Reihe von charakteristischen Erscheinungen gemein.

1. Die Form und Ausdehnung der Zyklonen. Dieselbe ist fast immer elliptisch. Die Gradienten und damit auch die Windstärken nehmen besonders in der Nähe des Zentrums sehr stark zu im Gegensatz zu den Stürmen der gemäßigten Zone, bei welchen die Abnahme des Barometerstandes bei der Annäherung an das Zentrum viel gleichmässiger vor sich geht.

Die räumliche Ausdehnung der Zyklonen ist sehr verschieden. Der Durchmesser des Sturmgebietes bei den tropischen Wirbelstürmen schwankt in der Regel zwischen 50 sml und 500 sml und wächst mit der Entfernung vom Äquator.

2. Bewölkung und Niederschläge. Über dem zentralen Gebiete der tropischen Zyklonen liegen zwei Wolkenschichten. Die untere besteht aus schweren, dunklen Regenwolken, aus welchen der Regen in Strömen fällt. Die obere dagegen besteht aus Cirrusgewölk, welches mit der Entfernung vom Zentrum immer lockerer und dünner wird.

3. Die Luftbewegung in den Zyklonen. In den unteren Schichten der Atmosphäre weht der Wind im allgemeinen in Spirallinien vom Aussenrande um das Zentrum, und zwar auf nördlicher Breite gegen die Uhrzeiger, auf südlicher Breite mit den Uhrzeigern, wie in Fig. 120 in den linken Hälften dargestellt. Im Zentrum des Wirbels ist ein Gebiet mit Windstille oder schwachen, veränderlichen Winden, dessen Durchmesser sehr verschieden ist und etwa zwischen 3 sml und 30 sml betragen kann. In diesem windstillen Kerne, in welchem eine gefährliche Kreuzsee herrscht, steigt die Luft in die Höhe und fliesst in den oberen Regionen nach allen Seiten hin ab. In der hohen Region

der Cirruswolken ist die Bewegung radial vom Zentrum weg gerichtet, und da diese vom Zentrum ausgehende Cirrusstreifen sich sehr weit erstrecken, so bieten sie ein sehr günstiges Mittel dar, um bei der Annäherung einer Zyklone die Richtung derselben zum Schiff zu bestimmen.

4. Die Sturmbahnen der Zyklonen. Die Zyklonen haben eine fortschreitende

Bewegung, und zwar bewegen sie sich im allgemeinen in folgender Weise: In den niederen Breiten pflanzen sie sich nach Westen hin fort, indem sie zugleich sich vom Äquator etwas entfernen (Fig. 124). Bei der Annäherung an die Wendekreise krümmen sich die Bahnen immer mehr polwärts, um dann auf Nordbreite in etwa 27° , auf Südbreite in etwa 20° nach Osten umzubiegen.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wirbelstürme ist sehr verschieden, im allgemeinen aber in dem westwärts gerichteten Teile der Bahn kleiner (etwa 5 bis 15 sml pro Stunde) als nach der Umbiegung (etwa 15 bis 25 sml).

Der Gürtel unmittelbar am Äquator ist zyklonenfrei.

Die tropischen Wirbelstürme kommen am häufigsten im Sommer und Spätsommer der betreffenden Halbkugel vor, mithin auf Nordbreite in den Monaten Juli bis Oktober, auf Südbreite Dezember bis April.

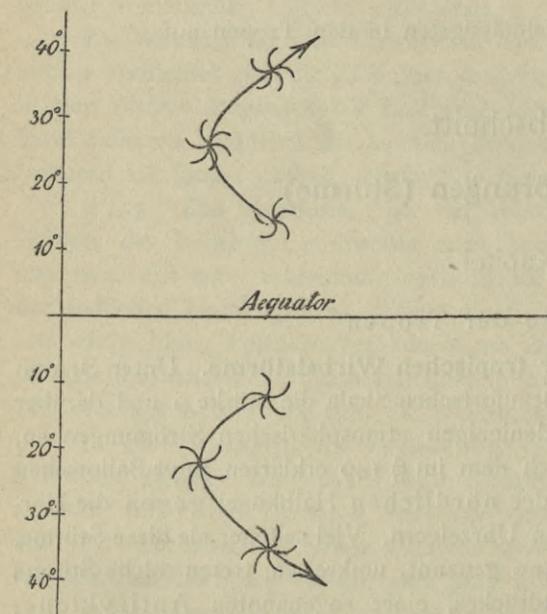


Fig. 124

5. Die Anzeichen einer Zyklone. Den tropischen Wirbelstürmen geht eine eigenartige dunkelrote Färbung des Himmels während der Dämmerung voraus. Der Himmel überzieht sich mit einem dünnen schleierartigen Gewölk, in welchem sich Ringe um Sonne und Mond bilden. Indem sich dieses Gewölk mehr und mehr verdichtet, tritt drückende, feuchte Schwüle ein, Dünung; das Barometer fällt, am Meereshorizont steigt die untere Wolkenschicht des Zentrums auf; starke Regengüsse, Zunahme der Windstärke mit fallendem Barometer.

§ 160. Die besonderen Wirbelstürme in den verschiedenen Meeresteilen. Mit Ausnahme des südlichen Atlantischen Ozeans und des südöstlichen Teiles des Stillen Ozeans kommen tropische Wirbelstürme mehr oder weniger in allen tropischen Meeren vor. Im besonderen unterscheidet man folgende tropische Wirbelstürme:

1. Die westindischen Orkane (Hurrikane) in der Gegend der Antillen.
2. Die Zyklonen im Arabischen Meer und im Golf von Bengalen.
3. Die Mauritiusorkane in der Umgebung von Mauritius.
4. Die Taifune in den ostasiatischen Gewässern.
5. Die Südseeorkane in der Gegend der Hebriden und Samoainseln.

In allen diesen Wirbelstürmen kommen die in § 159 behandelten allgemeinen Erscheinungen zum Ausdruck. Wegen der den einzelnen Orkangebieten zukommenden besonderen Eigentümlichkeiten muss auf die speziellen Abhandlungen in den von der Seewarte herausgegebenen Segelanweisungen für die verschiedenen Ozeane verwiesen werden.

§ 161. Das Manövrieren in tropischen Wirbelstürmen. Die grosse Gefahr, welche für den Seemann mit der Annäherung an das Zentrum eines Wirbelsturmes ver-

bunden ist, liegt teils in dem stürmischen, rasch wechselnden Wind selbst, in höherem Grade aber in der wilden, durcheinander laufenden See, welche durch diesen schnellen Wechsel der Sturmrichtung verursacht wird. Aus diesem Grunde muss, sobald die Anzeichen für das Herannahen eines Wirbelsturmes erkennbar werden, das ganze Bestreben darauf gerichtet sein, dem Zentrum zu entgehen.

Um daher die zur Erreichung dieses Zieles erforderlichen Manöver ausführen zu können, muss man sich über folgende Punkte Klarheit verschaffen:

1. Die Bestimmung der Lage des Zentrums. Hierüber geben zwei Erwägungen Aufschluss. Einmal kann man die Richtung, in welcher das Zentrum vom Schiffe aus liegt, aus der Lage der Cirrusstreifen ermitteln, welche den Himmel im Umkreise des Zentrums bedecken, da diese Streifen gegen das Zentrum hin konvergieren. Zweitens bietet das Buys-Ballotsche Gesetz ein Mittel, um diese Richtung bis auf einige Strich zu bestimmen. Wenn man sich mit dem Rücken gerade gegen den Wind stellt, so liegt auf Nordbreite das Zentrum zur linken, zwei bis drei Strich vorlicher als gerade links, auf Südbreite zur rechten, zwei bis drei Strich vorlicher als gerade rechts.

Da die scheinbare Windrichtung an Bord durch die Fahrt des Schiffes beeinflusst wird, so empfiehlt es sich, wenn die Anzeichen für das Auftreten einer Zyklone vorhanden sind, zunächst beizudrehen, um sich über die Lage des Schiffes zum Zentrum zu orientieren.

2. Die Bestimmung der Bahnrichtung des Zentrums. Für die Auswahl der

auszuführenden Manöver kommen drei verschiedene Lagen der Sturm-
bahn zum Schiff in Betracht. Die-
selbe kann erstens direkt auf das
Schiff zu gerichtet sein, zweitens
kann sie so liegen, dass das Schiff
sich auf der linken Seite der Bahn
befindet, und drittens so, dass
das Schiff sich auf der rechten
Seite der Bahn befindet. Wenn
in Fig. 125 die grossen Pfeile die
Bewegungsrichtung des Wirbel-
sturmes auf Nord- und Südbreite
bezeichnen, in welchem die kleinen
Pfeile die Windrichtung nach dem
Buys-Ballotschen Gesetz angeben,
so überzeugt man sich für ein
an der Vorderseite der Zyklone
stehendes Schiff (fallendes Baro-
meter) leicht von der Gültigkeit
der folgenden drei Sätze, welche
sowohl für Nordbreite als auch
für Südbreite gelten:

1. In der Bewegungsrichtung
selbst behält der Wind bei stetig
fallendem Barometer dieselbe Rich-
tung bei. Wenn das Minimum das

Schiff erreicht, tritt für kürzere oder längere Zeit Windstille ein, und darauf bricht der Sturm mit voller Kraft aus der entgegengesetzten Richtung los.

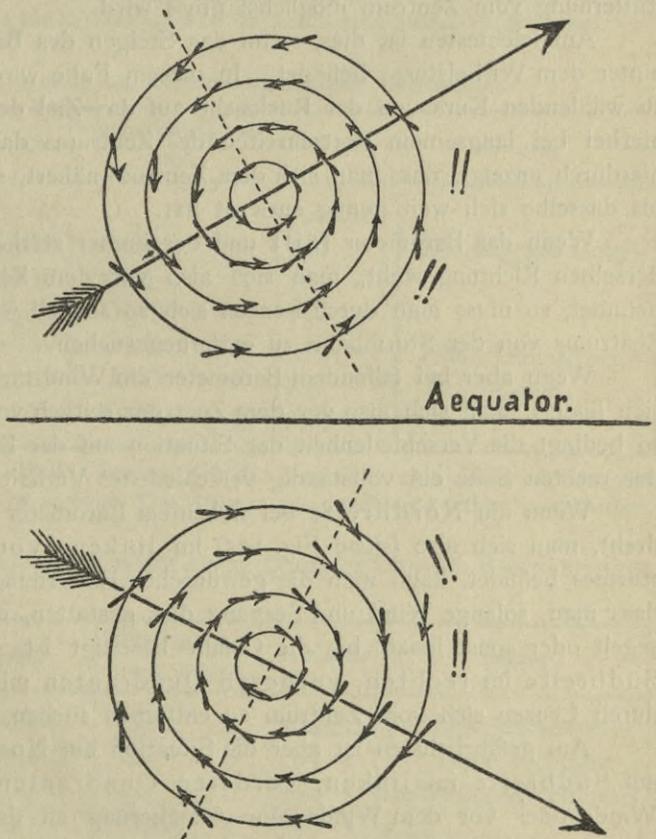


Fig. 125

2. Auf der linken Seite der Bahn dreht sich der Wind bei fallendem Barometer »gegen die Uhrzeiger«.

3. Auf der rechten Seite der Bahn dreht sich der Wind bei fallendem Barometer »mit den Uhrzeigern«.

Hiernach ist man in der Lage, wenn bei fallendem Barometer das Zentrum sich dem Schiffe nähert, die Lage der Sturmbahn zum Schiff zu bestimmen.

1. Wenn der Wind unter Zunahme der Windstärke seine Richtung unverändert beibehält, so befindet sich das Schiff gerade vor dem Zentrum.

2. Wenn der Wind sich gegen die Uhrzeiger dreht, so befindet sich das Schiff auf der linken Seite der Sturmbahn.

3. Wenn der Wind sich mit den Uhrzeigern dreht, so befindet sich das Schiff auf der rechten Seite der Sturmbahn.

Diese drei Regeln gelten sowohl für Nordbreite als auch für Südbreite.

3. Die auszuführenden Manöver. Wie im vorstehendem bereits erwähnt, ist es ratsam, wenn die Gefahr der Annäherung einer Zyklone besteht, so früh wie möglich beizudrehen, um sich über die Lage des Zentrums und über die Bewegungsrichtung desselben zu orientieren, und zwar auf Nordbreite mit Steuerbordhalsen, auf Südbreite mit Backbordhalsen, weil, wie ein Blick auf Fig. 125 lehrt, man auf diese Weise sich vom Zentrum entfernt.

Wenn man sich diese Orientierung verschafft hat, ist so zu manövrieren, dass die Entfernung vom Zentrum möglichst gross wird.

Am leichtesten ist dies, wenn das Steigen des Barometers andeutet, dass man sich hinter dem Wirbelsturm befindet. In diesem Falle wird man die Entscheidung über den zu wählenden Kurs von der Rücksicht auf das Ziel der Reise abhängig machen. Wenn hierbei bei langsamem Fortschreiten des Zentrums das Barometer anfängt zu fallen und hierdurch anzeigt, dass man sich dem Zentrum nähert, so muss man beidrehen und warten, bis dasselbe sich weit genug entfernt hat.

Wenn das Barometer fällt und der immer stärker werdende Wind unverändert aus derselben Richtung weht, man sich also vor dem Zentrum in der Bahnlinie desselben befindet, so muss man durch Lenzen sich so schnell wie möglich vor dem Eintreffen des Zentrums von der Sturmbahn zu entfernen suchen.

Wenn aber bei fallendem Barometer die Windstärke zunimmt und die Windrichtung sich ändert, man sich also vor dem Zentrum seitlich von der Bahnlinie desselben befindet, so bedingt die Verschiedenheit der Situation auf der linken Bahnseite von derjenigen auf der rechten Seite ein vollständig verschiedenes Verhalten für die Schiffsführung.

Wenn auf Nordbreite bei fallendem Barometer der Wind sich gegen die Uhrzeiger dreht, man sich also (siehe Fig. 125) im linken, vorderen Quadranten des Wirbelsturmes befindet, kann man die gewünschte Entfernung vom Zentrum dadurch erreichen, dass man, solange Wind und Seegang dies gestatten, mit raumem Winde von Steuerbord segelt oder sonst lenzt, bis die Gefahr beseitigt ist. In analoger Weise muss man auf Südbreite im rechten, vorderen Quadranten mit raumem Wind von Backbord oder durch Lenzen sich vom Zentrum zu entfernen suchen.

Am gefährlichsten ist aber die Situation auf Nordbreite im rechten, vorderen, auf Südbreite im linken, vorderen Quadranten, weil hier ein Kurs mit raumem Winde oder vor dem Winde eine Annäherung an das Zentrum zur Folge hat. Diese sogenannten gefährlichen Quadranten sind in Fig. 125 durch Ausrufungszeichen gekennzeichnet. Auf Nordbreite muss man in diesem Falle, solange die Verhältnisse dies gestatten, mit Steuerbordhalsen beim Winde segeln oder mit Steuerbordhalsen beidrehen, auf Südbreite dagegen mit Backbordhalsen beim Winde segeln oder mit

Backbordhalsen beidrehen. Der Grund für diese Art des Beidrehens liegt darin, dass dann der Wind raumt und dadurch die Gefahr vermieden wird, dass das Schiff den Seegang von der Seite erhält.

Um den Gefahren der Sturzseen zu begegnen, ist die Anwendung von Öl dringend zu empfehlen.

Übungsaufgaben.

1. Am 5. und 6. April 1892 wurden auf einem Dampfer folgende Beobachtungen gemacht:

| Datum und Zeit | Breite | Länge | Windrichtung und -Stärke | Barometer | Seegang |
|------------------------------|--------|--------|--------------------------|-----------|--------------------------------------|
| April 5 4 ^h Mg | 32°7 S | 65°1 O | NOzO 5 | 766 mm | } Hohe Dünung aus nordöstl. Richtung |
| » 5 8 ^h Mg | 32.2 S | 64.9 O | NO 6 | 765 » | |
| » 5 12 ^h Mittag | 31.8 S | 64.7 O | NO 6 | 763 » | |
| » 5 4 ^h Nm | 31.3 S | 64.5 O | NOzN 7 | 760 » | |
| » 5 8 ^h Nm | 30.8 S | 64.4 O | NNO 7 | 758 » | |
| » 5 12 ^h Mittern. | 30.4 S | 64.2 O | NNO 8 | 755 » | |
| » 6 2 ^h Mg | 30.1 S | 64.0 O | NzO 9 | 752 » | |

a) Was ist hieraus zu schliessen? b) Wie bewegt sich das Zentrum? c) Auf welcher Seite der Sturmbahn stand man? d) Was ist zu tun? Die Antwort ist durch eine Skizze zu erläutern.

2. Am 27. und 28. Juli 1901 wurde auf einem Segelschiffe beobachtet:

| Datum und Zeit | Breite | Länge | Windrichtung und -Stärke | Barometer | Seegang |
|-------------------------------|--------|--------|--------------------------|-----------|-------------------------|
| Juli 27 8 ^h Nm | 29°0 N | 37°7 W | O 5 | 761 mm | } Dünung aus Osten |
| » 27 12 ^h Mittern. | 29.2 N | 38.3 W | OzN 6 | 760 » | |
| » 28 4 ^h Mg | 29.5 N | 38.8 W | OzN 6 | 760 » | |
| » 28 8 ^h Mg | 29.7 N | 39.3 W | ONO 7 | 758 » | } Hohe Dünung aus Osten |
| » 28 12 ^h Mittag | 29.9 N | 39.9 W | ONO 8 | 755 » | |
| » 28 4 ^h Nm | 30.1 N | 40.5 W | ONO 8 | 753 » | |
| » 28 8 ^h Nm | 30.3 N | 41.0 W | ONO 9 | 750 » | |

a) Was ist hieraus zu schliessen? b) Wie bewegt sich das Zentrum? c) Auf welcher Seite der Sturmbahn befand man sich? d) Was ist zu tun? Die Antwort ist durch eine Skizze zu erläutern.

3. Am 15. und 16. August 1897 wurden auf einem Dampfer folgende Beobachtungen gemacht:

| Datum und Zeit | Breite | Länge | Windrichtung und -Stärke | Barometer | Seegang |
|-------------------------------|--------|---------|--------------------------|-----------|--------------------------------------|
| Aug. 15 8 ^h Mg | 38°5 N | 158°0 O | SzO 4 | 764 mm | } Hohe See aus südlicher Richtung |
| » 15 12 ^h Mittag | 38.6 N | 157.4 O | S 6 | 763 » | |
| » 15 4 ^h Nm | 38.6 N | 156.7 O | S 6 | 761 » | Im West. droh. Himmel |
| » 15 8 ^h Nm | 38.5 N | 156.1 O | SSW 7 | 759 » | } Hohe Dünung aus südwestl. Richtung |
| » 15 12 ^h Mittern. | 38.5 N | 155.6 O | SWzS 8 | 756 » | |
| » 16 4 ^h Mg | 38.4 N | 155.2 O | SW 9 | 753 » | |

a) Was ist hieraus zu schliessen? b) Wie bewegt sich das Zentrum? c) Auf welcher Seite der Sturmbahn befand man sich? d) Was ist zu tun? Die Antwort ist durch eine Skizze zu erläutern.

Zweites Kapitel.

Die Stürme der gemässigten Zone.

§ 162. **Allgemeine Erscheinungen dieser Stürme.** Die Stürme der höheren Breiten weisen gegenüber den tropischen Wirbelstürmen mehrere charakteristische Unterschiede auf. Die Abnahme des Luftdruckes vom Rande nach dem Zentrum erfolgt viel gleichmässiger als in den Tropen, wo besonders in der Nähe des Zentrums das Barometer plötzlich sehr schnell fällt. Sie treten viel häufiger auf, ohne indessen die gefährliche Stärke der Tropenorkane zu erreichen. Während letztere in die Sommermonate fallen, kommen jene viel häufiger während der Wintermonate vor. Die Ausdehnung des Sturmfeldes ist in den höheren Breiten ausgedehnter, die in der Regel von West nach Ost vor sich gehende Fortbewegung geschieht viel schneller als in den Tropen. Besonders charakteristisch

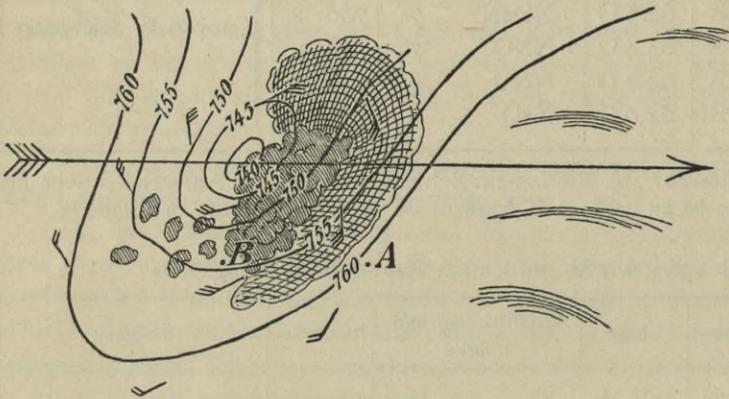


Fig. 126

ist die diese Sturmfelder umgebende Bewölkung, welche in Fig. 126 für den nördlichen Atlantischen Ozean dargestellt ist. Dem Zentrum voraus eilen dünne, streifenartige Schleierwolken, deren Streifung die Richtung der Bewegungsrichtung zu zeigen pflegt. Dann folgt ein nach dem Zentrum immer dichter werdender Cirruschleier und hieran schliesst sich schweres Regengewölk mit starken, andauernden Regenfällen. Da diese Stürme die Schiffe gewöhnlich nörd-

lich passieren, so herrschen bei der Annäherung südwestliche Winde vor (Schiff in A). Wenn beim Passieren des Zentrums das Schiff aus dem rechten vorderen Quadranten in den rechten hinteren Quadranten gelangt, ändern sich Wind und Wetter in der Regel sehr schnell, meistens in einer schweren Böe. Der bis dahin dicht bezogene Himmel klart stellenweise auf, der Wind schiesst plötzlich um mehrere Strich nach W aus und weiter nach NW, und die Temperatur fällt beträchtlich.

In den Wintermonaten folgen oft mehrere Stürme hintereinander.

§ 163. **Das Manövrieren in diesen Stürmen.** Weil die Sturmfelder ausgedehnter sind, und die Abnahme des Luftdruckes mit der Annäherung an das Zentrum gleichmässiger erfolgt, mithin sich die verschiedensten Windrichtungen nicht, wie bei den tropischen Wirbelstürmen, auf einen beschränkteren Raum konzentrieren, so treten auch nicht so schwere gefährliche Kreuzseen auf, und es wird daher das Verhalten in einem Sturm der höheren Breiten nicht so ausschliesslich bestimmt durch die in den Tropen gebotene Rücksicht, das Zentrum zu vermeiden.

Wenn man zwischen 40° und 50° N aus den vorliegenden Anzeichen, streifiges, von W nach O ziehendes Cirrusgewölk, fallendes Barometer und immer stärker werdende südwestliche Winde, auf das bevorstehende nördliche Vorüberziehen eines Sturmzentrums schliessen darf, so dreht man bei, um das Passieren des Zentrums abzuwarten, und zwar mit Steuerbordhalsen, um bei dem plötzlichen Ausschieszen des Windes nach West und Nordwest raumenden Wind zu erhalten. Ist das Schiff ostwärts bestimmt, kann es sich die westlichen Winde zunutze machen, indem es mit Lenzen dem Sturmfelde folgt,

Drittes Kapitel.

Lokale Stürme.

§ 164. **Der Pampero.** Mit diesem Namen bezeichnet man die in der Nähe des La Plata besonders vom Juni bis Oktober auftretenden südwestlichen Stürme. Dem Pampero gehen meistens nördliche Winde mit grosser Wärme voraus. In einer schweren Böe schiesst der Wind dann plötzlich von Nordwest nach Südwest, wobei die Temperatur schnell fällt. Bei steigendem Barometer und fallendem Thermometer nimmt dann der Wind allmählich ab. Die Dauer der Pamperos ist sehr verschieden, von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen schwankend.

Als Anzeichen für das Auftreten eines Pampero ist ausser dem fallenden Barometer eine von Südwest aufkommende Wolkenbank charakteristisch, von gewitterartigen Erscheinungen begleitet.

§ 165. **Der mexikanische Norder.** Derselbe tritt im Golf von Mexiko besonders während der Monate September bis April auf. Nachdem einige Tage schwache, südliche Winde bei sehr grosser Feuchtigkeit geherrscht haben, springt der Wind zuerst allmählich, dann in einer heftigen Böe durch Westen nach Nordwest herum. Bei steigendem Barometer und fallendem Thermometer hält er in der Regel mehrere Tage an und geht über Norden nach Nordosten herum, bis er allmählich abirrt.

Auch hier wird der Eintritt des Norders durch eine schwarze, von Nordwest aufkommende Wolkenbank angezeigt.

§ 166. **Der afrikanische Tornado.** Derselbe ist eine an der Westküste Afrikas, besonders zwischen dem Äquator und 10° N auftretende Gewitterböe von kurzer, meistens nur wenige Stunden betragender Dauer. Das erste Anzeichen ist eine von der östlichen Seite des Horizontes aufkommende Wolkenbank, welche langsam höher kommt, wobei ihre Ränder bogenförmig gekrümmt erscheinen, so dass das Ganze die Gestalt eines Pilzhutes annimmt. Wenn der obere Rand der Wolke das Zenit erreicht, bricht der Tornado gewöhnlich aus Nordost los. Das Barometer zeigt während des Tornados keine merklichen Schwankungen.

§ 167. **Die Bora.** Die Bora ist ein kalter, trockener Fallwind, welcher von den östlichen Alpen aus nordöstlicher Richtung orkanartig nach dem Adriatischen Meere zu weht und in der Regel mehrere Tage dauert. Er wird bedingt durch einen hohen Luftdruck nördlich von den Alpen, während über dem Meere ein niedriger Luftdruck herrscht und kommt hauptsächlich im Winter vor.

§ 168. **Der Scirocco.** Der Scirocco kommt zu allen Jahreszeiten im Mittelmeere, besonders im Adriatischen Meere vor und entsteht infolge eines hohen Luftdruckes über der Sahara. Er bringt hohe Temperatur und im Winter starke Trübung des Himmels und grosse Regenwahrscheinlichkeit mit sich. Der Scirocco weht aus Südsüdost bis Ostsüdost und erreicht seine grösste Heftigkeit im Mittel gegen 1^{h} Nm (im Frühling etwa 3 Stunden früher, im Winter etwa 2 Stunden später), ist jedoch durchschnittlich nur von Stärke 4—5 nach Beaufort.

§ 169. **Der Harmattan.** Endlich möge unter diesem Kapitel noch ein anderer lokaler Wind genannt werden, obgleich derselbe nicht zu den Stürmen gehört, der sogenannte Harmattan. Dies ist ein an der ganzen nördlichen Westküste von Afrika auftretender, zwischen Ost und Ostnordost variierender Landwind, der in der trockenen Jahreszeit, etwa von November bis März, auftritt. Derselbe ist von grosser Dürre und gewöhnlich von einer dunstigen Atmosphäre begleitet, welche durch kleine rötliche, die Fernsicht erschwerende Staubteilchen hervorgerufen wird. Die Hitze ist bei schwachem Harmattan fast erdrückend.

Vierter Abschnitt.

Die Meeresströmungen.

Erstes Kapitel.

Die Entstehung der Meeresströmungen.

§ 170. **Die Ursachen der Meeresströmungen.** Als Driftströmungen bezeichnet man diejenigen Strömungen, welche durch die direkte Einwirkung des Windes entstehen; sie werden zunächst an der Oberfläche hervorgerufen, doch pflanzt sich bei konstant aus derselben Richtung wehenden Winden die Bewegung mehr und mehr auf tiefere Wasserschichten fort. Die am meisten hervortretenden Driftströmungen sind diejenigen, welche durch den Einfluss der Passate und der Westwinde der mittleren Breiten entstehen. Auch im nördlichen Teile des Indischen Ozeans sind die Meeresströmungen in erster Linie von dem jeweilig herrschenden Monsun abhängig.

Wenn die durch den Wind in Bewegung gesetzten Wassermassen auf eine Küste stossen und hier einen Aufstau des Wassers verursachen, so fliesst dasselbe nach beiden Seiten der Küste entlang ab, und es entstehen die sogenannten Abflussströmungen.

Eine dritte Art von Strömungen stellen die sogenannten Kompensationsströme dar. Dieselben entstehen im Rücken der Driftströmungen und finden ihre Erklärung dadurch, dass hier von allen Seiten Wassermassen zum Ausgleich für das durch die Driftströmungen entführte Wasser herbeiströmen.

Endlich können in Meeresstrassen, welche Meere von verschiedenem Niveau verbinden, kräftige Ströme auftreten. In der Strasse von Gibraltar setzt der Strom an

der Oberfläche mit etwa 3 kn Fahrt aus dem Atlantischen Ozean in das Mittelmeer hinein, weil der Spiegel des letzteren infolge der starken Verdunstung etwas tiefer liegt als derjenige des Ozeans. Durch den Bosphorus strömt das Wasser an der Oberfläche mit einer Fahrt von etwa 3 kn, die sich jedoch öfters bis zu 5 kn steigert, aus dem Schwarzen Meer in das Marmarameer infolge der starken Wasserzufuhr, welche das Schwarze Meer durch seine vielen Flussmündungen erhält.

§ 171. **Allgemeine ozeanische Stromsysteme.** Bei dem bestimmenden grossen Einfluss, den die Passatwinde und die Westwinde der mittleren Breiten auf die Gestaltung der Meeresströmungen besitzen, lässt sich bis zu einem gewissen Grade eine Übereinstimmung der Strömungen in den drei grossen Ozeanen erwarten. Diese ist in der Tat vorhanden.

Um zunächst zu einer allgemeinen Darstellung, unabhängig von lokalen Verschiedenheiten der Ozeangrenzen, zu gelangen, sollen im folgenden die Strom-

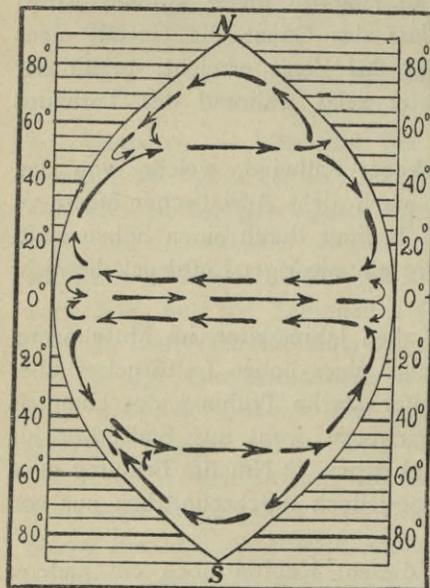


Fig. 127

systeme betrachtet werden, welche sich unter dem Einflusse zweier Windsysteme in einem Ozean entwickeln würden, der im Osten und Westen durch zwei ununterbrochene, längs zweier Meridiane verlaufende Küsten begrenzt wird (Fig. 127).

Zu beiden Seiten des Äquators würde sich eine nach Westen setzende Strömung bilden. Nach Erreichung der westlichen Küste biegt dieselbe polwärts ab, um dann unter

dem Einflusse der konstanten Westwinde nach Osten zu setzen und endlich als Kompensationsstrom nach dem Äquator zu fließen. So entstehen zwei symmetrisch zum Äquator gelegene Stromkreise, deren nördlicher mit den Uhrzeigern und deren südlicher gegen die Uhrzeiger verläuft. Zwischen beiden fließt die äquatoriale Gegenströmung von West nach Ost, welche durch das östlich auftretende Kompensationsbedürfnis hervorgerufen wird.

Ausser diesen beiden Stromkreisen tritt aber noch ein zweites Paar auf. Die unter dem Einflusse der konstanten Westwinde auf die östliche Küste stossenden Wassermassen entsenden hier einen Arm polwärts, welcher später, der Küstenfiguration entsprechend, nach Westen umbiegt und als Kompensation in den Rücken der Westwinddrift zurückfließt.

Die im vorstehenden gekennzeichneten allgemeinen Erscheinungen werden wir in den einzelnen Ozeanen, allerdings modifiziert durch den Verlauf der Küsten, antreffen.

Zweites Kapitel.

Die Strömungen des Atlantischen Ozeans.

§ 172. **Die Strömungen des südatlantischen Ozeans.** Die südliche Äquatorialströmung tritt im Bereiche des Südostpassates auf. Sie fließt mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von etwa 24 sml von Ost nach West. Ihre Grenzen schwanken, wie diejenigen der Passate, etwas mit der Jahreszeit, doch erstreckt sich ihr Bereich stets einige Grad nördlich vom Äquator.

Bei Kap San Roque teilt sie sich in zwei Arme, von denen der eine, die sogenannte Guayanaströmung, in nordwestlicher Richtung längs der Nordküste von Südamerika setzt mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 30 bis 40 sml im Etmal, während der andere an der Küste von Brasilien in der Richtung nach SSW bis etwa in der Breite der La Platamündung als brasilianische Strömung fließt mit einer Geschwindigkeit, die zwischen 12 sml und 36 sml schwankt. Südlich von 30° S beginnt die brasilianische Strömung nach Osten umzubiegen und überschreitet dann als sogenannter Verbindungsstrom oder Westwinddrift den südatlantischen Ozean mit mässiger Geschwindigkeit. In der Nähe des afrikanischen Kontinentes teilt sich die Westwinddrift in zwei Teile. Der eine derselben biegt nach Norden ab und fließt als kalte Benguelaströmung in den Rücken der südäquatorialen Strömung, um dieser den Ersatz für die abgeführten Wassermassen wieder zuzuführen, während der andere südlich von Afrika auf die an der Ostküste von Afrika nach Süden fließenden warmen Agulhasströmung stößt und mit dieser zusammen eine Resultierende von südöstlicher Richtung bildet.

Ausser den im vorstehenden behandelten Strömungen des südatlantischen Stromkreises kommt noch die unter dem Einfluss der herrschenden Westwinde bei Kap Horn von West nach Ost setzende Kap Hornströmung in Betracht, welche mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 24 sml im Etmal aus dem Stillen Ozean in den Atlantischen Ozean fließt, um dann teils in nordöstlicher Richtung sich mit der Westwinddrift zu vereinigen, teils als sogenannte Falklandströmung an der Ostküste von Südamerika entlang bis zur La Platamündung zu setzen. Die drei letztgenannten Strömungen sind Kaltwasserströmungen.

§ 173. **Die Strömungen des nordatlantischen Ozeans.** In ähnlicher Weise wie die südliche Äquatorialströmung durch den Südostpassat erzeugt wird, entsteht unter dem Einflusse des Nordostpassates die nördliche Äquatorialströmung, indessen tritt die-

selbe, entsprechend der grösseren Veränderlichkeit des Nordostpassates, nicht mit derselben Regelmässigkeit und Geschwindigkeit auf, wie die südliche Äquatorialströmung. Die Grenzen variieren ebenfalls mit der Jahreszeit; als mittlere Geschwindigkeit kann man etwa 12 sml täglich annehmen. Die nördliche Äquatorialströmung führt ihr Wasser teils der Guayanaströmung zu, teils biegt sie ausserhalb der Antillen als Antillenströmung (10 bis 20 sml täglich) nach Nordwesten um, um sich später mit der Floridaströmung zu vereinigen. Die durch die Vereinigung der beiden Zweige der Äquatorialströmungen verstärkte Guayanaströmung geht zwischen den Antillen und dem Festlande hindurch in die Karibenströmung über, um dann einen Aufstau des Wassers im Golf von Mexiko hervorzurufen. In diesem Wasseraufstau ist die Ursache für den starken Floridastrom zu suchen, welcher mit grosser Geschwindigkeit das Wasser durch die Enge zwischen Florida und Kuba treibt. Ausser seiner grossen Geschwindigkeit, die an der Ostküste von Florida mit wenigstens 50 sml täglich ihren grössten Wert besitzt, sind für den Floridastrom besonders die hohe Temperatur, die scharfe Abgrenzung gegen die Umgebung und die tief indigoblaue Färbung charakteristisch. Nach dem Passieren der Floridastrasse schliesst sich die Antillenströmung an. Bei dem Fortschreiten längs der Ostküste von Nordamerika breitet sich die Strömung, welche hier den Namen Golfstrom annimmt, immer mehr seitlich aus, zugleich immer mehr an Geschwindigkeit verlierend.

Nördlich von Kap Hatteras verlässt der Golfstrom mehr und mehr die Küste, um unter dem Einflusse der herrschenden Westwinde nach Osten umzubiegen. Je weiter er in den Ozean vordringt, um so mehr verwischen sich seine charakteristischen Merkmale, insbesondere die grosse Geschwindigkeit, welche jetzt auf einen mittleren Wert von etwa 12 sml bis 15 sml täglich zurückgeht. In der Mitte des Atlantischen Ozeans beginnt der Golfstrom sich fächerartig auszubreiten. Ein Teil des Stromes fliesst östlich von den Azoren, sich zunächst südöstlich, dann südlich wendend, an der Westküste von Nordafrika entlang, um als Kompensationsstrom in den Rücken der nordäquatorialen Strömung zu fliessen und so den nordatlantischen Stromkreis zu schliessen. Ein anderer Zweig des Golfstromes fliesst in nordöstlicher Richtung an der Westküste von Irland, Schottland entlang und ergiesst sich um das Nordkap bis nach Nowaja Semlja, um hier nach Nordwesten an Spitzbergen entlang abzubiegen.

Der nordwestliche Teil des Atlantischen Ozeans wird charakterisiert durch zwei Kaltwasserströmungen, welche unter dem Einflusse nördlicher Winde von Norden nach Süden setzen und viel Eis mit sich führen. Die eine fliesst an der Ostküste Grönlands als Ostgrönlandströmung nach Südwesten. Beim Kap Farewell biegt sie an der Westküste Grönlands entlang nach Norden um. Die andere arktische Strömung setzt, von Norden kommend, unter dem Namen Labradorströmung an der Küste von Labrador und der Ostküste von Neufundland entlang, wo ein grosser Teil der mitgeführten Eismassen abgelagert wird, und schiebt sich zwischen den von Süden kommenden Golfstrom und die Küste von Nordamerika.

Endlich ist noch eine Strömung vorhanden, welche den Raum zwischen den beiden äquatorialen Strömungen einnimmt und den Namen äquatoriale Gegenströmung oder Guineaströmung führt. Sie besitzt eine hohe Temperatur und setzt von West nach Ost in den Golf von Guinea; ihr Gebiet hat die Gestalt eines Keiles, dessen Spitze nach Westen zeigt. Infolge der jahreszeitlichen Verschiebungen der beiden äquatorialen Strömungen, besonders der nördlichen, verschiebt sich auch die äquatoriale Gegenströmung. Die westliche Grenze des Keiles liegt im März auf etwa 25° W, im September auf 40° W. Die Geschwindigkeit der äquatorialen Gegenströmung beträgt in ihrem westlichen Teile etwa 12 sml täglich, im Osten nimmt dieselbe zu und erreicht ihren grössten Wert bei Kap Palmas.

Drittes Kapitel.

Die Strömungen des Stillen Ozeans.

§ 174. **Die Strömungen des südlichen Stillen Ozeans.** Die Strömungen im südlichen Stillen Ozean vollziehen sich in einem Kreislauf, welcher demjenigen im südatlantischen Ozean analog ist. Im Gebiete des Südostpassates setzt die südliche äquatoriale Strömung über den ganzen Ozean von Ost nach West mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 24 sml täglich; ihre nördliche Grenze greift mehrere Grad über den Äquator hinaus. Diese Strömung ist besonders regelmässig in ihrer östlichen Hälfte; in der Mitte zeigt sie auf der Südseite die Neigung, nach Südwesten abzubiegen. Weiter westlich wird sie durch die vielen Inseln und im südlichen Sommer durch den Nordwestmonsun stark behindert. An der Ostküste von Australien entsendet die Südäquatorialströmung einen Arm, den ostaustralischen Küstenstrom, nach Süden ab, der eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 36 sml täglich hat und östlich von Tasmanien nach Südosten umbiegt, um sich mit der Westwinddrift zu vereinigen, welche über den ganzen südlichen Stillen Ozean setzt. In der Nähe der südamerikanischen Küste teilt sich die Westwinddrift in zwei Teile, von denen der eine als peruanische Strömung nordwärts abbiegt, während der andere als Kap Hornströmung um das Kap Horn in den Atlantischen Ozean hinübersetzt. Die peruanische Strömung, welche sich durch ihre niedrige Temperatur von den begrenzenden Gewässern auszeichnet, fliesst mit einer Geschwindigkeit von etwa 12 sml täglich an der Küste von Chile und Peru entlang, wendet sich in etwa 5° S nach Nordwesten und fliesst so, als Kompensationsstrom den südlichen Stromkreis des Stillen Ozeans schliessend, in den Rücken der südäquatorialen Strömung.

§ 175. **Die Strömungen des nördlichen Stillen Ozeans.** Auch das Strömungssystem des nördlichen Stillen Ozeans wird gekennzeichnet durch einen Kreislauf, der sehr deutlich an die Stromverhältnisse des nordatlantischen Ozeans erinnert. Im Bereiche des Nordostpassates, nördlich von etwa 10° N, setzt die nördliche äquatoriale Strömung über den ganzen Stillen Ozean mit einer Geschwindigkeit von etwa 24 sml täglich. An der Ostseite der Philippinen wendet sich die Strömung nach Nordwest, um dann an der Ostküste von Formosa entlang mit grosser Stärke unter dem Namen Kuro Schio als Warmwasserstrom nach Japan hinüberzuströmen. Hier entsendet sie einen Zweig in das japanische Meer, während der Hauptarm mit einer Geschwindigkeit von etwa 36 sml täglich, die indessen unter dem Einflusse der herrschenden Winde stark beeinflusst wird, an der Ostküste von Japan entlang bis über 40° N hinaus in nordöstlicher Richtung weiterfliesst. Hier biegt er, sich mehr östlich wendend, in die Westwinddrift ein. Diese setzt zwischen 40° und 50° N mit einer nicht sehr regelmässigen Geschwindigkeit von etwa 15 sml täglich über den Stillen Ozean hinüber, um sich vor der nordamerikanischen Küste in zwei Arme zu teilen. Die Hauptmasse biegt nach Süden um, fliesst als kalifornische Küstenströmung an der Küste entlang und fliesst als Kompensationsstrom in die nördliche äquatoriale Strömung zurück, so den Kreislauf des nördlichen Stillen Ozeans schliessend. Der andere Arm fliesst, besonders im Sommer, unter dem Namen Alaskaströmung an der Küste entlang zuerst nach Norden, dann nach Westen, um endlich an der Westseite der Behringstrasse in südlicher Richtung als Abschluss des zweiten gegen die Uhrzeiger gerichteten Kreislaufes an der Ostküste Japans seine kalten Wassermassen mit dem warmen Wasser des Kuro Schio zu vermischen. Zwischen den beiden Passatgebieten fliesst auch im Stillen Ozean die warme äquatoriale Gegenströmung quer über den Ozean von West nach Ost, um im Golf von Panama sich in zwei nach Norden und Süden umbiegende Äste zu teilen.

Viertes Kapitel.

Die Strömungen des Indischen Ozeans.

§ 176. **Die Strömungen des südlichen Indischen Ozeans.** Dieselben bieten im allgemeinen das gleiche Bild wie im südlichen Atlantischen und im südlichen Stillen Ozean. Zwischen 7° S und 20° S setzt infolge des Südostpassates während des ganzen Jahres die äquatoriale Strömung von Ost nach West mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von etwa 24 sml täglich. Vor der Insel Madagaskar spaltet sie sich in zwei Arme. Der eine Arm fliesst an der Ostküste von Madagaskar nach Süden, biegt dann später nach Südost um und vereinigt sich dann mit der auf den Indischen Ozean durchquerenden Westwinddrift, welche somit, alle drei Ozeane verbindend, um die ganze Erde setzt. Südwestlich von Australien entsendet sie einen Arm nach Norden, welcher als westaustralische Strömung an der Westküste Australiens entlang setzt, um dann, den Stromkreis schliessend, als Kompensationsstrom in den Rücken der äquatorialen Strömung zurückzufließen.

Der vor Madagaskar nach Norden umbiegende Zweig der äquatorialen Strömung umpflutet diese Insel und setzt in westlicher Richtung auf die afrikanische Küste zu. Bei Kap Delgado teilt er sich wieder in zwei Abflussströme, von denen der eine nach Norden umbiegt, während der andere, sich südlich wendend, der afrikanischen Küste folgt, zuerst unter dem Namen Mozambiqueströmung, später in die Agulhasströmung übergehend. Mit einer Geschwindigkeit von etwa 48 sml täglich an der Küste weiter entlang fließend, trifft diese später mit der südatlantischen Westwinddrift zusammen und setzt zuerst in südöstlicher, dann in östlicher Richtung, verstärkt durch den obengenannten, östlich von Madagaskar nach Süden setzenden Stromzweig und gemeinschaftlich mit ihm als Westwinddrift ihren Weg nach Osten hin fort.

§ 177. **Die Strömungen des nördlichen Indischen Ozeans.** Nördlich von dem in § 176 beschriebenen Stromkreise, also nördlich von 7° S, stehen die Strömungen unter dem Einflusse der dort herrschenden Monsunwinde.

a) Im nördlichen Sommer weht südlich vom Äquator der Südostmonsun, nördlich von demselben der Südwestmonsun. Unter dem Einflusse dieser Winde stellen die Strömungen einen Kreislauf im Sinne der Uhrzeiger dar. Der Südostmonsun, welcher als Fortsetzung des Südostpassates angesehen werden kann, bewirkt, dass die äquatoriale Strömung nach Norden hin an Breite zunimmt. Der bei Kap Delgado nach Norden umbiegende Zweig schliesst sich dem unter dem Einflusse des Südwestmonsuns sich bildenden Driftstrom an, welcher längs der Küsten des nördlichen Indischen Ozeans von Westen nach Osten setzt, um dann, bei Sumatra südwärts fließend, die äquatoriale Strömung zu speisen.

b) Im nördlichen Winter weht südlich vom Äquator der Nordwestmonsun, nördlich von demselben der Nordostmonsun, unter deren Einflusse sich ein dem soeben betrachteten entgegengesetzter Stromkreis entwickelt. Im Bereiche des Nordwestmonsuns, etwa von 7° S bis einige Grad nördlich vom Äquator, bildet sich eine äquatoriale Gegenströmung, welche als warmer Strom mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 12 sml täglich von West nach Ost fliesst, um sich an seinem östlichen Ende in zwei nach Norden und Süden umbiegende Zweige zu teilen. An seinem westlichen Ende wird er gespeist durch den von Kap Delgado nordwärts setzenden, von der südlichen äquatorialen Strömung herrührenden Abflussstrom. Im nördlichen Teile des Indischen Ozeans setzt infolge des Nordostmonsuns die Strömung längs den Küsten von Ost nach West, um dann, in ihrem westlichen Teile nach Süden fließend, ebenfalls in den Rücken der äquatorialen Gegenströmung umzubiegen. Ihre grösste Geschwindigkeit erhält die Driftströmung des Nordostmonsuns südlich von Ceylon, wo dieselbe 70 sml täglich manchmal übersteigt.

Fünfter Abschnitt.

Ebbe und Flut.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Erscheinungen im Verlauf von Ebbe und Flut.

§ 178. **Die Abhängigkeit der Gezeiten vom Monde. Mondtiden.** Unter den Gezeiten oder Tiden versteht man das regelmässige Heben und Senken des Meeresspiegels, und zwar nennt man das Steigen des Wassers von Niedrigwasser bis Hochwasser Flut, das Fallen des Wassers von Hochwasser bis Niedrigwasser Ebbe. Da das Wasser $6^h 12^m$ steigt und ebensolange fällt, mithin zwischen zwei aufeinanderfolgenden Hochwassern $12^h 24^m$ liegen, so hatte man schon früh erkannt, dass der Eintritt von Hoch- und Niedrigwasser von der Stellung des Mondes vor oder nach seiner Meridianpassage abhängt in der Weise, dass an einem Orte die Gezeiten stets um eine bestimmte, wenn auch innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankende Zeit später eintreten als der Durchgang des Mondes durch den Meridian. Denkt man sich die Erde überall mit tiefem Wasser umgeben, so werden die Wassermassen, welche sich an der dem Monde zugekehrten Seite befinden, von letzterem stärker angezogen als der Erdmittelpunkt, da nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz die Anziehung zweier Massen im Raume umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernung ist. Ebenso ist die Anziehung des Erdmittelpunktes wiederum stärker als derjenigen Wassermassen, welche sich an der dem Monde abgewandten Seite befinden. Wenn also das Wasser auf der Erdoberfläche den auf dasselbe wirkenden Kräften unmittelbar ohne jede Behinderung und Zeitverlust folgen könnte, so würde die Oberfläche des Wassers die Form eines Ellipsoides annehmen, dessen grosse Achse auf den Mond zu gerichtet ist. Infolgedessen würden stets diejenigen Orte Hochwasser haben, für welche der Mond im oberen oder unteren Meridian steht, und zwar unter diesen derjenige das grösste Hochwasser, für welchen der Mond im Zenit oder Nadir steht. Die Zeiten von Niedrigwasser würden dagegen gerade mitten zwischen die Hochwasserzeiten fallen.

Da der Mond infolge der Achsendrehung der Erde und seiner eigenen Bewegung in seiner Bahn durchschnittlich etwa 12 Stunden und 24 Minuten gebraucht, um von der oberen Kulmination in die untere zu kommen und ebensolange von der unteren bis zur oberen, so würden also an jedem Orte zwischen zwei benachbarten Hochwassern 12 Stunden und 24 Minuten liegen, und die Zeiten für Niedrigwasser würden sich von den Hochwasserzeiten stets um 6 Stunden und 12 Minuten unterscheiden.

§ 179. **Sonnentiden. Halbmonatliche Ungleichheit. Spring- und Nipptiden.** In ähnlicher Weise erzeugt auch die Sonne zwei Flutwellen, welche, für sich allein betrachtet, entsprechend der Bewegung der Sonne in einem wahren Sonnentage an jedem Orte zweimal Hoch- und zweimal Niedrigwasser erzeugen würden; doch würde die Höhe dieser Welle wegen der geringeren Flut erzeugenden Kraft der Sonne weniger als die Hälfte der Mondflutwelle betragen. Wenn für einen Ort im wahren Ortsmittage Neumond ist, mithin die Flutwellen des Mondes und der Sonne zusammenfallen, so würden unter den in § 178 gemachten Voraussetzungen die beiden Wellenberge sich sowohl an diesem Orte als auch an dem entgegengesetzten Orte der Erde übereinanderlegen und infolgedessen sehr hohes Hochwasser entstehen. Am folgenden Tage würde aber bei der Kulmination des Mondes, welche etwa um $0^h 48^m$ Nm stattfindet, der Wellenberg der Sonnenflut den Meridian schon passiert haben und somit in der Zeit des Hochwassers gegen die Mondkulmination eine Verfrühung bewirken, welche etwa 10^m beträgt. Am zweiten Tage

würde durch die Wirkung der Sonne das Hochwasser etwa 20^m eher eintreten als die Mondkulmination, und in der Höhe würde ebenfalls eine weitere Abnahme stattfinden. In dieser Weise würde die Sonne eine von Tag zu Tag grösser werdende Verfrühung der Hochwasserzeit und eine Verringerung der Hochwasserhöhe bewirken. Nach etwa vier bis fünf Tagen hat die Verfrühung ihren höchsten Betrag von etwa 1^h erreicht und nimmt von da, entsprechend der gegenseitigen Lage der Sonne, wieder ab, um beim ersten Viertel zu verschwinden. Nach dieser Zeit setzt sich das wirkliche Hochwasser aus der Kombination der Mondflutwelle und der folgenden Sonnenflutwelle zusammen und es findet mithin eine von Tag zu Tag grösser werdende Verspätung gegen die Mondkulmination statt, welche vier bis fünf Tage vor Vollmond ihr Maximum erreicht, um dann bis Vollmond wieder auf Null zurückzugehen.

Mit dieser sogenannten halbmonatlichen Ungleichheit in Zeit geht eine ebenfalls an die Periode eines halben Mondumlaufs gebundene halbmonatliche Ungleichheit in Höhe Hand in Hand. Nachdem nämlich bei Neumond durch Übereinanderlagern der beiden Wellenberge das höchste Hochwasser und dementsprechend an den um 90° entfernten Orten das niedrigste Niedrigwasser stattgefunden hat, nehmen an den folgenden Tagen die Höhen bei Hochwasser ab, bei Niedrigwasser zu, und es tritt beim ersten Viertel, wo das Wellental der Sonnenflut mit dem Wellenberg der Mondflut zusammenfällt, das niedrigste Hochwasser und das höchste Niedrigwasser ein. Darauf steigt das Hochwasserniveau wieder, während das Niedrigwasserniveau fällt, bis bei Vollmond dann das höchste Hoch- und das niedrigste Niedrigwasser wieder stattfindet. Die bei Neu- und Vollmond auftretenden Tiden nennt man Springtiden, die beim ersten und letzten Viertel auftretenden dagegen Nipptiden. Der Niveauunterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser heisst Hub, Flutgrösse oder Flutwechsel. Derselbe ist bei Neu- und Vollmond grösser als bei dem ersten und letzten Viertel.

§ 180. **Die tägliche Ungleichheit.** Wenn die Deklination des Mondes gleich Null ist, so sind die beiden Hochwasser für jeden Ort angenähert gleich hoch. Wenn dagegen,

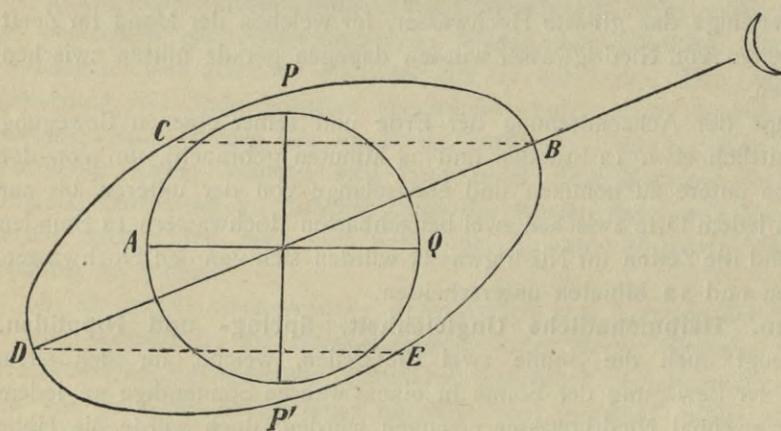


Fig. 128

wie in Fig. 128 angegeben, die Deklination sehr gross ist, so entstehen die höchsten Hochwasser an zwei gegenüberliegenden, um die Deklination des Mondes vom Äquator entfernten Punkte B und D. Die auf demselben Breitenparallel aber auf dem entgegengesetzten Meridian liegenden Orte C und E haben zwar auch Hochwasser, doch stehen dieselben an Höhe denjenigen der Punkte B und D nach. Nach zwölf Mondstunden ist die Flutwelle im Breitenparallel des Mondes um die halbe Erde herumgekommen, so dass nunmehr die Punkte C und E die höchsten, B und D dagegen weniger hohe Hochwasser haben. Dieser Unterschied der beiden Hochwasser heisst tägliche Ungleichheit.

Die tägliche Ungleichheit hängt wesentlich von der Deklination des Mondes ab und ist am grössten in derjenigen Tide, welche vom Monde in seiner grössten Deklination

erregt wird; dagegen verschwindet dieselbe in derjenigen Tide, welche vom Monde beim Passieren des Äquators erzeugt wird. An einzelnen Orten kann die tägliche Ungleichheit so gross werden, dass die Erscheinung der halbtägigen Tiden ganz verdeckt wird, so dass nur Eintagstiden auftreten. Für das Zustandekommen der letzteren ist besonders das Zusammenfallen der grössten Monddeklination mit dem ersten oder letzten Viertel günstig, weil dann die Wellentäler der Sonnentiden mit den Wellenbergen der Mondtiden zusammenfallen, mithin die ersteren das kleinere Hochwasser des Mondes gänzlich zum Verschwinden bringen können.

In gleicher Weise wie der Mond erzeugt auch die Sonne eine tägliche Ungleichheit, doch ist dieselbe erheblich kleiner.

§ 181. **Die Hafenzzeit.** Wenn, wie bisher angenommen, die ganze Erde ohne Festland überall von tiefem Wasser umgeben wäre, und wenn ferner die Wassermassen den fluterzeugenden Kräften von Mond und Sonne ohne Reibung und ohne Zeitverlust folgten, so würde man die Zeit des Hochwassers für einen Ort erhalten, wenn man an die Kulminationszeit des Mondes die halbmonatliche Ungleichheit mit ihrem Vorzeichen anbringt. Weil aber diese Annahmen in der Natur nicht zutreffen, so muss man, um die wirkliche Hochwasserzeit eines Ortes zu erhalten, noch eine Zeitgrösse anbringen, welche für jeden Ort einen bestimmten, durch Beobachtungen ermittelten Wert besitzt. Diese Grösse heisst Hafenzzeit.

Da an den Tagen von Neumond und Vollmond die halbmonatliche Ungleichheit gleich Null ist und der Mond um Mittag resp. Mitternacht kulminiert, so ist an diesen Tagen die Hochwasserzeit gleich der Hafenzzeit.

Zweites Kapitel.

Die Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser.

§ 182. **Die Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser unter Zugrundelegung der Mondkulmination.** In Tafel 18 des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 19) ist für jeden Tag des Jahres die für halbmonatliche Ungleichheit korrigierte Kulminationszeit des Mondes in Greenwich angegeben und ausserdem die Änderung für einen Grad Länge beigefügt. Um die entsprechende Zeit für irgendeinen anderen Ort zu erhalten, nimmt man also die korrigierte Kulminationszeit in Greenwich für das bürgerliche Datum des betreffenden Tages aus und verbessert, wie bei den Mondkulminationen, auf Westlänge nach unten, auf Ostlänge nach oben. Addiert man dann die Hafenzzeit des Ortes, so erhält man die eine Hochwasserzeit. Ist die Summe von Tafelzeit und Hafenzzeit grösser als 12^h , so legt man das vorhergehende Datum zugrunde.

Um die Zeit des anderen Hochwassers zu erhalten, addiert oder subtrahiert man den halben Mondstag, wofür man mit genügender Genauigkeit stets $12^h 24^m$ setzen kann.

Die Zeiten für die beiden Niedrigwasser des Datums endlich findet man, indem man den viertel Mondstag, oder mit genügender Genauigkeit stets $6^h 12^m$, zu den Hafenzzeiten addiert oder davon subtrahiert. Nur wenn die Ebbe länger dauert als die Flut, hat man natürlich die dementsprechende Differenz zwischen Hoch- und Niedrigwasser anzubringen.

Fällt ein Hoch- oder Niedrigwasser nahe an Mittag, so kann es vorkommen, dass an diesem Tage kein zweites Hoch- oder Niedrigwasser stattfindet.

Beispiel.

Wann ist am 7. Januar 1905 in Baltimore ($76^{\circ} 38' W$) Hoch- und Niedrigwasser, wenn die Hafenzzeit $6^h 47^m$ beträgt?

Naut. Jahrb. Taf. 18 : 1^h 13^m Nm 7/1

$$\frac{0^m 10 \cdot 77 = + 8}{1 \ 21}$$

$$\frac{\text{Hafenzeit} + 6 \ 47}{\text{II. Hochwasser} \quad 8^h \ 8^m \text{ Nm } 7/1 \quad (- 12^h \ 24^m)}$$

$$\frac{- 6 \ 12}{\text{II. Niedrigwasser} \quad 1^h \ 56^m \text{ Mg } 7/1}$$

$$\frac{\text{I. Hochwasser} \quad 7^h \ 44^m \text{ Nm } 7/1}{- 6 \ 12}$$

$$\text{II. Niedrigwasser} \quad 1^h \ 56^m \text{ Mg } 7/1$$

$$\text{I. Niedrigwasser} \quad 1^h \ 32^m \text{ Mg } 7/1$$

Aufgaben.

| Datum | Ort | Länge | Hafenzeit |
|----------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 10. Juli 1905 | Vigo | 8 ^o 41' W | 3 ^h 15 ^m |
| 9. Juni 1905 | Christiania | 10 ^o 44' O | 5 ^h 59 ^m |
| 14. Aug. 1905 | Lagos | 3 ^o 26' O | 6 ^h 0 ^m |
| 16. Nov. 1905 | Ceara | 38 ^o 30' W | 5 ^h 33 ^m |
| 25. Juli 1905 | St. Domingo | 69 ^o 53' W | 9 ^h 30 ^m |
| 14. April 1905 | St. Paul Insel | 77 ^o 35' O | 11 ^h 0 ^m |

§ 183. Die Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser mit Hilfe von Basisstationen. In Tafel 19a des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 20a) sind für jeden Tag des Jahres die beiden Hoch- und Niedrigwasserzeiten in Cuxhaven vorausberechnet, und in Tafel 19b (resp. 20b) für viele Orte der deutschen Nordseeküste die Korrekturen angegeben, um welche Hoch- und Niedrigwasser hier früher oder später stattfinden als in Cuxhaven.

Beispiel.

Wann ist in Hamburg am 16. September 1905 Hoch- und Niedrigwasser?

| Cuxhaven, naut. Jahrb. Taf. 19a | Taf. 19b | Hamburg |
|---|----------------------------------|--|
| I. Hochwasser 2 ^h 13 ^m Mg 16/9 | + 4 ^h 21 ^m | I. Hochwasser 6 ^h 34 ^m Mg 16/9 |
| II. Hochwasser 2 ^h 28 ^m Nm 16/9 | + 4 ^h 21 ^m | II. Hochwasser 6 ^h 49 ^m Nm 16/9 |
| I. Niedrigwasser 8 ^h 48 ^m Nm 15/9 | + 4 ^h 21 ^m | I. Niedrigwasser 1 ^h 9 ^m Mg 16/9 |
| II. Niedrigwasser 9 ^h 3 ^m Mg 16/9 | + 4 ^h 21 ^m | II. Niedrigwasser 1 ^h 24 ^m Nm 16/9 |

Aufgaben.

Wann ist Hoch- und Niedrigwasser in Helgoland am 5. September 1905, in Wilhelmshaven am 29. Oktober 1905 und in Blankenese am 11. Februar 1905?

In analoger Weise werden mit Hilfe von Tafel 20a und 20b des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: 21a und 21b) die Hochwasserzeiten an verschiedenen Orten der niederländischen, belgischen, französischen und englischen Küste auf London-Brücke bezogen.

Beispiel.

Wann ist am 21. August 1905 in Dover Hoch- und Niedrigwasser?

| | |
|--|--|
| Naut. Jahrb. Taf. 20a : 5 ^h 25 ^m Mg 21/8 | und 5 ^h 42 ^m Nm 21/8 |
| » » » 20b — 3 11 | — 3 11 |
| I. Hochwasser 2 ^h 14 ^m Mg 21/8 | II. Hochwasser 2 ^h 31 ^m Nm 21/8 |
| + 6 12 | + 6 12 |
| I. Niedrigwasser 8 ^h 26 ^m Mg 21/8 | II. Niedrigwasser 8 ^h 43 ^m Nm 21/8 |

Aufgaben.

Wann ist Hoch- und Niedrigwasser in Liverpool am 25. März 1905, in Leith am 26. November 1905 und in Falmouth am 3. Januar 1905?

Eine weitere Reihe von Basisstationen mit den zugehörigen Hochwasserzeiten sind in den jährlich vom Reichsmarineamt herausgegebenen Gezeitentafeln angegeben.

§ 184. **Die Reduktion einer Lotung auf Niedrigwasser.** In den Seekarten sind die Tiefenangaben zur Zeit von Niedrigwasser angegeben, und zwar für die deutschen und englischen Karten vom mittleren Niedrigwasser bei den Springtiden, für die französischen von dem niedrigsten beobachteten Niedrigwasser und für die amerikanischen vom mittleren Niedrigwasser. Um also irgend eine zu einer beliebigen Zeit vorgenommene Lotung mit den Kartenangaben vergleichbar zu machen zum Zwecke der Orientierung, muss man die Lotung auf Niedrigwasser reduzieren. Dies geschieht, wenn man das Fallen des Wassers als der Zeit proportional verlaufend ansieht, mit Hilfe einer Proportion, nach welcher sich die ganze Dauer des Fallens zum Hub verhält wie der Zeitunterschied gegen die nächstliegende Niedrigwasserzeit zur Reduktion.

Genauere Werte für die Reduktion liefert Tafel 21 des nautischen Jahrbuches (von 1907 ab: Tafel 22), in welche man mit dem Hub und dem Zeitunterschied der Lotung gegen Hochwasser eingeht.

Die so gefundene Reduktion muss von der Lotung subtrahiert werden, um diejenige Tiefenangabe zu erhalten, welche man in der Karte aufzusuchen hat.

Beispiel.

Am 19. Januar 1905 lotete man vor Havre im Nebel um ungefähr 10^h morgens mittlerer Ortszeit eine Wassertiefe von 26 m. Welches ist hiernach die Tiefenangabe der Karte an dieser Stelle, wenn der Hub 7 m beträgt? Die beiden Hoch- und Niedrigwasser sind mit zu berechnen.

| | |
|--|--|
| Naut. Jahrb. Taf. 20a : 0 ^h 34 ^m Nm 19/1 | und 0 ^h 58 ^m Mg 20/1 |
| — 5 5 | — 5 5 |
| I. Hochwasser 7 ^h 29 ^m Mg 19/1 | II. Hochwasser 7 ^h 53 ^m Nm 19/1 |
| — 6 12 | — 6 12 |
| I. Niedrigwasser 1 ^h 17 ^m Mg 19/1 | II. Niedrigwasser 1 ^h 41 ^m Nm 19/1 |
| Die Lotung fand statt 2 ^h 31 ^m nach Hochw. | Lotung 26 m |
| | Naut. Jahrb. Taf. 21 — 4 m |
| | Tiefenangabe der Karte 22 m |

Fünfter Teil.

Die nautischen Instrumente und ihr Gebrauch.

Erster Abschnitt.

Der Kompass.

Erstes Kapitel.

Physikalische Vorkenntnisse über Magnetismus.

§ 185. **Allgemeines über Magnetismus.** Ein Magnet hat zwei Pole, einen Nordpol (roten Pol) und einen Südpol (blauen Pol).

1. Ungleichnamige Pole ziehen sich an, gleichnamige Pole stoßen sich ab.

2. Ein Magnet induziert in einem in seiner Nähe befindlichen Körper aus weichem Eisen Magnetismus, der jedoch nur so lange anhält, als die Einwirkung des Magneten dauert. Dieser induzierte Magnetismus macht den weichen Eisenkörper für die Dauer dieser Einwirkung zu einem Magneten. Die eine Hälfte erhält roten Magnetismus, die andere blauen, und zwar induziert ein Nordpol (rot) in dem benachbarten Teile des weichen Eisenkörpers Südmagnetismus und ein Südpol Nordmagnetismus.

Die magnetische Induktion wird befördert, wenn der Eisenkörper während der Einwirkung des Magneten geklopft oder gehämmert wird.

Je weicher das Eisen ist, um so leichter wird es durch Induktion magnetisch, um so leichter verliert es aber auch den aufgenommenen Magnetismus nach dem Aufhören der magnetischen Einwirkung wieder. Harter Stahl nimmt viel schwerer Magnetismus an, behält den einmal angenommenen aber dauernd fest.

Man unterscheidet danach flüchtigen Magnetismus, welcher sofort wieder verschwindet, wenn die Induktionswirkung aufhört, halbfesten Magnetismus, welcher erst im Laufe der Zeit wieder verschwindet, und festen Magnetismus.

3. Die Erde ist ein kugelförmiger Magnet. Der blaue Pol liegt in etwa 70° N und 96° W, der rote Pol in etwa 74° S und 155° O. Ersterer zieht das Nordende der Magnetnadel an, letzterer das Südende.

Eine frei schwebende Magnetnadel stellt sich für jeden Ort der Erde in eine bestimmte vertikale Ebene ein, welche magnetischer Meridian genannt wird. Der Winkel zwischen dem geographischen und dem magnetischen Meridian heisst Missweisung oder Deklination.

Die Verbindungslinien der Orte mit gleicher Missweisung heissen Isogonen (siehe Isogonenkarte der nautischen Tafelsammlung).

In jener Ebene des magnetischen Meridians nimmt eine frei schwebende Magnetnadel eine gegen die Horizontalebene geneigte Lage ein. Der Neigungswinkel heisst Inklination.

Die Verbindungslinien der Orte mit gleicher Inklination heissen Isoklinen (siehe Isoklinenkarte der nautischen Tafelsammlung). Die Isokline für die Inklination Null wird magnetischer Äquator genannt; auf ihm nimmt also eine frei schwebende Magnetnadel eine horizontale Lage ein. Nördlich vom magnetischen Äquator zeigt der Nordpol der Nadel nach unten, südlich davon der Südpol der Nadel.

Missweisung und Inklination geben für jeden Ort der Erde die Richtung der erdmagnetischen Kraft an. Ihre Grösse wird bestimmt durch die sogenannte Totalintensität T . Zerlegt man dieselbe nach dem Parallelogramm der Kräfte in zwei Seitenkräfte, von denen die eine, die sogenannte Horizontalintensität H , horizontal im magnetischen Meridian liegt und die andere, die sogenannte Vertikalintensität V , senkrecht nach unten gerichtet ist, so ist, wenn man die Inklination mit J bezeichnet,

$$\begin{aligned} H &= T \cdot \cos J \\ V &= T \cdot \sin J \\ V &= H \cdot \tan J. \end{aligned}$$

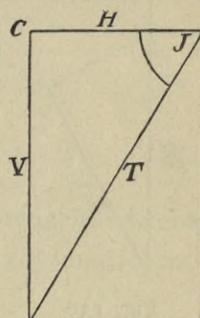


Fig. 129

In der Nautik ist H von besonderer Bedeutung; man stellt daher diese Kraft in besonderen Karten für die verschiedenen Orte dar, indem man die Orte mit gleicher Horizontalintensität durch Kurven miteinander verbindet (siehe Karte der Linien gleicher Horizontalintensität in der nautischen Tafelsammlung). Den Bedürfnissen der Praxis entsprechend gibt man aber für die einzelnen Kurven nicht den zugehörigen Wert der Horizontalintensität selbst, sondern den reziproken Wert $\frac{1}{H}$ an, wobei die Horizontalintensität in Hamburg als Einheit genommen ist.

Die drei erdmagnetischen Elemente Missweisung, Inklination und Horizontalintensität ändern sich für jeden Ort mit der Zeit. Mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung der Missweisung für die Nautik ist daher stets darauf zu achten, dass nur Seekarten mit nicht veralteten Missweisungsangaben verwandt werden.

§ 186. **Magnetische Induktion durch den Erdmagnetismus.** Die Erde als Magnet wirkt induzierend auf alle weichen Eisenkörper.

1. Bei Körpern, in welchen keine der drei Dimensionen gegen die anderen beiden verschwindend klein ist, verteilen sich die beiden Arten des Magnetismus in der Richtung der Inklinationsnadel. Auf nordmagnetischer Breite nimmt die untere nördlichere Hälfte des Körpers Nordmagnetismus (rot), die obere südlichere Hälfte Süd magnetismus (blau) an. Auf süd magnetischer Breite nimmt die untere südlichere Hälfte Süd magnetismus (blau), die obere nördlichere Hälfte Nord magnetismus (rot) an.

2. Eine weiche Eisenstange wird am stärksten magnetisch, wenn sie in der Richtung der Inklinationsnadel gehalten wird. Nördlich vom magnetischen Äquator erhält das untere Ende Nordmagnetismus (rot), das obere Ende Süd magnetismus (blau) — auf süd magnetischer Breite ist es umgekehrt —, wie sich leicht nachweisen lässt, wenn man eine solche Stange in dieser Lage klopft und dann einmal das obere und zweitens das untere Ende dem Nord- oder Südpol einer Deklinationsnadel nähert.

3. Eine weiche vertikale Eisenstange unterliegt nur der Induktionswirkung der Vertikalintensität V . Für eine vertikale Eisenstange von bestimmter Länge und bestimmter Weichheit ist der induzierte Magnetismus proportional V , also gleich $c \cdot V$, wenn c eine von der Länge der Stange und der Weichheit des Eisens abhängige Konstante bedeutet. Nördlich vom magnetischen Äquator erhält das untere Ende Nordmagnetismus, das obere Ende Süd magnetismus (auf süd magnetischer Breite ist es umgekehrt), wie sich durch einen analogen Versuch leicht ergibt.

4. Eine weiche horizontale Eisenstange unterliegt nur der Induktionswirkung der Horizontalintensität H . Sie wird daher am stärksten magnetisch im magnetischen Meridian selbst, und zwar ist, wenn a wieder eine von der Länge der Eisenstange und der Weichheit des Eisens abhängige Konstante bedeutet, der aufgenommene Magnetismus gleich $a \cdot H$.

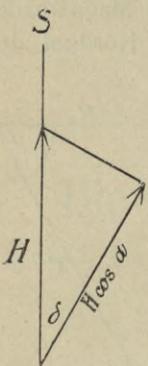


Fig. 130

Bildet sie mit dem magnetischen Meridian den Winkel α , so kommt für ihre Magnetisierung in der Längsrichtung nicht die ganze Horizontalintensität H , sondern nur die Projektion derselben auf die Richtung der Stange, also $H \cos \alpha$, in Betracht, und der Magnetismus der Stange in dieser Lage ist demnach $a H \cdot \cos \alpha$.

Wenn $\alpha = 90^\circ$ ist, d. h. wenn die Eisenstange die Richtung magnetisch Ost-West einnimmt, nimmt sie in der Längsrichtung überhaupt keinen Magnetismus auf.

Zweites Kapitel.

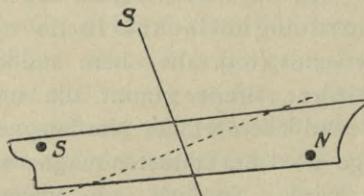
Der Schiffsmagnetismus.

§ 187. **Der feste Magnetismus.** Da der Erdmagnetismus induzierend auf ein eisernes Schiff wirkt, so muss in demselben ebenfalls Magnetismus erzeugt werden, und zwar je nach der Dauer und Art der Einwirkung und nach der Weichheit des in Betracht kommenden Eisens fester, halbfester und flüchtiger Magnetismus.

Der feste Schiffsmagnetismus entsteht während des Baues. Unter dem induzierenden Einflusse des Erdmagnetismus wird, begünstigt durch das Hämmern und Klopfen, das ganze Schiff zu einem grossen Magneten, dessen Lage der Pole von dem Baukurs abhängen. Ein Teil des während des Baues induzierten Magnetismus geht zwar allmählich wieder verloren, der übrige Teil aber bleibt als fester oder permanenter Magnetismus dauernd im Schiff.

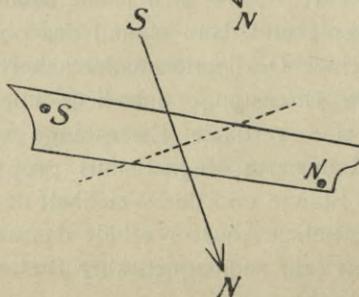
Für die Ermittlung der festen Pole im Schiff kommt nach dem vorigen § 186 der Umstand in Betracht, dass sich die beiden Arten des Magnetismus in der Richtung der Inklinationsnadel verteilen. Hiernach ergibt sich auf Nordbreite für die vier Hauptfälle folgendes:

1. Baukurs Nord:
(Fig. 131)



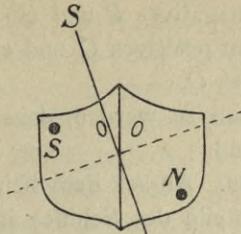
Nordpol: Vorn — unten.
Südpol: Hinten — oben.

2. Baukurs Süd:
(Fig. 132)



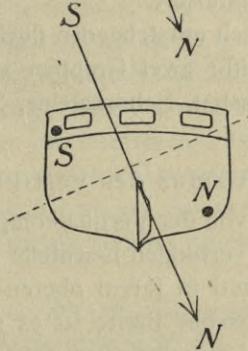
Nordpol: Hinten — unten.
Südpol: Vorn — oben.

3. Baukurs Ost:
(Fig. 133)



Nordpol: An Backbord unten.
Südpol: An Steuerbord oben.

4. Baukurs West:
(Fig. 134)



Nordpol: An Steuerbord unten.
Südpol: An Backbord oben.

Hiernach kann man sich die Lage der festen Pole bei den anderen Baukursen leicht klar machen. Liegt z. B. der Baukurs im nordöstlichen Quadranten, so liegt der feste (rote) Nordpol vorn an Backbord, der feste (blaue) Südpol dagegen hinten an Steuerbord. Für einen im südöstlichen Quadranten liegenden Baukurs liegt der feste (rote) Nordpol hinten an Backbord, der feste (blaue) Südpol dagegen vorn an Steuerbord usw.

Jeder dieser beiden festen Pole wirkt auf jeden der beiden Pole der Magnetnadel des Kompasses ein, anziehend oder abstossend. Indessen sollen für die Betrachtung der hierdurch hervorgerufenen Deviation folgende Vereinfachungen vorgenommen werden:

1. Wenn die beiden festen Pole im Schiff auf zwei entgegengesetzten Seiten des Kompasses liegen, und die Wirkung des festen Nordpoles gleich derjenigen eines gleich starken, auf der entgegengesetzten Seite in derselben Entfernung vom Kompass wirkenden Südpoles ist, so kann man sich die beiden festen Pole ersetzt denken durch einen einzigen Südpol von doppelter Stärke.

2. Dieser Südpol zieht das Nordende der Kompassnadel an und stösst das Südende derselben ab. Beide Kräfte wirken in demselben Sinne drehend auf die Nadel ein. Unter der Voraussetzung, dass die Länge der Nadel im Verhältnis zur Entfernung des festen Südpoles verschwindend klein ist, braucht man daher nur die Anziehung des Nordendes der Nadel durch den festen Südpol zu betrachten, um sich die Art der durch die beiden festen Schiffspole hervorgerufenen Deviation klar zu machen.

Für die Behandlung der Deviationslehre ist es zweckmässig, die von einem magnetischen Pole auf die Kompassnadel wirkende Kraft in zwei zueinander rechtwinklig stehende Seitenkräfte zu zerlegen, nämlich in eine horizontale und eine vertikale, und die horizontale Seitenkraft wieder in zwei rechtwinklige, nämlich in eine längsschiffs und eine querschiffs wirkende. Die vertikale Seitenkraft kann auf die Kompassnadel, die sich nur in horizontaler Richtung drehen kann, keinen Einfluss ausüben, solange das Schiff auf ebenem Kiele liegt. Man bezeichnet nun die Längsschiffskomponente des festen Südpoles mit P und nennt dieselbe positiv, wenn sie nach vorn wirkt, dagegen negativ, wenn sie nach achtern wirkt. Ebenso bezeichnet man die Querschiffskomponente des festen Südpoles mit Q , positiv nach Steuerbord, negativ nach Backbord.

Wenn also ein eisernes Schiff auf einem südöstlichen Baukurse gebaut ist, mithin der feste Südpol vorn an Steuerbord liegt, so ist sowohl P als auch Q positiv; für einen

nordwestlichen Baukurs ergibt sich ein negatives P und ein negatives Q , für einen nordöstlichen Baukurs ein negatives P und ein positives Q und endlich für einen südwestlichen Baukurs ein positives P und ein negatives Q .

Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass P und Q sowohl vom Schiffsorte als auch vom Kurse unabhängig sind.

§ 188. **Der flüchtige Magnetismus.** Ausser dem beim Bau aufgenommenen festen Magnetismus werden die einzelnen Eisenteile des Schiffes in jedem Augenblick, je nach ihrer Lage, durch die Erde magnetisch induziert.

Hinsichtlich der Wirkung der hierdurch entstehenden flüchtigen Pole auf den Kompass kommen nach ihrer Anordnung im Schiffe zwei Gruppen von Eisenteilen in Betracht, nämlich erstens vertikales Eisen, wie Masten, Schornsteine, Stützen usw., und zweitens horizontales Eisen, wie z. B. Decksbalken.

1. Der flüchtige Magnetismus des vertikalen Eisens.

Das vertikale Eisen wird induziert von der Vertikalkomponente des Erdmagnetismus. Auf nordmagnetischer Breite erhalten die vertikalen Eisenteile in ihrem unteren Ende einen flüchtigen Nordmagnetismus (roten Pol) und in ihrem oberen Ende einen flüchtigen Süd-magnetismus (blauen Pol); auf süd-magnetischer Breite ist es umgekehrt. Diese flüchtigen Pole sind um so stärker, je grösser die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus, d. h. je grösser die Breite ist. Auf dem magnetischen Äquator verschwinden die flüchtigen Pole des vertikalen Eisens.

Für die Einwirkung eines vertikalen Eisenteiles auf den Kompass kommt derjenige flüchtige Pol in Frage, welcher der Horizontalebene des Kompasses am nächsten liegt. Es werden somit eine Reihe von roten und blauen Polen auftreten, welche an verschiedenen Stellen des Schiffes liegen, teils vor, teils hinter dem Kompass, teils an Backbord, teils an Steuerbord. Aber auch hier kann man die Betrachtung dadurch wesentlich vereinfachen, dass man sich diese Pole ersetzt denkt durch einen einzigen flüchtigen (blauen) Südpol.

Wenn, wie in der Regel, die vertikalen Eisenmassen symmetrisch im Schiff angeordnet sind, so liegt der resultierende Südpol in der Mittschiffslinie. Bezeichnet man die von ihm auf das Nordende der Kompassnadel wirkende anziehende Kraft mit P' , so ist auch hier P' positiv nach vorn, negativ nach achtern.

Wenn aber die vertikalen Eisenmassen unsymmetrisch im Schiff angeordnet sind, so kann man die von der horizontalen Seitenkraft des resultierenden Südpols ausgeübte Kraft in eine Längsschiffskomponente und eine Querschiffskomponente zerlegen, und es tritt dann ausser der Längsschiffskraft P' noch eine auf den Kompass in der Querschiffsrichtung wirkende Kraft Q' hinzu, welche positiv nach Steuerbord, negativ nach Backbord ist.

Wie oben bereits erklärt, ändern sich P' und Q' mit der Vertikalkomponente des Erdmagnetismus, sind also an verschiedenen Orten der Erde verschieden; dagegen sind sie an einem und demselben Orte vom Kurse unabhängig, da die flüchtigen Pole des vertikalen Eisens beim Schwoien des Schiffes ihre Lage beibehalten.

2. Der flüchtige Magnetismus des horizontalen Eisens.

Das horizontale Eisen wird induziert von der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus. Die hierdurch entstehenden flüchtigen Pole unterscheiden sich aber von denen des vertikalen Eisens dadurch, dass sie ihren Namen und ihre Stärke beim Schwoien des Schiffes beständig ändern.

Betrachten wir z. B. die magnetische Induktion eines Decksbalkens:

Auf missweisend Nordkurs liegt der Decksbalken in der Lage Ost-West. Es findet somit keine Induktion statt. Beim Schwoien des Schiffes in den nordöstlichen Quadranten entsteht im Decksbalken am Backbordende ein flüchtiger Nordpol und am Steuer-

bordende ein flüchtiger Südpol, deren Stärke zunimmt bis zum missweisenden Ostkurs, da hier der Decksbalken im magnetischen Meridian liegt. Dreht das Schiff weiter, so nehmen die flüchtigen Pole mit der Entfernung des Decksbalkens aus dem magnetischen Meridian ab, bis sie auf missweisend Südkurs verschwinden. Beim Weiterschwoien bildet sich am Steuerbordende ein flüchtiger Nordpol und am Backbordende ein flüchtiger Südpol, der auf missweisend Westkurs seine grösste Stärke erreicht, um dann von hier aus wieder bis Null abzunehmen, was bei missweisend Nordkurs eintritt.

Dass ausser dieser Abhängigkeit vom Kurse die flüchtigen Pole des horizontalen Eisens sich auch mit der magnetischen Breite ändern, folgt daraus, dass die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus, durch welche sie hervorgerufen werden, sich mit der Breite ändert. Je grösser die magnetische Breite, desto kleiner die Horizontalkomponente H , folglich auch desto schwächer die flüchtigen Pole des horizontalen Eisens.

Die durch diese Pole verursachte Deviation wird später behandelt werden. Dagegen soll hier auf eine andere Wirkung der Horizontalinduktion hingewiesen werden, welche von grosser Bedeutung ist.

Wenn, wie Fig. 135 angibt, ein Kompass über einer horizontalen weichen Eisenplatte aufgestellt ist, so erhält die Platte, wie man sie auch drehen mag, stets in ihrer nördlichen Hälfte Nordpolarität, in ihrer südlichen Hälfte Südpolarität. Dies hat zur Folge, dass die von der Horizontalkomponente H auf die Nadel ausgeübte Richtkraft verringert wird. Aus diesem Grunde muss auch an Bord eiserner Schiffe sowohl durch den ganzen Schiffskörper als auch durch einzelne unter dem Kom-

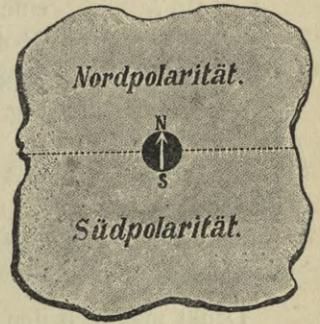


Fig. 135

pass ununterbrochen durchgehende Eisenmassen, wie Decksbalken und Schotten, eine Schwächung der Richtkraft eintreten, und es kommt hier nicht der ganze Wert H , sondern nur λH in Betracht, worin λ eine für jedes Schiff und einen bestimmten Aufstellungsort des Kompasses feststehende Konstante, kleiner als 1, bedeutet. Der Wert von λ liegt in der Regel zwischen 0.8 und 0.9, kann aber in den aus eisernen Schotten gebauten Ruderkäusern und in den Panzertürmen der Kriegsschiffe bis 0.3 abnehmen.

§ 189. **Der halb feste Magnetismus.** Derselbe nimmt eine mittlere Stellung ein zwischen dem festen und flüchtigen Magnetismus und kommt dadurch zustande, dass das Schiff eine Zeitlang denselben Kurs anliegt und während dieser Zeit Erschütterungen ausgesetzt wird. Der halb feste Magnetismus verschwindet im Laufe der Zeit wieder, wenn das Schiff auf andere Kurse kommt. So ist ein Teil des beim Bau aufgenommenen Magnetismus nur halb fest, welcher sich während der ersten Reise wieder verliert. Um das Verschwinden des auf dem Stapel aufgenommenen halb festen Magnetismus zu beschleunigen, ist es zu empfehlen, das Schiff nach dem Stapellauf während der Fertigstellung auf den dem Baukurs entgegengesetzten Kurs zu legen.

Auch wenn das Schiff ausgeklopft und neu gestrichen wird, bildet sich ein halb fester Magnetismus in demselben, und schon das Verfolgen eines Kurses während eines Etmals und die während desselben erfolgten Erschütterungen durch Seeschlag können die Entstehung von halb festem Magnetismus zur Folge haben.

Drittes Kapitel.

Die halbkreisartige Deviation.

§ 190. **Die Ablenkung der Magnetnadel durch einen festen Pol.** Die im vorigen Kapitel behandelten Arten des Magnetismus wirken auf die Kompassnadel ein und rufen

eine Deviation hervor. Für diese Einwirkung kommen zwei verschiedene Fälle in Betracht, nämlich erstens solche Pole, welche bei einer Rundschwovigung des Schiffes ihre Lage im Schiffe und ihre Stärke unverändert beibehalten wie die Pole des festen Magnetismus und des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen, und zweitens solche Pole, welche sich mit dem Schiffskurse ändern wie die Pole des flüchtigen Magnetismus im horizontalen Eisen.

Für die Behandlung der durch die erstere Art hervorgerufenen Deviation soll im folgenden zunächst ganz allgemein untersucht werden, welchen Einfluss ein um eine Magnetnadel im Kreise herumgeführter fester Pol auf die Nadel ausübt.

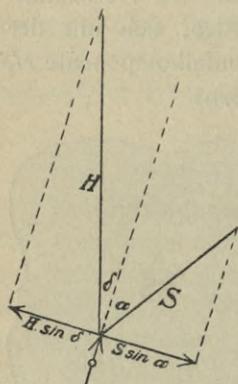


Fig. 136

Wenn in Fig. 136 H die Horizontalkraft des Erdmagnetismus bezeichnet, welche bestrebt ist, die Nadel im magnetischen Meridian festzuhalten, und S die Kraft bedeutet, mit welcher ein magnetischer Südpol das Nordende der Nadel anzieht, so stellt sich die Nadel in eine bestimmte Gleichgewichtslage ein, bei welcher die Nadel mit H den Winkel δ und mit S den Winkel α bilden möge. Die Bedingung für das Gleichgewicht ist dann erfüllt, wenn bei der in Fig. 136 bezeichneten Zerlegung der beiden Kräfte die rechtwinklig zur Nadel wirkenden Komponenten, die einstellende und die ablenkende, gleich sind, d. h. wenn

$$H \cdot \sin \delta = S \cdot \sin \alpha, \text{ oder wenn} \\ \sin \delta = \frac{S}{H} \sin \alpha.$$

Denkt man sich den Südpol im Kreise um die Magnetnadel herumgeführt, so gelangt man auf Grund der letzten Gleichung zu folgenden Ergebnissen:

1. Wenn der Südpol im magnetischen Meridian nördlich vom Nordpol der Magnetnadel liegt, so findet keine Ablenkung statt; $\alpha = 0$, $\delta = 0$.
2. Wenn der Südpol nach rechts herum gedreht wird, so entsteht eine östliche Ablenkung, welche wächst, weil α und damit auch $\sin \alpha$ grösser wird.
3. Das Maximum der östlichen Ablenkung δ tritt ein, wenn $\sin \alpha$ seinen grössten Wert erreicht; dies ist der Fall, wenn $\alpha = 90^\circ$, d. h. wenn die ablenkende Kraft senkrecht zur Nadel zieht. Bezeichnet man diesen Maximalwert von δ mit δ' , so ist

$$\sin \delta' = \frac{S}{H}.$$

4. Bei weiterer Drehung wird α stumpf, sein Sinus und infolgedessen auch die Ablenkung nimmt ab, bleibt aber östlich.
5. Wenn der Südpol im magnetischen Meridian anlangt, findet keine Ablenkung statt; $\alpha = 180^\circ$, $\delta = 0$.
6. Dreht man weiter in den südwestlichen Quadranten, so entsteht eine mit der Drehung zunehmende westliche Ablenkung.
7. Diese erreicht ihr Maximum wieder, wenn $\alpha = 270^\circ$ ist.
8. Von hier ab nimmt die Ablenkung wieder ab, bis sie bei $\alpha = 360^\circ$ wieder den Anfangswert Null annimmt.

Die durch einen festen Südpol hervorgerufene Ablenkung ist also im ersten Halbkreise östlich, im zweiten westlich; man nennt sie daher halbkreisig.

Setzt man in die obige Gleichung für das Gleichgewicht für den Bruch $\frac{S}{H}$ den unter 3 gefundenen Wert ein, so erhält man

$$\sin \delta = \sin \delta' \cdot \sin \alpha.$$

Wenn δ und δ' so klein sind, dass man die Sinusse den Winkeln selbst proportional setzen kann, so folgt endlich

$$\delta = \delta' \cdot \sin \alpha.$$

§ 191. Die Längsschiffskomponente des festen Magnetismus und des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen. Der Koeffizient B . Die in § 190 gewonnenen Resultate finden Anwendung auf solche Schiffspole, welche beim Schwoien des Schiffes ihre Lage im Schiffe und ihre Stärke nicht ändern, mithin auf die Pole des festen Magnetismus und des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen. Diese Anwendung soll im folgenden gemacht werden, und zwar zunächst auf die Längsschiffskomponenten.

1. Bezeichnet man den Maximalwert der durch die Längsschiffskomponente P des festen Südpoles hervorgerufenen Deviation, welcher auf dem Kompasskurs Ost entsteht, mit B_1 und den Kompasskurs mit z , so ist

$$\begin{aligned} \delta &= B_1 \sin z, \text{ wobei nach der Gleichung unter 3. in § 190} \\ \sin B_1 &= \frac{P}{\lambda H} \text{ oder} \\ B_1 &= \frac{P}{\lambda H \cdot \sin 1^\circ}. \end{aligned}$$

2. Bezeichnet man den Maximalwert der durch die Längsschiffskomponente P' des flüchtigen Südpoles hervorgerufenen Deviation, welcher ebenfalls auf Kompasskurs Ost entsteht, mit B_2 , so ist

$$\begin{aligned} \delta &= B_2 \cdot \sin z, \text{ wobei} \\ \sin B_2 &= \frac{P'}{\lambda H}; \end{aligned}$$

da aber (nach § 186 unter 3.) P' proportional der Vertikalintensität V ist, also gleich cV , wenn c eine von der Weichheit des vertikalen Eisens abhängige Konstante bedeutet, so folgt

$$\begin{aligned} \sin B_2 &= \frac{cV}{\lambda H} = \frac{cH \cdot \tan J}{\lambda H} = \frac{c}{\lambda} \tan J, \text{ oder} \\ B_2 &= \frac{c}{\lambda \sin 1^\circ} \tan J. \end{aligned}$$

Da die meisten vertikalen Eisenmassen in der Regel hinter dem Kompass sich befinden, so ist B_2 auf nordmagnetischer Breite meistens negativ, auf süd magnetischer Breite meistens positiv, während es auf dem magnetischen Äquator gleich Null ist.

Die Deviation, welche durch die beiden Längsschiffskomponenten P und P' verursacht wird, ist

$$\begin{aligned} \delta &= (B_1 + B_2) \sin z, \text{ oder} \\ \delta &= B \cdot \sin z. \end{aligned}$$

Hierin bedeutet B die durch beide Längsschiffskomponenten hervorgerufene Deviation auf Kompasskurs Ost.

§ 192. Die Querschiffskomponente des festen Magnetismus und des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen. Der Koeffizient C . Für die Querschiffskomponenten ist zu berücksichtigen, dass an Stelle des Winkels α in der allgemeinen Formel von § 190 hier nicht z , sondern $z + 90^\circ$ zu setzen ist.

1. Bezeichnet man den Maximalwert der durch die Querschiffskomponente Q des festen Südpoles hervorgerufenen Deviation, welcher auf Kompasskurs Nord entsteht, mit C_1 , so ist

$$\begin{aligned} \delta &= C_1 \cdot \sin (z + 90^\circ) \text{ oder} \\ \delta &= C_1 \cdot \cos z, \text{ wobei} \\ \sin C_1 &= \frac{Q}{\lambda H} \text{ oder} \\ C_1 &= \frac{Q}{\lambda H \cdot \sin 1^\circ}. \end{aligned}$$

2. Bezeichnet man den Maximalwert der durch die Querschiffskomponente Q' des flüchtigen Südpoles im vertikalen Eisen hervorgerufenen Deviation, welcher ebenfalls auf Kompasskurs Nord entsteht, mit C_2 , so ist

$$\delta = C_2 \cdot \cos z, \text{ wobei}$$

$$\sin C_2 = \frac{Q'}{\lambda H}.$$

Da aber Q' proportional der Vertikalintensität V ist, also gleich fV , wenn hier f die von der Weichheit des Eisens abhängige Konstante bedeutet, so folgt

$$\sin C_2 = \frac{fV}{\lambda H} = \frac{fH \cdot \tan J}{\lambda H} = \frac{f}{\lambda} \tan J, \text{ oder}$$

$$C_2 = \frac{f}{\lambda \cdot \sin 1^\circ} \tan J.$$

Folglich ist die Deviation, welche durch die beiden Querschiffskomponenten Q und Q' verursacht wird,

$$\delta = (C_1 + C_2) \cos z \text{ oder}$$

$$\delta = C \cdot \cos z.$$

Hierin bedeutet C die durch die beiden Querschiffskomponenten hervorgerufene Deviation auf Kompasskurs Nord.

Die durch den festen Magnetismus und durch den flüchtigen Magnetismus des vertikalen Eisens hervorgerufene gesamte halbkreisartige Deviation wird also dargestellt durch

$$\delta = B \cdot \sin z + C \cdot \cos z.$$

B und C heissen die Koeffizienten der halbkreisartigen Deviation.

Viertes Kapitel.

Die viertelkreisartige Deviation.

§ 193. **Die Deviation des horizontalen Eisens. Der Koeffizient D . Die Deviationsformel.** Wie im vorigen Kapitel erklärt, wird eine halbkreisartige Deviation durch solche magnetischen Pole hervorgerufen, welche beim Schwoien des Schiffes ihre Lage im Schiffe und ihre Stärke beibehalten.

Dies ist bei dem durch den Erdmagnetismus induzierten horizontalen Eisen nicht der Fall, und daher besitzt auch die von diesem hervorgerufene Deviation einen anderen Charakter.

1. Um z. B. die durch einen Decksbalken auf den verschiedenen Kursen hervorgerufene Deviation zu erhalten, ist zu berücksichtigen, dass (Fig. 137) immer das nördliche Ende des Decksbalkens einen Nordpol, das südliche Ende dagegen einen Südpol erhält. Wie Fig. 137 lehrt, ist die durch den Decksbalken hervorgerufene Deviation auf den vier Hauptkursen Nord, Ost, Süd, West gleich Null; im nordöstlichen und südwestlichen Quadranten ist die Deviation östlich, im südöstlichen und nordwestlichen Quadranten dagegen westlich. Sie ändert also ihren Namen von Quadrant zu Quadrant und heisst aus diesem Grunde viertelkreisartig.

2. Wenn das horizontale Eisen nicht querschiffs wie beim Decksbalken, sondern längsschiffs angeordnet ist (Fig. 138), so ist, wie ein Blick auf die Figur lehrt, die dadurch entstehende Deviation ebenfalls viertelkreisartig. Auch hier tritt auf den vier Hauptkursen keine Deviation auf. Der Unterschied gegen Fig. 137 liegt nur darin, dass hier im nordöstlichen und südwestlichen Quadranten westliche, im südöstlichen und nordwestlichen Quadranten dagegen östliche Deviation hervorgerufen wird.

In beiden Fällen wird die Richtkraft der Kompassnadel geschwächt.

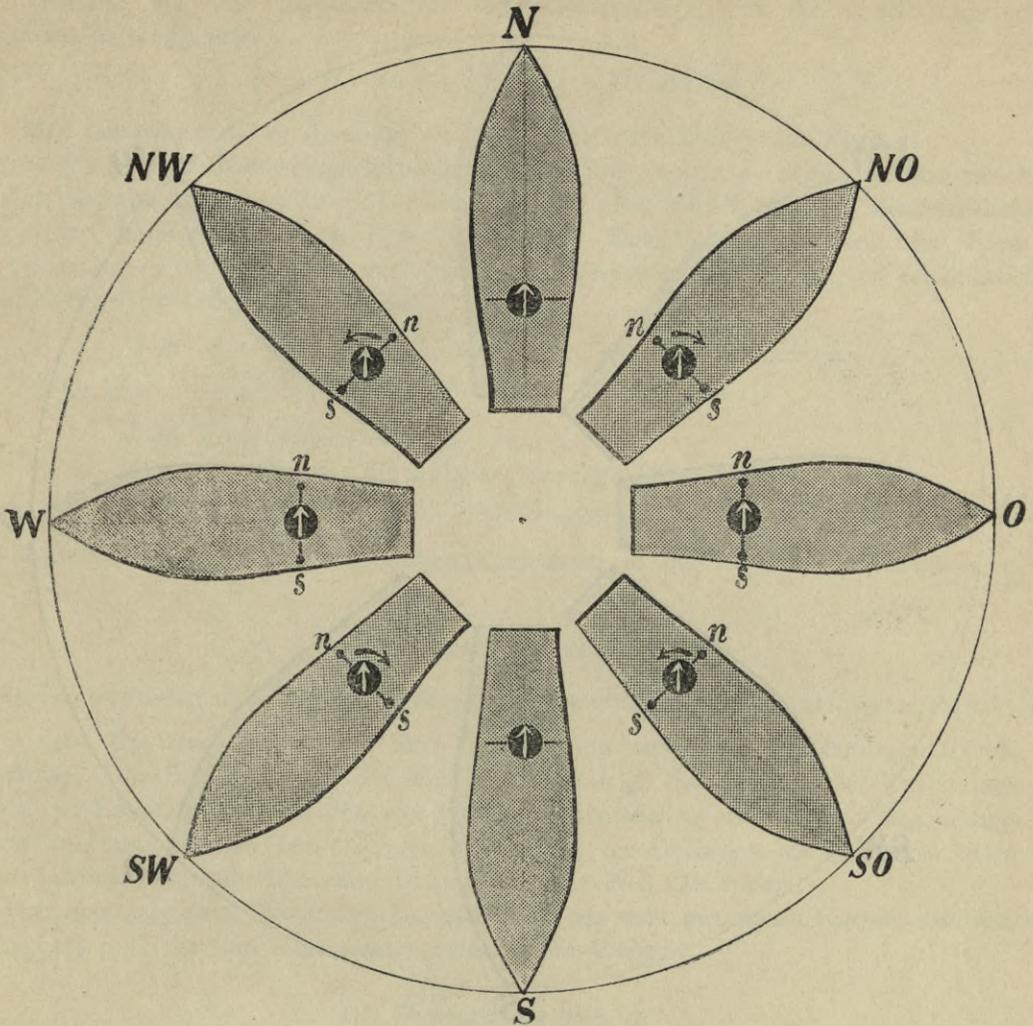


Fig. 137

Um den mathematischen Ausdruck für die viertelkreisartige Deviation abzuleiten, möge angenommen werden, dass das Schiff auf einem nordöstlichen Kompasskurse z liege, welcher sich vom missweisenden Kurse z' um die durch einen Decksbalken hervorgerufene östliche Deviation δ unterscheidet.

Nach den Betrachtungen von § 190 wirken auf die Nadel zwei Kräfte ein, die sich das Gleichgewicht halten, nämlich erstens die Kraft $\lambda H \cdot \sin \delta$, welche bestrebt ist, die Nadel in den magnetischen Meridian zu bringen, und zweitens der flüchtige Pol des Decksbalkens, welcher das Nordende der Nadel nach Osten hin abzulenken sucht. Da nach § 186 der in dem Decksbalken durch den Erdmagnetismus induzierte Magnetismus gleich $eH \cos (90^\circ + z')$ ist, wenn e den von der Weichheit des Eisens abhängigen Proportionalitätsfaktor bezeichnet, mithin die ablenkende Kraft $eH \cos (90^\circ + z') \cdot \sin (90^\circ + z)$ ist, so lautet die Gleichung für das Gleichgewicht:

$$\begin{aligned} \lambda H \cdot \sin \delta &= eH \cdot \cos (90^\circ + z') \cdot \sin (90^\circ + z) \\ &= -eH \cdot \sin z' \cdot \cos z. \end{aligned}$$

Setzt man hierin, was bei nicht zu grosser Deviation statthaft ist, $z' = z$, so ist

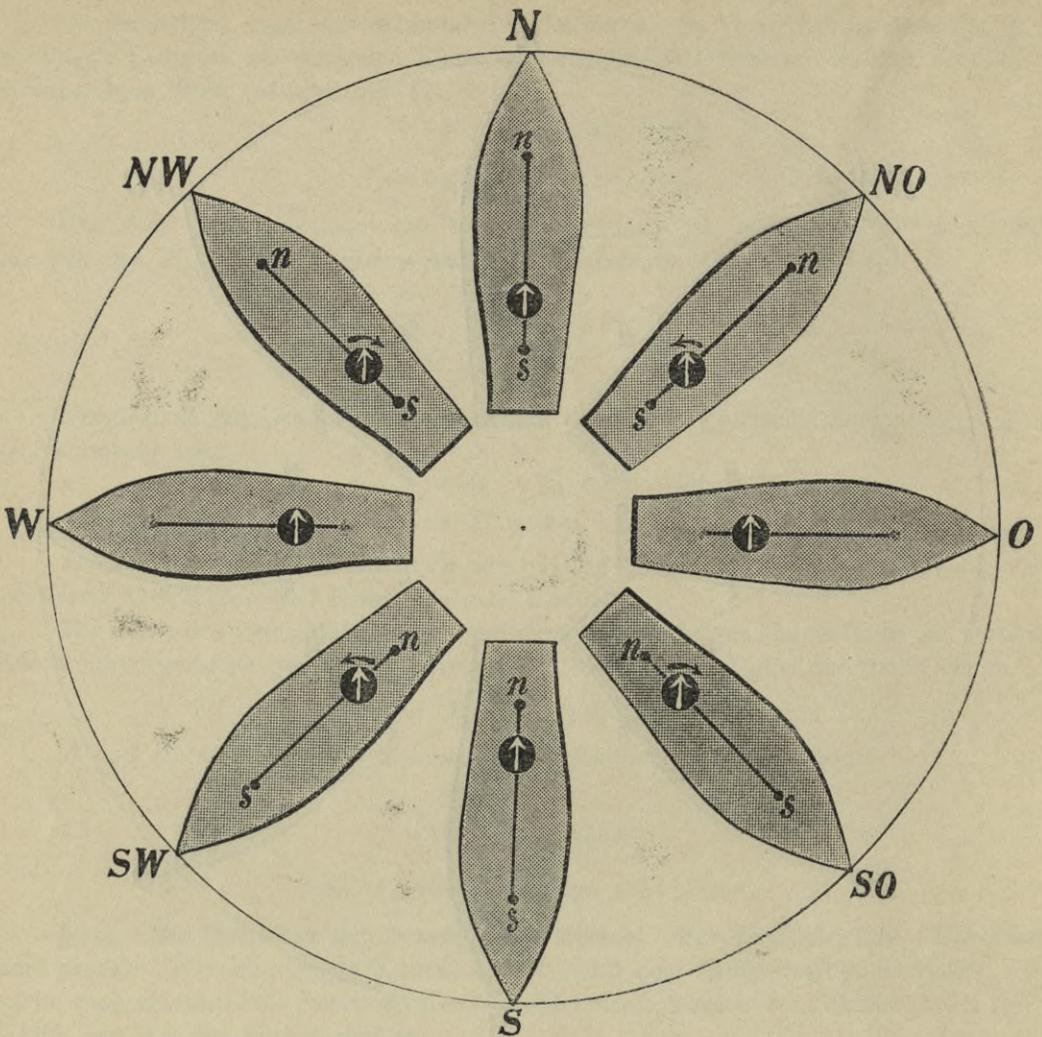


Fig. 138

$$\lambda H \cdot \sin \delta = -\frac{eH}{2} \sin 2z$$

$$\sin \delta = -\frac{eH}{2\lambda H} \cdot \sin 2z$$

$$\delta = \frac{-e}{2\lambda \cdot \sin 1^\circ} \sin 2z.$$

In analoger Weise würde man für die Deviation einer längsschiffs angeordneten Eisenmasse, deren Proportionalitätsfaktor a sein möge, erhalten

$$\delta = \frac{a}{2\lambda \cdot \sin 1^\circ} \sin 2z.$$

Mithin für die vereinte Deviation

$$\delta = \frac{a-e}{2\lambda \cdot \sin 1^\circ} \sin 2z.$$

Der Ausdruck auf der rechten Seite erhält sein Maximum für den Kompasskurs Nordost, da dann $2z = 90^\circ$, mithin $\sin 2z = 1$ ist.

Bezeichnet man diesen auf Nordostkurs eintretenden Maximalwert für die Deviation des horizontalen Eisens mit D , so ist

$$\delta = D \cdot \sin 2z$$

wobei $D = \frac{a-e}{2\lambda \cdot \sin 1^\circ}$ ist.

Vereinigt man die Ausdrücke für die halbkreisartige und die viertelkreisartige Deviation, so erhält man

$$\delta = B \cdot \sin z + C \cdot \cos z + D \cdot \sin 2z.$$

Man bezeichnet diese Gleichung als die abgekürzte Deviationsformel.

Streng genommen ruft nämlich das horizontale Eisen, wenn es nicht symmetrisch um den Kompass angeordnet ist, also z. B. bei allen seitlich von der Mittschiffslinie aufgestellten Kompassen, noch zwei Glieder der Deviation hervor von der Form $A + E \cdot \cos 2z$. Fügt man diese der abgekürzten Deviationsformel hinzu, so erhält man die vollständige Deviationsformel:

$$\delta = A + B \cdot \sin z + C \cdot \cos z + D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z.$$

Hierin ist:

A die konstante Deviation,

$B \cdot \sin z + C \cdot \cos z$ die halbkreisartige Deviation und

$D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z$ die viertelkreisartige Deviation.

A und E sind bei gut aufgestellten Kompassen in der Regel zu vernachlässigen.

Fünftes Kapitel.

Die Berechnung der Deviationskoeffizienten und der Deviationstabelle.

§ 194. **Die Berechnung der fünf Koeffizienten aus einer vollständigen Rundschwoiung.** Für die Berechnung der fünf Koeffizienten ist die Kenntnis der Deviationen auf den vier Hauptstrichen und den vier Hauptzwischenstrichen erforderlich. Man erlangt dieselbe am besten, wenn bei einer Rundschwoiung die Deviation auf möglichst vielen Kursen bestimmt ist, mit Hilfe eines Diagramms, wie in § 128 erklärt.

Hat man auf diese Weise die Deviation auf den acht genannten Kursen ermittelt, so berechnet man die fünf Koeffizienten in folgender Weise:

1. Die Berechnung von A .

Bezeichnet man die Deviation auf Nordkurs mit δ_N , auf Nordostkurs mit δ_{NO} usw., so ergibt die vollständige Deviationsformel für die vier Hauptkurse:

$$\begin{aligned} \delta_N &= A && + C + E \\ \delta_O &= A + B && - E \\ \delta_S &= A && - C + E \\ \delta_W &= A - B && - E \end{aligned}$$

$$\delta_N + \delta_O + \delta_S + \delta_W = 4A$$

$$\frac{\delta_N + \delta_O + \delta_S + \delta_W}{4} = A,$$

d. h. man erhält A , indem man das arithmetische Mittel aus den Deviationen auf den vier Hauptstrichen bildet.

Hierbei wird östliche Deviation positiv, westliche Deviation negativ gerechnet.

Beispiel.

Aus einer nach einer Rundschwoiung entworfenen Deviationskurve sind folgende acht Deviationswerte entnommen:

$$\begin{aligned} \delta_N &= -7.6 \\ \delta_{NO} &= -3.8 \\ \delta_O &= -2.6 \\ \delta_{SO} &= +0.8 \\ \delta_S &= +7.0 \\ \delta_{SW} &= +9.0 \\ \delta_W &= +2.8 \\ \delta_{NW} &= -4.6 \end{aligned}$$

$$A = \frac{-7.6 - 2.6 + 7.0 + 2.8}{4} = -0.1.$$

2. Die Berechnung von B .

Für die beiden Hauptkurse Ost und West ist:

$$\begin{aligned} \delta_O &= A + B - E \\ \delta_W &= A - B - E \\ \hline \delta_O - \delta_W &= 2B \\ \hline \frac{\delta_O - \delta_W}{2} &= B, \end{aligned}$$

d. h. man erhält B , indem man die Deviation auf Westkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen zur Deviation auf Ostkurs addiert und die Summe durch 2 dividiert.

Wenn man A und E , wie in der Regel der Fall, vernachlässigen kann, so ist einfach

$$\delta_O = +B,$$

d. h. B ist gleich der Deviation auf Ostkurs, oder

$$\begin{aligned} \delta_W &= -B \\ -\delta_W &= B, \end{aligned}$$

d. h. B ist gleich der Deviation auf Westkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen. Im obigen Beispiel wird

$$B = \frac{-2.6 - 2.8}{2} = -2.7.$$

Der Ostkurs allein gibt den Wert -2.6 , der Westkurs allein -2.8 .

3. Die Berechnung von C .

Für die beiden Hauptkurse Nord und Süd ist:

$$\begin{aligned} \delta_N &= A + C + E \\ \delta_S &= A - C + E \\ \hline \delta_N - \delta_S &= 2C \\ \hline \frac{\delta_N - \delta_S}{2} &= C, \end{aligned}$$

d. h. man erhält C , indem man die Deviation auf Südkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen zur Deviation auf Nordkurs addiert und die Summe durch 2 dividiert.

Wenn A und E vernachlässigt werden, so ist

$$\delta_N = C,$$

d. h. C ist gleich der Deviation auf Nordkurs, oder

$$\begin{aligned} \delta_S &= -C \\ -\delta_S &= C, \end{aligned}$$

d. h. C ist gleich der Deviation auf Südkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Im vorhergehenden Beispiel wird

$$C = \frac{-7^{\circ}.6 - 7^{\circ}.0}{2} = -7^{\circ}.3.$$

Der Nordkurs allein gibt den Wert $-7^{\circ}.6$, der Südkurs allein $-7^{\circ}.0$.

4. Die Berechnung von *D*.

Für die vier Hauptzwischenstriche ist

$$\begin{aligned} \delta_{NO} &= A + B \cdot \sin 4^{\text{str.}} + C \cdot \cos 4^{\text{str.}} + D \\ \delta_{SO} &= A + B \cdot \sin 4^{\text{str.}} - C \cdot \cos 4^{\text{str.}} - D \\ \delta_{SW} &= A - B \cdot \sin 4^{\text{str.}} - C \cdot \cos 4^{\text{str.}} + D \\ \delta_{NW} &= A - B \cdot \sin 4^{\text{str.}} + C \cdot \cos 4^{\text{str.}} - D. \end{aligned}$$

Wenn man die zweite und vierte Gleichung mit -1 multipliziert und dann alle vier Gleichungen addiert, so erhält man

$$\begin{aligned} \delta_{NO} + \delta_{SW} - \delta_{SO} - \delta_{NW} &= 4 D \\ \frac{\delta_{NO} + \delta_{SW} - \delta_{SO} - \delta_{NW}}{4} &= D, \end{aligned}$$

d. h. man erhält *D*, indem man die Deviationen auf Südost- und Nordwestkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen zu den Deviationen auf Nordost- und Südwestkurs addiert und die Summe durch 4 dividiert.

Im obigen Beispiel wird

$$D = \frac{-3^{\circ}.8 + 9^{\circ}.0 - 0^{\circ}.8 + 4^{\circ}.6}{4} = +2^{\circ}.3.$$

5. Die Berechnung von *E*.

Für die vier Hauptkurse ist

$$\begin{aligned} \delta_N &= A + C + E \\ \delta_O &= A + B - E \\ \delta_S &= A - C + E \\ \delta_W &= A - B - E. \end{aligned}$$

Wenn man die zweite und vierte Gleichung mit -1 multipliziert und dann alle vier Gleichungen addiert, so erhält man

$$\begin{aligned} \delta_N + \delta_S - \delta_O - \delta_W &= 4 E \\ \frac{\delta_N + \delta_S - \delta_O - \delta_W}{4} &= E, \end{aligned}$$

d. h. man erhält *E*, indem man die Deviationen auf Ost- und Westkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen zu den Deviationen auf Nord- und Südkurs addiert und die Summe durch 4 dividiert.

Im obigen Beispiel wird

$$E = \frac{-7^{\circ}.6 + 7^{\circ}.0 + 2^{\circ}.6 - 2^{\circ}.8}{4} = -0^{\circ}.2.$$

§ 195. Die Berechnung der Deviationstafel aus den Koeffizienten. Wenn die fünf Koeffizienten bekannt sind, lässt sich nach der Formel

$$\delta = A + B \cdot \sin z + C \cdot \cos z + D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z$$

die Deviation für jeden Kompasskurs berechnen, indem man für die einzelnen Kurse der Reihe nach die Werte $0^{\text{str.}}$, $1^{\text{str.}}$, $2^{\text{str.}}$ usw. einsetzt.

Die numerischen Beträge der einzelnen Glieder erhält man entweder mit Hilfe der Gradtafel oder bequemer mit Hilfe der Tafel 10 der nautischen Tafelsammlung. Es genügt, die Zahlenwerte bei *B* und *C* für $0^{\text{str.}}$ bis $8^{\text{str.}}$, bei *D* und *E* für $0^{\text{str.}}$ bis $4^{\text{str.}}$ zu bestimmen, da von da ab die Werte sich wiederholen.

Über das Vorzeichen der einzelnen Formelglieder für die verschiedenen Kompasskurse geben die Figuren in Tafel 10 Aufschluss.

Beispiel.

Es soll für die in § 194 gefundenen Koeffizienten die Deviationstafel berechnet werden.

| Kompasskurs | <i>A</i> | <i>B</i> = $-2^{\circ}.7$ | <i>C</i> = $-7^{\circ}.3$ | <i>D</i> = $+2^{\circ}.3$ | <i>E</i> = $-0^{\circ}.2$ | Deviation |
|-------------|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| | | <i>B</i> . $\sin z$ | <i>C</i> . $\cos z$ | <i>D</i> . $\sin 2z$ | <i>E</i> . $\cos 2z$ | |
| N | $-0^{\circ}.1$ | 0 ^o .0 | $-7^{\circ}.3$ | 0 ^o .0 | $-0^{\circ}.2$ | $-7^{\circ}.6$ |
| NzO | -0.1 | -0.5 | -7.2 | +0.9 | -0.2 | -7.1 |
| NNO | -0.1 | -1.0 | -6.7 | +1.6 | -0.1 | -6.3 |
| NOzN | -0.1 | -1.5 | -6.1 | +2.1 | -0.0 | -5.6 |
| NO | -0.1 | -1.9 | -5.2 | +2.3 | 0.0 | -4.9 |
| NOzO | -0.1 | -2.2 | -4.1 | +2.1 | +0.0 | -4.3 |
| ONO | -0.1 | -2.5 | -2.8 | +1.6 | +0.1 | -3.7 |
| OzN | -0.1 | -2.6 | -1.4 | +0.9 | +0.2 | -3.0 |
| O | -0.1 | -2.7 | 0.0 | 0.0 | +0.2 | -2.6 |
| OzS | -0.1 | -2.6 | +1.4 | -0.9 | +0.2 | -2.0 |
| OSO | -0.1 | -2.5 | +2.8 | -1.6 | +0.1 | -1.3 |
| SOzO | -0.1 | -2.2 | +4.1 | -2.1 | +0.0 | -0.3 |
| SO | -0.1 | -1.9 | +5.2 | -2.3 | 0.0 | +0.9 |
| SOzS | -0.1 | -1.5 | +6.1 | -2.1 | -0.0 | +2.4 |
| SSO | -0.1 | -1.0 | +6.7 | -1.6 | -0.1 | +3.9 |
| SzO | -0.1 | -0.5 | +7.2 | -0.9 | -0.2 | +5.5 |
| S | -0.1 | 0.0 | +7.3 | 0.0 | -0.2 | +7.0 |
| SzW | -0.1 | +0.5 | +7.2 | +0.9 | -0.2 | +8.3 |
| SSW | -0.1 | +1.0 | +6.7 | +1.6 | -0.1 | +9.1 |
| SWzS | -0.1 | +1.5 | +6.1 | +2.1 | -0.0 | +9.6 |
| SW | -0.1 | +1.9 | +5.2 | +2.3 | 0.0 | +9.3 |
| SWzW | -0.1 | +2.2 | +4.1 | +2.1 | +0.0 | +8.3 |
| WSW | -0.1 | +2.5 | +2.8 | +1.6 | +0.1 | +6.9 |
| WzS | -0.1 | +2.6 | +1.4 | +0.9 | +0.2 | +5.0 |
| W | -0.1 | +2.7 | 0.0 | 0.0 | +0.2 | +2.8 |
| WzN | -0.1 | +2.6 | -1.4 | -0.9 | +0.2 | +0.4 |
| WNW | -0.1 | +2.5 | -2.8 | -1.6 | +0.1 | -1.9 |
| NWzW | -0.1 | +2.2 | -4.1 | -2.1 | +0.0 | -4.1 |
| NW | -0.1 | +1.9 | -5.2 | -2.3 | 0.0 | -5.7 |
| NWzN | -0.1 | +1.5 | -6.1 | -2.1 | -0.0 | -6.8 |
| NNW | -0.1 | +1.0 | -6.7 | -1.6 | -0.1 | -7.5 |
| NzW | -0.1 | +0.5 | -7.2 | -0.9 | -0.2 | -7.9 |

Um die Deviationen für die missweisenden Kurse der Kurve zu entnehmen, verfährt man nach § 128.

Sechstes Kapitel.

Die Veränderlichkeit der Koeffizienten mit der Breite.

§ 196. **Die konstanten Koeffizienten A, D, E .** Die Koeffizienten A und E rühren von unsymmetrisch zum Kompass angeordneten Eisenteilen her und sind bei gut aufgestellten Kompassen in der Regel so klein, dass sie vernachlässigt werden können. Selbst in dem Falle, wo bei der Rundschwoiung sich kleine, von Null verschiedene Werte für sie ergeben, ist es richtiger, dieselben für die Berechnung der Deviationstafel zu vernachlässigen, weil dieselben ihre Ursache entweder in dem Nachschleppen der Rose oder in dem Einflusse des kurz vorher angelegenen Kurses haben. Es ist daher zu empfehlen, wenn die Gelegenheit sich bietet, eine zweite Rundschwoiung mit entgegengesetztem Drehungssinn vorzunehmen, bei welcher dann für A und E die entgegengesetzten Werte resultieren.

Sehr oft ist ein Teil des Wertes von A auf rechnerische Ungenauigkeit zurückzuführen, wie z. B. ungenaue Ortsmissweisung, oder darauf, dass bei der Kompassrose die Nord-Südlinie nicht parallel zur Nadel liegt. Dieser Bestandteil hebt sich bei den beiden Rundschwoiungen natürlich nicht auf.

Die Koeffizienten A und E sind konstant, d. h. sie behalten die einmal vorhandenen Werte für jeden Ort der Erdoberfläche bei.

Der Koeffizient D rührt von dem horizontalen weichen Eisen her. Die magnetische Induktion desselben ist proportional der Horizontalintensität H . Wenn also bei der Annäherung an den Äquator H grösser wird, so wachsen die beiden auf den Kompass einwirkenden Kräfte, die einstellende und die ablenkende, in demselben Verhältnisse; folglich bleibt die hieraus resultierende Deviation dieselbe.

Aus diesem Grunde ist auch D konstant. Der Wert liegt in der Regel zwischen $+3^{\circ}$ und $+5^{\circ}$.

Dasselbe Resultat ergibt sich aus der Gleichung

$$D = \frac{a - c}{2 \lambda \cdot \sin 1^{\circ}},$$

da auf der rechten Seite nur konstante Werte auftreten.

Aus den vorstehenden Ausführungen folgt, dass die Glieder der Deviationsformel $A + D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z$ für alle Teile der Erde ihren Wert beibehalten. Aus diesem Grunde braucht die diesen Ausdruck von Strich zu Strich darstellende Tafel, die sogenannte Konstantentafel, nur einmal berechnet zu werden.

Beispiel.

Es soll für die Koeffizienten $A = +1^{\circ}3$, $D = +3^{\circ}8$, $E = -1^{\circ}5$ die Konstantentafel berechnet werden.

Die Berechnung geschieht nach der in § 195 erklärten Methode.

§ 197. Die veränderlichen Koeffizienten B und C .

1. Der Koeffizient B besteht nach § 191 aus zwei Teilen, B_1 und B_2 . B_1 wird hervorgerufen durch die Längsschiffskomponente P des festen Magnetismus. Da diese ablenkende Kraft ihren Wert unverändert beibehält, andererseits aber die Horizontalintensität H , welche die Nadel in den magnetischen Meridian zu bringen strebt, sich mit der Breite ändert, so muss auch B_1 sich ändern, und zwar wird auf höheren Breiten, weil hier H kleiner ist, die Deviation B_1 grösser sein als auf kleineren Breiten.

B_2 wird hervorgerufen durch die Längsschiffskomponente P' des flüchtigen Magnetismus im vertikalen weichen Eisen. Je grösser die Breite ist, desto kleiner wird mit H die ein-

stellende Kraft, desto grösser wird aber mit der Vertikalintensität V die ablenkende Kraft, folglich auch desto grösser die Deviation B_2 .

Zu demselben Resultate gelangt man durch die Gleichungen

$$B_1 = \frac{P}{\lambda H \cdot \sin 1^\circ}$$

$$B_2 = \frac{c}{\lambda \cdot \sin 1^\circ} \text{ tang } J.$$

Aus diesen beiden Formeln folgt, dass die Werte von B_1 sich proportional der Grösse $\frac{1}{H}$, welche in der Karte der magnetischen Horizontalintensität angegeben ist, ändern, die Werte von B_2 dagegen proportional der Tangente der Inklination, welche den Isoklinien beigefügt ist.

Auf einer Reise vom Kanal nach Kap Horn nimmt zunächst B_1 numerisch ab, bis es in etwa 5° N bis 10° N seinen kleinsten Wert erreicht ($\frac{1}{H} = 0.6$). Von hier ab wächst B_1 wieder, um dann bei der Annäherung an Kap Horn wieder etwas abzunehmen.

B_2 nimmt vom Kanal ab ebenfalls ab, erreicht seinen kleinsten Wert Null auf dem magnetischen Äquator und nimmt von da ab bis Kap Horn wieder numerisch zu, jedoch mit entgegengesetztem Vorzeichen.

2. Der Koeffizient C besteht nach § 192 ebenfalls aus zwei Teilen, C_1 und C_2 . C_1 wird hervorgerufen durch die Querschiffskomponente Q des festen Magnetismus. Aus den bei B_1 angegebenen Gründen muss auch C_1 mit wachsender Breite grösser werden.

C_2 wird hervorgerufen durch die Querschiffskomponente Q' des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen, kann also nur bei unsymmetrisch angeordnetem vertikalen Eisen auftreten. Sein Wert nimmt mit wachsender Breite ebenfalls zu.

Dieselben Resultate ergeben sich aus den Gleichungen

$$C_1 = \frac{Q}{\lambda H \cdot \sin 1^\circ}$$

$$C_2 = \frac{f}{\lambda \cdot \sin 1^\circ} \text{ tang } J.$$

Hieraus folgt, dass die Werte von C_1 ebenso wie diejenigen von B_1 sich proportional der Grösse $\frac{1}{H}$, die Werte von C_2 dagegen ebenso wie diejenigen von B_2 sich proportional der Tangente der Inklination ändern.

Auf einer Reise vom Kanal nach Kap Horn nimmt C_1 zunächst numerisch ab und erreicht seinen kleinsten Wert in etwa 5° N bis 10° N. Von hier ab wächst es wieder etwas, um dann bei der Annäherung an Kap Horn wieder abzunehmen.

C_2 nimmt vom Kanal ab ebenfalls ab, bis es auf dem magnetischen Äquator Null wird. Von hier ab nimmt es mit entgegengesetztem Vorzeichen wieder bis Kap Horn numerisch zu.

Wegen der Veränderlichkeit der Koeffizienten B und C ist es notwendig, namentlich bei starken Breitenänderungen, von Zeit zu Zeit eine Neubestimmung dieser beiden Koeffizienten vorzunehmen. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden.

a) Die Koeffizienten A und E sind beide gleich Null.

In diesem Falle folgt aus der Deviationsformel

$$\delta_O = + B$$

$$\delta_W = - B,$$

d. h. B ist gleich der Deviation auf Ostkurs oder gleich der Deviation auf Westkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Ebenso ist

$$\begin{aligned}\delta_N &= + C \\ \delta_S &= - C,\end{aligned}$$

d. h. C ist gleich der Deviation auf Nordkurs oder gleich der Deviation auf Südkurs mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Es genügt also zur Neubestimmung von B und C , das Schiff so weit nach beiden Seiten des gerade gesteuerten Kurses zu drehen, dass man die Deviation auf zwei benachbarten Hauptstrichen bestimmen kann.

Beispiel.

Auf einem Dampfer hatte man in der Nordsee für den Regelkompass die Koeffizienten $A = 0$, $D = +4.5$, $E = 0$ gefunden. In $26^\circ N$ und $30^\circ W$ beobachtete man auf Kompasskurs Süd die Deviation $+8^\circ$ und auf Kompasskurs Ost die Deviation $+5^\circ$. Mit Hilfe der hieraus sich ergebenden Werte für B und C soll eine Deviationstafel für die vollen Striche zwischen Süd und West berechnet werden.

Zunächst ergibt sich $B = +5^\circ$, $C = -8^\circ$. Die Berechnung der Deviationstafel geschieht dann nach dem Verfahren von § 195.

b) Der Koeffizient A oder E ist von Null verschieden.

In diesem Falle ist die Deviation auf den vier Hauptstrichen nicht gleich dem Koeffizienten B resp. C , sondern es muss zunächst der aus der Konstantentafel folgende Wert mit entgegengesetztem Vorzeichen zu der beobachteten Deviation addiert werden, um die Beträge von B resp. C zu erhalten.

Beispiel.

Auf Nordkurs hat man die Deviation -6.6 , auf Westkurs die Deviation -8.5 gefunden. Wie gross ist B und C , wenn die Konstantentafel für Nordkurs -1.2 , auf Westkurs $+1.2$ ergibt?

$$\begin{array}{r} \delta_W = - 8.5 \\ \quad + 1.2 \\ \hline \quad - 7.3 \\ B = + 7.3 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \delta_N = - 6.6 \\ \quad - 1.5 \\ \hline C = - 8.1 \end{array}$$

Siebentes Kapitel.

Die Veränderlichkeit der Koeffizienten durch den halbfesten Magnetismus.

§ 198. **Die Veränderung der Koeffizienten bei neuen Schiffen.** Ausser der im sechsten Kapitel behandelten Veränderung der Koeffizienten mit der Breite kommt noch die Abhängigkeit der Deviation von dem halbfesten Magnetismus in Betracht.

Wenn ein Schiff auf dem Helgen mit dem Bug nach NO gesessen hat, so bildet sich während dieser Zeit ein $-B$ und ein $+C$. Ein Teil dieser beiden Koeffizienten wird nach dem Stapellauf, wenn das Schiff während der Fertigstellung einen anderen Kurs anliegt, wieder verschwinden, weil ein Teil des auf dem Helgen aufgenommenen Magnetismus, der halbfeste Magnetismus, allmählich wieder verschwindet. Dieses Verschwinden des halbfesten Magnetismus und folglich auch des durch ihn hervorgerufenen Bestandteiles in den Koeffizienten B und C wird um so schneller erfolgen, je mehr der neue Kurs von dem Baukurse verschieden ist. Wird z. B. im obigen Beispiel für die Fertigstellung des Schiffes der Kurs SW gewählt, so bildet sich ein neues $+B$ und ein

— C , so dass als Gesamtwirkung bei Antritt der Reise ein numerisch vermindertes Wert von B und C zu erwarten ist. Wenn dagegen das Schiff bei der Fertigstellung denselben Kurs wie auf dem Helgen anliegt, also NO , so bildet sich auch während dieser Zeit ein — B und ein + C , wodurch als Gesamtwirkung ein numerisch vergrößerter Wert von B und C entsteht.

Es ist also zu empfehlen, während der Fertigstellung das Schiff auf den dem Baukurse entgegengesetzten Kurs zu legen.

Dies Verfahren ist noch mit einem zweiten, während der ersten Reise zum Ausdruck kommenden Vorteil verbunden. Da infolge des allmählichen Verschwindens des halbfesten Magnetismus, sowohl des beim Bau als auch während der Fertigstellung aufgenommenen, die beiden entgegengesetzten Werte von B numerisch abnehmen, so wird die hieraus resultierende Änderung in B eine verhältnismässig geringe sein, während in dem Falle gleicher Kurse die gleichzeitige numerische Abnahme der beiden Werte von B eine sehr starke Abnahme von B zur Folge haben würde. Ebenso verhält es sich mit C .

§ 199. Die Veränderung der Koeffizienten durch den vorher gesteuerten Kurs. Wenn ein Schiff längere Zeit, etwa ein Etmal, einen nördlichen Kurs gesteuert hat, hierauf seinen Kurs auf Ost verändert und bei Beginn des neuen Kurses eine Deviationsbestimmung vornimmt, so wird der auf dem nördlichen Kurse entstandene Südpol im Achterende des Schiffes mit dem allmählichen Verschwinden des halbfesten Magnetismus ebenfalls allmählich wieder verschwinden. Infolgedessen wird das Nordende der Kompassnadel allmählich nach rechts herum sich drehen und daher das Schiff ebenfalls nach rechts, also nach Süden, versetzt werden.

Würde das Schiff nach dem ersten nördlichen Kurse einen westlichen Kurs einschlagen, so würde es nach links, also ebenfalls nach Süden, versetzt werden.

Dasselbe tritt ein, wenn ein Schiff längere Zeit im Hafen auf einem bestimmten Kurse gelöscht und geladen hat und darauf in See einen zum alten Kurse nahezu rechtwinkligen Kurs einschlägt.

Achtes Kapitel.

Die Krängungsdeviation.

§ 200. Der Krängungskoeffizient K . Bisher ist stets angenommen worden, dass das Schiff auf ebenem Kiele liegt. Wenn dasselbe nach Backbord oder Steuerbord geneigt ist, so treten dadurch Einflüsse auf, welche eine Veränderung der Deviation bewirken.

Auf nordmagnetischer Breite ist durch die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus der untere Teil des Schiffes nordmagnetisch induziert, der obere Teil süd-magnetisch. Wegen dieses letzteren Umstandes kommt also bei geneigter Lage des Schiffes ein süd-magnetischer Pol an der Luvseite zu liegen und zieht das Nordende der Nadel luvwärts.

Auf süd-magnetischer Breite tritt das Entgegengesetzte ein, d. h. das Nordende der Nadel wird leewärts abgelenkt.

Allerdings kann hierin durch den Einfluss besonderer Eisenteile, wie Decksbalken, Stützen usw., welche beim Überliegen des Schiffes eine andere Lage gegen den Kompass bekommen, oder auch durch die Pole des beim Bau aufgenommenen festen Magnetismus eine grössere oder geringere Modifikation eintreten; aber als allgemeine Regel kann die Ablenkung des Nordendes nach Luv auf Nordbreite, nach Lee auf Südbreite immerhin angesehen werden.

Da ein magnetischer Pol die grösste Deviation in derjenigen Lage hervorruft, in welcher die Kraft senkrecht zur Magnetnadel wirkt, so ist die Krängungsdeviation am grössten auf den Kursen Nord und Süd; sie wird daher den Koeffizienten C beeinflussen.

Unter dem Krängungskoeffizienten K versteht man die Deviationsänderung für 1° Krängung auf dem Kurse Nord oder Süd. K wird positiv gerechnet, wenn das Nordende der Kompassnadel nach der Luvseite abgelenkt wird, negativ dagegen, wenn es nach Lee abgelenkt wird.

Wie oben bereits mit anderen Worten ausgedrückt, ist K in der Regel auf Nordbreite positiv, auf Südbreite negativ. Man überzeugt sich leicht, dass durch ein positives K das Besteck auf nördlichen Kursen luvwärts, auf südlichen Kursen leewwärts versetzt wird.

Man bestimmt den Wert von K , indem man den Unterschied der Deviationen auf ebenem Kiele und bei gekrängter Lage für Nord- oder Südkurs durch die Anzahl der Grade der Krängung dividiert, und bestimmt das Vorzeichen dann durch die Entscheidung der Frage, ob das Nordende der Nadel luvwärts oder leewwärts abgelenkt ist.

Beispiel 1.

Auf Nordkurs war die Deviation des Kompasses bei 8° Krängung nach Backbord 3° Ost, während sie auf ebenem Kiele für diesen Kurs 1° West betrug. Der Krängungskoeffizient K ist demnach $\frac{4^\circ}{8} = 0^\circ5$, und zwar positiv, weil das Nordende der Nadel luvwärts (östlich) abgelenkt ist. $K = +0^\circ5$.

Beispiel 2.

Auf Südkurs war die Deviation des Kompasses bei 6° Krängung nach Steuerbord 5° West, während sie auf ebenem Kiele für diesen Kurs 3° West betrug. K ist hier $\frac{2^\circ}{6} = 0^\circ3$, und zwar negativ, weil das Nordende leewwärts (westlich) abgelenkt ist. $K = -0^\circ3$.

Wenn der Krängungskoeffizient nicht genau auf Nord- oder Südkurs bestimmt werden kann, sondern nur in der Nähe dieser Kurse, so muss man den Unterschied der Deviationen zuerst mit der Sekante des Kurswinkels multiplizieren und dann das so gefundene Produkt durch die Anzahl der Grade der Krängung dividieren,

$$K = \frac{d \delta \sec z}{i},$$

worin $d \delta$ den Unterschied der Deviationen und i die Krängung in Graden bedeutet.

Beispiel 1.

Auf SzW-Kurs beobachtete man die Deviation bei 8° Krängung nach Backbord zu $14^\circ5$ Ost, während sie auf ebenem Kiele 11° Ost betrug.

$$K = \frac{3^\circ5 \sec 1^{\text{str.}}}{8} = \frac{3^\circ6}{8} = 0^\circ45,$$

und zwar negativ, weil das Nordende leewwärts (östlich) abgelenkt ist. $K = -0^\circ45$.

Beispiel 2.

Auf NOzN-Kurs beobachtete man die Deviation bei 10° Krängung nach Backbord zu 5° Ost, während sie auf ebenem Kiele 3° West betrug.

$$K = \frac{8^\circ \sec 3^{\text{str.}}}{10} = \frac{9^\circ6}{10} = 0^\circ96,$$

und zwar positiv, weil das Nordende luvwärts (östlich) abgelenkt ist. $K = +0^\circ96$.

Die Krängung des Schiffes wird gemessen mit dem Klinometer, einem querschiffs angebrachten Pendel über einem in Grade geteilten Bogen.

Wenn der Krängungskoeffizient bekannt, so findet man die Krängungsdeviation durch Berechnung des Ausdruckes $K \cdot i \cdot \cos z$ in der bekannten Weise mit Hilfe der Gradtafel resp. Strichtafel. Bei positivem K wird das Nordende der Nadel luvwärts, bei negativem K leewwärts abgelenkt.

Beispiel 1.

Der Kurs ist $NW^{3/4}N$; $K = +0^{\circ}6$; $i = 9^{\circ}$ nach Backbord.

$$5,4 \cdot \cos 3^{1/4} \text{str.} = 4,3.$$

Das Nordende der Nadel wird luvwärts abgelenkt, folglich ist die Krängungsdeviation $4^{\circ}3$ Ost.

Beispiel 2.

Der Kurs ist $S36^{\circ}W$; $K = +0^{\circ}4$; $i = 7^{\circ}$ nach Backbord.

$$2,8 \cdot \cos 36^{\circ} = 2,3.$$

Das Nordende der Nadel wird leewwärts abgelenkt, folglich ist die Krängungsdeviation $2^{\circ}3$ West.

Anmerkung. Die Entscheidung darüber, ob die Krängungsdeviation mit dem Namen Ost oder West an die Deviation für ebenen Kiel anzubringen ist, ergibt sich auch aus der folgenden Zusammenstellung:

| K positiv | | |
|-----------|-------------|------------|
| Kurs | Krängung | |
| | über St.-B. | über B.-B. |
| nördlich | W | O |
| südlich | O | W |

| K negativ | | |
|-----------|-------------|------------|
| Kurs | Krängung | |
| | über St.-B. | über B.-B. |
| nördlich | O | W |
| südlich | W | O |

Neuntes Kapitel.

Die Kompensation der Deviation.

§ 201. Allgemeines. Die Kompensation der halbkreisartigen Deviation. Ein zu grosser Betrag der Deviation, etwa grösser als 20° , ist nicht nur unbequem, sondern er hat ausserdem zur Folge, dass die Richtkraft auf den verschiedenen Kursen sehr verschieden ist. Aus diesem Grunde erwächst dem Schiffsführer die Verpflichtung, in diesem Falle den Kompass zu kompensieren, d. h. durch künstlich angebrachte magnetische Kräfte die magnetischen Kräfte im Schiffe auszugleichen.

Diese Kompensation geschieht in der Weise, dass die einzelnen Koeffizienten B , C , D und K für sich zum Verschwinden gebracht werden.

1. Die Kompensation von B . Um B zu kompensieren, bringt man das Schiff auf den Kurs missweisend Ost oder West. Da B von einer längsschiffs wirkenden Kraft herrührt, muss es durch eine entgegengesetzt wirkende Längsschiffskraft zum Verschwinden gebracht werden, und zwar durch einen längsschiffs liegenden Magneten (Fig. 139), welcher seitlich entweder am Kompasshause oder an Deck so befestigt wird, dass eine durch die Kompassmitte gehende Querschiffsebene auch durch die Mitte des Magnetstabes geht. Wenn B positiv ist, mithin ein Südpol vor dem Kompass sich befindet, muss der Magnet mit seinem Nordpol nach vorn gelegt werden. Wenn dagegen B negativ ist, kommt der Nordpol nach hinten zu liegen. In dieser Lage wird dann der Magnet so weit genähert, bis die Deviation verschwindet, d. h. bis der Kompasskurs ebenfalls Ost resp. West geworden ist.

Hierbei ist indessen zu beachten, dass die Kompensationsmagnete dem Kompass nicht zu nahe gebracht werden dürfen. Werden grosse Magnete bis zu 27 cm Länge verwendet, so dürfen dieselben nicht weiter als auf 60 cm Abstand genähert werden, während die kleinen Magnete von 16 cm Länge unbedenklich bis auf 40 cm an den Kompass herangebracht werden dürfen.

Bei dieser Art der Kompensation ist indessen zu beachten, dass sie, streng genommen, nur für den betreffenden Schiffsort gilt, an welchem sie ausgeführt ist. Der Grund hierfür liegt darin, dass der Koeffizient B aus zwei verschiedenen Bestandteilen, B_1 und B_2 , besteht, welche von verschiedenen Kräften hervorgerufen werden. B_1 wird hervorgerufen durch einen festen, längsschiffs wirkenden, magnetischen Pol und kann daher auch durch einen festen

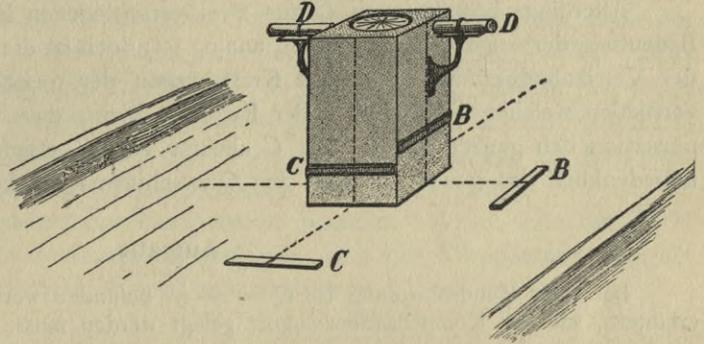


Fig. 139

Magnet in der oben angegebenen Weise kompensiert werden. B_2 dagegen wird hervorgerufen durch die Längsschiffskomponente des flüchtigen Magnetismus im vertikalen Eisen und kann somit, da diese sich mit der magnetischen Breite ändert, nicht endgültig durch einen festen Magnet kompensiert werden. Es kann vielmehr für die Kompensation von B_2 nur eine solche Kraft in Frage kommen, welche denselben Änderungen unterworfen ist wie die B_2 verursachende Kraft. Als eine solche wird eine vor oder hinter dem Kompass anzubringende vertikale weiche Eisenstange, die sogenannte Flindersstange, benutzt. Dieselbe ragt mit ihrem oberen Ende um etwa $\frac{1}{12}$ ihrer Länge über die Ebene der Kompassrose hervor und besteht aus mehreren Stücken, um zur Erhöhung und Verminderung ihrer Wirkung die Stange verlängern oder verkürzen zu können.

Bei positivem B_2 muss die Flindersstange hinter dem Kompass angebracht werden, bei negativem B_2 vor demselben.

Um eine Zerlegung des Koeffizienten B in seine beiden Bestandteile B_1 und B_2 vornehmen zu können, ist zu berücksichtigen, dass B_2 auf dem magnetischen Äquator gleich Null ist. Wenn also hier nach dem oben beschriebenen Verfahren B durch einen festen Längsschiffsmagnet kompensiert ist, so ist damit der Bestandteil B_1 zum Verschwinden gebracht. Ein nach dieser Kompensation auf höherer Breite auftretender Wert von B rührt dann von der Vertikalinduktion des weichen Eisens her und wird durch Anbringung der Flindersstange beseitigt.

Aufgabe.

Im Hafen von Bahia findet man $B = +5^\circ$; es ist durch eine Figur zu erläutern, wie der Kompensationsmagnet gelegt werden muss.

Nachdem der genannte Betrag kompensiert ist, zeigt sich vor dem Englischen Kanal ein $B = -6^\circ$; wie hat man zur Kompensation desselben zu verfahren?

2. Die Kompensation von C . Um C zu kompensieren, bringt man das Schiff auf den Kurs missweisend Nord oder Süd. Da C durch eine querschiffs wirkende Kraft hervorgerufen wird, muss es durch eine entgegengesetzt wirkende Querschiffskraft zum Verschwinden gebracht werden, und zwar durch einen querschiffs liegenden Magneten (Fig. 139), welcher vor oder hinter dem Kompass entweder an Deck oder am Kompasshause so

befestigt wird, dass die durch die Kompassmitte gehende Längsschiffsebene durch die Mitte des Magneten geht. Wenn C positiv ist, mithin ein Südpol an Steuerbord sich befindet, muss der Magnet mit seinem Nordende nach Steuerbord gelegt werden. Wenn dagegen C negativ ist, kommt das Nordende nach Backbord zu liegen. In dieser Lage wird der Magnet dem Kompass unter Innehaltung der bei B gegebenen Grenzen so weit genähert, bis die Deviation verschwindet, d. h. bis der Kompasskurs ebenfalls Nord resp. Süd geworden ist.

Allerdings besteht auch C aus zwei verschiedenen Bestandteilen C_1 und C_2 , deren Bedeutung derjenigen von B_1 und B_2 analog ist; doch ist die von der Querschiffskomponente der Vertikalinduktion herrührende Kraft wegen der meist symmetrischen Verteilung der vertikalen weichen Eisenteile in der Regel so klein, dass man für die Zwecke der Kompensation den ganzen Betrag von C als nur von C_1 stammend ansehen kann und daher unbedenklich das ganze C durch den Querschiffsmagnet kompensieren kann.

Aufgabe.

Bei einer Rundschwoiung ist $C = -9^\circ$ gefunden worden; es ist durch eine Figur zu erläutern, wie der Kompensationsmagnet gelegt werden muss.

§ 202. **Die Kompensation der viertelkreisartigen Deviation.** Da die viertelkreisartige Deviation nur von horizontaler Induktion herrührt, so kann dieselbe auch nur durch horizontal liegende weiche Eisenmassen kompensiert werden. Es handelt sich hierbei nur um die Kompensation des Koeffizienten D , da allein dieser Koeffizient einen solchen Betrag erreichen kann, dass eine Kompensation vorteilhaft erscheint. Diese erfolgt durch eiserne Hohlzylinder oder Kugeln, welche zu beiden Seiten des Kompasses so befestigt werden, dass die Verlängerung der Achse der Zylinder bzw. eines horizontalen Durchmessers der Kugeln durch die Mitte der Kompassrose geht.

Wenn, wie fast ausnahmslos der Fall, D positiv ist (Decksbalken, Querschotten), so sind die Eisenkörper querschiffs nach Angabe von Fig. 139 anzubringen; nur in besonderen, durch Längsschiffseisen unterhalb des Kompasses hervorgerufenen Ausnahmefällen, in denen ein negatives D auftritt, müssten die Körper vor und hinter dem Kompass befestigt werden.

Die Entfernung der beiden Eisenkörper wird dadurch bestimmt, dass das Schiff nach Kompensation der Koeffizienten B und C auf einen der vier missweisenden Hauptzwischenstriche gelegt und dann die Eisenkörper so weit genähert werden, bis der Kompasskurs mit dem missweisenden Kurse übereinstimmt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass man bei Kompassen mit langen Nadeln und starkem magnetischen Moment wie bei Fluidkompassen mit den Enden der Eisenkörper wenigstens $\frac{2}{3}$ des Durchmessers der Kompassrose von deren Rande entfernt bleiben muss, da sonst die Kompassnadeln leicht zu viel Magnetismus in den Eisenkörpern induzieren, wodurch eine Unregelmässigkeit und Veränderlichkeit in der Deviation hervorgerufen wird. Bei den leichten Kompassrosen mit kurzen Nadeln nach Sir William Thomsons und Hechelmanns System kann man mit den Eisenkörpern schon etwas näher gehen.

Für einen Betrag von 3° bis 5° genügen zur Kompensation eiserne Hohlzylinder von einem Durchmesser von 5 cm und einer Länge von 16 bis 20 cm, für 8° bis 12° kann man Röhren von 8 cm Durchmesser und 25 bis 30 cm Länge verwenden.

§ 203. **Die Kompensation des Krängungsfehlers.** Da der Krängungsfehler seinem grössten Teile nach durch eine bei aufrechter Lage des Schiffes vertikal wirkende magnetische Kraft entsteht, so ist klar, dass eine Kompensation auch durch eine vertikal unter dem Kompass angebrachte magnetische Kraft vorgenommen werden muss. Dies geschieht am besten durch einen kleinen, vertikal zu stellenden Magneten von etwa

15 bis 16 cm Länge, der bei aufrechter Lage des Schiffes genau senkrecht unter dem Mittelpunkte der Kompassrose befestigt wird.

Bei einem Krängungsfehler nach Luv (+ K) kommt das Nordende des Magneten, bei einem Krängungsfehler nach Lee (— K) das Südende des Magneten nach oben. Die Entfernung des oberen Endes des Magneten vom Mittelpunkte der Rose findet man entweder durch Versuche, indem man dem Magneten diejenige Lage gibt, in welcher der Kompass beim Rollen des Schiffes auf nördlichen oder südlichen Kursen von dem bei falscher Magnetstellung auftretenden Wildwerden befreit wird, oder auch mit Hilfe der sogenannten Vertikalkraftwage. Diese besteht aus einer Inklinationsnadel, welche durch ein an der einen Seite anzubringendes Laufgewicht so justiert wird, dass sie an einem eisenfreien Orte sich horizontal einstellt. Hierauf wird das Instrument an Bord, nachdem die Kompassrose entfernt ist, während das Schiff Ost oder West anliegt, im Kompasskessel so aufgestellt, dass die Nadel im magnetischen Meridian schwingt und sich in gleicher Höhe mit den Magnetnadeln der Kompassrose befindet. Wenn dann die Nadel der Vertikalkraftwage sich nicht horizontal einstellt, so wird der Kompensationsmagnet so weit verschoben, bis die horizontale Einstellung erreicht ist.

Zehntes Kapitel.

Die Konstruktion und Behandlung des Kompasses.

§ 204. **Die Grundbedingungen für die Konstruktion.** An einen guten Kompass an Bord eines Schiffes ist vor allen Dingen die Anforderung zu stellen, dass die Kompassrose jederzeit, bei gutem und schlechtem Wetter, unter den Erschütterungen des Schiffskörpers, die während der Fahrt entstehen, und bei raschen Kursänderungen unverändert die Richtung der auf sie wirkenden magnetischen Kräfte beibehält und dabei in ihrer horizontalen Gleichgewichtslage verharrt. Um diese Aufgabe zu lösen, sind für die richtige Konstruktion eines Kompasses sowohl mechanische wie magnetische Eigenschaften nötig.

1. Mechanische Eigenschaften.

a) Kompasskessel. Zur Erhaltung der horizontalen Lage der Kompassrose muss der Kompasskessel, in welchem die Rose eingeschlossen ist, in zwei senkrecht zueinander stehenden Achsen aufgehängt sein (kardanische Aufhängung). Die Achsen müssen sich frei und leicht in den Lagern bewegen, doch ohne bei Bewegungen des Schiffes hin und her zu stossen; die Verlängerungen der Achsen müssen sich in einem Punkte schneiden, der mit der Spitze der Pinne, auf welcher die Kompassrose ruht, zusammenfällt. Der Kessel selbst muss aus starkem Messing gefertigt und am Boden beschwert sein, damit er durch das Arbeiten des Schiffes nicht so leicht aus seiner Ruhelage gebracht werden und in Pendelschwingungen geraten kann, wodurch die Kompassrose leicht unruhig wird. In der Ruhelage muss der genau in der Mitte des Kompasskessels befestigte Träger für die Pinne senkrecht stehen und der Glasdeckel eine horizontale Lage haben. Soll der Kompass zum Peilen benutzt werden, so muss der Rand des Kessels mit einer Kreisteilung nach Graden versehen sein, und es muss der Mittelpunkt dieses Kreises in der vertikalen Verlängerung der Pinne liegen. Die Diopter zum Peilen müssen so angebracht sein, dass sie eine leichte Beweglichkeit haben und eine sichere Ablesung sowohl auf der Kompassrose als auch auf dem Gradbogen am Kesselrande gestatten.

b) Empfindlichkeit der Rose. Damit die Kompassrose sich möglichst genau in die Richtung der magnetischen Kraft einstellen kann, eine Eigenschaft, die man mit dem Ausdrucke Empfindlichkeit bezeichnet, ist es nötig, die Reibung zwischen Hütchen und Pinne tunlichst zu verringern. Dies geschieht erstens dadurch, dass die Berührungs-

flächen sehr klein genommen und Hütchen und Pinne aus hartem und glattem Material verfertigt werden. Zu Hütchen verwendet man jetzt ausschliesslich echte Edelsteine (Saphir und Rubin), zu Pinnen gut gehärtete Stahlspitzen, die möglichst spitz geschliffen sind.

Zweitens sucht man das Gewicht der Rose möglichst klein zu machen durch Verwendung von leichtem Material, wie Seidenschnüre zum Befestigen der Magnete und Aluminium.

c) Ruhe der Rose. Weil aber leichte Rosen durch eine auf sie einwirkende Kraft leicht aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht werden, ist es nötig, Anordnungen zu treffen, welche dem entgegenwirken. Zu diesem Zwecke verlegt man die Gewichtsmassen möglichst an die Peripherie der Rose, indem man den zentralen Teil derselben ausschneidet und ausserdem bei einigen Rosenarten die Magnete unter dem Rosenrande anbringt (grosses Trägheitsmoment).

d) Stabilität der Rose. Hierunter versteht man das Bestreben der Rose, in der horizontalen Lage zu verharren, oder, wenn sie aus derselben herausgebracht ist, in dieselbe zurückzukehren. Man erreicht dieselbe dadurch, dass man die Magnete unter der Rose in einem grösseren Abstände von derselben befestigt.

2. Magnetische Eigenschaften.

a) Magnetische Kraft der Rose. Es ist ohne weiteres klar, dass das Einstellungsbestreben der Rose um so grösser ist, je grösser ihre magnetische Kraft ist. Da eine einzige Nadel nicht dieselbe magnetische Kraft annehmen kann wie mehrere Nadeln von demselben Gesamtgewicht, so versieht man die Kompassrosen mit mehreren Magnetnadeln.

b) Kleine Dimensionen der Nadeln. In der Lehre von der Deviation wird vorausgesetzt, dass die Dimensionen der Kompassnadeln gegenüber der Entfernung der störenden magnetischen Pole im Schiffe und der Kompensationsmagnete verschwindend klein sind. Trifft diese Voraussetzung nicht zu, so tritt eine sogenannte sechstelkreisartige Deviation auf, welche die Anwendung der Deviationstheorie auf die Praxis erschwert. Hierin liegt ein zweiter Grund dafür, eine einzige grosse Nadel durch mehrere kleinere zu ersetzen.

Bei einem System von zwei Nadeln müssen dieselben so angebracht sein, dass die Verbindungslinien des Rosenmittelpunktes mit den Teilpunkten 30° durch die Pole der Nadeln gehen. Bei vier Nadeln sind die betreffenden Teilpunkte 15° und 45° .

§ 205. **Die verschiedenen Arten der Kompass.** Nach den im vorigen Paragraphen gegebenen Prinzipien sind nun seit dem Beginn des Baues eiserner Schiffe Kompassrosen der verschiedensten Art in den verschiedensten Grössen angefertigt und in Gebrauch genommen worden. Bei dem Mangel an Erfahrungen und teilweise an richtigem Erkennen der Wirkung der störenden mechanischen und magnetischen Kräfte auf den Kompass konnte es nicht ausbleiben, dass sehr viele Kompassse hergestellt wurden, die den an sie gestellten Anforderungen in bezug auf Ruhe und Empfindlichkeit nicht entsprachen.

a) Rose von Thomson. Bahnbrechend für die Konstruktion einer Kompassrose, die allen den schwierigen Anforderungen der modernen Schifffahrt entsprechen konnte, war die Idee des englischen Physikers Sir William Thomson, den Rosenkörper, der die Windrose trägt, aus einem System von Seidenfäden herzustellen und auch die Magnetnadeln in Seidenfäden aufzuhängen. Sir William Thomson führte damit zuerst das Prinzip in die Praxis ein, ganz leichte Rosen mit im Verhältnis zu ihrem Gewichte grossem Trägheitsmomente zu verwenden. Die Rose besteht aus einem sehr leichten Aluminiumringe, von welchem in gleichen Zwischenräumen 32 Seidenfäden nach einer Aluminiumscheibe im Mittelpunkte der Rose gespannt sind. Die Scheibe hat in ihrer Mitte einen

kreisrunden Ausschnitt, der zur Aufnahme des Aluminiumhütchens mit dem Saphirstein dient. Um die Aluminiumscheibe herum ist der ganze mittlere Teil der Rose ausgeschnitten, und nur so viel ist am Rande aus leichtem Papier zurückgelassen, als erforderlich ist, um eine deutliche Einteilung nach Strichen und Graden zu zeigen. Die Magnete, acht kleine Nadeln von 5 bis 8 cm Länge, sind aus Stahldraht gefertigt (stricknadelförmig) und parallel nebeneinander durch zwei seidene Fäden zu einem System vereinigt, welches von vier Seidenfäden, die von dem äusseren Aluminiumringe nach den Enden der beiden äussersten Nadeln laufen, getragen wird. Der Durchmesser der Rose beträgt 25 cm und das ganze Gewicht 11 bis 13 Gramm.

Auf Grund dieses Thomsonschen Prinzips werden von fast allen Mechanikern Kompassrosen angefertigt.

b) Rose von Hechelmann. Um ein grösseres Trägheitsmoment zu erzielen und zugleich die magnetische Kraft der Rose zu vergrössern, gruppiert Hechelmann die Magnetnadeln nicht unmittelbar um den Mittelpunkt, sondern mehr unter die Peripherie der Rose. Die Rose trägt acht kleine je 50 bis 60 mm lange Magnetnadeln von prismatischer Gestalt (Lamellen), welche so gelagert sind, dass ihre äusseren Pole mit dem Mittelpunkte verbunden bzw. Winkel von 19° und 51° einschliessen. Diese Lage der Magnetnadeln bewirkt bei dieser Konstruktion die Vermeidung der sechstelkreisartigen Deviation und ist durch direkte Versuche ermittelt worden. Das Gewicht dieser Rosen ist dasselbe wie das der Thomsonschen.

c) Andere Rosen. Ausser den Kompassrosen in Seidenfädenaufhängung werden von den Mechanikern leichte Rosen der verschiedensten Konstruktion mit zwei und vier Magnetnadeln und 30 bis 40 Gramm Gewicht hergestellt, die nach den in § 205 angegebenen Prinzipien gebaut sind und ihrem Zwecke entsprechen. Wegen ihrer grossen Empfindlichkeit gegen Beschädigungen und der Sorgfalt, die bei ihrer Behandlung erfordert wird, können die Seidenfädenrosen nicht auf allen Schiffen zur Verwendung gelangen, doch sind sie auf fast allen grösseren Dampfern in Gebrauch.

d) Fluidkompass. Der Bedingung der Ruhe des Kompasses bei starken Erschütterungen und Bewegungen des Schiffes neben grosser Einstellungsfähigkeit wird nach einem anderen Prinzip in sehr hohem Masse entsprochen durch gut konstruierte Fluidkompass. Der Kompasskessel ist bei diesen Kompassen vollständig durch eine Flüssigkeit, bestehend aus einer Mischung von Alkohol und Wasser, angefüllt, so dass keine Luftbläschen mehr vorhanden sind. In dieser Flüssigkeit wird die aus Metall gefertigte und mit starken Magnetnadeln versehene Kompassrose durch eine um die Mitte angebrachte, Luft enthaltende Dose so weit schwimmend erhalten, dass sie nur mit einem Gewichte von wenigen Gramm (7 bis 10) auf der Spitze ruht. Da der hier in Betracht kommende Alkohol in einem verhältnismässig hohen Grade mit den Temperaturänderungen Volumenänderungen unterworfen ist, muss der Kessel so eingerichtet sein, dass die Kesselwandungen dieser Volumenänderung folgen können. Dies geschieht bei den meisten Fluidkompassen dadurch, dass man dem Kessel einen doppelten Boden gibt, von welchen der obere aus dünnerem, elastischem Metallblech von grosser Oberfläche besteht.

Durch die vollständige Füllung des Kessels mit der nicht elastischen Flüssigkeit wird nun erreicht, dass Kessel, Rose, Pinnenträger und Pinne gleichsam eine zusammenhängende Masse bilden, so dass alle Erschütterungen, die der Kompass erleidet, sich auf alle Teile gleichmässig übertragen. Der Berührungspunkt von Pinne und Rose bleibt demnach, weil beide dieselben Bewegungen ausführen, relativ in Ruhe, so dass bei richtiger Konstruktion die Ruhe der Rose in viel höherem Grade sich erreichen lässt, als es bei den Trockenkompassen der Fall ist. Bei den Fluidkompassen kommen indes noch einige andere Gesichtspunkte in Betracht, die eine nähere Besprechung erfordern.

Bei Drehungen des Schiffes bzw. bei Kursveränderungen wird durch Adhäsion an den Kesselwandungen und dem Glasdeckel die Flüssigkeit zu einem grossen Teile, namentlich in der Nähe der Wandungen, mitgeschleppt und nimmt an der Drehung des Schiffes und damit des Kessels teil. Dadurch wird also auch die Rose, die infolge der magnetischen Kräfte eine unveränderte Richtung behalten soll, aus ihrer magnetischen Ruhelage um einen kleinen Winkel abgelenkt, und es ist Aufgabe der Mechanik, diesen Winkel so klein zu machen, dass er für die Praxis nicht mehr in Betracht kommt. Dies kann aber im wesentlichen nur durch Verwendung von starken Magnetnadeln geschehen. Man ist in dieser Beziehung bei Fluidkompassen nicht wie bei Trockenkompassen durch das grössere Gewicht kräftiger Nadeln beschränkt, da man es in der Hand hat, mittelst der Schwimmdose immer den grössten Teil des Gewichtes der Rose durch Auftrieb aufzuheben. Ausserdem muss zwischen dem äusseren Rande der Rose und der Kesselwandung mehr Zwischenraum gelassen werden, als es bei Trockenkompassen nötig ist.

Bei Änderungen in der Deviation mit grösseren Kursveränderungen des Schiffes muss ferner die Rose innerhalb der Flüssigkeit eine Bewegung (Drehung) ausführen, um die veränderte Richtung der magnetischen Kräfte einzunehmen. Dieser Drehung setzt die Flüssigkeit einen Widerstand durch Dämpfung oder Hemmung der Bewegung entgegen. Aus diesem Grunde versagen die Fluidkompass leicht bei zu grosser Deviation, da einerseits dann die Richtkraft auf einzelnen Kursen zu sehr geschwächt wird, andererseits die Änderung in der Deviation von Strich zu Strich zu gross ist, als dass die Rose dieser Änderung so rasch folgen könnte.

Endlich ist noch zu berücksichtigen, dass bei Verwendung weicher Eisenmassen zur Kompensation der viertelkreisartigen Deviation die sehr kräftigen Magnetnadeln des Fluidkompasses eigene Pole in den Eisenkörpern induzieren, die leicht Unregelmässigkeiten im Gange des Kompasses und der Deviation hervorrufen. Man muss daher mit den Eisenkörpern weiter vom Fluidkompass entfernt bleiben als von einem Trockenkompass.

Unter Beachtung der hier besprochenen Umstände ist ein guter, richtig konstruierter Fluidkompass für viele Zwecke, so namentlich als Steuerkompass und für ausschliessliche Verwendung auf kleineren Dampfern und Segelschiffen, die in hoher See stärker umhergeworfen werden, dem Trockenkompass vorzuziehen.

§ 206. Die Prüfung der Kompass an Bord.

1. Steuerstrich. Steht der Kompass an Bord an seinem Platze, so ist zunächst durch Peilung zu konstatieren, ob der Steuerstrich richtig angebracht ist, d. h. ob die von der Mitte der Kompassrose nach dem Steuerstriche gezogene Linie mit der Kielrichtung genau übereinstimmt. Ist dieses nicht der Fall, so muss dieser Fehler durch Drehen des Kompasshauses oder des Ringes, in welchem der Kompasskessel hängt, aufgehoben werden, da ein Fehler im Steuerstriche einen fehlerhaften Kurs zur Folge haben würde. Steht der Steuerstrich zu weit nach Steuerbord, so erfolgt ohne Berücksichtigung des Fehlers eine Versetzung des Schiffes nach links (Backbord) und umgekehrt: Steuerstrich an Backbord, Versetzung nach Steuerbord.

2. Kardanische Aufhängung. Sodann ist nachzusehen, ob der Kompasskessel frei und leicht in den Achsen der kardanischen Aufhängung sich bewegt, und ob er so balanciert, dass der Glasdeckel sich in der Horizontalebene einstellt. Die beste Kompassrose kann in bewegter See nicht tadellos arbeiten und unverändert ihre Richtung beibehalten, wenn der Kompasskessel die Bewegungen des Schiffes mitmacht und verschiedene Neigungen gegen den Horizont erhält. Namentlich ist dies bei Fluidkompassen der Fall, wo die Rose leicht unruhig wird, wenn der Kessel seine Ruhelage nicht beibehält.

3. Zentrierung. Es ist nachzusehen, ob die Rose im Kompasskessel gut zentriert ist. Man prüft dies dadurch, dass man den Kompasskessel langsam herumdreht und dabei beobachtet, ob die Peripherie der Rose überall gleich weit von der Wandung des Kessels entfernt bleibt. Ist eine Peilvorrichtung am Kompass vorhanden, so ist auch diese auf Zentrierung zu prüfen, was durch Ablesung der Teilung der Rose und der Teilung am Kesselrande auf beiden Seiten des Diopters in verschiedenen Stellungen desselben geschieht. Die einzelnen Ablesungen müssen in allen Stellungen des Diopters 180° voneinander liegen. Ist die Zentrierung ungenau, so ist der Fehler von einem Mechaniker zu verbessern.

4. Einstellungsfähigkeit. Von der Empfindlichkeit und guten Einstellungsfähigkeit der Kompassrose überzeugt man sich am einfachsten, indem man die Rose durch einen Magneten oder Eisen ablenkt, in Schwingungen versetzt und dann die Schwingungen beobachtet. Nehmen bei Trockenrosen die Schwingungsbögen langsam und allmählich bis zu sehr kleinen Bögen ab, und stellt sich die Rose bei unverändert gebliebener Lage des Schiffes genau wieder auf den vorigen Punkt ein, so ist sie gut; bleibt die Rose aber plötzlich stehen, oder nimmt die Grösse des Schwingungsbogens zu rasch ab, so sind entweder Stein und Spitze nicht in Ordnung, oder die Rose hat kein genügendes magnetisches Moment.

Die gute Beschaffenheit des Steines wird geprüft, indem man mit einer spitzen Nadel in der inneren Fläche hin- und herfährt. Fühlt sich dann die Fläche glatt an, so ist der Stein gut; bemerkt man aber die geringste Rauheit, so ist der Stein unbrauchbar und muss durch einen anderen ersetzt werden. Die Pinne muss ebenfalls glatt poliert sein und bei leichten Kompassrosen in eine scharfe Spitze auslaufen, doch unter keinem allzu spitzen Winkel, damit sie nicht leicht abgestossen wird. Die Pinne muss genau zu der Führung des Trägers passen und darf nicht hin- und herwackeln, da die Rose sonst leicht unruhig wird. Federn, zur Abhaltung der Stösse unter der Pinne angebracht, wirken, wie die Erfahrung gezeigt hat, nur schädlich. Sind Stein und Spitze gut befunden, und nehmen die Schwingungen der Rose doch noch rasch ab, so ist die magnetische Kraft zu gering, und die Rose ist durch eine andere zu ersetzen.

Bei Fluidkompassen nehmen infolge der Dämpfung durch die Flüssigkeit die Schwingungen rasch ab, um so mehr ist aber darauf zu achten, ob sich der Kompass ganz genau wieder in die vorher eingehaltene Richtung einstellt.

§ 207. Die Aufstellung der Kompass an Bord. An einen guten Regelkompass, nach welchem das Schiff jederzeit mit Sicherheit navigiert werden soll, ist die Anforderung zu stellen, dass die Deviation desselben nach gut ausgeführter Kompensation in den befahrenen Meeren ein Maximum von 20° nicht übersteigt, oder mit anderen Worten, die Änderungen in der Deviation müssen auch bei grossen Veränderungen der magnetischen Breite überall innerhalb dieser Grenze bleiben. Dieser Anforderung kann nur entsprochen werden

1. durch eine Aufstellung fern von den Enden des Schiffes, und zwar in der Mittschiffslinie. Der Kompass wird dadurch der Wirkung des Schiffsmagnetismus, die wie bei allen Magneten in der Nähe der Endpunkte am stärksten ist, am meisten entrückt, und zwar um so mehr, je näher der Baukurs mit der Nord-Südrichtung übereinstimmt;
2. durch möglichste Entfernung von allen grösseren vertikal stehenden Eisenmassen, als Schotten, Stützen, Ventilatoren, Schornsteinen, Masten, Kränen usw.;
3. durch möglichste Erhöhung über Deck und Vermeidung der Nähe horizontaler eiserner Geländerstangen, die querschiffs vor oder hinter dem Kompass vorbeigehen.

Im allgemeinen muss das Bestreben dahin gerichtet sein, den Regelkompass an einen Platz zu stellen, der möglichst frei vom Einflusse einzelner grösserer Eisenteile

des Schiffes ist, so dass das Schiff vorwiegend nur in seiner Gesamtheit als magnetischer Körper auf den Kompass wirken kann. Auch sollen alle beweglichen Eisenmassen, wie eiserne Bänke, die drehbaren Köpfe eiserner Ventilatoren und sonstiges eisernes Schiffsinventar 4 bis 5 m vom Kompass entfernt gehalten werden.

Für die Zwecke der Navigierung des Schiffes ist ausserdem darauf Rücksicht zu nehmen, dass der Kompassort leicht zugänglich ist durch den wachhabenden Offizier, und man von demselben nach allen Seiten gut Peilungen nehmen kann. Bei kleinen Dampfern und Segelschiffen wird man oft gezwungen sein, den Kompass etwas näher den einzelnen Eisenmassen aufzustellen; man sollte aber auch hier das oben Gesagte tunlichst berücksichtigen.

Bei grösseren Segelschiffen, welche ein hohes, bis vor den Besanmast reichendes Kajütsdeck haben, ist es zweckmässig, den Kompass über einer Brücke, die vor dem Hochdeck nach vorn, entweder zu einem Deckhause oder zu den hölzernen Galgen für die Boote führt, etwa in der Mitte zwischen zwei Masten und in einer Höhe über dem Hauptdeck von 3 bis 4 m aufzustellen.

Ist eine solche Aufstellung nicht zugänglich, so kann der Kompass auch noch über dem Achterdeck, etwa über dem Kajütsoberlicht oder der Kajütskappe aufgestellt werden. Ein Ort über oder in zu grosser Nähe grosser eiserner Querschotten sollte unter allen Umständen vermieden werden.

Bei Dampfern ist eine Aufstellung des Regelkompasses auf der Kommandobrücke wegen der freien Rundschau und der ziemlich beträchtlichen Höhe über dem Hauptdeck in den meisten Fällen zu empfehlen, doch nur dann, wenn der Aufstellungsort nicht zu nahe dem Schornstein ist und die Häuser unmittelbar unter der Brücke aus Holz gebaut und nicht mit eisernen Schotten versehen sind. Ausserdem ist es zweckmässig, die eisernen horizontalen Geländerstangen, wenn der Kompass unmittelbar dahinter oder davor steht, in der Mitte zu durchbrechen und ein 2 bis 3 m langes Stück durch Messingstangen zu ersetzen.

Kann diesen Anforderungen nicht entsprochen werden, so darf ein solcher Kompass auf der Kommandobrücke, wenn der Dampfer auf seinen Reisen grosse Breitenveränderungen zu machen genötigt ist, auch nur als Kontrollkompass benutzt werden, und es ist der Regelkompass an einem anderen Orte, etwa über einem aus Holz gebauten Hause des Hinterdecks oder einer Brücke aufzustellen. Zu beachten ist nur, dass der zu wählende Ort mindestens 7 m vom Hintersteven und etwa 3 m über dem Hauptdeck sein muss.

Steuerkompassse müssen natürlich dort aufgestellt werden, wo die Steuerapparate sich befinden; man wird also im allgemeinen die Nähe grösserer Eisenmassen nicht immer vermeiden können. Man sollte indes soviel wie irgend tunlich die oben gegebenen Prinzipien berücksichtigen, was auch bei einer zweckmässigen Anbringung des Steuerapparates, der ja nicht notwendig in unmittelbarer Nähe des Ruders oder der Dampfsteuermaschine zu stehen braucht, geschehen kann.

Wenn elektrische Maschinen an Bord sind, so können dieselben ebenfalls von Einfluss auf den Kompass sein. Die Dynamomaschinen wirken nicht nur direkt auf die Magnetnadel ein, sondern auch indirekt dadurch, dass die zwischen Dynamo und Kompass befindlichen Eisenmassen durch Induktion magnetisch werden. Aus diesem Grunde muss die Entfernung der Dynamomaschine vom Kompass mindestens 10 m, bei starken Maschinen noch mehr betragen.

Wenn bei den elektrischen Leitungen für die Hin- und Rückleitung besondere Drähte vorhanden sind und beide nahe zusammenliegen, findet keine Einwirkung auf den Kompass statt. Aus diesem Grunde ist diese Anordnung dringend zu empfehlen.

Wenn dagegen der Schiffskörper zur Rückleitung benutzt wird, darf die Hinleitung nicht zu nahe am Kompass vorbeigeführt werden.

Es sollte beim Entwerfen der Baupläne eines Schiffes gleich der Platz für die Kompass festgelegt werden, da dann leichter die obigen Regeln befolgt werden können, als es später nach Vollendung des Baues geschehen kann.

§ 208. **Die Behandlung und Aufbewahrung der Kompass an Bord.** Wenn das Schiff in Fahrt ist, ist darauf zu sehen, dass die in Gebrauch befindlichen Kompass in bezug auf Kessel, Ringe und Achsen stets sauber und rein gehalten werden; auch ist der Deckel immer unter gutem Verschluss zu halten. Hat sich einmal Feuchtigkeit im Kessel angesammelt, oder soll die Rose oder Stein und Pinne ausgewechselt werden, so ist der Kompass stets von Deck nach unten (Kartenhaus oder Kajüte) zu nehmen. Die Reinigung der Innenseite des Kessels darf nie mit Twist geschehen, welcher leicht Fasern ablässt, die ein Festhaken der Rose verursachen können, sondern man muss hierzu weiches Leder oder Leinen verwenden. Bei Einsetzung einer neuen Rose ist sorgfältig darauf zu achten, dass sich keinerlei Fasern am Rande befinden. Die Seidenfädenrosen dürfen nicht zu lange heissen Sonnenstrahlen ausgesetzt werden, da sonst die Seide leicht verbrennt; wenn der Kompass daher nicht mehr zum Peilen benutzt wird, sollte immer wieder das Nachthaus aufgesetzt werden.

Reserverosen müssen, jede in einem besonderen Kasten, an einem möglichst trockenen Orte aufbewahrt werden. Pinne und Stein werden daneben gelegt, der Stein in Seidenpapier gewickelt und die Pinne mit der Spitze in Hollundermark oder Kork gesteckt. Ein Einölen der Pinne ist unstatthaft, da der geringste Teil Öl oder sonstiges Fett Stein und Pinne verunreinigt, so dass die Rose träge wird.

Fluidkompass können nicht gut in Reserve gehalten werden, da sie am Aufbewahrungsorte reichlich so rasch abnutzen wie die in Gebrauch befindlichen, selbst wenn sie in kardanischer Aufhängung verbleiben.

Zweiter Abschnitt.

Die Spiegelinstrumente.

Erstes Kapitel.

Einrichtung und Gebrauch des Sextanten.

§ 209. **Notwendige Bestandteile des Sextanten. Prinzip der Winkelmessung.**

Der Sextant dient dazu, Winkel zu messen. Die zur Winkelmessung notwendigen Bestandteile desselben sind:

1. Ein Kreissektor von 60° mit einem geteilten Kreisbogen;
2. ein drehbarer Radius, die sogenannte Alhidade, deren Drehungsachse durch den Mittelpunkt der Teilung geht. Dieselbe trägt über ihrer Drehungsachse
3. einen grossen Spiegel *SS* senkrecht zur Ebene des Instrumentes, mit der Alhidade drehbar, und endlich ist noch
4. fest auf dem Instrumententräger, ebenfalls senkrecht zur Ebene desselben, ein kleiner Spiegel *ss* angebracht, welcher jedoch nur in seiner dem Instrumentenkörper zugewandten Hälfte belegt ist.

Die Messung des Winkels zwischen zwei Gegenständen geschieht dann in der Weise, dass man das Instrument in die durch das Auge des Beobachters und die beiden Gegenstände gebildete Ebene bringt, hierauf durch den unbelegten Teil des kleinen Spiegels

nach dem einen Gegenstande *A* sieht und darauf die Alhidade so weit dreht, dass die von dem anderen Gegenstande *B* in den grossen Spiegel fallenden Lichtstrahlen von demselben nach dem kleinen Spiegel reflektiert werden, der sie dann wiederum in das Auge des Beobachters reflektiert. Infolgedessen sieht das Auge beide Objekte in derselben Richtung, und aus der Stellung der Alhidade bei dieser Koinzidenz der Bilder kann man dann einen Schluss ziehen auf die Grösse des Winkels, den die von *A* und *B* kommenden Lichtstrahlen miteinander bilden. Wie man aus nebenstehender Figur leicht erkennt, muss zur Erreichung dieser Koinzidenz die Alhidade um so weiter nach links gedreht werden, je grösser der zu bestimmende Winkel ist.

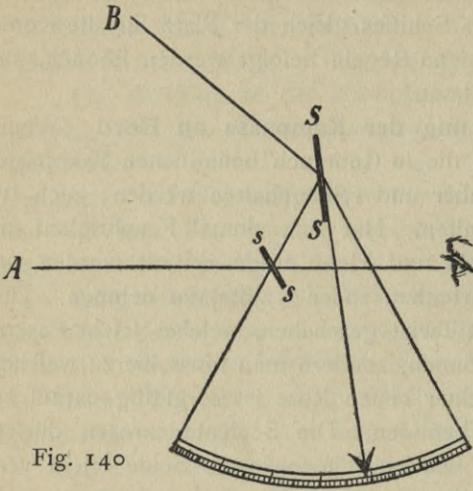


Fig. 140

§ 210. **Hilfsvorrichtungen am Sextanten.** Ausser den im vorigen Paragraphen angegebenen, zur Winkelmessung unbedingt notwendigen Stücken ist am Sextanten noch eine Reihe von Hilfsvorrichtungen angebracht, welche theils der Erhöhung der Genauigkeit, theils der bequemerer Handhabung dienen.

Zunächst ist der Instrumentenkörper durch Verbindungsstücke zwischen den festen Radien des Kreisabschnittes und dem Bogen stärker und fester gemacht, und zum bequemerer Anfassen ist für die rechte Hand des Beobachters ein Handgriff angebracht. Ferner werden jedem Sextanten in der Regel zwei Fernrohre beigegeben, ein astronomisches (umgekehrte Bilder) und ein terrestrisches (aufrechte Bilder). Dieselben werden in das Gewinde des sogenannten Fernrohrträgers eingeschraubt und haben dann eine solche Lage, dass die direkten und die vom kleinen Spiegel reflektierten Lichtstrahlen parallel zur Achse des Fernrohres sind. Zur Abblendung bei Beobachtungen von Sonne und Mond sind Blendgläser angebracht, und zwar für die direkten Lichtstrahlen vor dem kleinen Spiegel, für die reflektierten dagegen zwischen dem grossen und kleinen Spiegel. Wäre der für die Ablesung auf dem Gradbogen (Limbus) in Betracht kommende Zeiger der Alhidade nur ein einfacher Strich, so könnte man den Stand dieses Zeigers, des sogenannten Index, nur schätzungsweise je nach der Einteilung des Gradbogens in 10', 15', 20' oder 30' auf etwa 1' bis 3' angeben. Um aber eine genauere Ablesung zu ermöglichen, ist die Alhidade mit einem sogenannten Nonius versehen. Derselbe besteht aus einer Skale, deren Teile um ein bestimmtes Stück kleiner sind als die Teile des Gradbogens. Das Prinzip der Ablesung mit Hilfe des Nonius besteht dann darin, dass man auf dem Nonius denjenigen Strich aufsucht, welcher einem Gradbogenstriche genau gegenübersteht oder mit ihm koinzidiert. Von diesem Koinzidenzstriche aus wachsen die Abstände der Noniusstriche von den Gradbogenstrichen von Strich zu Strich um die Differenz »Gradbogenteil — Noniusteil«. Wenn man also die Anzahl der Striche auf dem Nonius bis zu dem als Index geltenden Nullstrich zählt und diese Anzahl mit jenem Unterschiede *u* multipliziert, so erhält man das Stück, um welches der Nullpunkt des Nonius weiter links steht als der rechts von ihm stehende Strich des Gradbogens, d. h. dasjenige Bogenstück, welches man zu diesem Gradbogenstriche addieren muss, um die genaue Ablesung zu erhalten. Zur Erleichterung dieses Verfahrens sind auf dem Nonius vom Nullpunkte nach links diejenigen Striche, welche bei der Multiplikation mit *u* volle Minuten ergeben, mit Zahlen versehen, welche die Anzahl dieser Minuten angeben.

Wenn z. B. die Teile des Gradbogens $10'$, diejenigen des Nonius $9' 50''$ betragen, so ist $u = 10''$, und es muss demnach der 6te Strich des Nonius die Zahl 1, der 12te die Zahl 2, der 18te die Zahl 3 tragen, welche bei der Ablesung dann direkt als Minuten in Rechnung gesetzt werden können.

Um den Wert u zu erhalten, muss man die Grösse der Gradbogenteile und diejenige der Noniusteile kennen. Die erstere findet man, indem man nachsieht, in wie viele Teile ein Grad des Gradbogens geteilt ist. So ist bei der Dreiteilung des Grades jeder Teil $20'$, bei der Vierteilung $15'$ und bei der Sechsteilung $10'$. Um die Grösse jedes Noniusteiles zu erhalten, dividiert man die ganze Länge des Nonius durch die Anzahl der Noniusteile. Hat z. B. der Nonius 60 Teile, so fallen auf die Länge des Nonius nur 59 Gradbogenteile; ist jeder derselben $10'$, so ist die Noniuslänge also $590'$, mithin jeder Noniusteil $9' 50''$. Demnach ist für dieses Beispiel $u = 10''$.

Um zu einem klaren Verständnisse der Noniuseinrichtung zu kommen, empfiehlt es sich, die obige Rechnung an einer Reihe verschieden geteilter Instrumente auszuführen.

Bei dem sogenannten erweiterten Nonius ist die Ablesungsgenauigkeit u der Unterschied eines Noniusteiles gegen zwei Gradbogenteile.

§ 211. Der wahre Nullpunkt der Teilung. Indexkorrektur. Spiegelparallaxe.

Wenn die Stellung der Alhidade auf dem Gradbogen, wie in § 209 angegeben, den Winkel zwischen den von zwei Objekten kommenden Lichtstrahlen bestimmen soll, so muss der Nullstrich der Alhidade mit dem Nullstrich des Gradbogens dann koinzidieren, wenn der Winkel zwischen den beiden Lichtstrahlen selbst gleich Null ist, d. h. wenn die Lichtstrahlen parallel eintreten. Dies ist der Fall mit den von einem genügend weit entfernten Gegenstande in den kleinen und grossen Spiegel einfallenden Lichtstrahlen, und daher liegt der wahre Nullpunkt der Teilung dort, wo der Nullstrich des Nonius sich befindet, wenn man die beiden Bilder eines weit entfernten Gegenstandes, nämlich das direkt gesehene und das durch doppelte Reflexion entstandene, in Deckung sieht. Wenn also bei der Koinzidenz der beiden Bilder eines und desselben weit entfernten Gegenstandes der Nullstrich des Nonius nicht dem Nullstriche des Gradbogens gegenübersteht, so sind alle Winkelmessungen, weil von einem fehlerhaften Nullpunkte ausgehend, mit einem konstanten Fehler, dem sogenannten Indexfehler, behaftet und bedürfen daher einer konstanten Korrektur, der sogenannten Indexkorrektur, und es ist leicht einzusehen, dass dieselbe positiv ist, wenn der Nullstrich vom Nonius rechts vom Nullstriche des Gradbogens steht, dagegen negativ, wenn der Nullstrich des Nonius links vom Nullstriche des Gradbogens sich befindet.

Es ist nun leicht nachzuweisen, dass für diese Stellung der Alhidade, bei welcher sich die beiden Bilder eines genügend weit entfernten Gegenstandes decken, die beiden Spiegel einander parallel sind. Wenn in nebenstehender Figur von einem weit entfernten Punkte aus, etwa einem Stern G , ein Lichtstrahl GC direkt durch den unbelegten Teil des kleinen Spiegels ins Auge gelangt und zugleich die Alhidade so steht, dass der grosse Spiegel den zu GC parallelen Lichtstrahl GA in die Richtung AB reflektiert, so dass derselbe in B in die mit GC zusammenfallende Richtung BC zurückgeworfen wird, so sieht das in C befindliche Auge beide Bilder in Deckung.

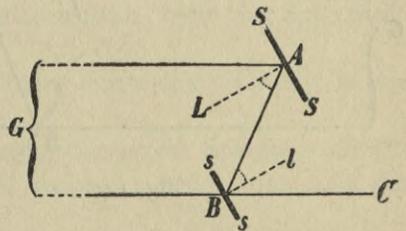


Fig. 141

Da $GA \parallel GC$ und BC mit GC zusammenfällt, so ist auch $GA \parallel BC$, folglich $\sphericalangle GAB = \sphericalangle ABC$ als Wechselwinkel. Weil aber nach dem Reflexionsgesetze der Einfallswinkel gleich dem Ausfallwinkel, mithin $\sphericalangle GAL = \sphericalangle LAB$ und ebenso

$\sphericalangle ABI = \sphericalangle IBC$, so ist auch $\sphericalangle LAB = \sphericalangle ABI$, folglich $LA \parallel IB$ und daher auch $SS \parallel ss$.

Wenn die bis jetzt gemachte Voraussetzung, dass die von G nach den beiden Spiegeln gehenden Lichtstrahlen als parallel angesehen werden können, nicht erfüllt ist, d. h. wenn das Objekt zu nahe ist, so wird die Bestimmung der Indexkorrektion fehlerhaft. Man bezeichnet dann den von den beiden Lichtstrahlen gebildeten Winkel mit dem Namen »Spiegelparallaxe«.

Nimmt man die Entfernung des Mittelpunktes des grossen Spiegels vom direkten Lichtstrahl im Mittel zu etwa 5 cm an, so ist leicht nachzurechnen, dass die Spiegelparallaxe bei einer Entfernung von 100 m etwa $100''$, bei einer Entfernung von 1000 m etwa $10''$ und von 10000 m etwa $1''$ beträgt.

§ 212. **Die Messung eines Winkels durch die Drehung der Alhidade.** Wenn man bei derselben Lage des Instrumentes die Alhidade vom wahren Nullpunkte der Teilung aus nach links dreht, so erblickt man das direkt gesehene Bild des Gegenstandes bei jeder Stellung der Alhidade in derselben Richtung wie vorher. Das durch doppelte Reflexion entstandene Bild dagegen verschwindet, weil die von dem Objekte in den grossen Spiegel fallenden Lichtstrahlen in der neuen Stellung desselben nicht mehr in den kleinen Spiegel reflektiert werden, mithin von diesem auch nicht mehr nach dem Auge des Beobachters zurückgeworfen werden können. Dagegen wird in jeder Stellung der Alhidade ein aus einer anderen Richtung in den grossen Spiegel einfallender Lichtstrahl von diesem nach dem kleinen Spiegel und von diesem in das Auge des Beobachters reflektiert werden.

Wenn man die Alhidade und folglich auch den grossen Spiegel vom wahren Nullpunkte aus um den Winkel w nach links dreht, so wird auch das Einfallslot des grossen Spiegels um den Winkel w von LA nach $L'A$ gedreht. Der Ausfallswinkel ist also um den Winkel w grösser geworden, und da der Einfallswinkel stets gleich dem Ausfallswinkel ist, so vergrössert sich auch der Einfallswinkel um w . Hieraus folgt, dass der einfallende Lichtstrahl sich um das Stück $2w$ gedreht hat, oder mit anderen Worten: »Der Winkel, welchen die von zwei Objekten kommenden Lichtstrahlen miteinander bilden, ist doppelt so gross wie der Drehungswinkel der Alhidade, wenn man das direkt gesehene Bild des einen mit dem doppelt reflektierten Bilde des anderen Objektes in Deckung sieht.«

Aus diesem Grunde sind die Winkelwerte auf dem Gradbogen verdoppelt, um bei der Messung eines Winkels der Multiplikation des Drehungswinkels mit dem Faktor 2 enthoben zu sein und direkt den gesuchten Winkel ablesen zu können.

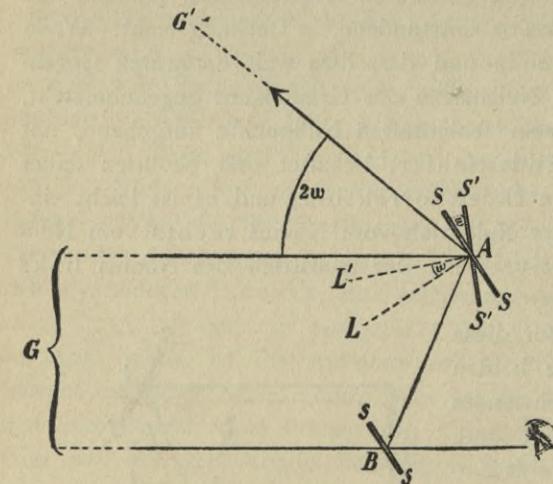


Fig. 142

Hiernach ist es ohne weiteres klar, dass man mit einem Sextanten, dessen Bogen der sechste Teil eines Kreises, also 60° , beträgt, Winkel bis zu 120° , mit einem Oktanten, dessen Bogen der achte Teil eines Kreises, also 45° , beträgt, bis zu 90° messen kann. Zwischen beiden stehen die sogenannten Halbsextanten, deren Teilung etwa bis 105° geht.

Hiernach ist es ohne weiteres klar, dass man mit einem Sextanten, dessen Bogen der sechste Teil eines Kreises, also 60° , beträgt, Winkel bis zu 120° , mit einem Oktanten, dessen Bogen der achte Teil eines Kreises, also 45° , beträgt, bis zu 90° messen kann. Zwischen beiden stehen die sogenannten Halbsextanten, deren Teilung etwa bis 105° geht.

Ein zweiter Beweis für die Tatsache, dass der Winkel zwischen den beiden Lichtstrahlen doppelt so gross ist wie der Drehungswinkel der Alhidade, ist der folgende:

Wenn in Fig. 143 SB der vom Stern S in den grossen Spiegel fallende Lichtstrahl ist, welcher mit dem Spiegel den Winkel α bildet, und wenn der Winkel zwischen Lichtstrahl und kleinem Spiegel mit β bezeichnet wird, so ist nach dem Aussenwinkelsatz im $\triangle ABC$

$$2\beta = 2\alpha + a.$$

Bezeichnet man den Drehungswinkel der Alhidade mit i , so ist im $\triangle BCD$

$$\beta = \alpha + i, \text{ folglich}$$

$$2\beta = 2\alpha + 2i, \text{ mithin}$$

$$a = 2i.$$

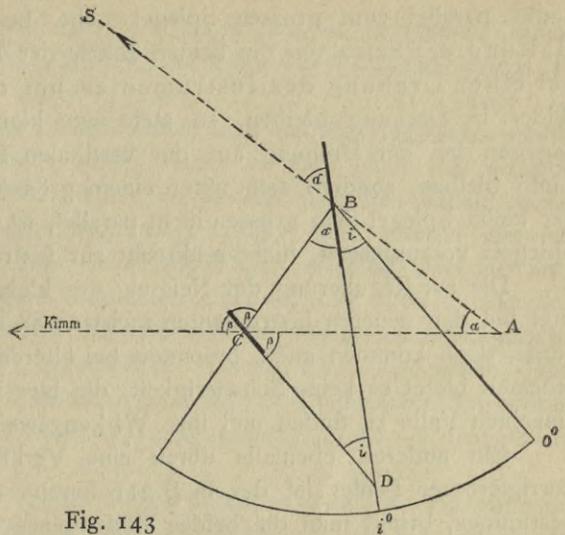


Fig. 143

Zweites Kapitel.

Die Instrumentalfehler des Sextanten.

§ 213. **Die Stellung des grossen Spiegels.** Da der Winkel zwischen den beiden von zwei Objekten kommenden Lichtstrahlen auf dem Gradbogen in der Ebene des Instrumentes gemessen wird, so müssen die beiden Lichtstrahlen in ihrem ganzen Verlaufe bis zum Auge des Beobachters parallel zur Ebene des Instrumentes sein. Diese Bedingung wird erfüllt durch die Forderung, dass sowohl das Fernrohr parallel zur Instrumentenebene, als auch die beiden Spiegel senkrecht zu derselben stehen müssen.

Um zu erkennen, ob der grosse Spiegel senkrecht zur Ebene des Sextanten steht, stellt man die Alhidade etwa auf die Mitte des Gradbogens, bringt darauf das Auge ganz nahe an den vom Gradbogen abgewandten Rand des grossen Spiegels und sieht so die eine Hälfte des Gradbogens samt ihrem Spiegelbilde. Liegen dann Gradbogen und Spiegelbild in einer Ebene, d. h. erscheint das Spiegelbild als die gerade Fortsetzung des Gradbogens, so steht der grosse Spiegel senkrecht. Wenn dagegen Gradbogen und Spiegelbild eine gebrochene Linie bilden, so steht der grosse Spiegel nicht senkrecht, und zwar ist leicht einzusehen, dass er vornüber geneigt ist, wenn das Spiegelbild des Gradbogens nach oben gebrochen erscheint, dagegen hintenüber, wenn das Spiegelbild nach unten gebrochen erscheint.

Die Korrektur der Spiegelstellung erfolgt in der Regel durch eine Schraube in der Rückenwand des grossen Spiegels.

§ 214. **Die Stellung des kleinen Spiegels.** Nachdem der grosse Spiegel senkrecht gestellt, kann man den kleinen Spiegel dadurch ebenfalls senkrecht stellen, dass man ihn parallel zum grossen Spiegel stellt.

Stellt man die Alhidade nach Angabe von § 211 auf den wahren Nullpunkt der Teilung ein, so sollen die beiden Bilder des weit entfernten Gegenstandes, z. B. eines Sterns, sich decken. Ist die genaue Deckung beider Bilder erreichbar, so stehen die Spiegel parallel; wenn dagegen das doppelt reflektierte Bild bei der Drehung der Tangenschraube sich an dem direkt gesehenen Bilde vorbeibewegt, so ist der kleine Spiegel geneigt.

Ein anderes Verfahren, zu erkennen, ob der kleine Spiegel senkrecht zur Ebene des Instrumentes oder vielmehr bei der Einstellung der Alhidade auf den wahren Null-

punkt parallel zum grossen Spiegel steht, besteht darin, dass man bei vertikaler Haltung des Sextanten die beiden Bilder der Kimm zur Deckung bringt. Wenn dann bei einer Drehung des Instrumentes um die Achse des Fernrohres die beiden Bilder in Deckung bleiben, so steht der kleine Spiegel dem grossen parallel; wenn dagegen bei der Drehung aus der vertikalen Lage die beiden Bilder nicht in gerader Linie bleiben, sondern sich unter einem grösser werdenden Winkel schneiden, so steht der kleine Spiegel dem grossen nicht parallel, ist also, die senkrechte Stellung des grossen Spiegels vorausgesetzt, nicht senkrecht zur Instrumentenebene.

Die zur Regulierung der Neigung des kleinen Spiegels dienende Korrektionsschraube sitzt bei den neueren Instrumenten meistens an der Rückenwand nahe der oberen Spiegelskante, doch kommen auch, besonders bei älteren Instrumenten, andere Einrichtungen vor; indessen bietet es keine Schwierigkeit, die hier in Betracht kommende Schraube in jedem einzelnen Falle zu finden und ihre Wirkungsweise sich klar zu machen.

Ein anderer, ebenfalls durch eine Veränderung der Lage des kleinen Spiegels korrigierbarer Fehler ist der in § 211 bereits erwähnte Indexfehler. Um denselben zu bestimmen, bringt man die beiden Bilder eines entfernten Gegenstandes, also etwa eines Sterns oder auch der Kimm, zur Deckung. Der Abstand des Nullstriches des Nonius vom Nullstriche des Gradbogens gibt dann die Grösse der Indexkorrektion an, und zwar ist dieselbe negativ, wenn der Nullstrich des Nonius links, positiv, wenn der Nullstrich des Nonius rechts vom Nullstriche des Gradbogens steht.

Genauer wird die Bestimmung der Indexkorrektion an der Sonne, indem man die beiden Sonnenbilder mit zwei gegenüberliegenden Rändern zur Berührung bringt und von beiden Ablesungen die halbe algebraische Summe bildet. Zugleich bietet diese Methode dadurch eine Kontrolle, dass die halbe algebraische Differenz der Ablesungen gleich dem Durchmesser der Sonne, also gleich dem doppelten Werte des im nautischen Jahrbuche angegebenen Sonnenhalbmessers, sein muss. Indessen ist hierbei zu beachten, dass bei zu grosser Helligkeit der Bilder dieselben stets zu gross erscheinen, mithin auch einen zu grossen Durchmesser ergeben, und daher muss bei allen Sonnenbeobachtungen für eine gehörige Ablendung gesorgt werden, und zwar so, dass die beiden Bilder gleich hell ausfallen.

Bei Beobachtungen, bei welchen es auf eine möglichst grosse Genauigkeit ankommt wie bei Mondstanzungen, empfiehlt es sich, die Indexkorrektion sowohl vor, als nach den Winkelmessungen zu bestimmen, und zwar in derselben Lage des Instrumentes, welche dasselbe bei diesen selbst eingenommen hat, und dann aus beiden Werten das Mittel zu nehmen.

Für gewöhnlich begnügt man sich damit, die Indexkorrektion möglichst genau zu bestimmen und dann bei den Winkelmessungen nach Grösse und Vorzeichen in Rechnung zu bringen. Wenn sie dagegen einen unbequem hohen Wert erreicht, so kann man den Fehler durch eine Drehung des kleinen Spiegels um seine vertikale Achse (entsprechend der Bewegung des Brassens) mittelst einer Schraube korrigieren. Bei den neueren Instrumenten befindet sich dieselbe in der Regel an der Seitenkante der Rückenwand des kleinen Spiegels. Das Verfahren selbst besteht dann einfach darin, dass man den Nullstrich des Nonius mit dem Nullstriche des Gradbogens zur Koinzidenz bringt und dann den kleinen Spiegel mittelst jener Schraube so weit dreht, dass die beiden Bilder eines genügend weit entfernten Gegenstandes sich decken.

§ 215. Die Stellung des Fernrohres. Um zu untersuchen, ob das Fernrohr parallel zur Ebene des Instrumentes steht, dienen zwei Methoden. Ist man im Besitze eines Diopterpaars, so stellt man dasselbe auf die Ebene des horizontal stehenden Instrumentes

und visiert damit eine entfernte Linie, Dachkante oder dergleichen an. Erscheint dieselbe dann im Fernrohre in der Mitte des Gesichtsfeldes, so steht das Fernrohr parallel zur Instrumentenebene; im anderen Falle ist dasselbe geneigt.

Ohne Diopter erreicht man denselben Zweck, indem man bei Messung eines grossen Winkels von etwa 110° bis 120° die beiden Bilder zuerst an dem einen und dann an dem anderen der beiden vorher zur Instrumentenebene parallel gestellten Fäden im Gesichtsfelde des Fernrohres zur Deckung oder Berührung bringt. Man erkennt dann die parallele Stellung des Fernrohres daran, dass an beiden Fäden dieselbe Deckung resp. Berührung stattfinden muss. An Land kann man diese Untersuchung auch so anstellen, dass bei horizontaler Aufstellung des Sextanten die beiden Bilder zweier um einen grossen Winkel voneinander entfernter vertikaler Gegenstände (Türme oder Schornsteine) sich ihrer ganzen Ausdehnung nach decken müssen, wenn sie sich in einem Punkte decken.

Wenn das Fernrohr nicht parallel zur Instrumentenebene steht, misst man alle Winkel zu gross.

Zur Parallelstellung des Fernrohres ist der Ring, durch welchen das Fernrohr mit dem sogenannten Fernrohrträger verbunden ist, oben und unten mit einer Schraube versehen, durch welche dieser Ring je nach Bedarf oben oder unten dem Fernrohrträger genähert oder von ihm entfernt werden kann, wodurch dann die Neigung des Fernrohres sich ebenfalls ändert.

§ 216. **Die Beschaffenheit der Spiegel.** Die erste Anforderung an jeden Spiegel ist die, dass die spiegelnde Fläche vollständig eben (plan) sein soll, weil nur in diesem Falle deutliche, unverzerrte Bilder entstehen. Man erkennt dies sofort, wenn man schräg in den Spiegel sieht und das Bild eines Gegenstandes betrachtet, wenn man den Spiegel etwas bewegt, so dass für die Spiegelung verschiedene Teile des Spiegels in Betracht kommen. Wenn dann die Bilder überall unverzerrt bleiben, so ist der Spiegel eben geschliffen. Es versteht sich von selbst, dass, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, der Spiegel durch einen anderen ersetzt werden muss.

Die zweite Forderung besteht darin, dass die vordere und hintere Fläche des Spiegels einander parallel sein sollen, weil nur unter dieser Bedingung das Gesetz, dass der Einfallswinkel gleich dem Ausfallwinkel ist, seine Gültigkeit behält.

Wenn in nebenstehender Fig. 144 SS eine spiegelnde Ebene, etwa ein Metallspiegel ist, so ist nach diesem Gesetze $\sphericalangle x = \sphericalangle x$. Dieselbe Beziehung gilt, wenn der Spiegel ein Glasspiegel von einer bestimmten Dicke ist.

Wie Fig. 145 lehrt, wird der einfallende Lichtstrahl EB von der vorderen Ebene unter demselben Winkel x reflektiert. Der in das Glas eindringende Lichtstrahl wird dem Einfallslotte zu gebrochen, dann in C von der hinteren Ebene des Spiegels reflektiert und tritt endlich bei D wieder in die Luft über, wobei er vom Einfallslotte weg gebrochen wird. Wie leicht nachzuweisen, sind die Winkel, welche die Lichtstrahlen im Glase mit den parallelen Einfallslotten machen, einander gleich ($\gamma = \gamma$), und daher sind auch die Winkel zwischen Lichtstrahl und Einfallslot in der Luft einander gleich, weil nach dem Brechungsgesetze $\sin x : \sin \gamma$ für irgend zwei

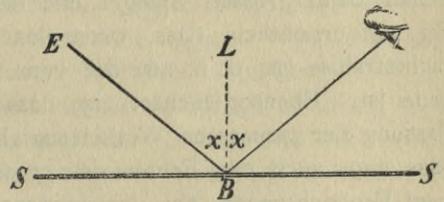


Fig. 144

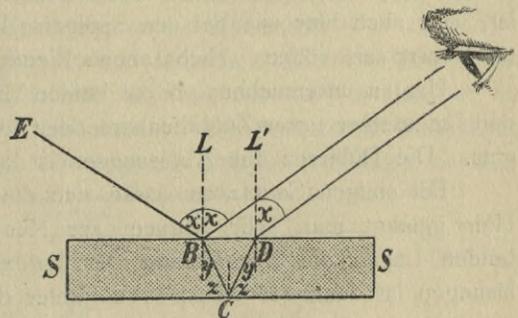


Fig. 145

Medien eine konstante Zahl ist, welche für Luft und Glas den Wert 1,5 hat. Aus diesem Grunde sind die von den beiden Spiegelebenen reflektierten Lichtstrahlen einander parallel, und folglich sieht das Auge nur ein einziges Bild des Gegenstandes.

Wenn jedoch, wie in Fig. 146 gezeichnet, die beiden Spiegelebenen nicht parallel sind, so ist für den Fall der Figur $y > y'$, folglich auch $x > x'$. Daher kommen die beiden reflektierten Lichtstrahlen aus verschiedenen Richtungen in das Auge, was zur

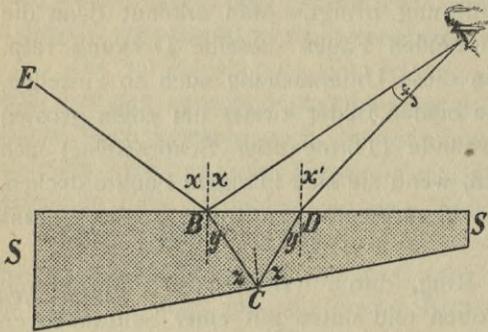


Fig. 146

Folge hat, dass das Auge zwei verschiedene Bilder des Gegenstandes sieht, ein schwächeres, von der vorderen Ebene reflektiertes, oben, und ein deutlicheres, von der hinteren Ebene reflektiertes, unten. Die Forderung, dass die Spiegelebenen einander parallel sein sollen, wird also erfüllt, wenn man nur ein einziges Bild sieht; dagegen ist das Auftreten zweier Bilder ein Beweis dafür, dass die Spiegelebenen nicht parallel sind, oder, wie man es auch nennt, dass der Spiegel prismatisch geschliffen ist.

Der von einer prismatischen Gestalt des Spiegels im reflektierten Lichtstrahle hervorgerufene Fehler ist desto grösser, je grösser der Einfallswinkel ist. Da der Lichtstrahl in den kleinen Spiegel stets unter demselben Winkel einfällt, so ist der Einfluss eines prismatischen Schliffes des kleinen Spiegels für alle Winkel, also auch für die Bestimmung der Indexkorrektur, derselbe, und zwar beträgt derselbe für einen Neigungswinkel der beiden Spiegelebenen von 1'' etwa 3''. Durch Anbringung der Indexkorrektur hebt sich der Fehler des kleinen Spiegels also wieder auf. Dagegen wächst der Fehler beim grossen Spiegel mit dem gemessenen Winkel selbst, und zwar ist nach Fig. 146 ersichtlich, dass, wenn das dickere Spiegelende auf der Seite des einfallenden Lichtstrahles ist, d. h. auf der vom Limbus entfernten Seite, der gemessene Winkel zu klein ist. Ebenso leuchtet ein, dass bei der Umkehrung des grossen Spiegels in seiner Fassung der gemessene Winkel um ebensoviele zu gross sein würde. Hieraus ergibt sich, dass man auch den Fehler des grossen Spiegels unschädlich machen kann, wenn man zwei Beobachtungen bei verschiedener Lage des Spiegels anstellt und dann aus beiden das Mittel nimmt. Indessen ist es doch vorzuziehen, einen prismatisch geschliffenen Spiegel durch einen parallel geschliffenen ersetzen zu lassen.

§ 217. **Die Beschaffenheit der Blendgläser.** Die Blendgläser sollen ebenfalls eben und parallel geschliffen sein. Die Entscheidung, ob die erstere Bedingung erfüllt ist, liegt auch hier wie bei den Spiegeln darin, dass die gespiegelten Bilder deutlich und unverzerrt sein sollen. Nicht ebene Blendgläser müssen durch neue ersetzt werden.

Um zu untersuchen, ob die beiden Ebenen der Gläser parallel sind, bestimmt man den Indexfehler unter Zuhilfenahme der Okularblende einmal mit und einmal ohne Blendglas. Die Differenz der Ablesungen ist dann der Fehler des benutzten Glases.

Bei einigen Sextanten lassen sich die Gläser mit ihren Fassungen um 180° drehen. Hier gelangt man sehr bequem zur Kenntnis jenes Fehlers, wenn man in jeder der beiden Lagen die Bestimmung des Indexfehlers vornimmt. Der Unterschied der Ablesungen ist dann der doppelte Fehler des Glases.

§ 218. **Die Teilung des Limbus und des Nonius.**

1. Um zu erkennen, ob der Limbus richtig geteilt ist, stellt man den Nullstrich des Nonius auf den Nullstrich des Limbus; dann soll der letzte Strich des Nonius ebenfalls mit einem Limbusstriche koinzidieren. Diese Übereinstimmung zwischen Nonius und

Limbus soll auf dem ganzen Gradbogen stattfinden, mit welchem Striche man auch den Nullstrich des Nonius zur Koinzidenz bringt. Wenn man also, von der Nulllage ausgehend, den Nonius jedesmal einen Grad weiterdreht und bei jeder Einstellung den letzten Noniusstrich in Koinzidenz sieht, so ist der Limbus richtig geteilt. Ebenso leuchtet ein, dass derselbe auch dann noch richtig geteilt ist, wenn bei diesen von Grad zu Grad fortschreitenden Einstellungen der letzte Strich des Nonius gegen den entsprechenden Strich des Limbus überall dieselbe Abweichung nach derselben Seite zeigen sollte. Es würde diese Erscheinung nur ein Beweis dafür sein, dass der Nonius nicht die richtige Länge hat; indessen kann diesem Fehler von seiten des Mechanikers leicht dadurch abgeholfen werden, dass der Nonius, wenn er zu lang ist, weiter vom Mittelpunkte der Teilung entfernt wird, und wenn er zu kurz ist, demselben genähert wird. Die Möglichkeit, durch eine derartige Verschiebung des Nonius sein Längenverhältnis zum Limbus zu regulieren, liegt darin, dass die Striche des Limbus nicht untereinander parallel sind, sondern nach dem Mittelpunkte hin konvergieren.

Wenn dagegen bei dem angegebenen Verfahren der über den ganzen Gradbogen verteilten Einstellungen die Abweichungen des letzten Noniusstriches von demjenigen Limbusstriche, mit welchem er eigentlich koinzidieren sollte, bald nach der einen, bald nach der anderen Seite fallen, und auch die Grösse derselben bei den verschiedenen Einstellungen verschieden ist, so ist der Limbus falsch geteilt.

In diesem Falle bleibt nichts anderes übrig, als den Limbus abschleifen und neu teilen zu lassen oder, wenn er zu dünn ist, einen neuen einsetzen zu lassen.

2. Die Teilung des Nonius kann dadurch kontrolliert werden, dass man die Noniusteile der Reihe nach mit einem und demselben Limbusteile vergleicht.

Auch hier muss ein fehlerhafter Nonius neu geteilt werden.

§ 219. **Der Exzentrizitätsfehler. Vollkreise.** Da der gesuchte Winkel durch die Drehung der Alhidade gemessen, auf dem Limbus dagegen abgelesen wird, so muss der Mittelpunkt der Teilung in der Achse der Alhidade liegen. Wenn dies nicht der Fall ist, so ist das Instrument mit einem Exzentrizitätsfehler behaftet.

Derselbe ist, wie leicht einzusehen, positiv (der abgelesene Winkel zu klein), wenn der Drehpunkt der Alhidade zwischen dem Mittelpunkte der Teilung und der Teilung selbst liegt, dagegen negativ (der abgelesene Winkel zu gross), wenn der Drehpunkt der Alhidade jenseits des Mittelpunktes liegt.

Je grösser der beobachtete Winkel, desto grösser ist der Exzentrizitätsfehler.

Zur genaueren Bestimmung des Exzentrizitätsfehlers stehen dem Seemann in der Regel genügend sichere Methoden nicht zur Verfügung; dagegen kann er die Existenz eines solchen Fehlers von grösserem Betrage an seinem Sextanten durch Vergleichung von bekannten Winkeln mit den Resultaten seiner Messungen erkennen.

Die deutsche Seewarte gibt dem von ihr geprüften Sextanten, falls das Instrument mit einem Exzentrizitätsfehler behaftet ist, eine Tabelle mit, aus der die Korrekturen für Exzentrizität entnommen werden können, um wie die Indexkorrektur mit ihrem Vorzeichen angebracht zu werden. Zur Erläuterung möge das folgende Beispiel beigelegt werden:

| Gemessener Winkel | Exzentrizitäts-Korrektion | Gemessener Winkel | Exzentrizitäts-Korrektion |
|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| 10 ⁰ | + 8'' | 70 ⁰ | + 48'' |
| 20 | + 15 | 80 | + 53 |
| 30 | + 23 | 90 | + 58 |
| 40 | + 30 | 100 | + 1' 1'' |
| 50 | + 36 | 110 | + 1 5 |
| 60 | + 43 | 120 | + 1 7 |

Um von dem Fehler der Exzentrizität unabhängig zu sein, hat man Vollkreise gebaut, wo die Alhidade mit zwei gegenüberstehenden Nonien versehen ist. Man

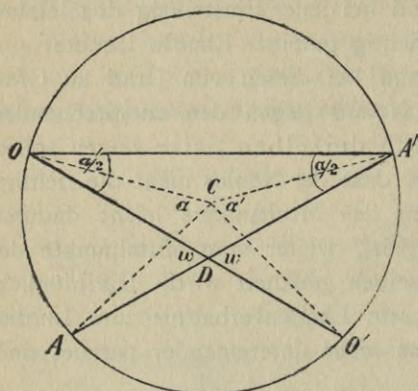


Fig. 147

Man bekommt dann den gemessenen Winkel frei vom Exzentrizitätsfehler, wenn man aus beiden Ablesungen das Mittel bildet. Wenn nämlich in Fig. 147 C der Mittelpunkt der Teilung und D der Drehpunkt der Alhidade ist, so ist, wenn OO' die Nulllage, AA' die einer Winkelmessung entsprechende Einstellung des Instrumentes bezeichnet, w der gesuchte Winkel. Nun ist nach dem Satze vom Aussenwinkel

$$w = \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha'}{2} = \frac{\alpha + \alpha'}{2}.$$

An Stelle des grossen Spiegels tritt bei den Vollkreisen in der Regel ein Glasprisma, dessen Hypotenusenfläche die spiegelnde Fläche ist.

Ein anderer Unterschied zwischen Sextanten und Vollkreisen liegt darin, dass jene bei kleinen Winkeln, diese bei grösseren Winkeln die lichtstärkeren Spiegelbilder geben.

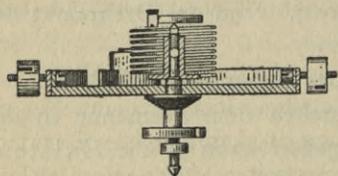
Dritter Abschnitt.

Das Chronometer.

Erstes Kapitel.

Die Beschreibung des Chronometers.

§ 220. Die allgemeine Einrichtung des Chronometers. Das Chronometer hat den Zweck, für jeden Augenblick die mittlere Greenwicher Zeit anzugeben. Der Verlauf der mittleren Zeit wird durch die jede halbe Sekunde fortspringende Bewegung des Sekundenzeigers angegeben, welche dann durch geeignete Räderwerke auf den Minuten- und Stundenzeiger übertragen wird. Demnach setzt sich das Chronometer aus folgenden vier Systemen zusammen:



1. dem Regulator, welcher die Aufgabe hat, die Zeit in lauter gleiche Abschnitte zu teilen;
2. der Hemmung, welche die Verbindung zwischen den Bewegungen des Regulators und dem Räderwerke vermittelt;
3. dem Räderwerke;
4. der Triebkraft, durch welche die Bewegungen des Regulators und des Räderwerkes unterhalten werden.

Der Regulator (Fig. 148) besteht aus einem metallenen Ringe, der sogenannten Unruhe, welche sich um eine durch ihre Mitte gehende Achse dreht, und einem schneckenförmig gewundenen, elastischen Metallbande, der sogenannten Spirale, welche an ihrem einen Ende mit der Achse der Unruhe, an dem anderen mit der Platine (Grundplatte)

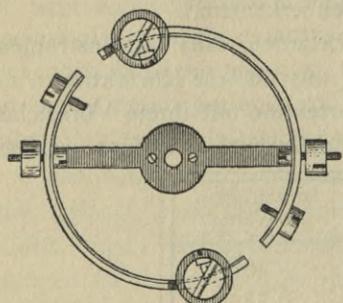


Fig. 148

des Chronometers fest verbunden ist. Eine einmalige Drehung der Unruhe aus ihrer Ruhelage bewirkt also ein fortgesetztes Hin- und Herschwingen derselben. Diese

Schwingungen werden zum Abmessen der gleichen Zeitabschnitte verwendet, indem jede Doppelschwingung eine halbe Sekunde dauert.

Diese oszillierende Bewegung der Unruhe wird dann durch die Hemmung (Fig. 149) in eine sprungweise Drehung eines Rades, des Hemmungsrades, übersetzt. Dies wird dadurch erreicht, dass der mit der Unruheachse fest verbundene Finger z_2 bei jeder Bewegung der Unruhe im Sinne des Pfeiles r zuerst die Goldfeder n , dadurch die Feder m zur Seite drückt und dadurch den Zahn s des Hemmungsrades V , welches infolge der Triebkraft sich im Sinne des Pfeiles R zu drehen bestrebt ist, von dem Ruhestein, welcher ihn bis dahin festgehalten, freimacht. Es wird sich also das Hemmungsrad im Sinne des Pfeiles R so weit drehen, bis der folgende Zahn t gegen den mittlerweile wieder in seine Lage zurückgekehrten Ruhestein stösst und dadurch die Drehung von V hemmt. Da bei der Rückschwingung der Unruhe der Finger z_2 einfach die Goldfeder passiert, ohne auf den Ruhestein einzuwirken, so kann die Auslösung von t erst wieder stattfinden, wenn die Unruhe die folgende Doppelschwingung begonnen hat, so dass also bei jeder Doppelschwingung, d. h. jede halbe Sekunde, das Hemmungsrad um einen Zahn weiterspringt.

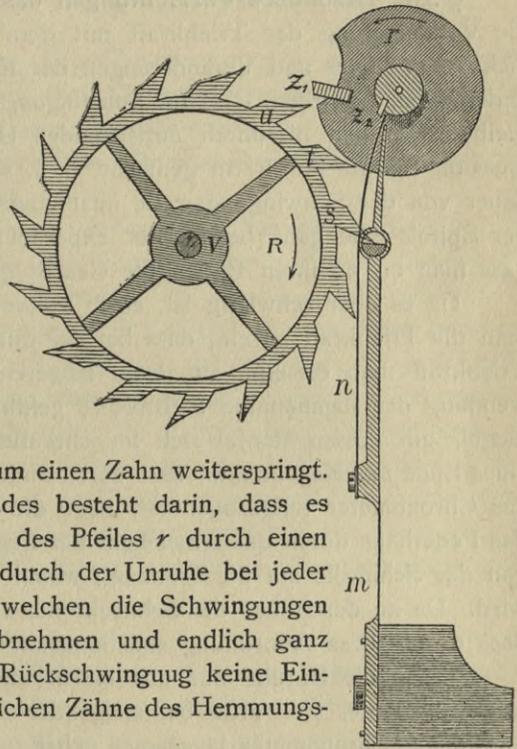


Fig. 149

Eine andere Funktion des Hemmungsrades besteht darin, dass es bei jeder Schwingung der Unruhe im Sinne des Pfeiles r durch einen seiner Zähne auf den Hebel z_1 drückt und dadurch der Unruhe bei jeder Doppelschwingung einen Impuls gibt, ohne welchen die Schwingungen infolge der Reibungswiderstände allmählich abnehmen und endlich ganz aufhören würden. Auch hier findet bei der Rückschwingung keine Einwirkung statt, da z_1 dann die in Ruhe befindlichen Zähne des Hemmungsrades nicht berührt.

Die weitere Vermittlung von dem springenden Hemmungsrade nach den Zeigern geschieht durch das Räderwerk. Durch einen an der Achse des Hemmungsrades sitzenden Trieb teilt sich zunächst die Bewegung desselben dem Sekundenrade mit, an dessen Achse der Sekundenzeiger sitzt, welcher also ebenfalls jede halbe Sekunde weiterspringt. Die Drehung des Sekundenrades wird dann durch ein Zwischenrad auf das sogenannte Grossbodenrad übertragen, auf dessen Achse der Minutenzeiger sitzt. Die Zahnradübertragung muss also so angeordnet sein, dass das Grossbodenrad in einer Stunde gerade eine Umdrehung macht. Um die Stellung des Minutenzeigers zu verändern, ohne das Räderwerk zu beeinflussen, ist die Einrichtung getroffen, dass der Minutenzeiger an einer Hülse sitzt, welche auf der Achse des Grossbodenrades mit Reibung drehbar ist.

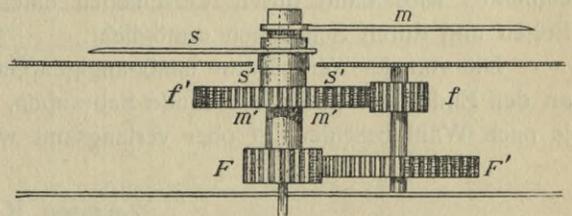


Fig. 150

Um endlich durch die Bewegung des Minutenzeigers m in Fig. 150 zugleich die Bewegung des Stundenzeigers s zu bewirken, befestigt man letzteren an einer um die Hülse $m'm'$ des Minutenzeigers lose drehbaren Hülse $s's'$. Die Vermittlung geschieht dann in der Weise, dass der mit $m'm'$ verbundene Trieb F in das Rad F' eingreift, bei dessen

Drehung dann der Trieb f endlich das mit $s's'$ verbundene Rad f' in Bewegung setzt. Die Anordnung der Zahnräder muss natürlich so sein, dass f' sich 12mal so langsam dreht wie F .

Die Triebkraft endlich liegt in einem sich spiralig aufwindenden Stahlbande, dessen inneres Ende an einer festen Welle und dessen äusseres Ende an der Innenwand einer Trommel, des sogenannten Federhauses, befestigt ist. Nach Spannung der Feder wird dieselbe also die Trommel in Drehung zu versetzen suchen, und diese Drehung teilt sich dann durch das Räderwerk dem Hemmungsrade mit.

§ 221. **Besondere Vorrichtungen des Chronometers.** Verschiedene Ursachen, wie die Verkleinerung der Triebkraft mit dem Abwickeln der Feder im Federhause, Verdickung des Öles und Veränderungen der Elastizität der Spirale infolge von Temperaturänderungen, bewirken, dass die Schwingungsweite der Unruhe sich nicht beständig gleichbleibt. Um den hierdurch entstehenden Unregelmässigkeiten des Ganges zu begegnen, muss die Spirale isochron gemacht, d. h. so eingerichtet werden, dass ihre Schwingungsdauer von der Schwingungsweite unabhängig ist. Man erreicht dies dadurch, dass man der Spirale eine ganz bestimmte, experimentell zu findende Länge gibt, oder dadurch, dass man ihr an ihren Enden die Gestalt gewisser Kurven gibt.

Da es aber schwierig ist, einen vollkommenen Isochronismus herzustellen, so richtet man die Triebkraft so ein, dass bei der durch Abwickeln der Feder schwächer werdenden Triebkraft man dieselbe an einem längeren Hebelarme wirken lässt. Dies hat zur Anwendung der sogenannten Schnecke geführt. Dieselbe besteht aus einem abgestumpften Kegel, um dessen Mantel sich in schraubenförmigen Windungen eine Kette legt, deren eines Ende am Kegelmantel und deren anderes Ende am Federhause befestigt ist. Wenn das Chronometer aufgezogen ist, liegt die ganze Kette auf der Schnecke. Wird dann das Federhaus durch das Abwickeln der Feder gedreht, wickelt die Kette sich allmählich von der Schnecke auf die Trommel, wobei der Hebelarm an der Kette allmählich grösser wird. Da an der Achse der Schnecke das treibende Rad befestigt ist, so ist es erklärlich, dass durch diese Anordnung eine konstant wirkende Federkraft erzeugt wird.

Wenn die Unruhe nur aus einem einfachen, an einem Schenkel sitzenden Metallringe bestände, so würde bei steigender Temperatur die Unruhe sich vergrössern und mithin das Chronometer langsamer gehen. Das Umgekehrte würde bei einem Sinken der Temperatur eintreten. Um diesen Fehler auszugleichen, stellt man die Unruhe in der in Fig. 148 angegebenen Weise her. An der stählernen Speiche sind an beiden Enden halbkreisförmige Bogen befestigt. Jeder derselben ist aus zwei verschiedenen Metallen in der Art hergestellt, dass das äussere, gewöhnlich Messing, sich mit steigender Temperatur stärker ausdehnt als das innere, Stahl. Es leuchtet nun ein, dass die Ausdehnung der Speiche bei steigender Temperatur durch eine gleichzeitig erfolgende Biegung der Bogen nach innen ausgeglichen werden kann. Die genauere Kompensation des Temperatureinflusses wird dann durch Verschieben eines verstellbaren Gewichtstückes auf jedem Bogen und durch Schrauben ermöglicht.

Die von der Temperatur unabhängigen Gangänderungen werden bewirkt durch zwei an den Enden der Speiche sitzende Schrauben, durch welche der Gang des Chronometers je nach Wahl beschleunigt oder verlangsamt werden kann.

Zweites Kapitel.

Die Prüfung der Chronometer.

§ 222. **Die Ursachen der Gangänderungen.** In erster Linie sind hier die Änderungen der Temperatur zu nennen. Die Wirkung derselben äussert sich darin, dass bei steigender Temperatur erstens die Elastizität der Spirale abnimmt, zweitens

die Metallteile, besonders die Unruhe, sich ausdehnen und drittens die Flüssigkeit des Öles an den Zapfen grösser wird.

Sodann ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft nicht ohne Einfluss auf den Gang des Chronometers, und zwar entspricht in der Regel einer erhöhten Feuchtigkeit ein langsamerer Chronometergang, welcher wahrscheinlich seine Erklärung in dem durch niedergeschlagene Feuchtigkeit vergrösserten Trägheitsmoment der Unruhe findet.

Völlig machtlos dagegen ist der Seemann gegen diejenigen Ursachen der Gangänderung, welche in der Veränderung der Molekularstruktur der Metalle und in der Verdickung des Öles liegen.

Endlich ist hier noch der Einfluss der Schiffsbewegungen zu nennen, welche nach den Untersuchungen der Seewarte auf dem Chronometerschaukelapparate in der Regel beschleunigend auf den Gang der Chronometer einzuwirken scheinen, und die Wirkung, welche von einer geneigten Lage des Chronometers herrührt, wenn die kardanische Aufhängung eine mangelhafte ist.

§ 223. Die Voruntersuchung der Chronometer. Die Temperaturtabelle. Um die Abhängigkeit des Chronometerganges von der Temperatur numerisch festzustellen, werden im Chronometerprüfungsinstitut der Seewarte die Chronometer während der Prüfung der Reihe nach folgenden Temperaturen nach Celsius, je zehn Tage lang, ausgesetzt: 30°, 25°, 20°, 15°, 10°, 5°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° und dann für jede Dekade der tägliche Gang berechnet. Wenn man dann das Mittel der zu gleichen Temperaturen gehörenden Gänge bildet, so erhält man für jede der stattgehabten Temperaturen den für die Mitte der Untersuchungszeit gültigen täglichen Gang der Chronometer.

Um nun die Abhängigkeit des Ganges von der Temperatur durch eine Formel auszudrücken, bezeichnet man den irgend einer Temperatur t entsprechenden täglichen Gang mit g , dagegen den zur Temperatur von 15° C gehörigen täglichen Gang mit g_0 . Dann kann man setzen

$$g = g_0 + (t - 15) \cdot a + (t - 15)^2 \cdot b,$$

wo eben g_0 sowie die Konstanten a und b die gesuchten Grössen sind. Es leuchtet nun ein, dass jede Temperatur zur Berechnung dieser Grössen eine Gleichung liefert, indem man für t die betreffende Temperatur und für g den derselben entsprechenden täglichen Gang einsetzt.

Die aus diesem Verfahren sich ergebenden Werte von g_0 , a und b werden den geprüften Chronometern von der Seewarte mitgegeben.

Um dann an Bord für jede Temperatur, welcher das Chronometer an den einzelnen Tagen ausgesetzt ist, den zugehörigen Gang in Rechnung setzen zu können, empfiehlt es sich, die Werte der Temperaturkorrektion $A = (t - 15) a + (t - 15)^2 b$ in eine Tabelle zu bringen für alle Temperaturen von 0° bis 30° von Grad zu Grad.

Beispiel.

$$a = +0^{\circ}071; \quad b = -0^{\circ}0048.$$

| Celsius | A | Celsius | A | Celsius | A |
|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|
| 0° | — 2 ^s .1 | 10° | — 0 ^s .4 | 20° | + 0 ^s .2 |
| 1 | — 1.9 | 11 | — 0.3 | 21 | + 0.2 |
| 2 | — 1.7 | 12 | — 0.3 | 22 | + 0.3 |
| 3 | — 1.5 | 13 | — 0.2 | 23 | + 0.2 |
| 4 | — 1.4 | 14 | — 0.1 | 24 | + 0.2 |
| 5 | — 1.2 | 15 | ± 0.0 | 25 | + 0.2 |
| 6 | — 1.0 | 16 | + 0.1 | 26 | + 0.2 |
| 7 | — 0.9 | 17 | + 0.1 | 27 | + 0.1 |
| 8 | — 0.7 | 18 | + 0.2 | 28 | + 0.1 |
| 9 | — 0.6 | 19 | + 0.2 | 29 | + 0.1 |
| 10 | — 0.4 | 20 | + 0.2 | 30 | + 0.0 |

Drittes Kapitel.

Die Führung des Chronometerjournals.

§ 224. **Die Verwendung eines einzigen Chronometers.** Um die Angaben eines auf Temperatur geprüften Chronometers für die Ermittlung der mittleren Greenwicher Zeit möglichst auszunutzen, ist die Führung eines Chronometerjournals zu empfehlen. In dasselbe ist ausser dem Datum (Spalte 1 im untenstehenden Beispiele) und der Breite (Spalte 2) und Länge (Spalte 3) für Mittag die Ablesung des Maximum- und Minimumthermometers (Spalte 4 und 5) um etwa 8^h morgens einzutragen, wobei zugleich das Chronometer aufgezogen wird. Das Mittel beider Ablesungen (Spalte 6) wird dann als diejenige Temperatur angesehen, welche während der letzten 24 Stunden im Chronometer-raume geherrscht hat. Mit diesem Mittelwerte, auf volle Grade abgerundet, entnimmt man der Tabelle die Korrektion A (Spalte 8), welche an den bekannten Wert g_0 (Spalte 7) anzubringen ist, um den der betreffenden Temperatur entsprechenden Gang (Spalte 9) zu erhalten. Durch Anbringung dieses täglichen Ganges an den Stand erhält man dann den Stand des betreffenden Datums (Spalte 10). Endlich sind noch unter »Bemerkungen« (Spalte 11) alle diejenigen Umstände anzugeben, welche von Einfluss auf das Verhalten des Chronometers sein können, wie z. B. starke Schiffsbewegungen, wie Schlingern und Stampfen, Erschütterungen des Schiffes, Zeit des Aufenthaltes im Hafen, Platzveränderungen des Chronometers usw.

Wenn sich im Verlaufe der Reise Gelegenheit zur Bestimmung des Chronometerstandes bietet, so ist dieser beobachtete Stand für das betreffende Datum unter den vorausberechneten Stand zu setzen, von diesem durch einen Strich getrennt, wie z. B. unter dem 4. Oktober im folgenden Beispiele.

| Oktober 1904 | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|----------|-------------|------|--------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Datum | Breite um Mittag | Länge | Thermometer | | | Chronometer Kutter 23 | | | | Bemerkungen |
| | | | Max. | Min. | Mittel | g_0 | A | Tägl. Gang | Stand | |
| 1 | Hamburg | | 12 | 8 | 10 | + 5 ^s 2 | | | + 3 ^m 18 ^s 1 | Zeitball |
| 2 | 53° 30' N | 4° 36' O | 14 | 9 | 12 | | — 0 ^s 3 | + 4 ^s 9 | 23.0 | |
| 3 | 51 34 N | 3 17 O | 16 | 10 | 13 | | — 0.2 | + 5.0 | 28.0 | |
| 4 | Antwerpen | | 12 | 7 | 10 | | — 0.4 | + 4.8 | <u>32.8</u> 34.3 | Zeitball. |
| 5 | 50 22 N | 1 37 W | 14 | 6 | 10 | + 5 ^s 7 | — 0.4 | + 5.3 | 39.6 | |
| 6 | 47 50 N | 5 41 W | 15 | 11 | 13 | | — 0.2 | + 5.5 | 45.1 | |
| 7 | 43 49 N | 9 7 W | 18 | 12 | 15 | | — 0.0 | + 5.7 | 50.8 | |
| 8 | 39 57 N | 11 51 W | 20 | 15 | 18 | | + 0.2 | + 5.9 | 56.7 | |
| 9 | 36 1 N | 13 58 W | 22 | 17 | 20 | | + 0.2 | + 5.9 | + 4 ^m 2 ^s 6 | |

Der beobachtete Stand wird dann nicht nur der weiteren Führung des Chronometerjournals zugrunde gelegt, indem an ihn der für Temperatur verbesserte Gang des folgenden Tages angebracht wird, sondern er dient zugleich dazu, einen neuen Wert für g_0 abzuleiten. In dem Beispiel hatte sich durch die Beobachtung des Zeitballes in Antwerpen ergeben, dass der vorausberechnete Stand um + 1^s5 zu korrigieren ist, um den tatsächlichen, durch Beobachtung festgestellten Stand zu erhalten. Dies macht täglich eine Korrektion von + 0^s5 aus, welche an den alten Wert von g_0 anzubringen ist, um

den für die Weiterreise in Anwendung zu bringenden Wert zu erhalten; mithin wird der neue Wert + 5^s7.

Für die astronomische Schiffsrechnung wird der Stand auf volle Sekunden abgerundet.

§ 225. Die Verwendung von zwei Chronometern. Wenn zwei Chronometer an Bord sind, so wird für jedes derselben der Stand nach Angabe von § 224 vorausberechnet und in das für diesen Fall eingerichtete Chronometerjournal (Seite 234 und 235, Spalte 1 bis 10) eingetragen, wobei es sich empfiehlt, als Chronometer I stets das bessere der beiden Instrumente zu bezeichnen. Bezeichnet man den vorausberechneten Stand des Chronometers I mit s_1 , denjenigen des Chronometers II mit s_2 , so bildet man die algebraische Differenz der vorausberechneten Stände $s_1 - s_2$ (Spalte 11 im folgenden Beispiel).

Wären die vorausberechneten Stände richtig, so müsste die Differenz derselben, wie sich leicht zeigen lässt, gleich der Differenz der Chronometerzeiten der beiden Instrumente sein, welche man durch Vergleichung der beiden Chronometerangaben findet. Wenn z. B. zur mittleren Greenwicher Zeit 5^h 0^m 0^s die Vergleichung für das Chronometer I die Uhrzeit $u_1 = 4^h 50^m 0^s$ ergibt, für das Chronometer II die Uhrzeit $u_2 = 4^h 40^m 0^s$, so ist $s_1 = +10^m 0^s$ und $s_2 = +20^m 0^s$; es ist sowohl $s_1 - s_2 = -10^m 0^s$ als auch $u_2 - u_1 = -10^m 0^s$.

Wenn aber auf See die täglichen Vergleichungen der beiden Chronometer zur Zeit der Eintragungen ins Chronometerjournal, d. h. die Differenzen $u_2 - u_1$ (Spalte 12), ergeben, dass die Grössen $s_1 - s_2$ und $u_2 - u_1$ voneinander abweichen, so ist dies ein Beweis dafür, dass die vorausberechneten Stände s_1 und s_2 falsch sind, und es entsteht dann die Aufgabe, dieselben so zu korrigieren, dass $s_1 - s_2$ gleich $u_2 - u_1$ wird. Wenn man keine Veranlassung hat, dem einen Chronometer mehr Vertrauen zu schenken als dem anderen, so verteilt man die Abweichung d zwischen $s_1 - s_2$ und $u_2 - u_1$ (Spalte 13) zu gleichen Teilen auf s_1 und s_2 . So würde z. B. unter dieser Voraussetzung für den 5. November im umstehenden Beispiele jedes Chronometer von der Abweichung 4^s5 die Hälfte, also 2^s3, übernehmen. Diese 2^s3 sind an den vorausberechneten Stand so anzubringen, dass $s_1 - s_2$ numerisch kleiner wird, weil $u_2 - u_1$ numerisch kleiner ist als $s_1 - s_2$; folglich würde unter der Voraussetzung gleicher Vertrauenswürdigkeit der beiden Chronometer der wahrscheinlichste Stand des Chronometers I am 5. November $-2^m 19^s 4$, des Chronometers II dagegen $+7^m 17^s 4$ betragen.

Wenn, wie in dem Journalbeispiel geschehen, dem Chronometer I das doppelte Gewicht beigegeben wird wie dem Chronometer II, so verteilt man die Abweichungen d in Spalte 13 so, dass Chronometer I ein Drittel und Chronometer II zwei Drittel derselben übernimmt. Hiernach würde z. B. für den 5. November der vorausberechnete Stand s_1 des Chronometers I um 1^s5, derjenige des Chronometers II um 3^s zu korrigieren sein. Die auf diese Weise gefundenen wahrscheinlichsten Stände des besseren Chronometers I werden dann, auf volle Sekunden abgerundet, in Spalte 14 eingetragen und der astronomischen Schiffsrechnung zugrunde gelegt.

Viertes Kapitel.

Die Behandlung des Chronometers.

§ 226. Der Transport. Soll das Chronometer an Bord gebracht werden, oder auch seinen Aufstellungsort an Bord ändern, so sind zunächst die Ringe der kardanischen Aufhängung durch einen Arretierhebel mit Klemmschraube festzustellen und dann ist beim Tragen achtzugeben, dass das Zifferblatt stets in der horizontalen Lage verbleibt. Am besten geschieht der Transport in einem gepolsterten Überkasten mit Hilfe eines Tragriemens. Vor allen Dingen sind natürlich Erschütterungen des Instrumentes zu ver-

| November 1901 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Datum | Breite um Mittag | Länge | Thermometer Cels. | | | I = W. Bröcking 1219 | | | | II = F. Lidecke 167 | | | |
| | | | Max. | Min. | Mittel | g_0 | A | Tägl. Gang | s_1 | g_0 | A | Tägl. Gang | s_2 |
| 1 | Hamburg | | 12 ⁰ | 7 ⁰ | 10 ⁰ | +2 ³ 4 | | | -2 ^m 31 ^s 0 | +0 ^s 9 | | | +7 ^m 15 ^s 1 |
| 2 | 53 ⁰ 52'N | 8 ⁰ 56'O | 15 | 7 | 11 | | -0 ^s 0 | +2 ^s 4 | 28.6 | | +0 ^s 2 | +1 ^s 1 | 16.2 |
| 3 | 53 59 N | 7 45 O | 15 | 8 | 12 | | -0.0 | +2.4 | 26.2 | | +0.2 | +1.1 | 17.3 |
| 4 | Shernees | | 11 | 6 | 9 | | -0.2 | +2.2 | 24.0 | | +0.3 | +1.2 | 18.5 |
| 5 | 50 ⁰ 5'N | 1 ⁰ 2'W | 12 | 8 | 10 | | -0.1 | +2.3 | 21.7 | | +0.3 | +1.2 | 19.7 |
| 6 | Dartmouth | | 14 | 10 | 12 | | -0.0 | +2.4 | 19.3 | | +0.1 | +1.0 | 20.7 |
| 7 | 46 ⁰ 11'N | 7 ⁰ 35'W | 16 | 11 | 14 | | -0.0 | +2.4 | 16.9 | | +0.1 | +1.0 | 21.7 |
| 8 | 41 10 N | 9 48 W | 19 | 12 | 16 | | -0.0 | +2.4 | 14.5 | | +0.0 | +0.9 | 22.6 |
| 9 | Lissabon | | 17 | 12 | 15 | | -0.0 | +2.4 | 12.1 | | +0.0 | +0.9 | 23.5 |
| 10 | 34 ⁰ 44'N | 11 ⁰ 43'W | 21 | 15 | 18 | +2 ^s 7 | -0.1 | +2.6 | 6.9 | +0 ^s 4 | -0.1 | +0.3 | 20.0 |
| 11 | 29 48 N | 14 11 W | 23 | 17 | 20 | | -0.2 | +2.5 | 4.4 | | -0.2 | +0.2 | 20.2 |
| 12 | 24 45 N | 16 38 W | 26 | 19 | 23 | | -0.4 | +2.3 | 2.1 | | -0.2 | +0.2 | 20.4 |

meiden und daher ist dasselbe besonders bei Fahrten mit dem Boot am Tragriemen schwebend zu halten. Ausserdem ist eine zu schnelle Drehung im horizontalen Sinne (um eine vertikale Achse) zu vermeiden, da hierdurch eine Einwirkung auf die Schwingungen der Unruhe stattfindet, die zu starken Gangänderungen, zum Stehenbleiben oder gar zum Springen der Spiralfeder führen kann.

§ 227. Die Aufstellung und Behandlung beim Gebrauche. Bei der Aufstellung des Chronometers ist ein solcher Platz auszuwählen, an welchem das Chronometer den Schiffsbewegungen möglichst wenig ausgesetzt ist, also mittschiffs möglichst weit nach unten; auch muss die Einwirkung der Erschütterungen durch Maschine, Schraube, Spille und Geschütze soweit wie möglich vermieden werden. Die Temperatur soll im Chronometerraume möglichst gleichmässig sein, und endlich dürfen Dynamomaschinen, Magnete und grosse vertikale Eisenmassen dem Chronometer nicht zu nahe liegen.

Nach Aufstellung des Chronometers ist zunächst der Arretierhebel zu lösen und zu untersuchen, ob die kardanische Aufhängung gut ist, da eine zu starke Reibung der Achsen eine geneigte Lage des Chronometers und damit Gangänderungen verursachen kann, welche bei einigen Graden bereits eine ganze Sekunde täglich betragen können. Hinsichtlich des täglichen Aufziehens des Chronometers gewöhne man sich daran, dies stets zu derselben Tageszeit vorzunehmen. Soll ein Chronometer, welches stehen geblieben ist, wieder in Gang gesetzt werden, so wartet man hiermit bis zu der der Zeigerstellung entsprechenden Zeit. Nachdem das Chronometer aufgezogen ist, stellt man den Arretierhebel fest und bringt dann die Unruhe durch sanfte horizontale Drehung des Chronometers um höchstens 90⁰ in Schwingungen. Wenn ausnahmsweise eine Verstellung der Zeiger vorzunehmen ist, so geschieht dies, indem man den Glasdeckel abschraubt und dann bei festgesetztem Arretierhebel mit dem Schlüssel den Minutenzeiger nach rechts herum dreht. Auf keinen Fall darf der Sekundenzeiger verstellt werden.

Bleibt ein Chronometer ohne erkennbare Ursache wiederholt stehen, so ist dasselbe reparaturbedürftig. In diesem Falle darf dasselbe nicht wieder aufgezogen werden. Dasselbe darf ebenfalls dann nicht wieder geschehen, wenn sehr starke Verlangsamung des Ganges auf ein Rosten der Spirale hindeutet.

| November 1901 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Datum | Breite um Mittag | Länge | Thermometer Cels. | | | I = W. Bröcking 1219 | | | | II = F. Lidecke 167 | | | |
| | | | Max. | Min. | Mittel | g_0 | A | Tägl. Gang | s_1 | g_0 | A | Tägl. Gang | s_2 |
| 1 | Hamburg | | 12 ⁰ | 7 ⁰ | 10 ⁰ | +2 ³ 4 | | | -2 ^m 31 ^s 0 | +0 ^s 9 | | | +7 ^m 15 ^s 1 |
| 2 | 53 ⁰ 52'N | 8 ⁰ 56'O | 15 | 7 | 11 | | -0 ^s 0 | +2 ^s 4 | 28.6 | | +0 ^s 2 | +1 ^s 1 | 16.2 |
| 3 | 53 59 N | 7 45 O | 15 | 8 | 12 | | -0.0 | +2.4 | 26.2 | | +0.2 | +1.1 | 17.3 |
| 4 | Shernees | | 11 | 6 | 9 | | -0.2 | +2.2 | 24.0 | | +0.3 | +1.2 | 18.5 |
| 5 | 50 ⁰ 5'N | 1 ⁰ 2'W | 12 | 8 | 10 | | -0.1 | +2.3 | 21.7 | | +0.3 | +1.2 | 19.7 |
| 6 | Dartmouth | | 14 | 10 | 12 | | -0.0 | +2.4 | 19.3 | | +0.1 | +1.0 | 20.7 |
| 7 | 46 ⁰ 11'N | 7 ⁰ 35'W | 16 | 11 | 14 | | -0.0 | +2.4 | 16.9 | | +0.1 | +1.0 | 21.7 |
| 8 | 41 10 N | 9 48 W | 19 | 12 | 16 | | -0.0 | +2.4 | 14.5 | | +0.0 | +0.9 | 22.6 |
| 9 | Lissabon | | 17 | 12 | 15 | | -0.0 | +2.4 | 12.1 | | +0.0 | +0.9 | 23.5 |
| 10 | 34 ⁰ 44'N | 11 ⁰ 43'W | 21 | 15 | 18 | +2 ^s 7 | -0.1 | +2.6 | 6.9 | +0 ^s 4 | -0.1 | +0.3 | 20.0 |
| 11 | 29 48 N | 14 11 W | 23 | 17 | 20 | | -0.2 | +2.5 | 4.4 | | -0.2 | +0.2 | 20.2 |
| 12 | 24 45 N | 16 38 W | 26 | 19 | 23 | | -0.4 | +2.3 | 2.1 | | -0.2 | +0.2 | 20.4 |

Eine Reinigung muss in der Regel alle drei bis vier Jahre erfolgen, da sonst nach eintretender Verdickung des Öles eine zu starke Abnutzung der Zapfen stattfindet. Am besten ist es, die Reinigung und überhaupt jede Reparatur, wenn irgend möglich, vom Verfertiger des Chronometers vornehmen zu lassen. In der Regel treten nach einer Reinigung zunächst Unregelmässigkeiten des Ganges auf; doch verlieren sich dieselben nach einiger Zeit wieder.

Vierter Abschnitt.

Die meteorologischen Instrumente.

Erstes Kapitel.

Das Barometer.

§ 228. Allgemeine Beschreibung des Barometers. Die Fehler der Kapillarität und der Kapazität. Wenn man eine an einem Ende zugeschmolzene, am anderen Ende offene Glasröhre von etwa 80 mm Länge ganz mit Quecksilber füllt, dann das offene Ende mit dem Finger schliesst und die Röhre mit dem offenen Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss taucht, so fällt, wie Fig. 151 angibt, bei senkrechter Stellung der Röhre nach Entfernung des Fingers das Quecksilber in der Röhre bis zu einer bestimmten Höhe über dem Niveau des Gefässes, welche im Mittel etwa 760 mm beträgt. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Drucke, welchen die atmosphärische Luft auf die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäss ausübt, und daher muss bei zunehmendem Luftdrucke das Quecksilber in der Röhre steigen, bei abnehmendem Luftdrucke fallen. Dies ist die einfachste und ursprünglichste Form des Barometers. Die Niveaudifferenz zwischen a und b heisst Höhe des Barometerstandes oder kurz Barometerhöhe.

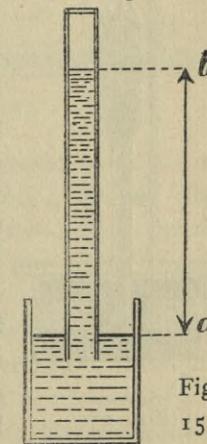


Fig. 151

Damit ein Quecksilberbarometer seinen Zweck, durch die Barometerhöhe die Grösse des Luftdrucks zu messen, richtig erfüllen kann, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Quecksilber und Innenwand der Glasröhre müssen rein sein.
2. Der Raum über dem Quecksilber der Röhre, die sogenannte Torricellische Leere, muss absolut luftleer sein, da sonst der hierdurch erzeugte Druck einen zu niedrigen Barometerstand nach sich ziehen würde.
3. Die Barometerskala muss bei der Ablesung senkrecht stehen.

Aber selbst bei vollständiger Erfüllung dieser Forderungen sind noch zwei Ursachen vorhanden, welche bei der oben gegebenen Anordnung eine falsche Barometerhöhe resp. eine falsche Ablesung bewirken.

Erstens nämlich steht das Quecksilber in jeder Röhre infolge der sogenannten Kapillarität oder Haarröhrchenkraft niedriger als in einem weiten Gefässe. Die Grösse dieses Kapillaritätsfehlers hängt ab von der Weite des Rohres; je enger das Rohr, desto grösser der Fehler. Bei 2 mm Weite beträgt derselbe etwa 5 mm, bei 6 mm Weite etwa 1 mm und bei 16 mm Weite nur noch etwa 0,1 mm. Die Kapillaritätskorrektur ist für jedes Quecksilberbarometer positiv.

Zweitens ist noch eines Fehlers Erwähnung zu tun, durch welchen nicht, wie bei dem ersten, die Höhe des Barometerstandes, sondern die Ablesung derselben gefälscht wird. Derselbe rührt daher, dass bei einer Änderung des Barometerstandes nicht nur das Niveau in der Röhre, sondern auch dasjenige im Gefässe und damit der Nullpunkt der Skala sich ändert. Wenn in Fig. 151 der Nullpunkt der Teilung in *a* liegt, so wird an der Skala die Höhe des Barometerstandes richtig in *b* abgelesen. Wenn nun der Luftdruck zunimmt, so tritt zugleich ein Steigen des Quecksilbers in der Röhre und ein Fallen des Quecksilbers im Gefäss ein, und es leuchtet ein, dass in diesem Falle die Barometerhöhe um so viel zu niedrig abgelesen wird, als das Niveau im Gefäss gesunken ist. Wenn dagegen der Luftdruck abnimmt und somit zugleich ein Fallen in der Röhre und ein Steigen im Gefässe stattfindet, wird der Barometerstand um so viel zu hoch abgelesen, als das Niveau im Gefässe gestiegen ist. Diesen in der Veränderlichkeit des äusseren Niveaus liegenden Fehler nennt man Kapazitätsfehler.

Dass bei den Angaben des Quecksilberbarometers die Temperatur berücksichtigt werden muss, ist schon in § 147 auseinandergesetzt worden.

§ 229. **Das Marinebarometer.** Durch die Schiffsbewegungen auf See werden endlich an das Barometer noch andere Anforderungen gestellt, welche zur Konstruktion des sogenannten Marinebarometers geführt haben, dessen Längsdurchschnitt in Fig. 152 dargestellt ist. Das eiserne Gefäss hat im Innern einen ringförmigen Vorsprung, um weniger Quecksilber erforderlich zu machen; die Glasröhre ist in ihrem mittleren, längeren Teile stark verengt, um durch die so entstehende Verlangsamung der Bewegung des Quecksilbers das sogenannte »Pumpen« auf See zu vermeiden, wie der Seemann das beständige Schwanken des Niveaus nennt. Allerdings lässt sich dabei nicht vermeiden, dass das Barometer den Schwankungen des Luftdruckes nicht sofort folgt, oder »träge« wird. Das untere und besonders das obere Ende der Glasröhre ist erweitert; über dem ersteren ist, wie ebenfalls

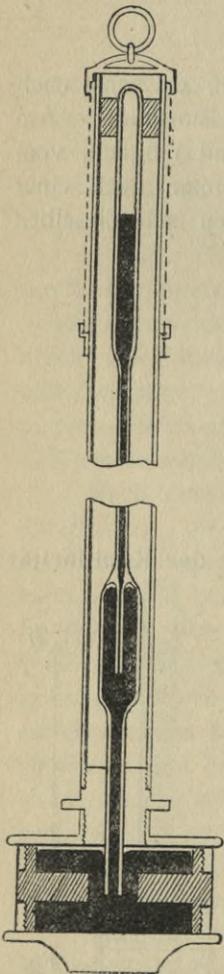


Fig. 152

aus Fig. 152 ersichtlich, eine Vorrichtung angebracht, um zu verhindern, dass etwa in die

Glasröhre eingedrungene Luft über die Oberfläche des Quecksilbers gelangt. In der Mitte dieser sogenannten Luftfalle ist die Röhre besonders enge. Die Glasröhre geht unten durch einen eisernen, mit dem Gefässe fest verbundenen Zylinder und wird oben durch einen Korkring befestigt. Sie ist umgeben von einem Messingrohr, welches etwas über der Mitte mit kardanischer Aufhängung versehen ist. Oben ist über der Silberteilung zum Schutze ein Glasrohr aufgesetzt, welches in der Figur durch die punktierten Linien angedeutet ist. Die Ablesung geschieht an einem mit Zahntrieb verstellbaren Nonius, indem die untere Kante eines mit dem Nonius verbundenen Messingringes auf das Niveau in der Röhre eingestellt wird. Um parallaktische Ablesungsfehler zu vermeiden, ist strenge darauf zu achten, dass das Auge sich bei der Ablesung in gleicher Höhe mit dem Quecksilberniveau befindet.

Um bei der Ablesung dem Kapazitätsfehler Rechnung zu tragen, sind die Teile der Skala entsprechend verkürzt. Wenn z. B. das Quecksilber in der Röhre 10 mm steigt, dasjenige im Gefässe 1 mm fällt, so ist das Barometer um 11 mm gestiegen; man macht dann die Teilung so, dass auf die 10 mm 11 Teile kommen, so dass also beim Ablesen die Erhöhung von 11 mm herauskommt. Wenn dagegen das Quecksilber in der Röhre um 10 mm fällt, im Gefässe um 1 mm steigt, so ist das Barometer in Wirklichkeit um 11 mm gefallen, und daher gibt auch für diesen Fall die verkürzte Teilung die richtige Ablesung. Der Grad der Verkürzung hängt natürlich von dem Verhältnis der Oberfläche in der Röhre zur Oberfläche im Gefäss ab in der Weise, dass, je grösser die letztere, desto weniger Verkürzung genommen zu werden braucht.

Ehe ein Barometer in Gebrauch genommen wird, wird es mit einem sogenannten Normalbarometer für alle in Betracht kommenden Barometerstände verglichen. Die so ermittelten Korrekturen, welche die Fehler der Teilung und der Kapillarität umfassen, beschränken sich in der Regel auf wenige Zehntel Millimeter.

Die Skala ist entweder in Pariser Zoll und Linien, oder in Englische Zoll oder in Millimeter eingeteilt. Zur Verwandlung dieser Skalen dient Tafel 14 der nautischen Tafelsammlung.

§ 230. **Das Aneroidbarometer.** Die Einrichtung desselben ist in Fig. 153 dargestellt. Auf dem mellenförmigen elastischen Deckel einer fast luftleeren Metallbüchse *b* ist ein Zylinder angebracht, welcher die Feder *f* nach der Metallbüchse hin spannt. Bei steigendem Luftdrucke bewegt sich also der Deckel und mit ihm der Zylinder nach innen, bei fallendem Luftdrucke dagegen bewirkt die Feder *f* eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne. Diese durch einen Pfeil mit doppelter Spitze angegebene Hin- und Herbewegung wird nun in der folgenden Weise auf einen Zeiger *z* übertragen. Die Verlängerung der Feder ist durch ein Gelenk *g* mit dem Arm *gk* verbunden; derselbe wirkt auf die Kurbel *k* und dreht dadurch den Hebel *h*. Von dem Ende des Hebels geht eine Kette um die Achse des Zeigers, so dass durch ein Anziehen der Kette der Zeiger gedreht wird. Der Zugrichtung der Kette wirkt die Feder *ss* entgegen. Unter dem Zeiger *z* befindet sich eine empirisch geteilte Skala.

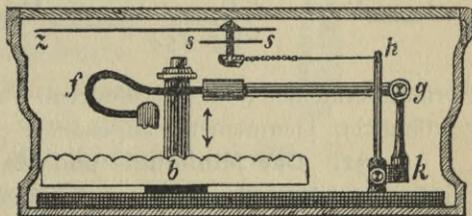


Fig. 153

Für die Erkennung der Änderungen des Luftdruckes sind die Aneroidbarometer aus dem Grunde sehr zu empfehlen, weil sie viel empfindlicher sind als die Quecksilberbarometer; dagegen sind sie nicht geeignet zur Bestimmung des absoluten Luftdruckes, und daher sind für die meteorologischen Aufzeichnungen an Bord die Marinebarometer zugrunde zu legen.

Zweites Kapitel.

Das Thermometer.

§ 231. **Das Quecksilberthermometer.** Dasselbe besteht aus einer an einem Ende zugeschmolzenen, am andern Ende in eine Kugel oder eine zylinderförmige Erweiterung auslaufenden Glasröhre. Kugel und ein Teil der Röhre sind mit Quecksilber gefüllt, der andere Teil der Röhre ist luftleer. Da das Quecksilber sich bei steigender Temperatur ausdehnt, bei sinkender Temperatur zusammenzieht, so lässt sich an der Länge des Quecksilberfadens die Temperatur erkennen. Zu diesem Zwecke ist die Röhre mit einer Skala versehen, an welcher man direkt die Temperatur in Graden ablesen kann.

Die Einteilung der Skala geschieht in verschiedener Weise. In den meisten Ländern ist die von Celsius vorgeschlagene, nach ihm benannte Teilung im Gebrauch. Der Nullpunkt seiner Teilung liegt bei derjenigen Temperatur, bei welcher reines Wasser friert, dem sogenannten Gefrierpunkt; diejenige Temperatur, bei welcher Wasser unter einem atmosphärischen Drucke von 760 mm siedet, den sogenannten Siedepunkt, bezeichnet Celsius mit 100° . Teilt man dann die Strecke zwischen diesen beiden Fixpunkten in 100 gleiche Teile, so kann man den Stand des Thermometers in Graden ablesen.

Ausserdem sind noch die Einteilungen von Réaumur und Fahrenheit im Gebrauch. Wie Fig. 154 angibt, ist der Gefrierpunkt nach Réaumur ebenfalls mit Null, der Siedepunkt

dagegen mit 80° bezeichnet, bei Fahrenheit dagegen ersterer mit 32° , letzterer mit 212° . Zur Verwandlung der verschiedenen Thermometerskalen dient Tafel 14 der Nautischen Tafelsammlung.

Nach dem Gesagten ist ohne weiteres klar, dass für eine richtige Angabe des Thermometers eine gleichmässige Weite der ganzen Röhre unerlässlich ist. Durch Vergleichung mit einem geprüften

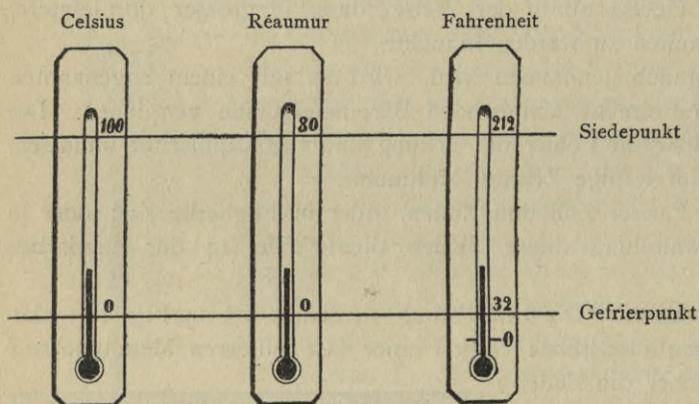


Fig. 154

Normalthermometer in verschiedenen Temperaturen kann man die Korrekturen für jedes gewöhnliche Thermometer angenähert ermitteln.

§ 232. **Das Minimum- und Maximumthermometer.** Um die niedrigste Temperatur, welche während eines Zeitraumes stattgefunden hat, nachträglich zu bestimmen, bedient man sich des Minimumthermometers. Dasselbe ist ein Weingeistthermometer, bei welchem sich in der Flüssigkeit ein Glasstäbchen befindet. Wenn bei horizontaler Lage der Röhre die Temperatur fällt, so wird das äussere, von der Kugel am weitesten entfernte Ende des Glasstäbchens von der Flüssigkeit mitgeführt, bis die Temperatur ihr Minimum erreicht. Wenn dann bei steigender Temperatur der Weingeist sich wieder ausdehnt, bleibt das Stäbchen liegen und gibt somit mit jenem äusseren Ende die tiefste stattgehabte Temperatur an. Zur Einstellung neigt man das Thermometer mit der Kugel nach oben so weit, bis das äussere Ende des Stäbchens wieder das Niveau des Weingeistes erreicht hat, und bringt es dann wieder in die horizontale Lage.

In entsprechender Weise findet man die höchste stattgehabte Temperatur durch das Maximumthermometer. Dasselbe ist ein Quecksilberthermometer, bei welchem das Quecksilber in zwei Teile getrennt wird. Diese Trennung kann geschehen durch ein

Luftbläschen, welches aber so weit von der Kugel entfernt sein muss, dass es selbst bei sehr niedriger Temperatur niemals in die Kugel gelangen kann. Wird ein solches Thermometer ebenfalls in eine horizontale Lage gebracht, so bleibt nach einem Steigen der Temperatur der abgetrennte Faden des Quecksilbers in der höchsten Lage liegen, wenn bei fallender Temperatur die übrige Masse des Quecksilbers sich zusammenzieht. In anderer Weise geschieht die Trennung des Quecksilbers auch wohl durch einen in die Röhre oberhalb der Kugel eingeschmolzenen Glassplitter. Während bei der Ausdehnung des Quecksilbers der Splitter kein Hindernis bildet, trennt derselbe beim Zusammenziehen das Quecksilber in zwei Teile, von denen der äussere in seiner Lage liegen bleibt, so dass man später durch gewöhnliche Ablesung das Maximum der Temperatur erhält. Die Einstellung dieses Maximumthermometers geschieht, indem man die Kugel nach unten kehrt und dann durch einige sanfte Stösse gegen die Unterlage den abgetrennten Quecksilberfaden wieder mit der übrigen Quecksilbermasse vereinigt.

Fünfter Abschnitt.

Instrumente und Apparate für terrestrische und ozeanographische Beobachtungen.

§ 233. **Das Prismenkreuz.** Dasselbe dient dazu, die Lage des Beobachters in der Verbindungslinie zweier Objekte zu fixieren und besteht aus zwei gleichschenkligen, rechtwinkligen Glasprismen, deren Hypotenusenflächen Spiegel sind. Die Anordnung der beiden Prismen ist, wie Fig. 155 angibt, eine solche, dass die beiden Hypotenusenflächen senkrecht aufeinander stehen und dass die an gegenüberliegenden Seiten befindlichen Kathetenflächen durch einen Schirm abgeblendet sind. Wenn man also das Prismenkreuz mit der für beide Prismen offenen Seite vor das Auge hält, so sieht man in den beiden Prismen die Spiegelbilder von zwei Objekten übereinander, in deren Verbindungslinie man sich befindet. Das Prismenkreuz wird daher sehr bequem zur Bestimmung der Deviation während der Fahrt auf einem Flusse benutzt, indem in dem Augenblicke, wo die beiden Bilder solcher Gegenstände genau übereinander liegen, der eine der beiden Gegenstände gepeilt wird und dann durch Vergleichung dieser Peilung mit der der Karte entnommenen missweisenden Richtung der Verbindungslinie die Deviation oder auch durch Vergleichung mit der rechtweisenden Richtung die Gesamtmissweisung des Kompasses gefunden wird.

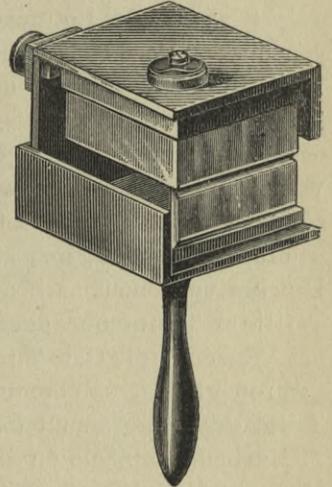


Fig. 155

§ 234. **Die Patentlogge.** Das Prinzip der Patentloggen besteht darin, dass eine an einer Leine nachgeschleppte Schraube mit vier oder fünf Flügeln durch die Bewegung des Schiffes durch das Wasser in Drehung gesetzt und diese Drehung durch ein Räderwerk auf Zeiger übertragen wird, aus deren Stellung direkt die Anzahl der seit der letzten Einstellung gutgemachten Seemeilen abgelesen werden kann. Je nach der Anordnung unterscheidet man Schlepploggen und Deckloggen. Bei den Schlepploggen dreht sich die in der Regel fünfzügige Schraube mit Friktionsrollen in einer Hülse, welche mit dem Räderwerk fest verbunden ist. Die Drehung der Schraube wird hierbei durch einen an einer Scheibe sitzenden Stift, den sogenannten Mitnehmer, auf das Räderwerk übertragen. Die Anzahl der Zeiger beträgt in der Regel drei, von

denen der eine die Zehner, der zweite die Einer und der dritte viertel oder zehntel Seemeilen angibt. Um die Schraube dem Sog des Kielwassers zu entziehen, gibt man der Leine eine Länge von 50 bis 75 m und befestigt dieselbe an einer Seite des Hecks. Da zum Ablesen der Schlepplogge dieselbe stets eingeholt werden muss, so hat man bei der Decklogge das Räderwerk von der Schraube durch eine lange Leine getrennt. Ersteres ist am Heck befestigt, so dass daselbst ohne Einholen zu jeder Zeit die gutgemachten Seemeilen abgelesen werden können. Die Deckloggen haben in der Regel zwei Zeiger, von denen der eine auf einer bis 100 Seemeilen gehenden Teilung die ganzen, die andern die zehntel oder viertel Seemeilen angibt.

Die Vorzüge der Decklogge gegenüber der Schlepplogge bestehen darin, dass, wie schon erwähnt, erstens die Ablesung bequemer ist, und dass zweitens die Abnutzung des Werkes nicht so gross ist wie bei den Schlepploggen, bei welchen das Salzwasser das Werk sehr stark angreift. Diesen Vorzügen gegenüber steht aber der grosse Nachteil, dass bei der Decklogge die Reibung der sich drehenden Leine im Wasser bei der Übertragung der Schraubendrehung auf das Räderwerk verlangsamend auf den Gang desselben wirkt und dass dieser Einfluss von der Richtung und Stärke des Windes und des Seeganges abhängt, weil durch diese Umstände die Länge des im Wasser befindlichen Teiles der Leine bedingt ist.

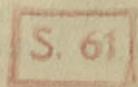
Bei ganz kleinen Geschwindigkeiten werden die Angaben aller Patentloggen ganz unzuverlässig.

§ 235. **Die Lotmaschine.** Wenn eine an einem Ende geschlossene Glasröhre von überall gleicher Weite in das Wasser hinabgelassen wird, so nimmt bei zunehmender Tiefe der Druck auf die in der Röhre eingeschlossene Luftsäule zu. Nach dem Mariotteschen Gesetze steht das Volumen der Luft, also bei gleichem Querschnitt der Röhre auch die Länge der Luftsäule, in umgekehrtem Verhältnis zu dem Drucke. Wenn also durch irgendwelche Einrichtungen nachträglich konstatiert werden kann, bis zu welcher Länge die Luftsäule beim Erreichen des Meeresbodens zusammengedrückt worden ist, so lässt sich hieraus ein Schluss ziehen auf die Grösse des stattgefundenen Druckes und damit auch auf die Wassertiefe. Nach diesem Prinzip sind die zuerst von William Thomson angegebenen Lotmaschinen konstruiert. Die Grenze, bis zu welcher das Wasser in die Glasröhre eingedrungen ist, wird dadurch bestimmt, dass das Seewasser den roten Belag von chromsaurem Silber gelb färbt, so dass die Länge des rot gebliebenen Teiles der Röhre unmittelbar die Länge der zusammengedrückten Luftsäule angibt. Durch Anlegen dieser Säule an einen besonderen Massstab liest man auf demselben direkt die Wassertiefe in Faden oder Metern ab.

Die Einrichtung der ganzen Lotmaschine ist die folgende:

Auf einer Welle ist eine Pockholzrolle befestigt und auf dieser Rolle läuft eine andere metallene Rolle, welche mittelst eines Bremshebels und einer losen Bremsplatte gebremst werden kann. Auf der äusseren Rolle läuft ein aus verzinkten Klaviersaiten zusammendrehbarer Draht. An demselben ist mit einer Hanfleine der 10 bis 12 Kilogramm schwere Lotkörper befestigt und an die Hanfleine wird die Messingröhre gebunden, in welcher die oben beschriebene Glasröhre befestigt ist.

Der Umstand, dass mit der Thomsonschen Lotmaschine bei jeder Fahrt des Schiffes gelotet werden kann, macht dieselbe besonders wertvoll und bewirkt, dass die Einführung derselben, besonders auf Dampfern, immer allgemeiner wird.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

16652

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301634